



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

Gustavo Bertoche Guimarães

**Objetividade e matemática
na epistemologia de Gaston Bachelard**

Rio de Janeiro

2010

Gustavo Bertoche Guimarães

**Objetividade e matemática
na epistemologia de Gaston Bachelard**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Orientadora: Prof^a. Dra. Marly Bulcão Lassance Britto

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CCSA

B119 Guimarães, Gustavo Bertoche.
Objetividade e matemática na epistemologia de Gaston
Bachelard / Gustavo Bertoche Guimarães. – 2010.
67 f.

Orientadora: Marly Bulcão Lassance Britto.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do
Rio de Janeiro, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

1. Bachelard, Gaston, 1884-1962. 2. Filosofia francesa
- Teses. I. Britto, Marly Bulcão Lassance. II. Universidade
do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Filosofia e
Ciências Humanas. III. Título.

CDU 1(44)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação,
desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Gustavo Bertoche Guimarães

Objetividade e matemática na epistemologia de Gaston Bachelard

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Aprovada em 11 de junho de 2010.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Marly Bulcão Lassance Britto
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UERJ

Prof^a. Dra. Vera Portocarrero
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UERJ

Prof. Dr. Fábio Ferreira de Almeida
Universidade Federal de Goiânia

Rio de Janeiro

2010

AGRADECIMENTOS

Sem a ajuda de três mulheres, esta dissertação jamais teria sido escrita.

Por isso, agradeço à Bruna pelo sorriso de todos os dias.

Agradeço à minha mãe por apoiar-me quando voltei de minha viagem de autoconhecimento.

Agradeço à Marly pela Inestimável orientação pelos caminhos difíceis da obra bachelardiana.

O fio que a mão de Ariadne deixou na mão de Teseu (na outra estava a espada) / para que este adentrasse o labirinto e descobrisse o centro, / o homem com cabeça de touro ou, como quer Dante, o touro com cabeça de homem, / e o matasse e pudesse, já executada a proeza, / destecer as redes de pedra e voltar para ela, para seu amor. / As coisas aconteceram assim. Teseu não podia saber que do outro lado do labirinto / estava o outro labirinto, o do tempo, e que em algum lugar prefixado estava Medeia. / O fio se perdeu; o labirinto perdeu-se, também. / Agora nem sequer sabemos se nos rodeia um labirinto, um secreto cosmo, /ou um caos fortuito. Nosso belo dever é imaginar que há um labirinto e um fio. / Nunca daremos com o fio; talvez o encontremos para perdê-lo em um ato de fé, /em uma cadência, no sonho, nas palavras que se chamam filosofia /ou na pura e simples felicidade.

Jorge Luis Borges

RESUMO

GUIMARÃES, G. B. *Objetividade e matemática na epistemologia de Gaston Bachelard*. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

O conceito de objetividade é central na epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962). O problema que a pesquisa busca solucionar é a definição de objetividade na filosofia bachelardiana, o que implica na necessidade de explicitar a relação entre a objetividade e a matemática. A partir da leitura e da análise da obra epistemológica de Bachelard que trata da questão da objetividade, é demonstrado que o filósofo utiliza dois diferentes conceitos de objetividade: o primeiro é o de objetividade como reconhecimento e afastamento dos obstáculos epistemológicos que se apresentam como imagens subjetivas na prática científica; o segundo conceito é o de objetividade como o processo de retificação do conhecimento científico. Apresenta-se um exemplo de objetivação: o conceito de substância, no sentido realista ingênuo, desaparece nas ciências físicas do século XX, e surge o conceito complexo de um átomo não substancial, mas matemático. A partir desse exemplo, é demonstrado que, para Bachelard, o processo de objetivação do conhecimento é sincrônico ao processo de matematização do objeto. e a razão para essa relação entre a matematização e a objetivação é explicada.

Palavras-chave: Bachelard. Epistemologia. Objetividade. Matemática.

