

CAPÍTULO 1: Um referencial epistemológico

O fato é um aspecto secundário da realidade
Mário Quintana

Este capítulo tem por objetivo apresentar o nosso referencial no campo epistemológico, situando-o no contexto da pesquisa atual em educação científica. Dividimos o capítulo em quatro seções: a primeira busca apontar a crescente importância da epistemologia¹ na área de pesquisa em ensino de ciências e assinalar algumas razões para esse fato; a segunda seção destina-se à apresentação do referencial propriamente dito: a epistemologia de Gaston Bachelard; a terceira mostra como esse referencial responde a certos questionamentos e ajuda a interpretar alguns dos principais resultados da pesquisa na área; a quarta e última seção procura estabelecer relações entre o pensamento bachelardiano e a epistemologia genética de Jean Piaget.

1.1.) Epistemologia e pesquisa em ensino de ciências

Em que medida uma teoria do conhecimento científico, preocupada com o estudo de sua natureza, produção e desenvolvimento, é importante para o ensino das ciências? Em outras palavras: *por que a epistemologia importa?*

Sem a pretensão de dar uma resposta definitiva e acabada a essa questão (mesmo porque ela suscita uma polêmica não trivial), nossa intenção é apenas a de *situar* possíveis respostas. Ao fazê-lo, pretendemos de certo modo *justificar* a adoção de um referencial epistemológico para o nosso trabalho.

Em vez de uma extensa e detalhada revisão da bibliografia a esse respeito, ou de uma discussão de natureza puramente teórica, optamos por investigar a questão acima por meio da identificação dos *contextos* da pesquisa em educação científica em que surge de modo mais explícito a preocupação com a epistemologia. A nosso ver, a epistemologia importa, e, nos últimos anos, a pesquisa em ensino de ciências tem reconhecido cada vez mais a *relevância* de seu estudo, que vem sendo apontada com bastante frequência na literatura especializada. Vejamos a seguir de que formas o discurso epistemológico vem sendo utilizado e com que propósitos.

Concepções alternativas e mudança conceitual

Caso fôssemos refazer o percurso histórico das últimas décadas de pesquisa, certamente encontraríamos a epistemologia genética² de Jean Piaget fundamentando grande parte dos estudos sobre o ensino da ciência, ao longo dos anos sessenta e setenta. Esse referencial, mais propriamente psicológico, não é alheio à história e à filosofia das ciências. Pelo contrário, o paralelismo existente entre o desenvolvimento histórico de certas idéias científicas e as concepções manifestas pelas crianças sobre as mesmas idéias é um marco na visão de Piaget. Desse modo, começou-se a estabelecer relações entre a natureza do conhecimento científico e de sua produção com a aprendizagem das ciências (voltaremos a esse ponto na última seção).

A partir da obra não apenas de Piaget, mas também de Ausubel, desencadeou-se, principalmente nas décadas de setenta e oitenta, uma série de estudos acerca das concepções de crianças e adolescentes sobre os mais variados temas e conceitos científicos. O conteúdo do pensamento passou a interessar mais do que as estruturas mentais ou operatórias subjacentes (Marton, 1981). Assim nasceu a linha de investigação que Gilbert & Swift (1985) denominaram de “movimento de concepções alternativas” (MCA). Embora embasados nas “teses psicológicas” dos autores citados (que apesar de seus diferentes enfoques poderiam ser considerados “precursores” desse movimento³), os estudos dessa tradição carecem em sua maioria de fundamentação teórica no campo epistemológico (certos aspectos e resultados do MCA serão abordados na terceira seção desse capítulo).

Um importante trabalho desse período é o de Driver & Easley (1978), considerado por vários autores (Solomon, 1994 e Marín et al., 1999 – por exemplo) como de grande repercussão na área de educação científica, tendo influenciado diversos estudos posteriores no âmbito do MCA. Para Solomon (1994), esse artigo ajudou a criar um “novo vocabulário” que se adaptou às novas intenções, *re-descrevendo* elementos conhecidos segundo uma nova linguagem – familiar aos praticantes – que emergiu com um novo poder descritivo⁴. Desse modo, o que era “lugar comum” tornou-se significativo, e desencadeou um novo campo de estudos, focado nas próprias idéias das crianças.

Nesse trabalho, Driver e Easley relativizam a força do referencial piagetiano, defendendo o estudo das concepções alternativas⁵ desvinculado da teoria dos estágios de desenvolvimento de Piaget (contrariamente àquilo que alguns pesquisadores da área de educação científica vinham fazendo). Para os autores, os trabalhos sobre concepções alternativas poderiam ser divididos em dois tipos básicos: aqueles que procuram estudar as

concepções em termos de sua congruência ou não com idéias científicas aceitas, e os que procuram acessar as concepções, explorá-las e analisá-las em seus próprios termos, sem referência a um sistema externo. Já nesta época os autores chamavam a atenção para o fato de as concepções de crianças e adolescentes sobre o mundo físico serem resistentes à extinção, ou seja, persistirem, apesar da instrução. Apontavam também para o fato de a simples “taxonomia” de concepções não gerar qualquer poder interpretativo, havendo a necessidade de entender as razões de sua existência para tirar proveitos instrucionais. Segundo esses autores, os resultados dessa linha de investigação seriam mais satisfatoriamente interpretados à luz da “nova filosofia da ciência”⁶.

Os nomes de K. Popper, T. Kuhn, I. Lakatos, S. Toulmin, L. Laudan e G. Bachelard passaram a figurar cada vez mais nas publicações referentes ao ensino das ciências. Durante a década de oitenta, é inaugurada uma nova sub-disciplina: a História e Filosofia da Ciência em Educação Científica. Paralelos entre características do conhecimento científico e seu desenvolvimento e a aprendizagem das ciências começam a ser traçados. Concomitantemente ao crescimento do MCA, surgem modelos de ensino e aprendizagem, de orientação construtivista, que passam a ser respaldados por diversas visões epistemológicas.

O modelo que talvez teve maior influência na pesquisa recente em educação científica foi o chamado *modelo de mudança conceitual* (MMC). A base epistemológica desse modelo, conforme proposto por Posner et al. (1982), encontra-se nos trabalhos de Kuhn, Lakatos e Toulmin. Os autores do MMC procuram estabelecer uma correspondência entre “padrões de mudança conceitual” na ciência e na aprendizagem, a partir de noções como “ciência normal” e “revolução científica” (Kuhn), “programas de pesquisa” (Lakatos), e “ecologia conceitual” (Toulmin). Isso os leva aos conceitos de “assimilação” e “acomodação”⁷ (entendidos como as duas fases da mudança conceitual na aprendizagem), bem como ao estabelecimento de quatro importantes condições que devem ser preenchidas para que o processo de acomodação (análogo à “revolução científica”) ocorra: i) insatisfação com as concepções pré-existentes; ii) inteligibilidade da nova concepção; iii) plausibilidade inicial dessa nova concepção, e iv) os novos conceitos devem sugerir a possibilidade de um “frutífero” programa de pesquisa.

As duas últimas décadas foram marcadas por tentativas de aplicação do MMC e pela constatação de suas limitações. Na verdade, tanto o MMC quanto o construtivismo em geral (em seus aspectos mais filosóficos) vêm sofrendo críticas nos últimos anos, a maioria sustentadas por posicionamentos no terreno da epistemologia.

As dificuldades enfrentadas para atingir a mudança conceitual refletiram-se nas críticas ao modelo original de Posner. Se, por um lado, as estratégias de ensino utilizadas não

alcançavam o resultado desejado, por outro a própria possibilidade de uma mudança conceitual estrita começou a ser contestada.

Estratégias como o conflito cognitivo, por exemplo, em que as idéias dos alunos são explicitadas e confrontadas com experiências ou idéias cientificamente aceitas, não levam necessariamente à mudança conceitual⁸. Muitas vezes, o conflito sequer é reconhecido pelos alunos. Outro problema é o desenvolvimento de auto-imagens negativas, devido à ansiedade gerada nos alunos diante de uma situação de conflito cognitivo (Scott et al., 1992). Daí que outras estratégias evitem o conflito, procurando “estender” as idéias dos alunos compatíveis com o ponto de vista científico, por meio do uso de analogias, por exemplo. Segundo a revisão de Scott et al. (1992) há sempre um elemento de conflito (real ou potencial) nas diferentes estratégias, cujo sucesso maior ou menor depende de uma série de fatores que incidem sobre alunos e professores, tais como: a disposição do aluno em reconhecer e resolver o conflito, a capacidade de ouvir e avaliar pontos de vista diferentes, a criação de um ambiente favorável para que os alunos expressem suas opiniões, entre outros.

A pouca estabilidade das novas idéias e, principalmente, a resistência das concepções alternativas dos estudantes mostram que “mudança conceitual” talvez não seja uma expressão adequada, ao menos se a encararmos no sentido de um verdadeiro abandono de idéias prévias. Uma série de trabalhos vem apontando, nos últimos anos, para uma visão da mudança conceitual como processo de “longo-termo”, caracterizado pela convivência de diferentes concepções na estrutura cognitiva individual. Defendendo idéias que se aproximam nesse sentido, mas partindo de perspectivas diversas e enfocando aspectos variados da questão, encontramos, por exemplo: Hewson⁹ & Thorley (1989), que acreditam que a idéia central do MMC deva ser a diminuição do status (em termos de inteligibilidade, plausibilidade e caráter “frutífero”) de concepções alternativas em favor do crescimento daquele atribuído às concepções científicas almejadas; Villani (1992), que descreve a mudança conceitual como um processo extremamente complexo e demorado, envolvendo gradativamente mais elevados “graus de abstração”, durante o qual haveria a manutenção de modelos “espontâneos” (resistentes à mudança) por parte dos estudantes, que os utilizam muitas vezes fora do contexto escolar; Linder (1993), que se opõe a uma mudança de concepções no sentido de uma “troca” mental, defendendo a importância de desenvolver a habilidade de evocar uma concepção apropriada a cada *contexto*, o que chama de “apreciação conceitual”; Driver et al. (1994), que defendem a existência de “esquemas conceituais plurais” vinculados a contextos específicos; Mortimer (1995, 1996), que propõe a idéia de “perfil conceitual” e enfatiza a possibilidade de usar diferentes formas de pensamento em diferentes domínios, não havendo

propriamente uma “superação” de idéias prévias, o que faz com que o objetivo não seja mais a mudança conceitual, mas a mudança no *perfil conceitual*; Moreno & Waldegg (1998), que defendem que a idéia de *contexto* substituiria a questão sobre a possibilidade de diferentes formas de raciocínio em diferentes culturas (haveria espaço para uma “lógica de base” capaz de estabelecer o diálogo entre elas), e estaria de acordo inclusive com a noção de permanência do que chamam de “estratos conceituais”, que um mesmo indivíduo segue adaptando a contextos diversos; Taber (2000), que restringe ainda mais o “contexto”, defendendo a existência de “concepções múltiplas” aplicadas coerentemente dentro da *mesma* área conceitual (para explicar um certo conjunto de fenômenos, por exemplo).

O que une também esses trabalhos é a importante constatação da complexidade do processo de aprendizagem conceitual na ciência. Voltaremos a eles na seção 1.3., mas por ora faríamos notar que, no tocante à questão que nos detêm neste momento, encontramos diferentes referenciais epistemológicos fundamentando as perspectivas colocadas no parágrafo anterior. Villani (1992), por exemplo, parte da epistemologia de Laudan¹⁰, Mortimer (1995, 1996) encontra sua base em Bachelard, Hewson & Thorley (1989) utilizam os mesmos referenciais do MMC, enquanto Moreno & Waldegg (1998) partem da epistemologia genética de Piaget.

O que foi exposto acima reforça a defesa de Mellado & Carracedo (1993) de que os modelos didáticos em geral, implícita ou explicitamente, têm raízes na filosofia da ciência. Analisando a oposição histórica e dicotomizada entre as escolas empirista e racionalista, consideram os autores que houve uma superação da dicotomia entre as duas correntes absolutistas, ao longo do século XX, em favor de uma posição *construtivista*. Nela, incluem (em diferentes “matizes”) os nomes de Popper, Lakatos, Laudan, Toulmin e Kuhn. Os autores traçam a seguir analogias entre os modelos didáticos e o terreno filosófico, defendendo que modelos construtivistas de ensino estariam respaldados por diferentes escolas (construtivistas) de filosofia da ciência¹¹.

De um ponto de vista mais geral, mas em sintonia com o proposto por Mellado & Carracedo (1993), indicamos, em outro trabalho (Martins, 1998), a existência de fortes relações entre *concepção epistemológica* e posicionamentos no *campo pedagógico*. Procuramos evidenciar de que modo uma concepção metafísica do conhecimento vincula-se a uma tradição pedagógica caracterizada pela idéia de transmissão de conteúdos. A concepção metafísica (cujas características centrais são: “conhecer” como um questionamento sobre a “essência” das coisas; rígida separação entre sujeito e objeto, entre pensamento e mundo; noção de “verdade” como inerente a todo conhecimento constituído por essa via;

conhecimento como acumulativo e a-histórico) foi colocada em oposição a uma concepção dialética do conhecimento (que o caracteriza como inacabado e em constante transformação; constituído por representações da realidade construídas pelo indivíduo que pensa; vinculado a um contexto social; histórico e não acumulativo). A concepção dialética, assim caracterizada, seria incompatível com a idéia – no plano pedagógico – de transmissão de conteúdos, vinculando-se mais propriamente a uma educação problematizadora e dialógica (Martins, 1998, cap. II).

Relações dessa natureza mostram que a didática das ciências deixou de ser simplesmente a soma de conteúdos das disciplinas científicas e da psicopedagogia para tornar-se um campo específico do conhecimento, que deve ser *fundamentado epistemologicamente* (Gil Pérez, 1993). Embora possamos falar em um “consenso emergente” nessa área, em torno de teses construtivistas relativamente gerais (Gil Pérez et al., 1999), uma fundamentação específica da mesma, que esteja de acordo com o conhecimento estabelecido em outras áreas, parece ainda distante.

Críticas às bases teóricas do construtivismo

O crescente uso da epistemologia na fundamentação de trabalhos em didática das ciências, principalmente ao longo das duas últimas décadas, não se deu apenas no contexto “aplicado” dos modelos de ensino, como o MMC. Também não ficou restrito ao recém inaugurado campo da História e Filosofia da Ciência em Educação Científica¹². Essa tendência encontra-se sintonizada a um sentimento também crescente de que, do ponto de vista teórico, há a necessidade de um maior aprofundamento das propostas construtivistas. Referimo-nos aqui, portanto, às críticas que o movimento construtivista, como um *referente teórico*, tem sofrido.

Não podemos perder de vista, no entanto, que sob a noção de “construtivismo” encontram-se variadas vertentes teóricas, o que acaba por torná-lo um movimento heterogêneo¹³ (Good, 1993b; Geelan, 1997; Marín et al., 1999). É importante notar que, em função disso, surgem muitos questionamentos entre as diversas “formas” de construtivismo, assim como críticas mais gerais endereçadas às “bases” de diversas vertentes construtivistas. O importante para nós, aqui, é assinalar que o *discurso epistemológico* vem respaldando muitas dessas críticas. Citemos uns poucos exemplos, sem a pretensão de esgotar a discussão.

Matthews (1994) acusa o que considera um erro fatal e fundamental na doutrina construtivista: conservar o paradigma epistemológico aristotélico-empirista, caracterizado

pela concepção de que a verdade reside na correspondência entre as idéias e as coisas, sendo as primeiras meros “reflexos” das últimas (advindas da observação, da experiência não mediada). Tomando como referência a revolução científica (e epistemológica) do século XVII, o autor procura fazer uma distinção entre “objetos teóricos-conceituais”, construídos a partir da abstração e idealização, e “objetos reais”, na tentativa de negar uma correspondência entre ambos. Tal ligação, por sua vez, seria a base do conhecimento para grande parte dos teóricos construtivistas, vinculando-os a uma epistemologia empirista representada, entre outras coisas, pela metáfora da observação do mundo através de uma “lente” (nesse caso a observação, ainda que *mediada* por uma lente clara ou distorcedora, assinalaria um compromisso com uma teoria empirista do conhecimento). Por outro lado, a premissa de que a mente é ativa na aquisição do conhecimento teria levado à conclusão epistemológica (relativista), endêmica também nos escritos construtivistas, de que não podemos conhecer a realidade. Matthews observa ainda que os construtivistas negligenciam por demais as dimensões sociais e comunitárias da cognição, e defende uma “epistemologia objetivista” em lugar de um empiricismo, ou de um relativismo exacerbado que levaria à impossibilidade do conhecimento.

Osborne (1996) defende que a epistemologia não apenas importa, mas seria um aspecto essencial de qualquer educação em ciência. Considera, no entanto, que a epistemologia construtivista é falha, refletindo uma representação errônea das visões e práticas da ciência e dos cientistas. Haveria também uma confusão entre o modo como o novo conhecimento constitui-se e aquele pelo qual o velho conhecimento seria aprendido, problemas diferentes que o construtivismo assume como a mesma coisa. O autor avalia que o peso excessivo na idéia de “construção de conceitos” acabou por levar o construtivismo a uma negação da objetividade e racionalidade da ciência, bem como a uma falha em elaborar qualquer metodologia capaz de julgar teorias diferentes. Analisa o que considera as duas principais vertentes desse movimento: o construtivismo radical e o social, concluindo que eles não conseguiriam distinguir a ciência de outras formas de conhecimento, e levariam a uma visão de que a ciência é um empreendimento irracional. Defende que uma epistemologia realista, ainda que moderada, seria a mais adequada e apresentaria implicações pedagógicas diferentes daquelas do construtivismo.

Na mesma linha de Matthews e Osborne, Ogborn (1997) também critica a base epistemológica do que chama “construtivismo educacional” (diferenciando-o de um “construtivismo filosófico”), caracterizando-a como uma estranha mistura entre idealismo e empirismo. Ao analisar metáforas usadas pelos construtivistas sobre o “novo” conhecimento,

o autor procura separar o que considera pontos essenciais e corretos da doutrina (como a importância do envolvimento ativo do aluno no aprendizado) de algumas outras idéias “erradas ou confusas”, tais como (Ogborn, 1997, p.131): apresentar a ciência como conjunto de estórias arbitrárias da mente, sem sérias relações com uma realidade independente de nós; ou identificar erradamente cientista e estudante, entre outras.

Geelan (1997), em virtude da constatação da existência de diferentes formas de construtivismo, defende o pluralismo de perspectivas como uma possível origem de criatividade e produtividade na área, dada a natureza complexa e multifacetada das questões educacionais. Partindo da idéia de que uma teoria do conhecimento deva conter a si mesma, não havendo uma “meta-perspectiva” a partir da qual se compreenda as atividades de ensinar, aprender e pesquisar, Geelan utiliza o referencial oferecido por Paul Feyerabend e sua “epistemologia anárquica” para sugerir que *todas* as diferentes epistemologias seriam válidas e necessárias para o desenvolvimento da teoria e prática educacionais¹⁴.

Uma compreensão “inadequada” ou “incorreta” do “fazer científico” por parte de algumas tendências construtivistas, que têm suas raízes na epistemologia científica que adotam, pode levar a críticas mais extremistas, como a de Kragh (1998). Contrário a uma epistemologia que considera relativista ou agnóstica, e defensora de que o conhecimento origina-se mais no social do que na natureza, o autor ataca os chamados “construtivistas sociais” que detêm tais posições, acusando-os de (na prática) reviver movimentos “anti-científicos”. Defende que a identificação entre o laboratório escolar e o laboratório da ciência “real” pouco esclarece sobre a natureza da ciência, devendo-se apresentar um quadro mais realista de como os cientistas trabalham.