ABSTRACT

GUIMARÃES, G. B. *Objectivity and mathematics in Gaston Bachelard's epistemology*. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

The concept of objectivity is central in the epistemology of Gaston Bachelard (1884-1962). The problem that the research intends to solve is the definition of objectivity in the Bachelardian philosophy, what implies that it must be showed the relation between objectivity and mathematics. From the reading and analysis of the Bachelard's epistemological works that approaches the objectivity issue, it's demonstrated that the philosopher uses two different concepts of objectivity. The first is the objectivity as recognizing and removing the epistemological obstacles presented as subjective images into the scientific practice. The second concept is the objectivity as process of rectification of scientific knowledge. An example of objectification is presented: the concept of substance, in the naïve realist sense, disappears in the physical sciences of 20th century, and emerges the complex concept of the non substantial, mathematic atom. From this example, it's shown that, for Bachelard, the process of knowledge objectification is synchronic to the process of object mathematization, and the reason for this relation between mathematization and objectification is explained.

Keywords: Bachelard. Epistemology. Objectivity. Mathematics.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	8
1	A OBJETIVIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD	12
1.1	A objetividade na filosofia de Comte	12
1.2	Dois conceitos de objetividade na obra de Bachelard	15
1.3	O conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos	16
1.4	A história das ciências e a epistemologia	18
1.5	A ruptura histórica	19
1.6	A defesa de Bachelard contra os continuístas	22
1.7	O obstáculo da experiência primeira	23
1.8	O obstáculo substancialista	26
1.9	O conceito de objetividade como retificação	28
1.10	O exemplo de retificação na metrologia	33
1.11	A tentação substancialista da média	37
1.12	A objetivação na microfísica	39
2	A MATEMÁTICA NA DESSUBSTANCIALIZAÇÃO DO ÁTOMO	41
2.1	A ruptura entre a química clássica e a física atômica	41
2.2	A química substancialista	42
2.3	A psicanálise da substância	44
2.4	O númeno atômico	46
2.5	Imagem e substância	48
2.6	A retificação do conceito de átomo	49
2.7	O objeto complexo	51
2.8	A indução matemática	54
2.9	A matemática não é uma linguagem	55
2.10	A matemática contra as imagens	56
2.11	Construção matemática e objetividade	59
	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO

...pode vir a suceder que nós, criaturas humanas que nos pusemos a agir como criaturas do universo, jamais cheguemos a compreender, isto é, a pensar e a falar, sobre aquilo que, no entanto, somos capazes de fazer.

Hannah Arendt

Gaston Bachelard (1884–1962) foi contemporâneo da revolução científica da primeira metade do século XX e tem papel importante na epistemologia e na estética de orientação francesa.

Sua obra se apresenta dividida em duas vertentes: a epistemológica e a poética. Essa oposição dialética pode ser resumida na assunção de que a ciência, que é o conhecimento objetivo da natureza, deve ser construída com a recusa às influências subjetivas; e que a poesia deve evitar sobre si o olhar objetivista.

Nesta dissertação, será abordada somente a vertente epistemológica da filosofia de Bachelard, a vertente que exprime a novidade das ciências do século XX. Dentro da epistemologia, será tratada especialmente a questão da relação entre conhecimento objetivo e matemática nas ciências físicas do século XX.

A importância de Bachelard decorre de sua tentativa de renovar a associação entre a filosofia e a ciência de seu século ao expressar filosoficamente a novidade do novo espírito científico. Segundo Bachelard, a epistemologia de sua época enfrentava dificuldades no diálogo com ciências que avançavam, rapidamente, ao se lançar contra o conhecimento anterior – que era em certa medida eficaz, mas insuficiente ou errado diante de novas teorias e novos experimentos. Bachelard pretendeu demonstrar que os desenvolvimentos da geometria não-euclidiana, da lógica não-aristotélica, da física não-newtoniana e da química não-lavoisiana contradiziam princípios das filosofias da ciência de então. Defendeu também a tese de que as ciências do século XX não seriam conseqüenciada ciência dos séculos XVIII e XIX, mas seria uma verdadeira ruptura. Por isso, seria necessário propor uma nova epistemologia capaz de descrever as

novas conquistas científicas.

A inovação de Bachelard não se restringiu apenas à descrição da revolução científica do século passado. Ela inclui também uma proposta de nova atitude da filosofia frente ao conhecimento. Ao analisar a reorganização dos fundamentos metodológicos da experiência, que passa a ser ordenada pela matemática, o papel da razão no desenvolvimento da objetividade do conhecimento foi ressaltado. Bachelard oferece à razão um papel tão importante quanto o da experiência em sua epistemologia; o filósofo propõe, dessa forma, um “racionalismo aplicado” e um “materialismo racional”. De acordo com essa proposta, um objeto científico é construído como uma aplicação de um corpo de conceitos, e essa construção, baseada na razão, é material.

O objetivo primordial desta dissertação é analisar a questão da matemática na construção da objetividade na ciência do século XX sob a perspectiva da epistemologia de Gaston Bachelard.

Dois hipóteses serão demonstradas. A primeira é a existência de dois conceitos de objetividade na obra bachelardiana. A segunda hipótese é de que a construção matemática do objeto conduz, por meio da dessubstancialização, à objetividade.

No primeiro capítulo, será abordado o conceito de objetividade. O conceito bachelardiano de objetividade diferencia-se do conceito positivista ingênuo porque o positivista enfatiza o papel da experiência que conduz à razão, propondo a matematização do *dado* observacional – enquanto Bachelard privilegia o caminho que vai da razão à experiência, referindo-se, na direção oposta à do positivista, ao conhecimento objetivo como o conhecimento do fenômeno construído matematicamente. Por isso, o conceito de objetividade científica que Bachelard apresenta é novo em sua época. Para compreender a objetividade segundo Bachelard, salientaremos o papel essencial da matemática no processo de objetivação científica.

Será demonstrado que Bachelard utiliza dois conceitos de objetividade:

1. a objetividade é um processo de afastamento das imagens substancialistas subjetivas na ciência;

2. a objetividade é a meta do processo de retificação técnica e teórica na

pesquisa científica. A tese de que Bachelard utiliza dois conceitos de objetividade não é encontrada na literatura que interpreta a obra de Bachelard; mas acredito poder demonstrar que esta interpretação é correta.

O primeiro conceito, o de objetividade como afastamento das imagens substancialistas, está explícito principalmente em *A Formação do Espírito Científico*. Nesta obra, Bachelard indica como a influência de imagens subjetivas na produção de conceitos científicos dificultou o progresso do conhecimento, e adverte para a possibilidade deste tipo de obstáculo estar presente nas ciências de qualquer tempo.

Após abordar o primeiro conceito de objetividade, será enfatizado o aspecto não apenas epistemológico, mas também histórico, das rupturas do conhecimento: assim como as ciências desenvolvem-se afastando do senso comum, também se desenvolvem superando obstáculos epistemológicos. Quando uma ciência supera um conjunto de obstáculos, ocorre uma ruptura epistemológica, uma mudança radical no sentido dos conceitos científicos; uma ruptura como esta ocorreu nas ciências físicas da passagem do século XIX para o século XX.

O segundo conceito, o de objetividade como retificação, é apresentado explicitamente no *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, onde o filósofo defende que o processo de desenvolvimento da objetividade científica é solidário do refinamento dos conceitos e dos métodos utilizados para conhecer as medidas de precisão, e, conseqüentemente, de erro.

No segundo capítulo, será abordada a relação entre matemática e objetividade, que é um tema fundamental da epistemologia bachelardiana. É interessante a perspectiva de Bachelard a respeito desse problema na medida em que identifica o processo de objetivação à construção matemática do objeto, pois a construção matemática permite romper o obstáculo do substancialismo, ao mesmo tempo em que introduz a retificação no processo mesmo de produção do objeto, por meio da explicitação das coordenadas experimentais e conceituais da fenomenotécnica.

Essa objetivação realizada por meio da matematização e da complexificação do objeto tem um lugar especial na história das ciências: a passagem das ciências física e química do século XVIII e XIX para as ciências do século XX – ou seja, a ruptura epistemológica e histórica entre o conceito de substância e o conceito não-substancialista de átomo.

Nessa ruptura, surge uma nova ontologia: o átomo compreendido matematicamente é compreendido como númeno, um númeno que provoca a criação de um fenômeno por meio da técnica.