Os compromissos epistemológicos dos alunos

Por fim, gostaríamos de salientar ainda que a questão epistemológica surge também no âmbito de outras questões envolvendo o ensino e a aprendizagem das ciências. Já Posner et al. (1982) haviam apontado para o fato de que ideais epistemológicos e crenças de natureza metafísica seriam elementos constitutivos da chamada “ecologia conceitual” dos alunos, com influência decisiva na mudança conceitual. Numa revisão crítica do MMC, Strike & Posner (1991) ampliam a noção de “ecologia conceitual”, para abarcar aspectos motivacionais e subjetivos, e relacionam o aprendizado significativo da física com certas crenças de natureza epistemológica dos alunos.

As concepções alternativas dos alunos não diferem apenas das científicas em seu aspecto conceitual, mas também nos planos ontológico e epistemológico, adquirindo para alguns o status de “teorias implícitas” (Pozo, 1999). Dessa forma, por trás de concepções não científicas dos alunos podemos encontrar *visões epistemológicas* que se relacionam com visões do passado, e que estariam na base de certas dificuldades de aprendizagem (Campanario & Otero, 2000). Mais amplamente, Cobern (1996) salienta a importância das crenças de natureza metafísica e embasadas culturalmente (o que incluiria pressupostos epistemológicos) que os estudantes trazem para a sala de aula (suas “visões de mundo”), e a necessidade de se levar em conta esse mundo cultural multi-dimensional dos alunos, para que se possa dar sentido e força a novos conceitos e idéias (científicos).

Disso decorre a defesa que muitos autores fazem de atividades que estimulem a metacognição dos alunos (Hewson & Thorley, 1989), ou a conscientização de seus próprios “perfis conceituais”, que refletiriam a convivência de diferentes opções epistemológicas (Mortimer, 1995, 1996 e 2000).

Sob esse ponto de vista, o pensamento epistemológico, além de desempenhar o seu amplo papel na fundamentação e na crítica a modelos de ensino, estabelecendo vínculos entre concepção de desenvolvimento científico e aprendizagem da ciência, surge também como algo inerente ao sujeito que aprende, em diversos níveis de profundidade e consciência. Isso provoca demandas sobre o professor, que deve ser capaz de avaliar diferentes perspectivas epistemológicas, e cuja prática em sala de aula, visando a facilitação da aprendizagem da ciência, deve estar baseada em informações nos domínios cognitivo, social e epistêmico (Duschl, 1995). Dessa forma, também a formação de professores encontra-se implicada.

Por que a epistemologia importa?

A partir dessa breve retrospectiva de contextos da área de pesquisa em ensino de ciências em que a epistemologia desempenha importante papel, gostaríamos de retornar à questão colocada no início dessa seção.

Parece-nos claro que a *dimensão epistemológica* não pode mais ser desconsiderada quando pensamos na área de pesquisa em ensino de ciências, de um modo geral. Como vimos, o discurso epistemológico está presente em diversos contextos dessa área, seja fundamentando críticas de caráter mais amplo, como aquelas endereçadas às bases teóricas de certas tendências do movimento construtivista, seja fundamentando modelos de ensino (como o MMC) ou servindo de base para críticas e propostas de alterações dirigidas a eles. Também

vimos como a própria interpretação de certos resultados de pesquisa, tais como a resistência à mudança das concepções alternativas ou o vínculo das mesmas com compromissos de natureza epistemológica dos indivíduos, encontra-se respaldada muitas vezes no terreno da epistemologia. Isso para além da importância intrínseca dessa dimensão para o campo da História e Filosofia da Ciência em Educação Científica.

Se, por um lado, consideramos haver evidenciado a relevância da epistemologia nas mais variadas discussões envolvendo a área de pesquisa em ensino de ciências, sendo impossível ignorá-la, seria importante finalizar esta seção com outros questionamentos, que servem para deixar claro o caráter “aberto” do problema:

- ❖ Uma vez que fundamentos da área são questionados por argumentos oriundos de certos posicionamentos epistemológicos, deveríamos nos preocupar em buscar uma base teórica para a área de pesquisa em ensino a partir de uma única epistemologia? Haveria uma epistemologia mais “verdadeira”, ou ao menos mais “útil”? Em que medida o uso de diferentes epistemologias levaria a contradições? Seria preferível não enveredarmos por esse caminho pretensioso, renunciando a tentativas de construção de uma base teórica firme, coesa e compartilhada pela maioria?
- ❖ Pensando na pesquisa em ensino: a epistemologia é *realmente* um bom ponto de partida para o estabelecimento de estratégias ou modelos de ensino? Há mesmo uma estreita relação entre uma visão da ciência e de seu desenvolvimento e a melhor forma de ensiná-la ou aprendê-la?
- ❖ Pensando na sala de aula: a concepção epistemológica do professor influencia *de fato* sua prática pedagógica (*o que* ele ensina e *como* ele ensina)? Em que medida isso afeta a aprendizagem do aluno e a imagem da ciência que ele constrói?

São questionamentos de natureza bastante ampla e complexa, cujos desdobramentos fogem ao esforço de análise do presente trabalho. Servem-nos como um “alerta”, para lembrarmos que não há *unanimidade* quanto ao papel desempenhado pelo pensamento epistemológico. Teceremos então, à guisa de conclusão, alguns breves comentários sobre os pontos levantados acima.

Quanto ao primeiro questionamento, acreditamos que a busca de fundamentação teórica é um dos aspectos essenciais da pesquisa em ensino e deve ser perseguido constantemente. Consideramos, no entanto, que embora uma determinada concepção epistemológica possa trazer contribuições nesse sentido, o próprio desenvolvimento da ciência, permitindo diversas leituras, desautoriza a idéia de uma epistemologia “verdadeira”. Por outro lado, a complexidade dos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem das

ciências também faz com que a fundamentação teórica da área esteja muito além de uma escolha “apropriada” de visão de ciência. Talvez por tudo isso, muitos autores evitem deliberadamente essa busca. Millar (1989), por exemplo, considera que não há associação necessária entre a abordagem construtivista e uma particular visão do conhecimento científico. Para ele, o problema pedagógico de ensinar ciência como um corpo estruturado de conhecimentos seria independente da epistemologia adotada, e o programa construtivista teria mais a oferecer empenhando-se na construção e refinamento de currículos do que perseguindo um modelo geral de instrução. Outros autores, embora tenham críticas a pressupostos epistemológicos do construtivismo, também preferem não limitar a questão à busca de um “Santo Graal” epistemológico (por exemplo: Solomon, 1994; Kragh, 1998).

No que se refere ao segundo questionamento, devemos mesmo ter muito cuidado ao tomar um referencial epistemológico como ponto de partida para o estabelecimento de estratégias didáticas. Tal procedimento invalida-se, muitas vezes, ao repousar sobre analogias apressadas entre os dois terrenos, que acabam por desconsiderar as peculiaridades de ambos. Muitas das críticas ao modelo de mudança conceitual, por exemplo, apontavam para isso. Por trás dessa questão, deparamo-nos com a problemática de haver ou não uma determinação sobre o *ensino* da ciência a partir do que consideramos que ela *seja* (como a ciência “é” *determinaria* a melhor forma de ensiná-la). Há alguns anos, um debate sobre este tema foi publicado nas páginas do periódico *Enseñanza de las Ciencias*. Nele, Marín Martínez e Oliva Martínez defenderam a seu modo o papel que deve desempenhar o pensamento epistemológico no ensino das ciências. O primeiro faz uma revisão do MMC e das críticas subseqüentes a ele, e alerta-nos a respeito das transposições analógicas entre a história e filosofia das ciências e o plano do ensino e da aprendizagem do aluno. Segundo Marín, isso deve ser considerado apenas uma primeira aproximação aos problemas do ensino, e devemos ser mais críticos quando estabelecemos correspondências racionais entre o ensino e a epistemologia da ciência. Não se deve avaliar teorias de aprendizagem com critérios das epistemologias científicas (Marín, 1999). Já Oliva defende a utilização da epistemologia da ciência como modelo de compreensão do processo evolutivo do aluno. Considera que as críticas de Marín devam ser dirigidas mais às aplicações posteriores do MMC do que às suas bases epistemológicas. Para ele, não se deve rechaçar a história e filosofia das ciências, porque a epistemologia pode ajudar a compreender a especificidade da construção do conhecimento científico ante a outros tipos de conteúdo (Oliva, 1999).

Concordamos que se devam evitar transposições e analogias diretas e imediatas, como, por exemplo, a do “aluno como cientista”, sugerida por Gil Pérez (1993). Entretanto, não

podemos cometer o erro inverso, “jogando o bebê com a água do banho”. Não se deve “curto-circuitar” o caminho entre um referencial epistemológico e possíveis modelos de ensino (passando-se rapidamente de uma “visão de ciência” para o plano das “estratégias”), o que não inviabiliza nem diminui o papel que o primeiro pode desempenhar no estabelecimento de *diretrizes* que possam guiar os segundos. O fato de compreendermos a ciência de um certo modo, partindo de um referencial epistemológico, deve *influenciar* (mais do que *determinar*) o modo como devemos ensiná-la, desde que saibamos estabelecer os limites entre os terrenos epistemológico e pedagógico.

O terceiro questionamento suscita outra polêmica: se há fortes relações entre *concepção epistemológica e prática pedagógica*, estabelecidas e explicitadas em diversos estudos (por exemplo: Mellado & Carracedo, 1993; Martins, 1998), muitas vezes tais relações ou permanecem inconscientes (mas existindo *de fato e de direito*), ou são deliberadamente negligenciadas pelo professor (sequer existem *de direito* para ele). No primeiro caso, o professor não teria clareza de seu próprio posicionamento epistemológico, que pode ser vislumbrado apenas *implicitamente* em sua prática. Quanto ao segundo, pode acontecer que o professor acredite que ensinar e aprender ciência são atividades desvinculadas da maneira pela qual ele pensa a ciência, fazendo uso *explícito* de diferentes epistemologias. Existem professores com uma visão construtivista da ciência, por exemplo, e com uma visão de ensino mais “diretiva” (Villani, comunicação pessoal).

De qualquer modo, a prática do professor em sala de aula afeta sem dúvida a imagem da ciência que será construída pelo aluno. Assim sendo, tanto o professor que não tem clareza em seu posicionamento epistemológico quanto aquele que usa explicitamente diferentes perspectivas acabam por estabelecer, *de fato e de direito*, o vínculo entre as suas práticas e uma visão de ciência. Não necessariamente a deles, mas a que começa a ser construída pelos alunos. Consideramos que as relações entre concepção epistemológica e prática pedagógica teriam absoluta relevância justamente num contexto como esse, podendo levar professores a refletir sobre suas práticas e posicionamentos (já chamamos a atenção, em outra oportunidade, para a importância de considerarmos a perspectiva epistemológica na formação de professores).

Tudo o que foi apresentado até aqui reforça e justifica, em nosso entendimento, a necessidade de considerarmos a dimensão epistemológica em nosso trabalho. A epistemologia realmente importa, seja pela sua pertinência comprovada no enfrentamento dos problemas do ensino, seja pelas questões que deixa em aberto nesse terreno.

Acreditamos que a adoção de um referencial epistemológico em particular trará contribuições tanto no que tange aos fundamentos teóricos, como também quanto à interpretação de resultados gerais e particulares da área de pesquisa em ensino de ciências. Nossa intenção é a de contextualizar esse referencial nesse plano mais amplo da área, antes de “aplicá-lo” aos problemas específicos da construção do conceito de tempo. Desse modo, passaremos à descrição de características centrais da epistemologia de Gaston Bachelard para, em seguida, confrontá-las com o que foi apresentado nessa seção, esperando com isso esclarecer e justificar a nossa escolha.

1.2.) Alguns aspectos da epistemologia de Gaston Bachelard

Nesta seção, apresentaremos uma visão geral do pensamento epistemológico de Gaston Bachelard¹⁵, centrando nossa atenção nas noções e posicionamentos desta epistemologia vinculados mais diretamente ao nosso estudo¹⁶.

Características gerais

Como caracterizar a epistemologia de Gaston Bachelard? Num primeiro momento, poderíamos adjetivá-la de duas maneiras: é uma epistemologia *histórica*. É uma epistemologia *racionalista*.

Histórica porque não abdica do uso da história da ciência em sua fundamentação. Mais do que isso, aprende com o material histórico, buscando nele elementos que ilustram, justificam e alicerçam as principais teses dessa epistemologia. Mas não é ainda de qualquer história da ciência de que se trata. É uma história que vai ao passado com os olhos do presente, uma “história julgada” que evidencia o progresso científico a partir da constatação dos erros desse passado. Bachelard a denomina *história recorrente*, uma história “que se esclarece pela *finalidade do presente*, uma história que parte das certezas do presente e descobre, no passado, as formações progressivas da verdade” (*A Epistemologia*, p. 207).

Histórica também porque, como teremos a oportunidade de aprofundar a seguir, concebe a verdade de hoje como uma retificação histórica de um erro de ontem. À medida que o conhecimento científico evolui, progride, pensamentos são retificados.

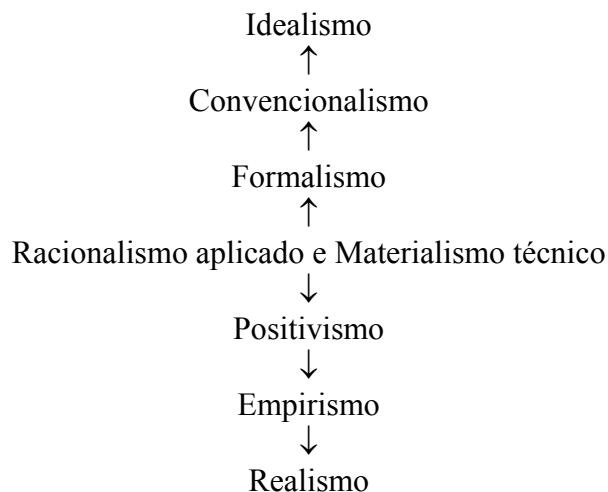
Racionalista porque opõe-se a epistemologias do tipo empirista, que colocam a origem de todo o conhecimento (do menos ao mais evoluído) no objeto sensível, ou mesmo na experiência primeira. Bachelard coloca-se contra a “ideologia do dado”, contra a idéia de que

a simples *observação* dos “fatos” leva ao conhecimento, sendo esse fundado, portanto, na experiência. Não que ele se encontre no extremo oposto e suponha que o conhecimento nasça da razão, numa postura filosófica mais próxima ao idealismo. Seu posicionamento é mesmo num ponto intermediário entre o racionalismo e o empirismo, embora mais próximo do primeiro.

Para ele, não podemos mais falar de um realismo ou de um racionalismo absolutos. A prova científica afirma-se na experiência e no raciocínio, no contato com a realidade e numa referência à razão. Se a atividade científica “*experimenta, é preciso raciocinar; se ela raciocina, é preciso experimentar*” (*O Novo Espírito Científico*, p. 13). O real científico coloca-se em relação dialética com a razão científica. Entretanto, dada a especificidade da ciência de sua época, cada vez mais abstrata e matematizada (o que se aprofundou nos anos seguintes até os dias de hoje), é mesmo do racional para o real que Bachelard orienta o seu *vetor epistemológico*.

Segundo Bachelard, a nova ciência caracteriza-se pela “realização do racional” (ou “realização do matemático”): o pensamento científico é “realizante”. Isso porque a experiência científica moderna é um momento da construção teórica, uma “razão confirmada”. Não há mais sentido em experiências desconexas, em hipóteses desconexas: “Daqui em diante, a hipótese é síntese” (*O Novo Espírito Científico*, p. 14). Sendo assim, o pensamento *faz realizar* o fenômeno, que é *construído* antes de ser *dado*.

É, portanto, somente numa posição intermediária que podemos compreender a dialética da razão e da técnica, própria da ciência mais avançada. Nesse ponto manifestam-se um *racionalismo aplicado* e um *materialismo técnico* (ou instruído). A partir deste centro, perspectivas “debilitadas” de pensamento levariam aos extremos do idealismo ou do realismo ingênuos (*A Epistemologia*, p. 122):



O caminho em direção ao idealismo, embora em direção ao pensamento reflexivo, é um caminho que “enrijece” a razão, tornando-a incapaz de lidar com o conhecimento das “novas regiões da experiência”. O formalismo seria substituído pela instrumentalização do conhecimento racional, pela idéia das *fórmulas* para informar a experiência, degenerando num conjunto de *convenções*, uma “seqüência de pensamentos mais ou menos *cômodos* organizados segundo a linguagem clara da matemática” (*A Epistemologia*, p. 123). Este caminho para o idealismo não se compromete com a experiência. É fechado e solipsista.

A outra perspectiva do quadro leva, segundo Bachelard, a uma “inércia progressiva do pensamento que conduz ao realismo, a uma concepção da realidade como sinônimo da irracionalidade” (*A Epistemologia*, p. 123). O positivismo ainda seria um “guardião da hierarquia das leis”, enquanto o empirismo uma “poeira de receitas” de caráter pragmático, que tem a pretensão de enunciar regras claras para a observação da natureza (“o” método científico). Nesse outro extremo chega-se ao realismo, considerado por Bachelard como a “única filosofia inata” (*A Formação do Espírito Científico*, p. 163), e que não passaria de um “amontoado de fatos e de coisas” com a ilusão de riqueza.

Posiciona-se então num ponto que considera privilegiado, embora sujeito a críticas de ambos os lados. Através das expressões “racionalismo aplicado” e “materialismo técnico”, Bachelard procura caracterizar o tipo de mentalidade abstrata-concreta a que corresponde a dialetização da razão e da técnica.

O racionalismo de que nos fala Bachelard deve ser ativo e prospector, deve abdicar das “pretensões de universalidade”, não pode ser válido para todas as experiências e todas as épocas. Fundado numa realidade social, ele é um *racionalismo aplicado* na medida em que deve tirar lições da experiência objetiva ao mesmo tempo que a dirige. Distingue-se do racionalismo tradicional pela necessidade da *aplicação*, ou seja, de encontrar nesta a justificação do pensamento teórico. Nesse sentido, as condições de aplicação dos conceitos devem fazer parte de seus próprios significados (da própria teoria, enfim), rompendo a divisão clássica entre teoria e técnica: “Um conceito torna-se científico na medida em que se torna técnico, em que se faz acompanhar de uma técnica de realização” (*A Epistemologia*, p. 141).

A imbricação entre teoria e experiência, que esse racionalismo representa, é profunda e fundamental, o que leva Bachelard a propor um neologismo – *fenomenotécnica* – em substituição à *fenomenologia*. Em vez de uma “lógica dos fenômenos”, uma “fábrica de fenômenos”, na qual o pensamento racional ocupa um lugar de destaque. Esse *materialismo técnico* polemiza a experiência imediata, torna a experiência um momento da construção teórica. Bachelard chega a dizer que o instrumento da ciência moderna é um “teorema

reificado”. Cita como exemplos os aparelhos de Millikan ou de Stern-Gerlach, pensados *em função* de elétrons e átomos. Enfatiza com isso o caráter complexo da experiência científica, que se insere num “programa”, não podendo mais ser “isolada”. Programa esse que é por um lado teórico, e por outro coletivo. A realização de técnicas particulares envolve toda uma sociedade de cientistas altamente especializados, sendo a *especialização* outra marca do *materialismo técnico*.

Dessa forma, é possível superar a dicotomia racionalismo – empirismo por meio de uma proposta epistemológica essencialmente dialética, que procura contemplar e integrar esses opostos a partir de uma posição intermediária, embora marcadamente racional. Poder-se-ia dizer talvez (e esse seria um pensar caracteristicamente bachelardiano) que o empirismo não foi abandonado, mas sim superado e recuperado novamente numa outra instância, sob nova ótica.

Em suma, a epistemologia bachelardiana é marcada pelas perspectivas histórica e racional. Vejamos a seguir, apresentando as noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico, como tais perspectivas se articulam para caracterizar o progresso do conhecimento científico.

A noção de obstáculo epistemológico

Ao analisar o progresso da ciência (cuja existência não põe em dúvida¹⁷), Bachelard conclui que é em termos de obstáculos que devemos colocar o problema do conhecimento científico. Não se trata, porém, de priorizar dificuldades devidas à complexidade dos fenômenos, como poderia parecer à primeira vista. Esses obstáculos surgem inevitavelmente na relação dos sujeitos com os objetos do conhecimento, aparecem no “âmago do próprio ato de conhecer” – são *obstáculos epistemológicos*. Embora inerentes ao ato de conhecer, é a sua superação que permite o avanço do conhecimento, tanto no nível do sujeito individual como no nível do sujeito coletivo da ciência.

Hoje, os objetos da ciência já não são dados, são construídos. Diferem dos objetos comuns na medida em que são fruto de uma reflexão teórica. São *objetos teóricos*, distanciam-se do real imediato, que é vinculado a uma experiência primeira. São “objetos segundos” ou “sobre-objetos”, porque são fruto de “pensamentos segundos”, ou seja, de um trabalho de produção teórica e organização de idéias que se encontra além da pura e simples “observação neutra e direta do real”. Esta, cara aos empiristas, já não pode ser a base

epistemológica dos objetos da ciência moderna, construídos pela razão, produtos da mente humana. É mesmo no sentido de um pensamento segundo, de uma *re-apresentação*, que poderíamos caracterizá-los como *representações* do real.

No entanto o sujeito, no contato com o real imediato, tende a acumular valores, sensações, “hábitos”, que dificultam a abstração e a construção dos objetos teóricos da ciência. Em sua obra *A Formação do Espírito Científico*, Bachelard busca analisar exaustivamente a natureza desses obstáculos epistemológicos, tomando exemplos principalmente da história da ciência do século XVIII. Listaremos abaixo, brevemente, alguns dos obstáculos elencados por ele, procurando clarear o significado e a amplitude desse importante conceito. Antes, seria importante assinalar que, nessa obra, Bachelard divide a história da ciência em três grandes períodos, representando: o *estado pré-científico* (da Antigüidade ao século XVIII), o *estado científico* (fins do século XVIII ao início do século XX), e a era do *novo espírito científico* (aponta o ano de 1905 – surgimento da teoria da relatividade – como o marco inicial desse período)¹⁸.

Um primeiro obstáculo seria a “observação primeira”, imediata, que tenciona compreender o real a partir de um “dado” claro e nítido. Trata-se de um “empirismo fácil”, que coloca os “fatos” antes das “razões”, que não reflete para experimentar. Bachelard aponta o perigo do deslumbramento, da satisfação do espírito com as “experiências coloridas” que, pretensamente, proporcionariam um empirismo evidente e básico. Entre outros exemplos, cita aqui as experiências da ciência da eletricidade do século XVIII, cheias de falsos centros de interesse e imagens pitorescas, que imobilizam a razão. O espírito pré-científico, tal como o denomina Bachelard, contenta-se com essa ciência de primeira aproximação, em que não é preciso compreender: basta ver. Pelo contrário, o espírito científico deve-se formar *contra* a natureza, oferecendo-lhe resistência. Há muito de concreto e subjetivo nas experiências primeiras. Por isso, diz Bachelard, “não é pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro” (*A Formação...*, p. 68).

Um segundo obstáculo epistemológico seria o “conhecimento geral”, em que a generalização é capaz de imobilizar o pensamento. Por trás de uma lei ou conceito geral, o espírito pré-científico pretende, muitas vezes, explicar tudo, acabando por não explicar nada. Bachelard cita como exemplo os conceitos de coagulação e fermentação, estendidos a domínios tão diversos de modo que a simples palavra parece conter todo o princípio explicativo. Já o pensamento científico moderno caracteriza-se por limitar os conceitos e suas condições de aplicação, fazendo corresponder a um conceito o seu anti-conceito (o que “não-

fermenta”...). “O conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago” (*A Formação...*, p. 90).

Em estreita ligação com o anterior há o “obstáculo verbal”, em que uma única imagem pode constituir toda a explicação. Bachelard cita o caso da esponja, e como ela pôde tornar-se uma verdadeira “categoria empírica”, capaz de servir de metáfora aos fenômenos mais heterogêneos. Nesse caso, a própria palavra parece carregar a função, levando o espírito a aceitar imagens fáceis, a reconhecer metáforas como realidades. Bachelard afirma que também a alavanca, o espelho, a bomba, a peneira, seriam exemplos desse tipo de obstáculo, que leva a “físicas específicas, generalizadas apressadamente” (*A Formação...*, p. 99). Do mesmo modo poderíamos acrescentar aqui o termo “choque térmico”, tantas vezes presenciado por nós nas aulas do ensino médio, e que era aplicado pelos alunos aos mais variados tipos de fenômenos, como se a simples expressão fosse capaz de tudo explicar. Obstáculo que acumula e funde uma série de imagens, tanto elétricas (choque elétrico) como mecânicas (colisão), mas pensadas para os fenômenos térmicos!

Os conhecimentos “unitário” e “pragmático” também constituem-se obstáculos. Quanto ao primeiro, induz generalizações ainda mais amplas, de caráter filosófico. A formulação de “princípios gerais da natureza” pode pôr fim às experiências, levando a valorizações abusivas que acabam por esconder as contradições dessa mesma experiência. Bachelard aponta como a crença numa “unidade harmônica do mundo”, por exemplo, leva a sobredeterminações características do espírito pré-científico, a analogias amplas e indevidas (astros e metais, metais e partes do corpo). A ciência contemporânea sabe manter sistemas isolados. Já o pragmatismo constitui-se em obstáculo quando leva à convicção de que “encontrar uma utilidade é encontrar uma razão” (*A Formação...*, p.115). A ligação entre o verdadeiro e o útil seria uma característica da mentalidade pré-científica.

Outro importante obstáculo epistemológico analisado por Bachelard é o “obstáculo substancialista”, que se apresenta de diversas maneiras. Por um lado, são atribuídas a uma mesma substância qualidades diversas e até opostas, povoando-a de forças, poderes etc. Há um acúmulo de adjetivos para um mesmo substantivo, quando o progresso científico dá-se no sentido inverso, de uma redução desse número. Por outro lado, e de forma complementar, nota-se a presença do obstáculo substancialista quando o espírito pré-científico faz corresponder, a toda qualidade, uma substância, ou seja, propriedades são “substantivadas”, pensa-se substâncias para realizar contradições que vêm da experiência. Já para a ciência moderna a substância é uma “concretização de idéias teóricas abstratas” (*A Formação...*, p.143).

Essa visão substancialista é um dos momentos de um pensamento do tipo *realista*, que Bachelard afirma ter raízes no inconsciente. Como dissemos, ele considera o realismo a “única filosofia inata”. O realista acaba por transpor valores inconscientes para o mundo objetivo, como no caso do ouro, associado por “participação” ao sol e ao sangue. Bachelard aponta aqui outros tipos de valorizações indevidas, como a idéia de “concentração” da riqueza (a pedra preciosa é pequena e tem muito valor) e o “mito da intimidade substancial” (a “essência” contida num “núcleo”; o melhor é o que está escondido). As substâncias tornam-se reflexo de impressões subjetivas, catalisam valores que afastam o pensamento da objetividade.

Há também o “obstáculo animista”, que resulta da aplicação da “intuição da vida” aos mais variados fenômenos. Bachelard chega a falar de um “fetichismo da vida”, que carrega uma marca e um valor muito intensos. O espírito pré-científico associou a vida aos fenômenos elétricos, aos minerais. Para o pensamento que busca o concreto e não a abstração, “vida” é uma palavra mágica e imediatamente valorizada. Dessa forma, persistem fantasias animistas, inclusive devido ao caráter afetivo e duradouro que tem a intuição da vida. Para Bachelard, a “imagem animista é mais *natural*; logo, mais convincente” (*A Formação...*, p. 202). Analisa à parte um outro exemplo de obstáculo animista, a que chama de “o mito da digestão”. Essa, como função privilegiada, também foi objeto de analogias abusivas e equivocadas com o mundo inorgânico.

Ainda no âmbito do animismo, Bachelard propõe-se a analisar a relação da libido com o conhecimento objetivo. Com exemplos retirados principalmente da alquimia, mostra como há uma fusão entre imagens objetivas e desejos subjetivos na mentalidade pré-científica. Pensamentos sexuais surgem na descrição do mundo inorgânico, onde metais são divididos em machos e fêmeas, operações são descritas como cópulas etc. As metáforas denunciam o inconsciente. Da mesma forma que com outros conceitos, temos nesse contexto as noções de germe, sêmen e semente como exemplos de noções que concentram valores.

Por último, na *Formação...*, Bachelard descreve ainda os obstáculos ao conhecimento quantitativo. O conhecimento puramente qualitativo, por si, já conteria um erro a ser retificado. Isso não significa que qualquer “quantificação” seja automaticamente objetiva. A importância encontra-se no *método de medir*, mais do que no *objeto da mensuração*. Este define-se e torna-se claro em função daquele. Como exemplo, cita a grande variedade dos primeiros termômetros, em comparação com a padronização quase imediata dos instrumentos atuais de medida. As grandezas devem ser pensadas relativamente aos métodos de medida. Para Bachelard, “o conhecimento torna-se objetivo na proporção em que se torna

instrumental” (*A Formação...*, p. 268), ou seja, a padronização dos instrumentos refletiria um “produto científico” mais definido. O que faltaria ao espírito pré-científico seria justamente uma doutrina dos erros experimentais, saber o que pode ser desprezado e o que precisa ser considerado. Seria característico do espírito pré-científico tanto um matematismo demasiado vago como demasiado preciso.

Os obstáculos epistemológicos não são apenas característicos da pré-ciência, mas “aderem aos conceitos” e perturbam mesmo o “novo espírito científico”. São difíceis de serem desalojados e carregam valores afetivos que dificultam a objetivação.

Um importante ponto a ressaltar é que tais obstáculos não estão presentes apenas no desenvolvimento histórico da ciência, podendo ser encontrados na análise de seu progresso. Bachelard é explícito ao dizer que essa noção pode ser estudada na prática cotidiana da educação, uma vez que os alunos chegam à escola com conhecimentos já constituídos. Por isso Bachelard defende que se estude a “psicologia do erro”, e que se compreenda a necessidade de uma verdadeira “catarse intelectual e afetiva”, para o aprendizado da ciência. Há que se vencer, um a um, os obstáculos epistemológicos que a vida cotidiana foi edificando, bem como os novos obstáculos que o próprio aprendizado da ciência vai forjando.

Trata-se, então, de um processo marcado por *rupturas*: a ciência opõe-se ao senso comum, à opinião. O conhecimento que se pretende objetivo deve também opor-se ao conhecimento sensível que carrega todo tipo de impurezas e valores, não corrigidos ainda pelas “repreensões do objeto”. O caminho dessa objetivação não é evitar sistematicamente o erro, é antes a consciência do erro. Sob esse ângulo, o erro adquire uma conotação positiva, útil. Ele não é um “acidente de percurso” ou uma prova de limitação, mas uma etapa a atravessar, um “elemento motor do conhecimento”. Esse é um ponto fundamental pois, ao afirmar a inevitabilidade dos erros, vinculando-os ao próprio ato de conhecer, Bachelard dialetiza a noção de erro, que passa a ter um duplo aspecto: *negativo* enquanto reflexo de um obstáculo a superar; *positivo* na medida em que, “psicanalisado”, torna-se quase que um pré-requisito à aquisição de novos conhecimentos (mais elaborados).

Esse é o teor da “psicanálise do conhecimento objetivo” de que nos fala, em suma, Bachelard. Ela faz surgir o espírito científico como um “conjunto de erros retificados”. O conhecimento científico aproximar-se-ia cada vez mais da verdade corrigindo e retificando erros (dialética erro-verdade).

Por último, caberia dizer que o esforço de des-subjetivação do cientista, em direção à objetivação, tem por base o controle social (da “cidade científica”). Somente numa ciência socializada é possível realizar a psicanálise do conhecimento, dispor a série de erros. É

também essa ciência socializada que permite padronizar os instrumentos de medida, e quantificar. Sob o olhar do “outro” é que se funda a objetividade, para Bachelard.

A noção de Perfil Epistemológico

Bachelard vai além da constatação da existência de *obstáculos* na evolução do conhecimento individual e científico, ou seja, do sujeito individual e do sujeito coletivo da ciência. Tendo sempre como referência as profundas transformações sofridas pela ciência no início do século XX, com a teoria da relatividade e a mecânica quântica, ele tenta estabelecer as *bases filosóficas* desse *novo espírito científico*. Em sua obra *A Filosofia do Não*, Bachelard considera o conhecimento como uma evolução do espírito¹⁹.

Resgatando a noção de obstáculos, afirma que o espírito científico só pode constituir-se destruindo o espírito não científico, os erros, valores e preconceitos acumulados. Tarefa que não é fácil, porque “a ignorância é um tecido de erros positivos, tenazes, solidários” (*Fil. do Não*, p. 11). Os erros se reforçam, fazendo com que as “trevas espirituais” tenham uma estrutura. O espírito que evolui deve romper com essa estrutura, superar obstáculos. E é esse movimento que Bachelard procurará analisar a partir de um *pluralismo filosófico*.

Tal pluralismo implica, de imediato, uma releitura da oposição básica entre empirismo e racionalismo. A compreensão da dinâmica que anima a ciência moderna exige que façamos uma leitura dialética destes dois pólos filosóficos, que os compreendamos de modo complementar. Isso porque “o valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência” (*Fil. do Não*, p. 10). Desta forma, o pensar científico exige que nos coloquemos no ponto intermediário entre teoria e prática, matemática e experiência. Uma vez mais aqui, entretanto, Bachelard privilegia um dos sentidos: o que vai do racionalismo à experiência. A evolução filosófica do conhecimento dá-se no sentido de uma maior coerência racional.

Reclama então aos filósofos a liberdade de tomar emprestado elementos filosóficos desligados dos sistemas mais gerais nos quais eles nasceram. A filosofia capaz de dar conta do desenvolvimento científico passa a ser uma “filosofia dispersa”, plural. Utilizando esses elementos, Bachelard procura “estruturar” o progresso epistemológico da ciência, defendendo que existam certas “fases” que se sucedem ao longo da evolução filosófica de um conhecimento científico particular. Essas fases iriam do animismo (ou realismo ingênuo) ao surracionalismo, passando pelo empirismo e pelo racionalismo tradicional. O surracionalismo englobaria o que Bachelard chama de racionalismo complexo e de racionalismo dialético.

Como exemplo de atuação dessa filosofia dispersa na explicação do progresso epistemológico, Bachelard apresenta o conceito de massa. Em sua forma *animista* (ou realista ingênua), a massa aparece como “uma apreciação quantitativa grosseira” da realidade, relacionada essencialmente às “coisas grandes”. Encaixam-se aqui visões de senso comum que atribuem maior massa a um objeto maior, ou que somente a consideram como uma quantidade quando suficientemente grande.

Num segundo nível, encontraríamos uma noção *empirista* de massa, vinculada a uma pretensa determinação objetiva e precisa. Bachelard refere-se a uma “conduta da balança”, que escamoteia uma complicação teórica por trás de um instrumento aparentemente simples, criando um pragmatismo seguro. “Pesar é pensar. Pensar é pesar” (*Fil. do Não*, p. 26).

Inserindo o conceito de massa num “corpo de noções”, a mecânica newtoniana inaugura, na visão de Bachelard, o conceito *racionalista* de massa. Este já não representa uma experiência imediata e direta, mas define-se com referência a outras noções (força e aceleração), sendo uma espécie de “coeficiente de devir”. É, enquanto relação. O caráter simbólico da noção de massa irá intensificar-se com a mecânica racional (articulação matemática da mecânica newtoniana), passando a ser um “instante da construção racional”.

Com a teoria da relatividade vemos a noção *absoluta* de massa sofrer uma *abertura*. Deixa de ser *um* conceito relacionado a outros para tornar-se um conceito complexo *em si*, múltiplo. A massa é agora função da velocidade. Não é mais heterogênea à energia. O *racionalismo complexo* surge da multiplicação, segmentação e pluralização do racionalismo tradicional. A abertura dá-se no “interior da noção”.

Por último, Bachelard apresenta o conceito de massa presente na mecânica de Dirac como um exemplo do *racionalismo dialético*. A idéia de “massa negativa” sugere uma ruptura com o pensamento racionalista anterior e suscita uma “dialética externa”, que não poderia ser encontrada refletindo-se sobre as noções anteriores de massa. Temos agora um conceito novo, que surge desvinculado da realidade comum, mas que a matemática procurará “realizar”.

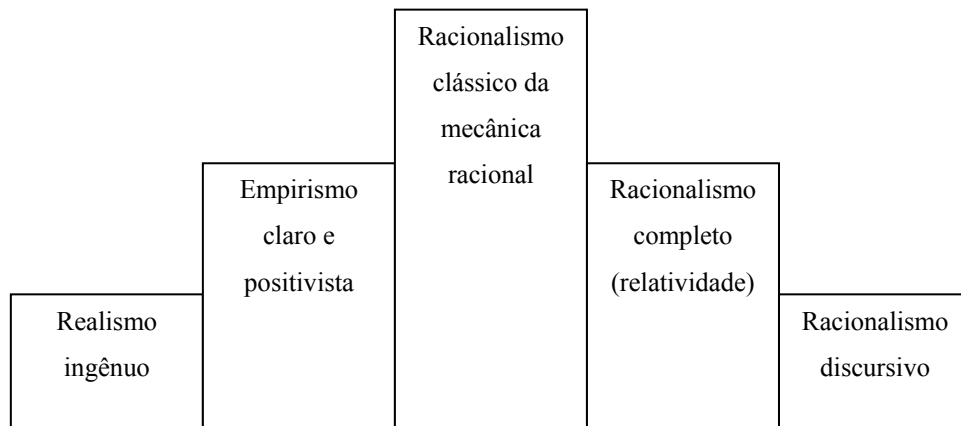
Cada doutrina filosófica (do realismo ao surracionalismo) esclarece apenas uma face do conceito. Bachelard propõe que estas doutrinas sejam *hierarquizadas*, e que a evolução de um determinado conceito científico, entendida como um processo que atravessa essas fases, represente um *progresso filosófico* desse conceito.

Entretanto, nem todo conceito particular, nem toda área do conhecimento, encontram-se no mesmo estágio com relação à hierarquia de doutrinas filosóficas²⁰. Mais do que isso, os *próprios pensamentos* dos indivíduos teriam *coeficientes* de realismo ou de racionalismo

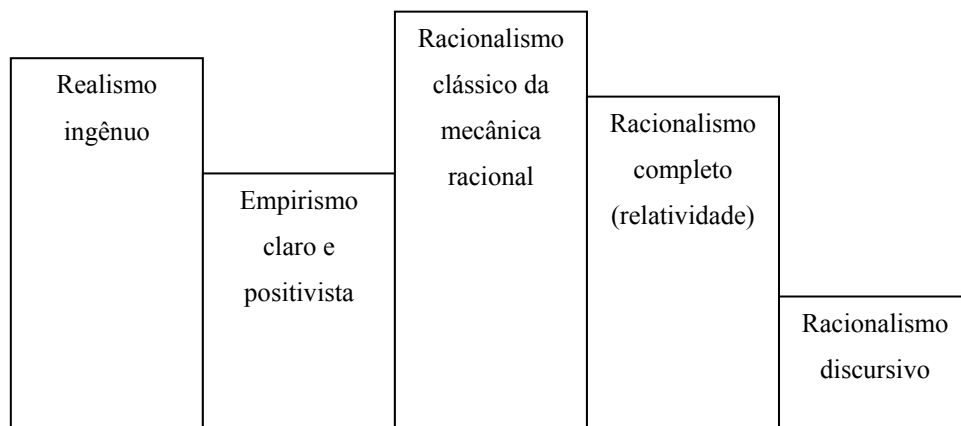
diversos, não havendo sentido em os classificarmos simplesmente sob os rótulos de “realistas” ou “racionalistas”.