Isso significa que o átomo produzido pela dialética razão-experiência é um objeto que não pode ser interpretado por meio de uma imagem visual, mas somente pode ser conhecido ao se estabelecer uma reunião abstrata de conceitos e experimentos instrumentais por meio de constantes e variáveis algébricas.

Ao final, teremos demonstrado que a impossibilidade da interpretação visual, a recusa do substancialismo, a ruptura com o senso comum e com as ciências anteriores, a retificação contínua do conhecimento – essas novas formas de compreender o conhecimento, por meio da construção matemática do objeto, constituem a nova objetividade, a objetividade bachelardiana, a objetividade das ciências físicas do século XX.

1 A OBJETIVIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD

No que respeita a resultados definitivos, importa recordar que, na esfera das ciências exatas da natureza, não houve nunca soluções definitivas...

Werner Heisenberg

O que é a objetividade do conhecimento científico? A resposta de Bachelard a esta questão constitui-se como uma reação contra a tradição filosófica empirista e racionalista, da qual Comte é um exemplo. O objetivo dessa apresentação de Comte é esclarecer previamente contra que tipo de filosofia da ciência Bachelard lutava.

Em seguida, apresentarei os dois conceitos de objetividade que identifiquei na obra de Bachelard. O primeiro é o conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos epistemológicos, como é visto especialmente em **A Formação do Espírito Científico** (1974).

O segundo é o conceito de objetividade como retificação, conforme é apresentado no **Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado** (2004).

1.1 A objetividade na filosofia de Comte

Auguste Comte (1798-1857) foi um dos principais filósofos franceses do século XIX. Sua filosofia, o positivismo, foi influente tanto pela sua herança quanto pela reação que suscitou em filósofos posteriores.

A contribuição mais conhecida de Comte para a filosofia é a sua “lei dos três estados”: as sociedades estão necessariamente destinadas a passar do estado teológico ao estado metafísico, e deste ao estado positivo. O estado teológico é aquele no qual se acredita em deuses e espíritos, é um estado prematuro. Um exemplo seria a civilização grega no estágio pré-filosófico, quando “o espírito humano (...) apresenta os fenômenos como produzidos pela ação direta e contínua de agentes sobrenaturais mais ou menos numerosos, cuja intervenção arbitrária explica todas as anomalias aparentes do universo” (COMTE, 1973, p. 10).

O estado metafísico é aquele no qual se deixa de acreditar em seres espirituais e se passa a acreditar em forças naturais invisíveis. Um exemplo seria a Europa do século XVII, quando “os agentes sobrenaturais são substituídos por forças abstratas, verdadeiras entidades (abstrações personificadas) inerentes aos diversos seres do mundo, e concebidas como capazes de engendrar por elas próprias todos os fenômenos observados, cuja explicação consiste, então, em determinar para cada um uma entidade correspondente” (COMTE, 1973, p. 10).

No estado positivo, deixa-se de lado as crenças em coisas incompreensíveis e se passa a não mais acreditar, mas a compreender e a explicar os fatos por meio da expressão de correlações verificáveis e mensuráveis entre fenômenos delimitados experimentalmente. Neste estado, enquanto renuncia-se à busca pela origem e finalidade do universo e pela causa íntima das coisas, busca-se “descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas leis efetivas, a saber, suas relações invariáveis de sucessão e similitude. A explicação dos fatos, reduzida então a seus termos reais, se resume de agora em diante na ligação estabelecida entre os diversos fenômenos particulares e alguns fatos gerais” (COMTE, 1973, p. 10).

Comte não restringia o alcance da “lei dos três estados” ao desenvolvimento das sociedades: as ciências também passavam por esses estados. Para ele, somente a matemática e a astronomia já encontravam-se no estado positivo, enquanto a física, a química, a biologia e a sociologia de seu tempo tinham ainda elementos do estado teológico e metafísico.

O estado positivo, que é o estado verdadeiramente científico na filosofia de Comte, é o estado em que o conhecimento objetivo tem lugar. As condições de positividade são dadas claramente por Comte.

A observação sistemática é o ponto de partida de todo conhecimento positivo. Neste sentido, Comte aproxima-se do empirismo. Para Comte, deve-se restringir seus esforços ao domínio, que agora progride rapidamente, da verdadeira observação, considerada a única base possível de conhecimentos verdadeiramente acessíveis, sabiamente adaptados a nossas necessidades reais.

Contudo, é necessário superar o empirismo radical por meio da compreensão das leis que regem os fenômenos, leis que são compreendidas pela razão a partir das relações constantes de concomitância e sucessão dos fenômenos, que permitem a previsão. Para ele,

Nas leis dos fenômenos consiste realmente a *ciência*, à qual os fatos propriamente ditos, em que pese à sua exatidão e ao seu número, não fornecem mais do que os materiais indispensáveis. Ora, considerando a destinação constante dessas leis, pode-se dizer, sem exagero algum, que a verdadeira ciência, longe de ser formada por simples observações, tende sempre a dispensar (...) a observação direta, substituindo-a por essa previsão racional que constitui (...) o principal caráter do espírito positivo. (...) Assim, o verdadeiro espírito positivo consiste sobretudo em *ver para prever*, em estudar o que é a fim de concluir disso o que será, segundo o dogma geral da invariabilidade das leis naturais. (COMTE, 1973, p. 50)

Assim, o conhecimento positivo é, ao mesmo tempo, baseado na observação empírica e sistemática e na racionalização desse conhecimento por meio da formulação de leis naturais que permitem a previsão. Contudo, é vedado propor algo além do que pode ser apreendido pela experimentação e pela generalização ou pela previsão a partir dos resultados dos experimentos.

Nossas pesquisas positivas devem essencialmente reduzir-se, em todos os gêneros, à apreciação sistemática daquilo que é, renunciando a descobrir sua primeira origem e seu destino final; importa, ademais, sentir que esse estudo dos fenômenos, ao invés de poder de algum modo tornar-se absoluto, deve sempre permanecer relativo à nossa organização e à nossa situação. Reconhecendo, sob esse duplo aspecto, a imperfeição necessária de nossos diversos meios especulativos, percebe-se que, longe de poder estudar completamente alguma existência efetiva, de modo algum poderíamos garantir a possibilidade de constatar assim, ainda que muito superficialmente, todas as existências reais, cuja maior parte talvez deva nos escapar totalmente. (COMTE, 1973, p. 49)

Para Comte, qualquer proposição que não fosse sustentada pela generalização ou pela previsão racional a partir das conclusões das pesquisas experimentais seria um passo na direção do absoluto, o que não condiz com o espírito positivo. O conhecimento positivo é um conhecimento limitado pelo método científico, é relativo às condições de experimentação; mas isso não é um problema para Comte, que, ao mesmo tempo em que afirma que existe realmente algo que nos escapa, afirma também que não se deve buscar conhecer esse algo, senão no sentido em que ele pode ser acessível pelos instrumentos do espírito positivo.

Pode-se considerar, sem dúvida, que o conceito de “positivo”, em Comte, contém o conceito de “objetivo”. Assim, conclui-se que o conhecimento objetivo, na filosofia de Comte, é necessariamente a descrição das leis invariáveis da natureza, leis que foram induzidas a partir da observação e da experimentação metódica, e

que permitem a previsão de fenômenos. O conhecimento científico, positivo, objetivo, é um conhecimento meramente descritivo e preditivo da natureza.

1.2 Dois conceitos de objetividade na obra de Bachelard

A filosofia da ciência de Comte foi escolhida por Bachelard como um de seus principais alvos. O conceito comteano de objetividade é completamente diferente do conceito bachelardiano; na verdade, é diferente dos dois conceitos bachelardianos de objetividade.

Defendo a tese que Bachelard propõe não um, mas dois diferentes conceitos de objetividade: como reconhecimento e afastamento dos obstáculos epistemológicos e como retificação do conhecimento. Essa tese é original. Acredito fornecer elementos suficientes para que seja demonstrado que ela é correta.

O conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos epistemológicos já estava implícito desde o *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, de 1928; mas Bachelard somente explora explicita e especificamente esta concepção de objetividade em 1938, com *A Formação do Espírito Científico*.

Este conceito, cronologicamente posterior em sua formulação completa, é apresentado, nesta dissertação, antes do conceito de objetividade como retificação do conhecimento, conforme exposto no *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*.