É dentro desse pluralismo filosófico hierarquizado que Bachelard funda o conceito de *perfil epistemológico*, segundo o qual as diversas doutrinas filosóficas encontram, no indivíduo, um certo “peso relativo”, uma certa “intensidade de presença”. “Seria através de um tal perfil mental que poderia medir-se a ação psicológica efetiva das diversas filosofias na obra do conhecimento” (*Fil. do Não*, p. 40).

Assim, o perfil epistemológico de um indivíduo, referente ao conceito de massa, pode ser bastante diferente daquele relacionado à energia. Bachelard exemplifica essa idéia traçando os seus próprios perfis referentes a esses dois conceitos:



Perfil epistemológico da noção de massa em Bachelard



Perfil epistemológico da noção de energia em Bachelard

É enfatizado por Bachelard o fato do perfil ser algo válido para um certo espírito em particular, com relação a um conceito designado, num certo estágio de sua cultura. Dessa forma, diferentes indivíduos apresentarão diferentes perfis consoante as noções em causa, havendo ainda uma alteração progressiva desses perfis em função do tempo (história

individual). E, num mesmo indivíduo, num dado momento, noções diferentes apresentarão perfis diferentes (como no caso de Bachelard para a massa e a energia).

Outro ponto importante no entendimento da noção de perfil é a percepção de que há uma *permanência* das idéias filosóficas no desenvolvimento intelectual de cada indivíduo, ou seja, a superação de obstáculos e a construção progressiva de outras “zonas” do perfil não implica o desaparecimento automático de concepções anteriores. As “condutas realistas” tendem a permanecer latentes mesmo nos espíritos que já as superaram, não sendo possível colocar-se de forma absoluta e definitiva no surracionalismo.

O progresso do conhecimento científico, entendido como progresso epistemológico no sentido de um racionalismo crescente, permite a Bachelard cunhar a expressão “filosofia do não” para designar essa nova filosofia das ciências. Isso porque o avanço do conhecimento dá-se *contra* um conhecimento anterior, negando-o. Um “não”, porém, que nunca é definitivo, porque o reconhecimento e afastamento dos erros, que a psicanálise do conhecimento objetivo representa, permite “alargar” esse mesmo conhecimento, recuperá-lo sob nova ótica.

Seria importante frisar aqui o sentido desse “alargamento”, que não pretende caracterizar uma continuidade entre os pensamentos anterior e posterior. Não se trata de manter uma estrutura (algo como um “núcleo teórico”) e fazê-la crescer, de modo contínuo, até que se atinja o novo conhecimento (mais amplo). O processo é *descontínuo*, envolve rupturas. Embora o novo conhecimento seja uma generalização do anterior, os conceitos já não têm os mesmos significados, foram transformados ao longo do processo. Dessa maneira, podemos caracterizar também o pensamento epistemológico bachelardiano como *descontinuista*, porque assume a existência de *rupturas* no desenrolar do desenvolvimento científico.

Em capítulos subseqüentes da *Filosofia do Não*, Bachelard exemplifica essa proposta, discutindo o surgimento de uma química não-lavoisiana e de uma lógica não-aristotélica. Reitera que essa filosofia propõe a “reorganização do saber numa base alargada”, não representando uma negação absoluta de saberes anteriores. Já em *O Novo Espírito Científico* ele havia trabalhado (sem a denominação de “filosofia do não”) o caráter de generalização e alargamento representado pela geometria não-euclidiana e pela mecânica não-newtoniana, por exemplo.

A generalização pelo não inclui aquilo que nega, operando de modo dialético ao considerar visões opostas como complementares (e não contraditórias) para uma síntese. É, no entanto, uma dialética a posteriori, e não a priori, como as dialéticas filosóficas. A geometria

não-euclidiana amplia a geometria euclidiana, alarga-a; na mesma medida em que a mecânica não-newtoniana a completa, retificando-a.

Finalizando, Bachelard “provoca” a relação entre a ciência e a filosofia, ao propor que o novo pensar científico ordena a própria filosofia, reorientando a própria racionalidade: “Em suma, a ciência instrui a razão. A razão deve obedecer à ciência mais evoluída, à ciência em evolução” (*Fil. do Não*, p. 135).

Da filosofia do não à pedagogia do não

O projeto epistemológico de Bachelard não se encontra desvinculado de um “projeto pedagógico”. Ao longo de suas obras, há reiteradas referências às implicações pedagógicas da sua epistemologia, a ponto de afirmarmos, seguindo Santos (1998, p. 189), que a pedagogia da ciência é, para ele, uma “epistemologia aplicada”. É por meio do ensino que nosso autor quer formar o novo espírito científico, instaurando uma nova pedagogia que se radica na ciência de ponta, na ciência mais desenvolvida.

Daí que a sua *filosofia do não* fundamente uma pedagogia da racionalização progressiva, de caráter essencialmente descontínuista e dialético, que poderia ser chamada de *pedagogia do não*. Da mesma forma que para o sujeito coletivo da ciência, o progresso do conhecimento, para alunos e professores, acontece pela superação de conhecimentos anteriores, dizendo-se “não” aos erros fundados nos pensamentos primeiros e subjetivos. Trata-se de retificar os *erros*, vencer *obstáculos epistemológicos*. Para cada conteúdo e cada conceito, deve-se repensar o que se conquistou.

Como caracterizar, então, a pedagogia do não? Há, num primeiro momento, *princípios pedagógicos negativos e positivos*. Os primeiros seriam retirados do antigo espírito científico, caracterizados pelas atitudes subjetivas que se fundam em “certezas empíricas, dogmáticas e pragmáticas”, sendo “contra a organização racional do pensamento científico” (Santos, 1998, p. 204). Ao contrário, os princípios positivos advêm do novo espírito científico, contribuindo para essa organização racional do pensamento, valorizando o conceito contra a imagem, procurando a abstração, a relação, a fórmula matemática.

A partir do que foi colocado, a pedagogia do não se apresenta como uma pedagogia do “contra” e do “para”. Isso porque, segundo Santos (1989, pp. 103-151), ela seria:

- *Contra uma pedagogia que retém os fatos e esquece as razões; pela pedagogia da razão.*

A superação de um “empirismo fácil” no terreno filosófico reflete-se no campo do ensino, havendo aqui a necessidade de sua superação. Devemos evitar as “rotinas

experimentais”, a idéia de um “método científico” único, absoluto e fundado na experiência, as experiências pitorescas. O laboratório deve estar inserido num *projeto*, para que se evite a idéia do “dado” imediatamente objetivo;

- *Contra a pedagogia da cultura bloqueada; pela pedagogia do risco numa escola permanente.* Aqui Bachelard posiciona-se contra o racionalismo tradicional que imobiliza a razão. Num racionalismo aberto, esta deve trabalhar contra si mesma. O professor também aprende, e precisa estar atento contra os “hábitos da razão”. Tem que problematizar as intuições primeiras e as aparências, numa pedagogia do risco e da provocação;
- *Contra a pedagogia dogmática; pela pedagogia dialogada.* O ato racionalista é social e não solitário, para Bachelard. O professor não pode ser detentor de um saber absoluto, que se transforma em dogmatismo e autoritarismo. Numa pedagogia dialogada, o conhecimento pessoal do objeto encontra-se submetido ao controle social, é inter-subjetivo, assim como a própria construção do conhecimento científico. A razão pessoal é submetida à razão de grupo. Há, além disso, a necessidade de considerar-se a existência de um perfil epistemológico, sem a pretensão de que os alunos “saltem” para a racionalidade;
- *Contra a pedagogia da subjetivação; pela pedagogia da atitude objetiva.* Não se pode querer que o conhecimento científico nasça das representações espontâneas dos alunos, mas promover uma atitude objetiva tendo em vista o movimento da ciência, que caminha de uma subjetivação para uma maior objetivação. Novamente aqui isso não deve ser imediato: há que se identificar e conscientizar os obstáculos epistemológicos, e trabalhar na sua superação, não esquecendo que eles retornam constantemente. Daí a necessidade de resgarmos a história psicológica da formação dos conceitos;
- *Contra a pedagogia da historicidade empirista e continuísta; pela pedagogia dialética da recorrência histórica.* A primeira valoriza os resultados, não os processos. O ensino histórico racionalista deve problematizar a construção histórica dos conceitos, evidenciar os obstáculos epistemológicos. Compreendendo-se a psicologia da descoberta, entendemos o aspecto descontinuísta da ciência, que opera dialeticamente por meio de “sínteses transformantes”;
- *Contra a pedagogia da ilusão simplificante; pela pedagogia da complexidade e da dificuldade.* A complexidade da ciência não deve ser reduzida à experiência vulgar (senso comum) ou a concepções esquemáticas, na busca de uma “clareza” identificada

com simplicidade. Também não se pode apresentar a ciência como algo que ela já não é. A ruptura com o senso comum na busca do abstrato tem que ser assinalada. O complexo surge como uma recusa do simples, que precisa ser dialetizado e retificado. Deve-se ultrapassar o real, num processo que implica desaprender para voltar a aprender;

- *Contra a pedagogia da simpatia; pela pedagogia da felicidade e do prazer de compreender.* Aqui, Bachelard adentra o domínio do afetivo para opor-se à idéia de um “interesse espontâneo” do aluno, determinado a partir de uma boa resposta afetiva. A aprendizagem afetiva é que poderia ser melhorada a partir da cognitiva²¹. Contra a “curiosidade natural”, que quer ver, propõe a “curiosidade científica”, que quer compreender;
- *Contra as pedagogias “ativas”; pela pedagogia da atividade intelectual.* Embora tenham vários pontos de contato com as idéias de Bachelard, as pedagogias “ativas” surgidas no final do século XIX acabavam instaurando a ação da criança no plano empírico imediato, sensorial e cinestésico. Para Bachelard, a atividade é intelectual e deve privilegiar a reflexão sobre a percepção. De uma “descoberta empírica” passamos a uma “descoberta de idéias ao invés de coisas”.

A dialética estabelecida pela pedagogia do não caracteriza-se, então, por dois “tempos”: o tempo da *psicanálise* e o tempo da *psicossíntese* (Santos, 1998, p. 206). Num primeiro momento trata-se de uma *desestruturação*, de uma chamada à consciência dos obstáculos epistemológicos, de uma retificação dos erros solidamente instaurados pela vida cotidiana. O tempo da psicanálise representa uma verdadeira *catarse intelectual*, que visa destruir as intuições e convicções primeiras.

O tempo da psicossíntese é o momento da reestruturação, em que os contrários que foram superados se reorganizam em outro nível: é a “síntese transformante”, característica do progresso epistemológico representado pela filosofia do não. A síntese tem um valor fundamental justamente por recuperar conhecimentos anteriores sob uma nova ótica, estabelecendo a sensação do progresso por retificação.

Esperamos ter, ainda que brevemente, caracterizado a epistemologia bachelardiana em seus aspectos histórico, racionalista, descontínuista e dialético; delineado as noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico, mostrando como elas fundamentam a proposta de uma “filosofia do não” que pretende ser a referência de uma nova epistemologia,

capaz de dar conta de interpretar o progresso da ciência; e relacionado tal concepção epistemológica com algumas de suas conseqüências pedagógicas.

Propomo-nos agora conectar aquilo que foi discutido acima com o que foi apresentado na seção 1.1., mostrando de que maneira a abordagem oferecida pela epistemologia de Bachelard pode inserir-se no debate atual sobre os fundamentos epistemológicos da pesquisa em educação em ciências, e ajudar a interpretar certos resultados dessa área.

1.3.) O pensamento de Bachelard e a pesquisa em ensino de ciências

O primeiro ponto a destacar é a pouca atenção que tem sido dada ao pensamento bachelardiano na pesquisa em ensino de ciências²². Ainda que alguns autores cite Bachelard, na maioria dos casos o fazem “de passagem”, aproveitando alguma de suas idéias ou expressões, mas quase sempre descontextualizadas do plano mais amplo de sua epistemologia. Essa, por sua vez, não tem sido considerada em seu devido valor como auxiliadora na busca de respostas a problemas colocados pela área da didática das ciências.

Concordamos com Santos (1989, p. 23) quando afirma que, embora Bachelard ocupe uma posição de destaque na conjuntura filosófica francesa, e o valor de sua obra epistemológica já tenha sido reconhecido, “**a pedagogia ainda não lhe deu a importância que, a nosso ver, ela merece**”. Isso apesar de haver laços estreitos entre o pensamento epistemológico e pedagógico de Bachelard.

Gostaríamos nesta seção de chamar a atenção para a *atualidade* do pensamento de Bachelard, ainda que suas principais obras por nós analisadas tenham sido escritas há mais de sessenta anos (*O Novo Espírito Científico*: 1934; *A Formação do Espírito Científico*: 1938; *A Filosofia do Não*: 1940).

Indo além das diretrizes gerais que decorrem de sua “filosofia do não”, e que caracterizamos no final da seção anterior sob a denominação de “pedagogia do não”, analisaremos a seguir como o nosso referencial epistemológico pode ser inserido no contexto da pesquisa atual em educação científica, e dialoga com certos resultados e posicionamentos dessa área, conforme foi abordado no início deste capítulo (seção 1.1.).

Críticas à epistemologia construtivista

Como vimos anteriormente, o discurso epistemológico vem respaldando uma série de críticas às bases filosóficas do movimento construtivista. Algumas delas, analisadas por nós,

poderiam ser sintetizadas como críticas a pressupostos epistemológicos que se encontram ora explícitos, ora subjacentes ao discurso. Tanto o chamado “construtivismo radical” (representado principalmente por Von Glasersfeld) quanto o “construtivismo social” (movimento amplo, de certo modo “herdeiro” do movimento de concepções alternativas (MCA), e que poderia ser considerado como dominante na área, segundo Marín et al., 1999) têm sido acusados de apresentarem “falhas” neste terreno.

As críticas de Matthews (1994), Osborne (1996), Ogborn (1997), e Kragh (1998), que usamos como exemplos, têm em comum, grosso modo, a visão de que os escritos construtivistas revelariam ou a adoção de um paradigma empirista, ou um relativismo exacerbado. O primeiro teria sido superado pela epistemologia contemporânea, enquanto o segundo seria incompatível com a própria busca de um conhecimento científico objetivo e racional. Esses autores defendem, em contrapartida, o uso de uma epistemologia que adjetivam de “objetivista” (Matthews, 1994) ou de “realista” (Osborne, 1996), mas que envolveria, no fundo, uma melhor compreensão da atividade científica, no sentido de encará-la como um empreendimento racional em busca de objetivação.

O que Bachelard nos oferece, senão isso? Claro que não pretendemos banalizar a discussão em nenhum de seus dois aspectos: nem os autores citados têm *exatamente* o mesmo posicionamento, nem a epistemologia de Bachelard seria – quem sabe – “a” epistemologia que eles defendem. No entanto, acreditamos que a epistemologia bachelardiana, racionalista e histórica, descontinuísta e dialética, encontra-se fortemente sintonizada com as críticas que esses autores endereçam ao movimento construtivista.

O posicionamento de Bachelard entre o idealismo e o realismo, manifesto em sua defesa de um *racionalismo aplicado* e de um *materialismo técnico*, vem ao encontro de uma negação de um empirismo ingênuo. Os objetos da ciência moderna não são dados, mas construídos, distanciando-se do real imediato, na medida em que são fruto da mente humana. Assim, sendo “objetos segundos”, resultados de uma reflexão teórica, esses objetos não podem ser identificados com os objetos “reais”. Tudo isso está de acordo com o que afirma Matthews (1994), que critica uma visão empirista que identifica em textos construtivistas, e defende a separação entre os “objetos teóricos-conceituais” da ciência e os “objetos reais”.

A própria construção dos “objetos segundos” ocorre em função da superação de obstáculos epistemológicos, num processo marcado por rupturas. Esse é um movimento em direção a um conhecimento que se pretende cada vez mais objetivo, e a dialética erro-verdade, que caracteriza tal movimento do espírito científico, faz com que o conhecimento científico aproxime-se cada vez mais da verdade por meio da retificação histórica dos erros²³. Nesse

sentido podemos falar em *progresso epistemológico*, uma idéia que, como vimos, encontra-se presente na noção bachelardiana de perfil epistemológico.

Assim sendo, uma posição relativista mais radical, que para Osborne (1996) levaria à negação da objetividade e racionalidade da ciência, e para Ogborn (1997) levaria à apresentação da ciência como um “conjunto de histórias arbitrárias da mente, sem sérias relações com uma realidade independente de nós”, seria incompatível com a epistemologia bachelardiana. Uma tal posição relativista acaba por não ser capaz de reconhecer o progresso epistemológico, e por não ter elementos capazes de julgar visões diferentes da realidade. Solomon (1994), por exemplo, ao denunciar o “centralismo na criança” presente na década de oitenta, relata a convicção de certos pesquisadores do MCA de que os conceitos aceitos cientificamente não seriam nem melhores, nem mesmo diferentes, daqueles manifestos pelas crianças. Na ânsia pela valorização do “saber do aluno”, igualam o conhecimento científico ao do senso comum, através da idéia de que todo conhecimento é “igualmente válido”²⁴.

Bachelard é *contra* o relativismo exacerbado. Para ele, o conhecimento científico opõe-se ao senso comum, à opinião, ao conhecimento sensível carregado de valores que dificultam a objetivação. E o progresso científico, inegável para Bachelard, ocorre no sentido de um racionalismo crescente, de um afastamento gradativo dos erros, havendo um “alargamento” do conhecimento. Assim, a perspectiva bachelardiana fornece-nos elementos para caracterizar o progresso epistemológico da ciência, evitando um tipo de relativismo que acaba por ser incapaz de reconhecê-lo²⁵.

Consideramos, portanto, que determinados questionamentos dos fundamentos epistemológicos de correntes construtivistas, como aqueles mencionados, poderiam ser fortalecidos e melhor compreendidos por uma visão da natureza do conhecimento científico oferecida pela epistemologia bachelardiana. No entanto, nenhum dos autores citados faz uso do referencial epistemológico de Gaston Bachelard.

As concepções alternativas e a mudança conceitual

O movimento de concepções alternativas produziu um abundante material, resultante de estudos empíricos voltados à revelação das representações de crianças e adolescentes sobre variados temas e conceitos da ciência. Embora a ênfase do MCA tenha sido sempre colocada nos “conteúdos conceituais” em domínios específicos do conhecimento, a relação conteúdo/forma é uma preocupação também subjacente a muitos estudos. Como já afirmavam

Driver & Easley (1978), a simples “taxonomia” de concepções gera pouco poder interpretativo.

A partir de uma extensa análise de trabalhos dessa linha de investigação, Santos (1998) busca aprofundar essa discussão entre forma e conteúdo estabelecendo o que denomina “tendências do pensar”, representando convergências entre traços característicos das concepções alternativas para diferentes conteúdos. Tais esquemas de pensamento poderiam ser assim resumidos (Santos, 1998, pp. 104-110):

- A. Pensamento dominado por aspectos óbvios de percepção, havendo uma propensão para só considerarem aspectos limitados e características particulares de uma dada situação problemática (p.ex.: acham que a água que se evapora desaparece);
- B. Tendência para substancializar (“coisificar”) certas noções abstratas ou percepções sensoriais (p.ex.: associam o calor a um fluido, uma substância material);
- C. Interpretação de fenômenos em termos de propriedades absolutas ou qualidades intrínsecas ao objeto, em detrimento de possíveis interações entre elementos do sistema (p.ex.: o peso seria um atributo de um objeto, independente da interação entre esse e a Terra);
- D. Tendência para usar representações diferentes para situações que exigem a mesma representação, e a mesma representação para situações que devem ser diferenciadas. Transitam facilmente entre significados sem se dar conta disso (p.ex.: usam indiscriminadamente as noções de “força” e “energia”);
- E. Tendência para usar esquemas de raciocínio lineares causais, em seqüência temporal e com uma direção privilegiada, para interpretar mudanças (p.ex.: mais facilidade em lidar com mudanças de estado onde há ganho do que onde há perda de energia);
- F. Tendência para considerar relações causais nas quais um agente e um paciente intervêm com papéis assimétricos (p.ex.: atribuição de papel ativo ao ácido, numa reação ácido-base);
- G. Maior necessidade de buscar uma explicação causal em situações de mudança do que em situações estáticas (p.ex.: a ação de uma força existe quando há movimento);
- H. Tendência para explicações finalistas e artificialistas, egocêntricas ou baseadas em pontos de vista humanos, e causais teleológicas (p.ex.: consideram os animais como algo que serve ao homem, sendo que este não pertence àquela categoria);
- I. Tendência para atribuição de sentimentos e intenções a objetos inertes, por meio de explicações animistas e antropomórficas (p.ex.: atribuem uma função antropomorfizada ao ar na combustão: o fogo “gosta de ar”).

Essas “tendências do pensar” representam elementos aglutinadores de diferentes concepções alternativas, extraídas a partir do estudo de conceitos científicos variados. Ajudam a evidenciar a existência de estruturas comuns, de “formas” de pensamento e de abordagem que transcendem os conteúdos, embora por eles mediatizadas.

Num outro nível de análise, mas de modo complementar a essa lista, acrescentamos a seguir um conjunto de características mais gerais das concepções alternativas (Santos, 1998, pp. 110-116; Marín et al., 2000, pp. 228-229):

- *As concepções têm uma natureza eminentemente pessoal*, fruto da construção própria de cada sujeito a partir de suas experiências diante do meio. Diante de um mesmo fenômeno, indivíduos diferentes não retêm exatamente os mesmos pontos. Apesar disso, muitas das concepções *são compartilhadas por pessoas de diferentes idades e culturas*;
- *Elas têm uma natureza estruturada*, no sentido de que vão progressivamente tornando-se mais complexas e gerais, abarcando um número maior de fenômenos, constituindo um corpo organizado de conhecimentos;
- *As concepções possuem certa coerência interna*, sendo sensatas e úteis. Sua aplicação a contextos específicos da vivência do indivíduo pode levar a inferências logicamente corretas, mas cientificamente incorretas;
- *Elas são pouco consistentes*, levando a explicações contraditórias. Por serem muito específicas e mudarem com o contexto, isso não entra em conflito com a idéia de que as concepções têm certa coerência para o indivíduo;
- *São resistentes à mudança*, persistindo ao longo do tempo e apesar do ensino formal;
- *Em muitos casos, apresentam paralelos com concepções presentes na história da ciência*, embora tal paralelismo com visões e conceitos ultrapassados não possa ser tomado strictu sensu;
- *São influenciadas pela linguagem cotidiana*, cujos termos, muitas vezes, são os mesmos da linguagem científica, mas com significados diferentes.

De que modo esse conjunto de resultados do MCA relaciona-se à epistemologia de Bachelard? Como esse referencial interpretaria as “tendências do pensar” e as características mais gerais das concepções alternativas?²⁶

Um primeiro aspecto a apontar é a ênfase atribuída por Bachelard ao papel do *erro* no processo de construção de conhecimentos. A *positividade do erro*, como um elemento motor do conhecimento, e portanto como uma etapa a ser atravessada, implica considerar as

concepções alternativas como *condições necessárias* ao desenvolvimento cognitivo individual. Representam esforços significativos na tentativa de compreender o real, e não “imperfeições” ou “defeitos da percepção”. Assim, é bastante natural para a epistemologia bachelardiana a existência de concepções alternativas, reveladoras das “impurezas e valores” adquiridos pelo conhecimento sensível, na interação do sujeito com outros sujeitos e com o mundo que o cerca.

Essas impurezas, valores, hábitos, dificultam a abstração e obstaculizam o caminho em direção ao conhecimento objetivo. Como vimos, o próprio ato de conhecer, inevitavelmente, faz surgir e carrega consigo um conjunto de *obstáculos epistemológicos*. Este é o segundo e mais importante ponto a destacar aqui: *as concepções alternativas são expressões da existência de obstáculos epistemológicos*.

Desse modo, as “tendências do pensar”, que sintetizam elementos comuns a diversas concepções, encontram-se quase que imediatamente relacionadas a diferentes tipos de obstáculos epistemológicos elencados por Bachelard na *Formação...* Vejamos algumas destas estreitas relações:

- ❖ A “observação primeira” e imediata do real, que pretende compreendê-lo a partir do “dado” claro e nítido, e que leva a um “empirismo fácil”, é um obstáculo epistemológico que se vincula à tendência caracterizada como propensão do pensamento a considerar apenas os aspectos óbvios da percepção (tendência A). Esse obstáculo também pode ser relacionado à tendência C, de interpretação de fenômenos em termos de qualidades intrínsecas ao objeto em detrimento de possíveis interações entre elementos do sistema, uma vez que a observação imediata e primeira tende a ignorar tais interações (e o próprio “sistema”), prendendo-se a aspectos figurativos dos problemas;
- ❖ O “utilitarismo” e “pragmatismo” também são obstáculos epistemológicos, ao vincular o verdadeiro ao útil, e buscar uma razão na utilidade das coisas. No mesmo sentido, a tendência para explicações finalistas, egocêntricas ou baseadas em pontos de vista humanos (tendência H) está presente em diversas explicações alternativas de fenômenos naturais;
- ❖ A tendência para “coisificar” certas noções abstratas (tendência B) é um aspecto de um dos mais importantes obstáculos analisados por Bachelard: o obstáculo substancialista, que faz corresponder a toda qualidade uma substância, sendo um dos instantes de um pensamento do tipo realista;

- ❖ O “obstáculo animista” representa a marca e o valor que a “intuição da vida” tem na explicação dos mais variados fenômenos, encontrando-se melhor refletido na tendência para atribuição de sentimentos e intenções a objetos inertes (tendência I);
- ❖ Já outro obstáculo epistemológico, o “conhecimento geral”, em que um conceito ou lei geral é capaz de imobilizar o pensamento, perpassa várias das tendências da lista. Ao considerar apenas aspectos limitados e particulares de uma dada situação problemática (tendência A), por exemplo, o sujeito é muitas vezes levado a dar explicações de caráter geral para os fenômenos, ou seja, acaba por estender o seu raciocínio particular e restrito a regiões muito afastadas da situação em questão. Por outro lado, ao usar a mesma representação para situações que devem ser diferenciadas (tendência D), os sujeitos tentam também estabelecer um certo nível de generalidade que pode tornar-se um obstáculo à aquisição de novos conhecimentos;
- ❖ O “obstáculo verbal”, em que uma única imagem contém toda uma explicação, evidencia o risco das metáforas e analogias serem tomadas como realidades. Entrando no reino da linguagem, encontramos verdadeiras “palavras-obstáculo”. Assim como no caso anterior, esse obstáculo relaciona-se a mais de uma tendência, pois palavras e imagens valorizadas (como vida, ar etc.) podem levar a explicações de natureza animista (tendência I), ao mesmo tempo em que outros termos, por participarem tanto do vocabulário científico quanto da linguagem comum (como força e energia), fazem com que os indivíduos transitem facilmente entre significados (tendência D).

Não há uma correspondência biunívoca entre “tendências do pensar” e “obstáculos epistemológicos”, pois são noções criadas a partir de contextos diferenciados. Parece-nos claro, no entanto, que a existência dos últimos ajuda a interpretar não apenas a gênese das concepções alternativas, mas os elementos comuns que as unificam.

Por sua vez, também as características mais gerais das concepções alternativas encontram-se respaldadas pela epistemologia bachelardiana. A *influência da linguagem* sobre as concepções, para citar um primeiro exemplo, relaciona-se mais diretamente ao obstáculo verbal, como apontado logo acima. Mas apresenta uma dimensão mais ampla, e faz-se sentir em diversos momentos na obra de Bachelard. A linguagem da ciência não é idêntica à do senso comum, fazendo com que a mesma palavra possa apresentar significados diferentes nos dois domínios, havendo uma ruptura de sentido. Isso fica evidente na forte oposição entre conhecimento científico e conhecimento vulgar, aspecto muito comentado por Bachelard²⁷.

O fato das concepções serem *estruturadas* e possuírem certa dose de *coerência interna* está de acordo com a idéia de Bachelard de que a destruição dos erros, valores e preconceitos acumulados na vida cotidiana, em direção a um conhecimento que se pretende objetivo, não é fácil. Isso porque os erros são solidários e reforçam-se mutuamente, fazendo com que as “trevas espirituais” tenham uma estrutura. Tal estrutura e coerência foram edificadas no próprio ato de conhecer, em que o espírito tenta dar sentido às suas experiências com os elementos que possui, sendo constantemente constrangido pelos obstáculos epistemológicos.

Isso aponta também para a *resistência* e *tenacidade* das concepções, dificilmente desalojadas. Portadoras de valores inconscientes e afetivos, é necessária uma verdadeira “catarse intelectual e afetiva” (tempo da psicanálise) para que haja uma superação dessas concepções, e dos obstáculos epistemológicos a elas associados. Esse aspecto, que é um importante resultado do MCA, além de ser reconhecido por Bachelard, ajuda-o a fundamentar sua noção de perfil epistemológico. Nesse sentido Bachelard vai além, pois admite não apenas a resistência das concepções, como também a *permanência* de idéias já superadas ao longo do desenvolvimento intelectual (a superação nunca é total).

O fato das concepções serem *pouco consistentes*, porquanto específicas e dependentes do contexto, pode ser compreendido em parte pela noção de perfil. Esse aspecto das concepções também pode ser vislumbrado a partir da oposição entre o conhecimento científico e o conhecimento do senso comum ou vulgar, à qual acabamos de fazer referência. Esse último, dominado pela percepção imediata e ilusória da realidade, não pode ter as mesmas pretensões de consistência do primeiro. Os dois tipos de conhecimento não têm o mesmo status epistemológico.

Outra característica geral das concepções que também permite uma interpretação segundo o referencial bachelardiano é a *existência de paralelos com concepções presentes na história da ciência*. Como vimos, a história da ciência não é apenas importante para a epistemologia de Bachelard, mas é *constitutiva* dessa epistemologia, pois é nesse terreno que nosso autor busca os elementos que ilustram e alicerçam suas teses principais. Ao analisar a pré-ciência dos séculos passados, Bachelard encontra obstáculos que também podem ser percebidos na prática educativa contemporânea. Mais do que isso, defende que por meio do estudo histórico procuremos as origens e razões da resistência dos obstáculos epistemológicos. Sua *história recorrente* tem um objetivo pedagógico claro: compreender a psicologia da descoberta para informar o presente e ajudar o espírito a vencer obstáculos. A validade de tal procedimento permite-nos afirmar que a existência de um paralelismo entre as concepções manifestas pelos alunos e aquelas presentes ao longo do desenvolvimento

histórico da ciência encontra-se implicitamente presente na epistemologia bachelardiana. No entanto, seria injustificada uma leitura simplista dessa relação, reduzindo o desenvolvimento intelectual do aluno a um conjunto de etapas oriundos de uma análise histórica²⁸.

De certo modo, o que acabamos de dizer pode ser um ponto de partida para compreendermos mais uma característica das concepções: o fato de serem, muitas delas, *compartilhadas por pessoas de diferentes idades e culturas*. Se concepções de hoje encontram paralelos na história da ciência, é porque, para além das diferenças culturais, técnicas e sociais envolvidas, certos *processos de pensamento* aproximam-se. O caminho da conceitualização, para o espírito pré-científico, guarda semelhanças com aquele trilhado hoje por crianças e adolescentes na aprendizagem da ciência. Não poderia ser diferente, uma vez que, de início, tanto pré-cientistas quanto crianças tendem a ficar presos num realismo ou empirismo ingênuos, impregnando suas concepções primeiras de sensações, valores, hábitos etc. Se certos obstáculos epistemológicos são imunes ao *tempo*, com mais propriedade são imunes ao *espaço*, fazendo com que sujeitos em diferentes culturas possam compartilhar concepções muito próximas do mesmo fenômeno físico.

Por outro lado Bachelard, através da noção de perfil, reconhece o caráter idiossincrático da conceitualização. A dependência do perfil epistemológico, para um certo conceito, de cada sujeito e de cada cultura, evidencia a visão bachelardiana da *natureza eminentemente pessoal* do processo de construção do conhecimento científico. Assim, as concepções alternativas, sob a ótica da epistemologia de Bachelard, poderiam ser pensadas na perspectiva *dialética* entre aquilo que é próprio do sujeito e aquilo que o transcende, sendo comum a outras culturas ou épocas.

O MCA revelou uma profusão de concepções alternativas. Mas a intenção do ensino de ciências – como não poderia deixar de ser – é a busca da superação dessas concepções, na medida em que elas se afastem daquilo que é considerado “conhecimento científico aceito”. Daí que tenham surgido modelos de ensino que pretendiam promover uma *mudança conceitual*, dos quais o MMC é o mais representativo.

A elaboração de diretrizes mais gerais, para uma proposta de mudança conceitual fundamentada epistemologicamente em Bachelard, não é objetivo deste trabalho. Uma proposta dessa natureza pode ser vislumbrada a partir da caracterização que fizemos da “pedagogia do não”, e encontra-se bastante aprofundada no trabalho de Santos (1998)²⁹.

Gostaríamos agora de chamar a atenção para certos resultados da pesquisa em ensino, no contexto do MMC, mencionados na seção 1.1.. Vimos que os estudos têm ressaltado a

dificuldade de uma mudança conceitual estrita, no sentido do abandono das concepções alternativas. A resistência e tenacidade das concepções foi amplamente verificada. Desse modo, houve uma “relativização” das propostas de mudança conceitual, que passou a ser vista como um processo complexo e de “longo-termo”. O que diversos trabalhos também apontam é que, ao longo desse processo, há uma *convivência de diferentes concepções* na estrutura cognitiva dos sujeitos. Retomemos alguns dos estudos analisados anteriormente, e que convergem quanto a essa questão.

Hewson & Thorley (1989) defendem que, além do *conteúdo* das concepções, os professores devem monitorar o *status* que as mesmas apresentam para os alunos. Uma nova concepção (científica) pode ser totalmente ininteligível ao sujeito, ser inteligível mas não parecer plausível, ou ser inteligível e plausível. Desse modo, a concepção científica acabaria competindo e convivendo com a idéia alternativa, sendo o objetivo do professor promover uma diminuição do *status* da última em favor do crescimento daquele atribuído à primeira. Esse movimento não caracterizaria, portanto, uma “troca” abrupta de concepções.

Para Villani (1992), a mudança conceitual é um processo extremamente complexo, que envolve “graus de abstração” cada vez mais elevados. Não se trata apenas da aceitação de novas idéias sobre fenômenos, mas também de mudanças na natureza das questões, nas entidades básicas, nos métodos etc. Conseqüentemente, a elaboração de modelos científicos não leva a um abandono imediato de modelos “espontâneos” (resistentes à mudança) por parte dos estudantes. Esses, construídos ao longo de um grande período de tempo, mantêm-se aplicáveis a outras situações (por exemplo, fora do contexto escolar), ao mesmo tempo em que se inicia a familiarização com o novo conhecimento, que começa a ser usado localmente. Mudanças parciais seriam a base de futuras mudanças de sucesso.

Partindo de um outro referencial, Linder (1993) opõe-se também a uma mudança de concepções no sentido de uma “troca” mental, defendendo que a mudança conceitual seria alcançada na modificação da relação do indivíduo com o *contexto*. Haveria então uma *variabilidade* conceitual, e diferentes modos de percepção estariam relacionados a diferentes domínios do conhecimento, levando a uma “dispersão conceitual” (fenômeno presente também na ciência, no uso de diferentes conceitualizações – para o conceito de massa, por exemplo –, dependendo do contexto). Para esse autor, o importante é desenvolver nos sujeitos a habilidade de evocar uma concepção apropriada a cada *contexto*, a qual denomina “apreciação conceitual”.

Moreno & Waldegg (1998), referenciados em Piaget, estabelecem que, uma vez que o processo individual de construção epistêmica é permeado pela cultura (sendo individual e

social, portanto), haveria espaço para uma “lógica de base” capaz de estabelecer o diálogo entre culturas, ao mesmo tempo em que diferentes contextos possam levar a concepções diversas sobre um mesmo tema. A idéia de *contexto*, na visão dos autores, substituiria a questão sobre a possibilidade de diferentes formas de raciocínio em diferentes culturas, e, juntamente com a idéia de resistência ao abandono do conhecimento prévio, explicaria a permanência do que chamam de “estratos conceituais”, que um mesmo sujeito segue adaptando a contextos diversos.

A existência de “concepções múltiplas” para um dado conceito na estrutura cognitiva individual é defendida por Taber (2000). Os chamados “esquemas explicativos alternativos” dos estudantes persistiriam por longos períodos de tempo e seriam coerentemente aplicados em contextos que se superpõem. Não caberia, portanto, afirmar que o aluno somente aplica conceitos diferentes em diferentes áreas, uma vez que “concepções múltiplas” poderiam ser encontradas dentro da *mesma* área conceitual, para explicar um certo conjunto de fenômenos, por exemplo (o autor analisa o caso de um estudante que usou três princípios distintos, ao longo de todo o seu curso de graduação em química, para descrever a formação de ligações químicas). Acessar o conhecimento do aluno é um processo complexo, pois seria preciso saber em que condições ele acredita ser aplicável determinada concepção.

Os cinco estudos relatados acima não pretendem, obviamente, esgotar a questão. Nosso objetivo foi mostrar que, a partir de perspectivas e referenciais diversos, houve um reconhecimento amplo na pesquisa em ensino de ciências no que se refere ao fato de existir certa *convivência de concepções* na estrutura cognitiva do indivíduo, o que impede uma “mudança conceitual” estrita. Vários outros trabalhos também discutem esse resultado (por exemplo: Oliva, 1996 e 1999; Marín, 1999; Marín et al., 2000; Pozo, 1999; Campanario & Otero, 2000), que se tornou um “lugar comum” como foi, no passado, a própria constatação da existência e importância das concepções alternativas.

Aparentemente, os estudos utilizam *terminologias* diferentes para a mesma questão de fundo. De que modo o referencial epistemológico de Bachelard – não utilizado nos trabalhos discutidos³⁰ – interpreta esse resultado?

Para nós, está claro, a noção bachelardiana de *perfil epistemológico* pode ser usada com esse propósito. Como vimos, o conhecimento para Bachelard é visto como uma evolução do espírito, que se dá pela superação de obstáculos epistemológicos, no sentido de uma maior coerência racional. A dificuldade desse caminhar em direção à objetivação faz com que a superação dos obstáculos nunca seja total. Tanto no caso do sujeito individual quanto no do sujeito coletivo da ciência é necessária uma “filosofia dispersa” para dar conta desse processo

evolutivo, que representa um progresso epistemológico. Constitui-se então a “hierarquia de doutrinas filosóficas” de Bachelard, que vai do realismo ingênuo ao surracionalismo, e que encontra, no indivíduo, um “peso relativo” que depende de cada conceito em particular. É o perfil epistemológico. Bachelard deixa claro que os perfis podem variar entre indivíduos, culturas, e consoante os conceitos considerados.

A noção de perfil mental encontra-se desse modo sintonizada com uma visão do processo de mudança conceitual como algo complexo e demorado, e que não leva a uma superação definitiva das idéias prévias, que passam a conviver com outras concepções. Mais do que isso, a “alteração do status” das concepções alternativas e científicas, a “apreciação conceitual” ao contexto, os “estratos conceituais”, assim como as “concepções múltiplas”, convergiriam para a idéia de perfil epistemológico.