Há duas razões para que, nesta dissertação, a ordem escolhida para apresentar os dois conceitos seja diferente da ordem cronológica pela qual Bachelard expôs um e outro.

Em primeiro lugar, uma razão lógica. O princípio básico no qual se baseia o conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos epistemológicos, que é a separação essencial entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, é logicamente mais fundamental do que a divisão entre os graus de objetividade retificada do conhecimento já científico. Não seria adequado apresentar primeiro o conhecimento logicamente posterior para depois apresentar o conhecimento logicamente anterior.

Em segundo lugar, uma razão de natureza da organização do discurso. Embora a escolha dessa ordem (conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos [logicamente anterior] e conceito de objetividade como retificação

[logicamente posterior]) seja lógica, ela traz uma vantagem na organização da minha argumentação. A razão para isto é que, enquanto o primeiro conceito de objetividade é essencialmente um conceito que opera no campo psicológico, o segundo conceito vai operar no campo estritamente científico, relacionando-se intimamente com a questão da matemática; ora, a relação entre a matemática e a objetivação do conhecimento científico é a questão central de minha dissertação que será abordada no segundo capítulo.

Ambos os conceitos constituem, a meu ver, um todo íntegro; ainda que tivessem sido apresentados por Bachelard numa ordem cronológica diferente da ordem lógica, sua relação de interdependência indica o caráter sistemático de pelo menos parte de sua obra.

Fiquemos agora com o primeiro conceito (do ponto de vista lógico) de objetividade.

1.3 O conceito de objetividade como afastamento dos obstáculos

Em *A Formação do Espírito Científico*, Bachelard descreve como a emergência de uma ciência objetiva requer a despersonalização, por meio do reconhecimento e do afastamento das imagens irracionais, inconscientes, arquetípicas dos indivíduos. Essas imagens podem ser constitutivas de componentes metodológicos ou conceituais do conhecimento vulgar ou de ciências ultrapassadas e bloqueiam a objetividade científica. Bachelard coloca o problema em termos de obstáculos epistemológicos, que não são dificuldades inerentes à fugacidade ou à complexidade da observação ou da experimentação de fenômenos naturais ou criados por meio de artifícios técnicos. Os obstáculos epistemológicos são dificuldades impostas pelo mal uso de categorias do conhecimento comum dentro do conhecimento científico, ou pelo mal uso de conceitos próprios de uma ciência anterior por outra ciência mais desenvolvida. Obstáculos epistemológicos são “lentidões e conflitos”(BACHELARD, 1996, p. 17) subjetivos, produtos de conhecimentos mal estabelecidos, que geram conceitos carregados de valores subjetivos cuja relação com a realidade fenomênica é imprecisa e equívoca.

Conceitos científicos muito usuais podem, com o tempo, receber valores psicológicos estranhos à experimentação e à razão científicas. Esses conceitos

podem ser tão importantes e comuns em seu domínio que qualquer tentativa de identificação e de afastamento desses valores pode ser dificultada pelo hábito dos cientistas individuais. Afinal, “pode-se reconhecer que a idéia científica muito usual fica carregada de um concreto psicológico pesado demais, que ela reúne inúmeras analogias, imagens, metáforas, e perde aos poucos seu *vetor de abstração*” (BACHELARD, 1996, p. 19). Assim, um conceito científico pode, ao tornar-se excessivamente um mecanismo psicológico de compreensão de fenômenos, ao tornar-se mero suporte didático, perde justamente seu caráter mais especificamente científico, ou seja, perde sua capacidade de relacionar-se a um experimento determinado e de sugerir, por meio da abstração, novos experimentos e novas teorias.