A novidade da epistemologia bachelardiana residiria então no acréscimo de mais um termo à seqüência anterior? Do nosso ponto de vista, não. Isso porque a noção de perfil epistemológico é mais robusta do que as demais, e não se limita a um reconhecimento da existência de diferentes concepções e da convivência entre elas na estrutura cognitiva individual. Bachelard fornece uma *estrutura* para pensarmos as concepções: a hierarquia de escolas filosóficas. Relaciona as diferentes regiões do perfil com *compromissos epistemológicos* do sujeito. Aponta um *sentido de progresso*, ao longo do qual há um *alargamento descontínuo* do conhecimento. Aliada à noção de obstáculo epistemológico, a idéia de perfil, a nosso ver, faz um raio-X das concepções e *disseca* os “contextos”, recontextualizando-os sob a ótica das escolas filosóficas e dos compromissos de natureza epistemológica dos sujeitos. Oferece-nos, ainda, a possibilidade de análise da problemática das concepções e dos contextos à luz de uma verdadeira epistemologia, ou seja, a insere no quadro mais amplo de uma teoria do conhecimento científico e de seu desenvolvimento. Essa idéia não está presente em outros estudos (por exemplo: Strike & Posner, 1991; Cobern, 1996; Pozo, 1999; Campanario & Otero, 2000), que têm, entretanto, como já havíamos apontado, o mérito de chamar a atenção para a influência dos “compromissos epistemológicos” dos indivíduos no aprendizado.

Enquanto isso, a idéia de “alteração de status”, por exemplo, acaba ficando limitada a uma oposição entre concepção espontânea e científica, ou seja, considera no fundo apenas dois “contextos” de aplicabilidade de dois tipos de concepções. Já os demais trabalhos analisados, apesar de reconhecerem a existência de múltiplos contextos, não fornecem qualquer guia para buscarmos, *nesses contextos*, elementos de análise que nos auxiliem na

interpretação das concepções utilizadas. O que muda de um contexto a outro? O que faz com que uma determinada concepção seja usada em um contexto e não em outro?

Não pretendemos sugerir que a epistemologia de Bachelard tenha todas essas respostas, tampouco simplificar as conclusões e observações dos estudos presentes na literatura especializada. Consideramos, no entanto, que a noção de perfil epistemológico é bastante útil na interpretação dos resultados de pesquisa que apontam para a dependência contextual das concepções, e que o *referencial epistemológico* bachelardiano, em seu conjunto, dá *substância* a essa interpretação.

Perfil epistemológico ou perfil conceitual?

Se a epistemologia bachelardiana está ausente na imensa maioria dos estudos relacionados à mudança conceitual, encontramos por outro lado nos trabalhos de Mortimer (1995, 1996 e 2000) uma fundamentação autêntica em Bachelard³¹. Justamente diante das evidências em favor da convivência de concepções, ele propõe a idéia de “perfil conceitual”, enfatizando a possibilidade de usar diferentes formas de pensamento em diferentes domínios, e opondo-se a uma “superação” definitiva e absoluta das idéias prévias. Defende que o processo de aprendizagem seja visto como a construção de um corpo de noções que possam ser aplicadas a diferentes contextos. Segundo o autor, mais do que a mudança conceitual, o objetivo do ensino de ciências passaria a ser uma mudança no *perfil conceitual*, acompanhada por uma maior aquisição de consciência dos estudantes sobre seus próprios perfis.

Um exemplo detalhado de aplicação dessa proposta pode ser encontrado em Mortimer (2000). Nessa obra, o autor trata da evolução de idéias sobre “atomismo” e “estados físicos da matéria”, numa sala de aula de ciências da última série do ensino fundamental, evidenciando a alteração do perfil conceitual dos alunos em função de uma seqüência específica de atividades orientadas. Foram estabelecidas categorias para quatro diferentes zonas de um perfil conceitual referente ao átomo e aos estados físicos da matéria, bem como identificados certos obstáculos ontológicos e epistemológicos.

Embora os trabalhos de Mortimer representem referências importantes para nossa proposta de trabalho, gostaríamos de questionar aqui a preferência do autor pela expressão “perfil conceitual” – cunhada por ele – em detrimento do “perfil epistemológico” bachelardiano. Na transição para os problemas do ensino, o autor avalia que seja necessário *introduzir* algumas características no perfil que estariam *ausentes* da visão filosófica de Bachelard. Trata-se, portanto, de *adicionar* elementos à noção bachelardiana.

São explicitados dois desses elementos que poderiam justificar a distinção (Mortimer, 1995, p. 273; 1996, pp. 32-33; e 2000, pp. 78-81):

- (i) Em primeiro lugar, a necessidade de diferenciar características ontológicas e epistemológicas de cada região do perfil: “Apesar de lidar com o mesmo conceito, cada zona do perfil poderá ser não só epistemológica como também ontologicamente diferente das outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida que se mova através do perfil” (Mortimer, 2000, pp. 78-79);
- (ii) “Outra característica importante da noção de perfil conceitual é que seus níveis “pré-científicos” não são determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos”, fortemente influenciados pela cultura (Mortimer, 2000, p. 80). O perfil conceitual seria então um sistema supra-individual de formas de pensamento, atribuível a qualquer indivíduo da mesma cultura. Embora cada sujeito apresente um perfil diferente para cada conceito, as categorias que caracterizam as diferentes zonas do perfil conceitual são independentes do contexto, sendo as mesmas dentro da mesma cultura³².

Consideramos que o primeiro dos elementos citados *já se encontra presente na proposta bachelardiana de perfil epistemológico*, não havendo justificativa para a adoção de uma nova terminologia. Embora Bachelard o tenha denominado de perfil *epistemológico*, a exemplificação que faz dessa noção com o conceito de massa, na *Filosofia do Não*, não deixa dúvidas quanto às diferenças ontológicas entre as várias regiões do perfil. A massa, do ponto de vista do empirismo, é, sem dúvida, ontologicamente diferente da noção racionalista de massa. Parece-nos que Bachelard poderia muito bem ter “batizado” o perfil de *perfil onto-epistemológico*, sem qualquer modificação de sua proposta original. Talvez o uso apenas de “epistemológico” deva-se à ênfase que nosso autor procura dar à idéia de progresso nesse terreno.

Também acreditamos que uma parte do segundo dos argumentos de Mortimer, no que diz respeito à visão do perfil como um sistema supra-individual de formas de pensamento, em que as categorias são independentes do contexto, *já se encontra presente na proposta bachelardiana*. Na realidade, essa seria uma das características básicas da noção de perfil epistemológico. Por outro lado, a idéia de que os níveis pré-científicos do perfil não seriam determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas por compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos, talvez justificasse de fato a adoção de uma outra terminologia.

A nosso ver, não é assim. Os compromissos de natureza ontológica e epistemológica dos sujeitos vinculam-se às escolas filosóficas de pensamento. Essas escolas são, inclusive, de

certa maneira uma “generalização” desses compromissos. Dada a multiplicidade de obstáculos epistemológicos com os quais os indivíduos deparam-se ao longo do processo de conceitualização, poderíamos até pensar em “subdividir” certas regiões do perfil, admitir uma espécie de “estrutura fina” para as zonas mais elementares. Talvez isso nem seja necessário, mas, mesmo assim, não estaria em desacordo com a visão de Bachelard, que se refere – na *Filosofia do Não* – à primeira região do perfil tanto com a denominação de *animismo* como de *realismo ingênuo*. Entendemos que, para ele, essa região é multifacetada justamente devido ao polimorfismo dos obstáculos. Nada justificaria, entretanto, desvincular os níveis “pré-científicos” de um realismo ou empirismo ingênuos, ou seja, de escolas filosóficas de pensamento mais gerais que, tanto na história das idéias quanto na pesquisa sobre concepções alternativas, encontram-se subjacentes às concepções manifestas pelos sujeitos³³.

Portanto, não se justifica a adoção da terminologia usada por Mortimer. Ao contrário, consideramos que a expressão “perfil epistemológico” tem, além da vantagem de manter o vínculo mais estreito com o referencial bachelardiano, explicitar de imediato o que está efetivamente em jogo: compromissos e obstáculos *epistemológicos*. Essa discussão claramente não se resume à questão de uma simples escolha de expressão, e ganha relevância à medida que começam a surgir trabalhos que se utilizam ora de uma terminologia, ora de outra³⁴.

1.4.) Bachelard e Piaget

Dando continuidade ao estabelecimento de relações entre a epistemologia bachelardiana e a pesquisa em ensino de ciências, iremos brevemente, nesta seção, traçar alguns paralelos entre o pensamento de Bachelard e a epistemologia genética de Jean Piaget. Faremos isso em função não apenas da importância do referencial piagetiano para a área de pesquisa em foco, mas de sua relevância específica nas questões que envolvem a construção do conceito de tempo.

Nossa intenção não é *expor* o referencial piagetiano, tarefa para a qual um amplo volume seria ainda insuficiente. Mais modestamente, apresentaremos certos aspectos da teoria piagetiana que propiciem, a nosso ver, um diálogo com Bachelard. Queremos apenas sugerir caminhos que permitam construir – quem sabe futuramente – uma análise comparativa entre ambos os referenciais.

Consideramos que as abordagens oferecidas por Bachelard e Piaget para a questão do conhecimento são, genericamente falando, não-contraditórias e complementares. Claro que há importantes diferenças entre ambas, e que precisam ser assinaladas. Mas as semelhanças parecem-nos mais profundas e frutíferas.

A teoria de Piaget é, em certo sentido, mais do que uma epistemologia: é uma *teoria do desenvolvimento*, que se preocupa particularmente com o desenvolvimento das funções cognitivas. Parte de pressupostos biológicos e tem conseqüências epistemológicas (Piaget, 1975). Para Piaget, o sujeito constrói o conhecimento a partir da *ação* sobre o meio externo (ambiente). Trata-se, na verdade, de uma *interação*, na medida em que estruturas mentais (endógenas) vão se constituindo e modificando-se ao longo desse processo. O desenvolvimento da inteligência é visto como um processo de *adaptação* do organismo ao meio (adaptação cognitiva), na acepção propriamente biológica do termo.

Piaget compreende essa adaptação como resultado de um equilíbrio dinâmico entre dois pólos: a *assimilação*, que corresponde basicamente à incorporação de algo exterior aos esquemas do sujeito, e a *acomodação*, que representa a necessidade que os esquemas de assimilação têm de levar em conta as particularidades dos elementos a assimilar³⁵. Desde a mais tenra idade, o indivíduo constrói “esquemas de ação” (como os esquemas motores), com os quais busca assimilar os objetos. Esses esquemas de assimilação desenvolvem-se e modificam-se na interação com o mundo (acomodação), coordenando-se progressivamente. Esse processo de *equilibração progressiva*, segundo Piaget, leva à formação de estruturas de conhecimento cada vez mais complexas.

A teoria piagetiana defende que existam três fatores clássicos do desenvolvimento: a maturação, a experiência do meio físico e a ação do ambiente social. Eles seriam coordenados por um quarto fator – justamente a *equilibração* ou *auto-regulação* – imprescindível para a compreensão do caráter seqüencial do desenvolvimento (Piaget, 1975, p. 96; 1998, pp. 89-90). Isso porque a maturação (biológica) não responde sozinha pela construção das estruturas específicas da inteligência. Não há, para Piaget, idéias inatas, e mesmo a lógica depende de construção progressiva, de modo que a maturação abre *possibilidades* para o desenvolvimento, que precisam ser *atualizadas* em função da interação com o mundo físico e social.

Vemos assim que, desde o início, a epistemologia genética de Piaget surge como parte de uma teoria do desenvolvimento. Já a abordagem bachelardiana busca construir uma epistemologia em um sentido mais estrito, como um estudo da natureza do conhecimento

científico e das circunstâncias de sua produção, não se baseando em pressupostos de natureza biológica.

Entretanto, também desde o início, notamos importantes confluências dos dois referenciais, que consideram o conhecimento como algo construído ativamente pelo sujeito. A questão propriamente epistemológica da relação entre sujeito e objeto do conhecimento é tratada por ambos de um modo bastante semelhante: para Bachelard, devemos renunciar a um empirismo ingênuo, à crença de que o conhecimento brota da experiência sensível e imediata, por meio da simples observação. Ao contrário, a experiência primeira é um obstáculo a superar. Por outro lado, afasta-se de um idealismo que coloca a origem do conhecimento na razão, e postula a existência desse como um a priori num agente cognoscente. Opta por uma posição intermediária, contra um realismo e um racionalismo absolutos, que vimos estar presente em sua defesa de um racionalismo aplicado e de um materialismo técnico. Piaget também refuta o empirismo clássico, negando que o conhecimento seja o resultado de um conjunto de registros perceptivos, e que o conteúdo da inteligência venha de fora. O ato do conhecimento vincula-se à interação do sujeito com o meio, que deve coordenar suas próprias ações e introduzir inter-relações entre os objetos. Dessa forma, o conhecimento objetivo encontra-se subordinado a certas estruturas de ação que, por um lado, não estão dadas a priori nos objetos, mas são construídas pelo sujeito, e tampouco encontram-se a priori no sujeito. A interação com o meio atualiza possibilidades do genoma e ajuda a construir as estruturas cognitivas que, portanto, não são inatas nem oriundas da experiência.

Embora não se coloquem em nenhum dos dois pólos – empirismo ou racionalismo – ambos valorizam o racional. Bachelard orienta o seu *vetor epistemológico* do racional para o real, deixando claro o caráter de construção racional dos dados da experiência física. Em sua análise do pensamento científico moderno, ele aponta o lugar destacado da razão, que polemiza com a experiência, fazendo-a um instante da construção teórica. Já Piaget atribui um papel central às estruturas mentais e operações lógicas na construção do conhecimento, ao longo de todo o desenvolvimento do indivíduo. Sua epistemologia busca, sem dúvida, compreender a construção da razão. Por isso e pelo que foi dito antes, ambos podem ser considerados (não por motivos exatamente idênticos, portanto) *racionalistas construtivistas*. A possibilidade de referir-nos aos dois referenciais com essa mesma expressão é uma forma de indicar a aproximação existente entre eles.

Ao defender que as estruturas cognitivas sejam objeto de uma construção gradual, Piaget conclui que devem existir *estágios de desenvolvimento*, sendo talvez esse um dos pontos mais conhecidos e divulgados de seu pensamento. Na teoria piagetiana, o processo de

equilíbrio leva, a partir dos esquemas de ação, ao estabelecimento de operações (ações interiorizadas), primeiro num nível concreto e depois num nível formal. Na verdade, Piaget considera três períodos principais (Piaget, 1975, p. 83; 1998, p. 15): o sensorial-motor (até aproximadamente 1,5-2 anos de idade), o da inteligência representativa que conduz às operações concretas (de 1,5-2 anos até 11-12 anos), e o das operações proposicionais ou formais (por volta dos 11-12 anos)³⁶. Tais estágios cognitivos têm uma propriedade essencial: aparecem numa ordem fixa de sucessão, sendo cada período necessário à constituição daquele que vem a seguir.

No que diz respeito à existência dos estágios, surgem diversos pontos de comparação com a epistemologia bachelardiana. Há semelhanças no que se refere às idéias de *progresso* e de *estrutura*. A seqüência dos estágios representa um progresso não apenas no sentido cronológico, mas epistemológico. Cada estágio representa a aquisição de estruturas mentais mais complexas do que as anteriores, numa organização progressiva do pensamento que corresponde a uma adaptação sempre mais precisa à realidade (Piaget, 1998, p. 17). Também em Bachelard encontramos uma noção clara de progresso epistemológico, representada principalmente pela superação de obstáculos epistemológicos e pela própria noção de perfil epistemológico, em que a hierarquia de escolas filosóficas sugere um alargamento progressivo do conhecimento. Essa hierarquia não deixa de ser, a seu modo, uma seqüência de estágios, embora não de desenvolvimento de operações mentais ou lógico-matemáticas (como em Piaget).

E se o progresso epistemológico, para Bachelard, insere-se numa perspectiva essencialmente dialética, em que a superação de um conhecimento permite recuperá-lo sob nova ótica, parece possível encontrar aspecto semelhante em Piaget, em que cada etapa do desenvolvimento representa ao mesmo tempo uma superação e uma conservação de etapas anteriores, numa perspectiva de *adaptação dialética*³⁷. Para ambos, o progresso se dá no sentido de uma crescente *objetivação*.

Mas é aqui mesmo, no âmbito dos estágios de desenvolvimento piagetianos, que a comparação com a epistemologia de Bachelard permite estabelecer importantes diferenças. A interpretação mais comum da teoria piagetiana considera o terceiro estágio (o das operações formais) como um “estágio terminal”, um nível de desenvolvimento que não seria superado por nenhum outro. Bachelard não considera, na *Filosofia do Não*, o surracionalismo dialético como um nível terminal. A razão, para ele, está em constante evolução, polemizando com a própria razão, o que o leva a deixar em aberto a possibilidade da existência de novas escolas filosóficas a partir da análise do desenvolvimento futuro da ciência (“a ciência instrui a

razão”). Resta a importante questão: estariam os desdobramentos bachelardianos do racionalismo associados a operações mentais não contempladas pelo referencial piagetiano? Ou o nível das operações formais abarcaria toda forma de racionalidade possível?

Outro ponto que parece separar o pensamento de ambos é a questão da descontinuidade. Como explicitamos anteriormente, a epistemologia de Bachelard é descontinuista, admitindo a presença de *rupturas* no processo de construção do conhecimento científico, seja o conhecimento historicamente elaborado ou aquele que o indivíduo constrói. O novo conhecimento sempre rompe com o anterior, daí a necessidade da superação de obstáculos, da retificação dos erros. Já a epistemologia genética não postula a existência de rupturas mas, ao contrário, oferece uma visão de verdadeira continuidade quando analisa as leis gerais do desenvolvimento e a formação das estruturas cognitivas³⁸. Sobre isso, gostaríamos de deixar duas questões em aberto (que talvez sejam, no fundo, a mesma questão): por trás das rupturas de Bachelard poderia ser encontrada alguma continuidade essencial do pensamento, no nível das estruturas cognitivas? Não seria o processo de equilíbrio majorante (particularmente devido às acomodações) marcado por rupturas, se não no nível operacional, no nível dos conteúdos do pensamento?

Quanto à idéia de *estrutura*³⁹, podemos também traçar paralelos entre os dois referenciais. Ambos, ao ultrapassarem a simples *descrição* de um conhecimento acabado, estático, e preocuparem-se com a *formação* desse conhecimento e sua construção progressiva, buscam relações entre o *conteúdo* desse conhecimento e a *forma* subjacente a ele. Em outras palavras, buscam *estruturar* seus modelos em torno de elementos aglutinadores e generalizáveis, que transcendam a questão do *quê* se pensa e atinjam a problemática do *como* se pensa. Piaget, ao descrever os estágios de desenvolvimento, apresenta-nos justamente uma estruturação dessa natureza, em que o conteúdo é solidário a uma forma de pensar, determinada pelas operações mentais características de cada nível. Bachelard dá uma maior ênfase aos conteúdos do pensamento, mas também oferece-nos uma estruturação que tenciona ir além desse aspecto, relacionando concepções a formas de pensar. A noção de perfil epistemológico é, claramente, uma maneira de estruturar a construção do conhecimento, de relacionar forma e conteúdo.

Uma crítica normalmente dirigida à tradição que usa como referência os trabalhos de Piaget, no contexto do ensino e da aprendizagem das ciências, é justamente a pouca atenção dada aos conteúdos e ao contexto (Driver & Easley, 1978; Marton, 1981; Gilbert & Swift, 1985). Os estágios de desenvolvimento e as operações mentais obnubilaram a atenção dos pesquisadores em educação, que favoreceram a forma em detrimento do conteúdo. Como

vimos na seção 1.1., o movimento de concepções alternativas foi, em certo sentido, uma resposta a isso⁴⁰.

É nesse terreno mais propriamente pedagógico que encontramos relações importantes entre nossos dois autores. Se Piaget não enfatizou os conteúdos, não os desprezou. Na interação com o meio, o sujeito elabora crenças na tentativa de estruturar suas experiências. Tais crenças são produtos de sua estrutura mental, e ajudam a compreender a gênese e a natureza das concepções alternativas. Analisando o pensamento infantil, Piaget evidenciou o seu caráter *realista* e *egocêntrico*, no sentido de uma confusão do pensamento e das coisas, do eu e do mundo, e de uma ausência de objetividade (Santos, 1998, p. 64). Como consequência, surgem crenças de natureza *animista*, numa tendência espontânea da criança em atribuir consciência, intencionalidade e sentimentos a objetos inanimados. A indiferenciação entre o mundo interior e o exterior também explica a *causalidade* infantil, que evolui com a idade no sentido da objetivação. De explicações finalistas, mágicas e fenomenológicas (pré-causalidade) avança-se para explicações artificialistas e animistas, chegando-se a formas de explicação mais racionais (Santos, 1998, pp. 70-71).

O fundamental é observar que, para Piaget, o desenvolvimento da inteligência leva à elaboração de concepções que, essencialmente, *deformam* o real, e ligam-se a “aderências” que permanecem em todos os estágios⁴¹. Dessa maneira o realismo, o animismo, o egocentrismo e a causalidade próprios da criança originam crenças difíceis de serem desalojadas. De um ponto de vista bachelardiano, estamos claramente tratando de *obstáculos epistemológicos*, que surgem em função dos valores, hábitos e sensações acumulados pelo sujeito em seu contato com o real imediato. Ainda que Bachelard não se proponha a analisar o pensamento infantil, é evidente como o conceito de obstáculo não se prende ao adulto, uma vez que ele nos chama a atenção para a presença dos obstáculos tanto no desenvolvimento da ciência quanto na prática cotidiana da educação.

É interessante que Bachelard, ao expor os diversos tipos de obstáculos na *Formação...*, tenha se utilizado de alguns termos idênticos aos de Piaget, como realismo e animismo. A própria idéia de “aderência” também aparece em Bachelard, quando afirma que os obstáculos “aderem aos conceitos” e perturbam o “novo espírito científico”, não sendo característicos unicamente da pré-ciência.

Decorre disso a relevância atribuída ao *erro* pelos dois autores que, ao invés de considerá-lo como algo *negativo*, como uma falha a ser corrigida, encaram-no como algo *positivo*, indicador de processos de raciocínio dos sujeitos, e verdadeiros elementos motores do conhecimento. De um lado, os erros são indícios da presença de obstáculos

epistemológicos, e representam etapas a superar na construção do conhecimento objetivo. Não são provas de limitação, mas vinculam-se ao próprio ato de conhecer. Como não há conhecimento sem retificação de erros, não devemos encará-los como falhas nem tampouco evitá-los, mas *psicanalisá-los*. Por outro lado, para Piaget os erros também são inevitáveis, inerentes ao processo de adaptação cognitiva do sujeito ao meio. A construção de esquemas sucessivos ao longo da evolução intelectual depende do processo de equilibração, para o qual é fundamental a ocorrência de *desequilíbrios* na interação do sujeito com o meio físico. Sem *desequilíbrio* (perturbações) não há como reequilibrar-se. Assim, os erros surgem como consequência das respostas atuais do sistema cognitivo às perturbações oferecidas pelo ambiente. Representam verdadeiras produções intelectuais, que apontam para formas particulares de organização dos esquemas do sujeito, em função da idade (Astolfi, 1999).

Ao refletirmos sobre a questão das concepções alternativas, à luz dos dois referenciais, constatamos outra diferença e outra semelhança entre eles. Para Bachelard, as concepções já superadas pelo sujeito ao longo de seu desenvolvimento intelectual continuam a fazer parte de seu pensamento, permanecendo latentes. A superação dos obstáculos nunca é definitiva, e o convívio de diferentes concepções permitiria ao indivíduo aplicá-las a contextos apropriados. Essa é, inclusive, a idéia básica que fundamenta a noção de perfil epistemológico. No caso do referencial piagetiano, a tradição pedagógica que dele decorre sempre teve dificuldades em explicar a convivência de concepções conflitantes na estrutura cognitiva do sujeito, bem como o fato de o indivíduo ser capaz de um pensamento formal num contexto, mas não em outro. Atingido um novo estágio de desenvolvimento (caracterizado por um conjunto de operações), o novo equilíbrio deveria levar o sujeito a aplicar as novas estruturas de forma generalizada, sem depender do contexto. Reside aqui, portanto, um foco de diferenciação entre Piaget e Bachelard⁴².

Se a resistência das concepções e a sua permanência na estrutura cognitiva do sujeito pode ser considerada uma divergência, o vínculo das mesmas com idéias e visões encontradas na história da ciência representa mais uma semelhança entre a epistemologia genética e a epistemologia bachelardiana. Ambos instauraram, na história do desenvolvimento das idéias científicas, parte dos seus laboratórios epistemológicos. E lá encontraram paralelos entre a evolução histórica do pensamento e a evolução intelectual do sujeito. Como vimos, a epistemologia de Bachelard pode ser adjetivada de “histórica”, sendo essa a principal fonte de estudo dos obstáculos epistemológicos. A formação do espírito científico só pode ser compreendida à luz da história da ciência, num movimento de “recorrência” que busca no passado o esclarecimento do presente, “as formações progressivas da verdade”. Da mesma

maneira, Piaget encontrou na história da ciência visões semelhantes às manifestas por crianças e adolescentes. Esse resultado – bastante conhecido – de sua teoria, nunca tencionou estabelecer um paralelismo estreito entre a evolução histórica e a individual, mas antes ajudar a esclarecer a segunda pela primeira⁴³.

O sujeito não reproduz, *pari passu*, as concepções históricas, até porque o processo de construção epistêmica é absolutamente *individual*, o que não invalida a existência dos estágios. As leis do desenvolvimento seriam generalizáveis, o que explicaria a presença de concepções semelhantes em diversos sujeitos e em diversas culturas, como também o paralelismo com a história da ciência. Por outro lado, o caráter idiossincrático desse processo é um dos fatores que explicam as particularidades e diferenças entre concepções (de sujeitos diferentes na mesma cultura, de sujeitos de culturas diferentes, de um sujeito em relação à história da ciência).

Que o processo de construção do conhecimento é individual, embora permeado pela cultura, é algo que não escapa à análise de Bachelard. Precisamente com a noção de perfil ele procura esclarecer esse aspecto, pois o perfil (para um dado conceito) é variável entre sujeitos e entre culturas, sendo exclusivo do indivíduo.

Chegamos com isso a outro ponto de comparação: tanto Piaget quanto Bachelard não *ênfatizam* o papel da cultura, do social, em suas epistemologias. Seria quase desnecessário apontar a presença desse elemento nos dois referenciais, que não o ignoram. Para Piaget ele é um dos “fatores clássicos do desenvolvimento”, ao lado da maturação biológica e do ambiente físico. Bachelard – para dizer em poucas palavras – submete a razão individual à razão de grupo. Mas o que os une, nesse particular, é a opção por fundar suas epistemologias numa análise do *sujeito*, investigando suas relações com o objeto do conhecimento, mais do que com o contexto social⁴⁴.

Consideramos, portanto, que é possível estabelecer importantes relações entre os referenciais piagetiano e bachelardiano. Apesar de suas diferenças, suas abordagens podem ser consideradas (na maioria dos aspectos) complementares, pelo menos no que concerne aos problemas do ensino e da aprendizagem das ciências. Benefícios para a área de pesquisa em ensino seriam certamente alcançados se trabalhássemos mais no sentido de uma oportuna aproximação, do que na direção de um sectarismo teórico⁴⁵.

É claro, no entanto, que devemos evitar uma banalização dessa discussão. Compreendemos a dificuldade e o esforço envolvidos num estudo profundo da obra dos dois autores. Nossa intenção é oferecer caminhos para a elaboração de uma análise comparativa

entre o pensamento de Bachelard e Piaget. E, nesse aspecto, tem o tom de uma polêmica inacabada.

Esperamos haver caracterizado, neste capítulo, nosso referencial teórico e epistemológico, situando-o no contexto da área de pesquisa em ensino de ciências. Para estudar a sua viabilidade na compreensão da construção do conceito de tempo, construiremos no capítulo seguinte a hierarquia de escolas filosóficas de Bachelard para esse conceito, partindo do material advindo da história e filosofia da ciência e daquele oriundo da pesquisa em ensino.

Notas:

¹ (p. 6) No *Dicionário de Filosofia* de José F. Mora afirma-se que o termo ‘epistemologia’ foi introduzido para designar a “teoria do conhecimento científico”, mas vem sendo usado como sinônimo de “teoria do conhecimento” (Mora, 1994, p. 318). Já André Lalande, em seu *Vocabulário técnico e crítico da filosofia*, atribui um caráter mais geral – como “teoria do conhecimento” – ao termo ‘gnosologia’, apresentando a ‘epistemologia’ como “o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências, destinado a determinar sua origem lógica (não psicológica), o seu valor e a sua importância objetiva” (Lalande, s/d, p. 370 e 530). Utilizaremos neste trabalho o termo ‘epistemologia’ como sinônimo de “teoria do conhecimento científico”, concordando com a idéia de que “a epistemologia, em sua versão contemporânea, se propõe ao estudo da natureza do conhecimento científico e das circunstâncias de sua produção” (Moreno & Waldegg, 1998, p. 422). Nessa acepção, há uma grande sobreposição com o que se costuma chamar, na literatura da área de pesquisa em ensino de ciências, de “filosofia da ciência”. Karl Popper, por exemplo, pode ser considerado tanto um filósofo como um epistemólogo da ciência. Não nos preocuparemos aqui em diferenciar esses termos, mas privilegiaremos o uso de ‘epistemologia’. Caberia ainda ressaltar que as diversas correntes epistemológicas diferenciam-se não apenas quanto a um enfoque mais empirista ou racionalista, como também na ênfase que atribuem a aspectos sociais da ciência, fazendo com que nomes como o de Thomas Kuhn esteja, segundo alguns, vinculado tanto à epistemologia quanto à “sociologia da ciência”.

² (p. 7) Embora a “epistemologia genética” de Piaget tenha um papel de destaque no terreno geral da teoria do conhecimento, seu enfoque mais psicológico a distingue de outras epistemologias. Nesse sentido, apesar da enorme influência do referencial piagetiano na pesquisa em ensino, não é sobre ele que gostaríamos de chamar a atenção nesta seção, mas sim sobre outras epistemologias cujo foco é a *natureza do conhecimento científico e de sua produção*. Talvez para explicitar essa diferença alguns autores usem a expressão ‘epistemologias científicas’ para diferenciá-las da epistemologia genética. Vínculos entre o referencial piagetiano e a epistemologia de Gaston Bachelard serão apontados na última seção desse capítulo.

³ (p. 7) Segundo Santos (1998), os dois psicólogos são considerados precursores, mas por motivos diferentes: “- *Piaget*, pela análise que faz das representações do mundo que se dão espontaneamente na criança no decurso de seu desenvolvimento intelectual – ideias, crenças, explicações causais e expectativas, relativamente a fenômenos naturais, que a criança constrói para dar sentido às suas experiências pessoais. - *Ausubel*, pelo valor que atribui, na aprendizagem, à “estrutura cognitiva” enquanto conteúdo substantivo e organização de ideias para áreas particulares do conhecimento. Considera-a um instrumento decisivo para a integração de novas informações e de novos conceitos” (Santos, 1998, p. 58).

⁴ (p. 7) As ‘noções ingênuas’ (naïve notions), por exemplo, foram chamadas de ‘modelos interpretativos’ e ‘estruturas alternativas’. Solomon (1994) afirma ainda que a linguagem não era apenas nova, mas passou a ser muito utilizada posteriormente, gerando novas metáforas (como ‘tábula rasa’) e terminologias (como a ‘elicitação de idéias’).

⁵ (p. 7) Os autores optam na verdade pela expressão ‘alternative frameworks’ (estruturas alternativas) ao invés de ‘preconception’ (preconcepção) – usada por Ausubel – ou ‘misconception’ (concepção errônea, equivocada). Quanto a ‘misconception’, enfatizam que as estruturas alternativas dos alunos não seriam apenas “idéias erradas”, mas estruturas desenvolvidas autonomamente pelas crianças nas conceitualizações de suas experiências do mundo físico. Essas estruturas teriam o status de compreensões generalizáveis, características do conhecimento conceitual, o que desaconselharia também o uso de ‘preconception’ (Driver & Easley, 1978, p. 62). A questão não é apenas de terminologia, mas de atribuição de uma *conotação negativa* ou *positiva* às concepções (Santos, 1998, pp. 94-95), o que reflete posicionamentos epistemológicos diferentes (ver nota 7, abaixo).

⁶ (p. 8) Partindo-se de uma posição empirista da ciência, em que as idéias e teorias científicas seriam alcançadas por meio do pensamento indutivo a partir da observação objetiva dos “fatos”, as interpretações alternativas de eventos seriam realmente “erradas”, devendo-se a observações incorretas ou “falha lógica”. No entanto, se as hipóteses e teorias da ciência não se relacionam com os “dados objetivos” por meio de qualquer caminho dedutivo ou lógico, mas são vistos como produtos da imaginação humana, as interpretações alternativas estariam relacionadas aos esforços imaginativos das crianças para explicar os eventos com os quais lidam, e as ligações entre eles (Driver & Easley, 1978, p. 62). Vemos aqui o estabelecimento claro de um vínculo entre o posicionamento epistemológico e a interpretação de fatos do campo pedagógico. Esse vínculo também pode ser notado quando características das concepções alternativas, como a resistência e a coerência interna, ganham explicações diferentes consoante a epistemologia adotada (Santos, 1998, p. 151).

⁷ (p. 8) Embora afirmem que esses termos são piagetianos, os autores evitam qualquer compromisso com a epistemologia genética. Explicitam seu posicionamento numa nota de rodapé: “These are Piaget’s words, but in using them we do not intend any commitment to his theories” (Posner et al., 1982, p. 212). Fica então a dúvida: por que usar exatamente tais termos?

⁸ (p. 9) O conflito cognitivo, entretanto, é uma estratégia bastante utilizada no ensino de ciências, não se limitando ao âmbito do MMC.

⁹ (p. 9) Co-autor da proposta inicial do MMC.

¹⁰ (p. 10) O autor defende que a analogia sistemática com a visão epistemológica de um único autor pode trazer novas contribuições para a compreensão da mudança conceitual no aprendizado da ciência, uma vez que o trabalho com diversos autores costuma negligenciar importantes diferenças entre eles.

¹¹ (p. 10) Entre as analogias traçadas pelos autores poderíamos citar: o falseacionismo de Popper e a idéia de mudança conceitual por meio da promoção de conflitos ou contradições nos modelos dos alunos; a proposta de Kuhn e a idéia de mudança conceitual como substituição de concepções em momentos de crises; ou ainda o modelo de Laudan e a visão da aprendizagem das ciências como mudança conceitual, atitudinal e metodológica (Mellado & Carracedo, 1993, p. 335).

¹² (p. 11) A preocupação com a epistemologia é praticamente uma necessidade para aqueles que atuam na área da História e Filosofia da Ciência na Educação Científica. Teorias do desenvolvimento científico, tanto analisadas em si mesmas, como quando utilizadas na interpretação de episódios históricos, são objeto de estudo dessa área que, dentre outros aspectos, busca valorizar a filosofia e a história da ciência no estabelecimento de estratégias didáticas que contribuam para um aprendizado mais efetivo dos conceitos científicos. A epistemologia surge aqui, portanto, mais diretamente vinculada à sala de aula, constituindo-se não apenas como *fundamento* da intervenção pedagógica, mas também como *conteúdo* a ser problematizado.

¹³ (p. 11) Ron Good, em editorial do *Journal of Research in Science Teaching*, de 1993, diz que um de seus estudantes encontrou na literatura os seguintes termos para designar o construtivismo: contextual, dialético, empírico, humanístico, processamento da informação, metodológico, moderado, piagetiano, pós-epistemológico, pragmático, radical, racional, realista, social e sócio-histórico (Good, 1993b, p. 1015). Geelan (1997) assevera que existem pelo menos seis vertentes construtivistas, esquematizando-as com base em suas ênfases relativas quanto a: i) construção pessoal ou social do conhecimento, e ii) visão objetivista ou relativista da natureza da ciência. Já Marín et al. (1999) discordam de Geelan, afirmando que ele une distintas visões, e seus “dois eixos” não expressam a riqueza de aportes dos diversos trabalhos. Esses autores preferem dividir o construtivismo em quatro correntes principais: piagetiano, social, humano e radical, situando-os a partir de uma hierarquia de quatro planos que se diferenciam por seu grau de generalidade e conteúdo. Segundo Mortimer, talvez o “consenso” construtivista dê-se apenas em torno de dois pontos principais: “1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem” (Mortimer, 1996, p. 21).

¹⁴ (p. 13) Dois pontos da proposta de Geelan merecem um maior esclarecimento: primeiro, a ausência de uma perspectiva meta-teórica deve-se a uma idéia que o autor chama de “reflexividade”, ou seja, ao fato de que uma teoria do conhecimento é auto-contida. Nas palavras do autor: “Diferente de teorias químicas, as quais não têm (exceto num sentido muito abstrato) que levar em conta as atividades de um professor de química ao criar teorias químicas, as teorias epistemológicas, tais como o construtivismo, devem num certo sentido conter a si mesmas. Uma teoria do conhecimento é auto-contida” (Geelan, 1997, p. 25 – tradução minha). Segundo, a “validade” das diferentes epistemologias para a teoria e prática educacionais necessita, em última instância, ser *defendida* por aqueles que as sustentam, no contexto apropriado. O “tudo vale” feyerabendiano, é preciso deixar claro, não é *a priori*.

¹⁵ (p. 18) Embora seja nosso propósito abordar apenas aspectos da obra e não do homem, vale destacar aqui alguns pontos básicos de sua biografia, retirados de Japiassú (1976, cap. 1). Bachelard nasceu no final do século XIX (1884) num pequeno vilarejo da região da Champagne, interior da França, vindo a falecer em 1962, em Paris. Passou toda a infância e adolescência no campo. Com o fim do curso secundário ingressa na administração dos Correios e Telégrafos. Paralelamente estudava matemática, visando o curso de engenharia (1903-1913). A primeira guerra mundial fez com que abandonasse esse plano, tornando-se em 1919 professor de ciências do secundário, em sua cidade natal. Lecionou diversas disciplinas ao longo dos 16 anos de magistério, como física, química e até filosofia, à qual dedicava boa parte de seu tempo de leitor. Em 1927 defende duas teses, sendo que numa delas já se vislumbram elementos de seu pensamento epistemológico. Torna-se mais conhecido no meio intelectual francês, sendo convidado a lecionar na Faculdade de Letras de Dijon (1930). Lá permanece até 1940, quando recebe outro convite, agora da Sorbonne de Paris. Sua intensa produção intelectual, ao longo principalmente das décadas de trinta, quarenta e cinquenta do século passado, pode ser dividida em duas grandes vertentes: a *epistemológica*, preocupada fundamentalmente com a análise da constituição e evolução da razão científica, e a *poética*, voltada à exploração do imaginário e ao devaneio poético, à criação artística e literária. A primeira vertente ficou conhecida como a do “homem diurno”, enquanto a segunda como a do “homem noturno”.

¹⁶ (p. 18) Optamos, neste trabalho, por designar as obras de Bachelard pelos seus títulos (em português) ou por abreviaturas dos mesmos. Assim, *A Epistemologia* refere-se a Bachelard (1981); *O Novo Espírito Científico* a

Bachelard (1985); *A Filosofia do Não* a Bachelard (1991); e *A Formação do Espírito Científico* a Bachelard (1996).

¹⁷ (p. 21) Na *Filosofia do Não*, por exemplo, ele diz: “Pode-se discutir muito acerca do progresso moral, do progresso social, do progresso poético, do progresso da felicidade; existe no entanto um progresso que é indiscutível: o progresso científico, considerado como hierarquia de conhecimentos, no seu aspecto especificamente intelectual” (*Fil. do Não*, p. 21).

¹⁸ (p. 22) A importância desta divisão, parece-nos, encontra-se em opor um *pensamento* pré-científico a um *pensamento* científico. Nesse sentido, os períodos históricos assinalados por Bachelard não devem ser tomados *strictu sensu*. Certamente podemos encontrar certos autores do século XVII mais sintonizados com o pensamento científico, tal como o caracteriza Bachelard, do que outros autores do século XIX. Quanto ao *novo espírito científico*, embora seja apontado o ano de 1905 como marco, Bachelard deixa claro que também a mecânica quântica e as geometrias não-euclidianas (e não apenas a relatividade) seriam desenvolvimentos associados a este novo momento, o que faria “retroceder” esse marco.

¹⁹ (p. 26) É importante frisar que a palavra ‘espírito’, no contexto da epistemologia bachelardiana, não apresenta qualquer conotação mística ou religiosa.

²⁰ (p. 27) Bachelard esclarece que nem todas as noções teriam o mesmo poder dispersivo sobre as filosofias, e um espectro completo seria raro. “Existem ciências em que o racionalismo quase não existe. Existem outras em que o realismo está quase eliminado” (*Fil. do Não*, p. 47).

²¹ (p. 32) Santos aponta aqui algumas ambigüidades com relação a essa idéia do afetivo decorrer naturalmente do cognitivo. A própria obra bachelardiana no terreno da poesia parece contradizer esta asserção, uma vez que a complementação que fez de sua epistemologia racionalista por meio de uma vertente “não científica” evidenciaria o fato de que a primeira não lhe teria proporcionado plena satisfação afetiva (Santos, 1989, pp. 145-146). Para nós, afetivo e cognitivo também encontram-se em relação dialética, não havendo uma determinação de um sobre o outro. Nada disso, entretanto, vai contra a crítica de Bachelard à idéia de que o interesse do aluno deva decorrer de uma resposta afetiva.

²² (p. 33) Por quê? Não temos uma resposta definitiva para essa questão. Pensamos que poderíamos encontrar algumas razões para isso no simples fato da obra de Bachelard não haver sido traduzida para outras línguas – principalmente o inglês – senão mais recentemente. Uma vez que a maior parte da pesquisa em ensino de ciências é compartilhada internacionalmente através de periódicos de língua inglesa, a ausência do referencial bachelardiano seria, assim, sentida de modo mais patente. Em editorial intitulado “Rediscovering Gaston Bachelard’s Work”, da revista *Journal of Research in Science Teaching* de 1993, por exemplo, Ron Good afirmava que somente poucos livros de Bachelard haviam sido traduzidos para o inglês até essa época. Cita *O Novo Espírito Científico* (*The New Scientific Spirit*), mas diz que *La Formation de l’esprit scientifique* ainda não havia ganhado uma versão inglesa. É interessante verificar que ele sequer menciona *A Filosofia do Não* (Good, 1993a, pp. 819-820). Entretanto, essa última obra tem uma tradução de 1968 (*The Philosophy of No*), citada por Mortimer (1995) e Taber (2000), o que nos faz pensar que nossa suspeita inicial parece não estar plenamente justificada. Talvez a obra de Bachelard, além de em grande parte “não traduzida”, tenha sido mesmo negligenciada e “não lida” pelos pesquisadores de língua inglesa. A pouca atenção dada ao pensamento de Bachelard no contexto da pesquisa em ensino de ciências é, quem sabe, herdeira da questão mais geral do reconhecimento tardio da obra desse autor no terreno da própria filosofia da ciência. Segundo Japiassú (1976, pp. 28-29), o pensamento filosófico de Bachelard, no momento de sua elaboração, opunha-se a um certo idealismo filosófico dominante na filosofia francesa, sendo por isso mais ou menos ignorado durante anos. Embora Bachelard tenha conquistado posteriormente um papel de destaque na França, tanto Japiassú, em meados dos anos setenta, como também Santos, no final dos oitenta, lamentavam o fato das principais obras desse autor ainda não possuírem tradução para o inglês. Ambos os autores levantam um dado interessante, ilustrativo da dificuldade do diálogo que talvez explique o pouco impacto do pensamento bachelardiano fora da França (Japiassú, 1974, pp. 129-135; Santos, 1989, p. 22): apesar de *O Novo Espírito Científico* de Bachelard e *A Lógica da Descoberta Científica* de Popper terem sido publicados no mesmo ano (1934), não foram comparados e confrontados nas décadas que se seguiram. Além da ausência de uma tradução inglesa de Bachelard, também essa obra de Popper só ganhou uma tradução francesa em 1973.

²³ (p. 34) Santos afirma que, para Bachelard, a relação erro-verdade não é de simetria, mas uma relação dialética de duas positivities: “Neste movimento dialético não só a verdade de hoje será o erro de amanhã, como, e aqui reside talvez a sua maior contribuição, o erro de hoje é a minha verdade” (Santos, 1998, p. 133).

²⁴ (p. 35) Osborne, ao criticar a visão relativista do construtivismo radical, diz que sua posição é essencialmente a do “instrumentalismo”, em que a noção de verdade é substituída pela de *viabilidade*: “Melhores idéias podem ser desenvolvidas no sentido de que são mais “viáveis”, e ajustam-se com a experiência, mas elas não estão necessariamente mais próximas de uma representação objetiva do mundo físico” (Osborne, 1996, p. 57 – tradução minha).

²⁵ (p. 35) É preciso frisar que se trata de um progresso *epistemológico*, mas não necessariamente *ontológico*. Voltaremos a explicitar essa diferença no capítulo 2.

²⁶ (p. 37) Na tentativa de responder a essas questões seguiremos de perto o trabalho de Santos (1998), sem contudo atermo-nos demasiadamente a ele.

²⁷ (p. 39) A questão da linguagem é obviamente mais complexa do que isso. Enquanto para alguns autores ela seria determinante na constituição do pensamento e, portanto, das concepções alternativas, outros (caso de Piaget e Bachelard) não enfatizam o papel da linguagem em suas análises, embora reconheçam a sua influência na elaboração das concepções. Não é nossa intenção nesse trabalho aprofundar aspectos de caráter sociolinguístico, apesar de reconhecermos a importância desse aporte teórico para as questões que envolvem o ensino em geral. Voltaremos brevemente a tocar nesse ponto na última seção deste capítulo.

²⁸ (p. 41) Concordamos aqui com Santos quando afirma que as semelhanças não provam que, no desenvolvimento do aluno, as concepções alternativas pessoais reproduzam *necessariamente* as concepções históricas. “Não obstante, há suficientes pontos de convergência para que as duas abordagens se esclareçam mutuamente. Há semelhanças suficientes para que o conhecimento dos erros do passado ajude, professores e alunos, a antecipar e a compreender as concepções alternativas do presente” (Santos, 1998, p. 157).

²⁹ (p. 41) A autora opõe os modelos de “mudança conceitual” aos modelos de aprendizagem por “aquisição conceitual”, que caracterizam o conhecimento como acumulativo e têm sua base epistemológica no empirismo clássico. Quanto aos primeiros, encontram suas raízes nas epistemologias racionalistas e construtivistas, e podem ser classificados em modelos de “captura conceitual” (conhecimento construído como prolongamento de um conhecimento anterior) ou de “troca conceitual” (conhecimento construído por meio de rupturas com o conhecimento anterior, visando sua substituição). Santos foca sua atenção nas estratégias voltadas à troca conceitual, analisando esse processo do ponto de vista da epistemologia bachelardiana (Santos, 1998, cap. 4 e 5).

³⁰ (p. 43) Na verdade, Moreno & Waldegg (1998) fazem uma referência indireta a Bachelard, pois citam – de passagem – o trabalho de Driver et al. (1994) e a noção de “perfil conceitual” para fortalecer sua defesa da idéia de contexto e “estratos conceituais”. Já Taber (2000, p. 413) cita explicitamente Bachelard, embora não *fundamente* sua proposta de “concepções múltiplas” na epistemologia desse autor. Nenhum desses trabalhos, entretanto, utiliza-se dessa epistemologia como um verdadeiro *referencial*, ou seja, de modo mais consistente e determinante de suas propostas.

³¹ (p. 45) Mortimer utiliza também outros referenciais, como o de Piaget, Vygotsky e Bakhtin.

³² (p. 46) Nos trabalhos de 1996 e 2000, *entre* os dois elementos utilizados para justificar o uso de “perfil conceitual”, Mortimer discute um “outro aspecto” que considera importante nessa noção: o papel desempenhado, no processo de ensino-aprendizagem, pela tomada de consciência dos estudantes de seus próprios perfis conceituais. Independente dessa importância, do nosso ponto de vista não há relação entre isso e a escolha da nova terminologia, razão pela qual não a consideramos como um dos elementos dessa diferenciação. No trabalho de 1995 essa questão surge *depois* da adoção da expressão “perfil conceitual”, desvinculada da justificativa para isso.

³³ (p. 47) É interessante como a caracterização de Mortimer das três primeiras regiões de seu perfil conceitual para o atomismo e os estados físicos da matéria mantém, a nosso ver, o vínculo com as escolas de Bachelard. Para os estados físicos, a primeira região representa as visões “sensorialistas”, baseadas nas “aparências externas dos materiais”; a segunda estaria relacionada a propriedades empíricas, e a terceira à concepção atômica clássica. Quanto ao átomo, a primeira zona associa-se à visão contínua da matéria; a segunda relaciona-se a um substancialismo – em que propriedades macroscópicas (como a dilatação) são atribuídas aos átomos – e a terceira zona representa a noção clássica (Mortimer, 2000, cap. 3). Ora, no caso dos estados físicos a semelhança com as escolas de Bachelard é evidente. No caso do atomismo, restaria o fato de tratar-se de um objeto teórico, não acessível à experimentação – mesmo indireta – no nível dos estudantes do ensino fundamental. Mas as duas primeiras regiões representariam, ainda assim, um realismo e um empirismo ingênuos, mas sobre o *modelo* atômico. A visão contínua da matéria baseia-se num realismo imediato, e a transposição de propriedades macroscópicas para o domínio microscópico é, em certa medida, uma transferência de propriedades *empíricas* verificadas sobre os materiais para o *modelo* atômico. Reconhecemos o caráter altamente especulativo dessa observação, mas achamos pertinente apontar de que modo as escolas filosóficas de Bachelard poderiam ainda estar presentes, injustificando o abandono do perfil epistemológico em favor do perfil conceitual.

³⁴ (p. 47) Além dos trabalhos de Mortimer já citados, há outros (referenciados em Mortimer) que se utilizam da expressão “perfil conceitual”, tais como: Amaral & Mortimer (2001), Amaral et al. (2003) e Cunha & Freire Jr. (2003). Preferindo a expressão “perfil epistemológico”, encontramos: Pinto & Zanetic (1999), Silveira & Zanetic (2003). Num recente encontro de pesquisadores em educação científica, onde alguns desses trabalhos foram apresentados, tivemos a oportunidade de debater essa questão com os autores, e verificar que há realmente uma ausência de consenso quanto à terminologia a ser adotada. Consideramos, portanto, esse debate ainda em aberto. De nossa parte houve um deslocamento, ao longo do desenvolvimento desse projeto de pesquisa, de uma expressão a outra, como atestam os trabalhos Martins & Pacca (2001) e Martins & Pacca (2003). Adotada

inicialmente em razão da existência prévia dos trabalhos de Mortimer na literatura especializada, a expressão “perfil conceitual” sempre foi considerada por nós criticamente, como um ponto a ser aprofundado em nosso estudo. E, em função justamente dos argumentos expostos nessa seção, ela foi posteriormente abandonada em detrimento de “perfil epistemológico”.

³⁵ (p. 48) A noção de “esquema” é bastante complexa em Piaget, e a utilizamos aqui procurando caracterizar “aquilo que é generalizável numa ação” (Ramozzi-Chiarottino, 1988, p. 10). Quanto à teoria da equilibração de Piaget, a principal referência para uma compreensão detalhada é a obra *A Equilibração das Estruturas Cognitivas* (Piaget, 1976).

³⁶ (p. 50) Essa divisão é bastante ampla. Piaget distingue diversos subperíodos, caracterizando-os em função da forma de organização da atividade mental própria de cada um.

³⁷ (p. 50) Ramozzi-Chiarottino, uma das maiores conhecedoras da obra de Piaget no Brasil, destaca: “Essa *adaptação dialética* envolve a noção de construção – e uma construção especial, pois abrange uma evolução (do concreto ao simbólico) em que cada etapa é, ao mesmo tempo, superação e conservação da anterior. (Somente a palavra *aufhebung*, da dialética hegeliana, expressa com justeza esse movimento que supera mas preserva.)” (Ramozzi-Chiarottino, 1988, p. 18).

³⁸ (p. 51) Mortimer, por exemplo, acredita que o mecanismo de equilibração não deixa espaço para rupturas, afirmando que: “Piaget define a tendência ao desenvolvimento de estruturas cognitivas contínuas entre si, pois não são previstas rupturas e descontinuidades em seu sistema, uma vez que esse sempre tende a se alargar, seja em extensão ou em compreensão” (Mortimer, 2000, p. 62).

³⁹ (p. 51) O termo ‘estrutura’ é também bastante complexo em Piaget (a esse respeito ver: Ramozzi-Chiarottino, 1988, especialmente cap. 2). Mas não o estamos utilizando aqui fazendo referência às “estruturas mentais”, mas sim no sentido genérico de organização ou sistema que dispõe e organiza as partes de um todo (Ferreira, 1986, p. 730).

⁴⁰ (p. 52) Marton (1981), por exemplo, critica o referencial piagetiano ao defender que não se deve separar a *estrutura* do *conteúdo* da experiência, e que os níveis de desenvolvimento intelectual possivelmente variam com a cultura a mesmo entre estratos sociais diferentes. Considera questionável a idéia de estruturas mentais livres de conteúdo, e diz que a habilidade nas tarefas é dependente do conteúdo e dos contextos nos quais elas são apresentadas. Já Gilbert & Swift (1985) partem de um referencial lakatosiano para sugerir que o “programa de pesquisa” piagetiano seria – à época – um programa degenerativo, enquanto que o movimento de concepções alternativas representaria um programa em ascensão (progressivo). Nesse mesmo trabalho, os autores discutem uma série de críticas dirigidas à teoria de Piaget, dentre elas a pouca atenção dada aos conteúdos do pensamento das crianças e ao contexto.

⁴¹ (p. 52) Essas “aderências” seriam “parcelas da experiência interna agarradas às coisas” (apud Santos, 1998, p. 73). No capítulo seguinte utilizaremos outro termo (‘centração’) que, no contexto do estudo piagetiano do conceito de tempo, parece designar uma idéia semelhante.

⁴² (p. 53) Embora esse seja um ponto de aparente dissonância entre ambos, parece-nos que a ênfase dada por Piaget ao caráter seqüencial dos estágios pode ter levado a uma leitura estreita da relação entre a forma e o conteúdo, e à idéia de que a aquisição de um novo nível operatório implicaria necessariamente na superação definitiva de concepções anteriores (ou seja, de *conteúdos* relacionados a *formas* anteriores de raciocínio). Há dois aspectos a considerar: primeiro, Piaget distinguia entre experiências físicas e experiências lógico-matemáticas, e afirmava que determinadas estruturas lógicas não são adquiridas da mesma maneira que o seu respectivo conteúdo físico (como no caso da “conservação”) (Piaget, 1975). Segundo, a própria idéia de que um determinado nível operatório sublima os anteriores parece traduzir uma leitura apressada da obra de Piaget: “Não compreendendo a diferença entre sujeito epistêmico e sujeito psicológico, há quem pense que um ser humano, ao chegar ao “período formal”, vai raciocinar só de acordo com as “leis” de raciocínio formal, ou seja, estabelecendo sempre relações coerentes e exaustivas, quaisquer que sejam os conteúdos ou as circunstâncias – o que é absurdo. (...) O fato de uma pessoa ter possibilidades de raciocinar sobre hipóteses e com a lógica de classes e relações não quer absolutamente dizer que raciocine sempre dessa forma. (...) Em suma, a possibilidade é uma coisa; a concretização ou realização dessa possibilidade é outra, pois irá depender do meio no qual a pessoa vive, já que essa capacidade de conhecer, como já vimos exaustivamente, é fruto da troca do organismo com o meio” (Ramozzi-Chiarottino, 1988, p. 32). Talvez esses sejam caminhos para repensar a relação entre as estruturas lógicas e a convivência de concepções ao longo do desenvolvimento individual. Mais recentemente, certos autores têm tentado resgatar o referencial piagetiano na pesquisa em ensino de ciências, buscando harmonizá-lo justamente com resultados dessa área que apontam para o convívio de concepções. É o caso de Moreno & Waldegg (1998), que defendem a existência de “estratos conceituais plurais” aplicados a diferentes contextos, partindo do ponto de vista da epistemologia genética (como vimos nas seções 1.1. e 1.3.). Também Marín (1999) e Marín et al. (2000) argumentam (num plano mais geral) em favor de uma reaproximação entre a epistemologia genética e o construtivismo social, entendendo que os principais resultados dessa área – dentre eles a convivência de concepções – não estão em desacordo com a teoria piagetiana.

⁴³ (p. 54) Piaget, em conjunto com Rolando Garcia, dedica especial atenção a essa questão na obra *Psicogênese e História das Ciências* (Piaget & Garcia, 1987).

⁴⁴ (p. 54) Preocupados com a *formação* (ou construção) do conhecimento pelo sujeito, tanto Bachelard quanto Piaget enfatizam aspectos *psicológicos*, mais do que sociais ou lingüísticos. E se esse sujeito é um “sujeito epistêmico” para Piaget, pois trata-se do “sujeito do conhecimento”, abstrato e generalizável, é possível em larga medida compreender também o “espírito científico” bachelardiano como uma espécie de “sujeito epistêmico”.

⁴⁵ (p. 54) É precisamente nesse sentido que trabalha Astolfi (1999), que enfoca a questão do erro nos dois referenciais. Embora não concordemos com absolutamente tudo em sua argumentação, apresentamos a seguir um trecho do estudo desse autor, a título de ilustração de um outro esforço comparativo entre Piaget e Bachelard: “Em Piaget a palavra chave é “*desenvolver*”. O que propõe é um paradigma *genético* (no sentido da gênese, e não no de hereditário) e *biológico*, na medida em que os sucessivos estágios do pensamento se relacionam com o crescimento mental e seguem o caminho do desenvolvimento embrionário. Seu modelo é *prospectivo* e “otimista” posto que se interessa pelo *futuro da razão*. Descreve os esquemas de pensamento nas etapas de sua construção. Para isso, “estiliza” o sujeito, descuidando de suas características individuais, como sua história pessoal, para interessar-se nas estruturas do *sujeito epistêmico* e nas *operações intelectuais* que pouco a pouco vai dominando. Não se interessa nas pequenas réguas, nem na massa de modelar, nem nos transvazamentos de líquidos como tais, senão, através deles, nas invariáveis etapas que sequenciam os progressos do que denomina “pensamento operatório”. (...) Para Bachelard a palavra chave é “*retificar*”. Seu paradigma é mais *psicoanalítico* e *histórico*, na medida em que os obstáculos encontrados fazem referência às lentidões, resistências e arcaísmos que afetam a razão. Seu modelo, mais *regressivo* e “pessimista”, sublinha o *passado da razão*. Descreve as tendências naturais, os desvios e os “passos em falso” em que a mente tende a cair constantemente. “Estiliza” também o sujeito, mas o faz ao insistir nos arquétipos históricos e culturais que afetam, inevitavelmente, a nossa construção dos conceitos. Em resumo, se o primeiro autor é sensível às promessas de evolução intelectual, o segundo presta mais atenção às rupturas conceituais que devem ser controladas permanentemente” (Astolfi, 1999, pp. 45-47 – tradução minha).