Para evitar que os conceitos científicos tornem-se obstáculos ao próprio conhecimento científico, Bachelard propõe ser necessário realizar uma “psicanálise do conhecimento”. Essa psicanálise do conhecimento é o processo de identificação dos elementos subjetivos, psicológicos, morais, valorativos, espirituais, etc. nos conceitos objetivos, isto é, nos conceitos que têm uma referência experimental e/ou racional precisa. É uma investigação das crenças irracionais imiscuídas nas práticas científicas dos próprios pesquisadores, pois

(q)uando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é *em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado*. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. (...) O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno. (BACHELARD, 1996, p. 17)

A partir da identificação dos elementos não-objetivos nos conceitos objetivos, torna-se possível evitar o uso desses conceitos fora de seus âmbitos, e, extensivamente, torna-se possível evitar que elementos não objetivos interfiram nos âmbitos dos conceitos objetivos. É dever da epistemologia alertar para a possibilidade de o conhecimento estar contaminado de conteúdo subjetivo, pois

as forças psíquicas que atuam no conhecimento científico são mais confusas, mais exauridas, mais hesitantes do que se imagina quando consideradas de

fora (...). Mesmo na mente lúcida, há zonas obscuras, cavernas onde ainda vivem sombras. (...) Em nós, o século XVIII prossegue sua vida latente; infelizmente, pode até voltar. (BACHELARD, 1996, p. 8)

E, mais claramente, num trecho posterior da mesma obra, acrescenta:

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado. Como observa Edouard Le Roy [LE ROY, Edouard. Science et Philosophie in *Revue de Métaphysique et Morale*, 1899, p. 505] em bela e densa fórmula: 'O conhecimento comum é inconsciência de si'. Mas essa inconsciência pode atingir também pensamentos científicos. (BACHELARD, 1996, p. 51)

A comunidade científica possui mecanismos de proteção contra elementos excessivamente diferentes do que se espera de um pesquisador: "[a] cidadela erudita contemporânea é tão homogênea e protegida que os textos de pessoas alienadas ou esquisitas dificilmente conseguem um editor" (BACHELARD, 1996, p. 35). Contudo, não está completamente imune a elementos que surgem *de dentro* do próprio processo de conhecimento – elementos cuja origem é mais subjetiva do que intersubjetiva.

1.4 A história das ciências e a epistemologia

Obviamente, a proposta de Bachelard de identificar elementos não objetivos em conceitos objetivos é uma proposta moral e valorativa – ou seja, não objetiva de acordo com os critérios utilizados por Bachelard. Ele está ciente disso, e acredita que, com sua proposta, contribui para “moralizar a ciência” (BACHELARD, 1996, p. 28). Por “moralizar a ciência”, provavelmente Bachelard compreende a busca pela objetividade experimental e racional na prática científica, sem a interferência de conteúdos a ela estranhos, o que decorre da defesa da organização dos elementos da vida – elementos objetivos e subjetivos – em cada região a eles adequada.

A “moralização da ciência”, para Bachelard, é uma das tarefas da

epistemologia – mas essa orientação “moral”, pedagógica, é sempre produzida historicamente, após a própria ciência; a filosofia das ciências é “reativa” (BACHELARD, 1965, p.2). A epistemologia depende da história das ciências, mas há uma diferença entre elas. A diferença entre a história da ciência e a epistemologia é que “o historiador da ciência deve tomar as idéias como se fossem fatos. O epistemólogo deve tomar os fatos como se fossem idéias, inserindo-as num sistema de pensamento. Um fato mal interpretado por uma época permanece, para o historiador, um *fato*. Para o epistemólogo, é um *obstáculo*, um contra-pensamento” (BACHELARD, 1965, p. 22). É necessário compreender corretamente esses fatos interpretados incorretamente; um fato mal interpretado é um obstáculo no caminho da ciência atual, pois impede o julgamento adequado da história científica pela cultura científica (BACHELARD, 1965, p. 24), impede a correta distinção entre verdade e erro, entre esterilidade e fecundidade. Os obstáculos epistemológicos impedem mesmo o desenvolvimento da cultura científica, impedem o próprio progresso da ciência – e “o progresso é a dinâmica mesma da cultura científica, e é esta dinâmica que a história das ciências deve descrever”(BACHELARD, 1965, p. 25) e que a epistemologia deve julgar. Em suma, a história das ciências deve ser *recorrente*, ou seja, deve reconstituir o progresso do conhecimento a partir do estado atual do conhecimento: é uma necessidade pedagógica “formular uma *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”(BACHELARD, 1965, p. 26).

A epistemologia deve julgar a história das ciências, mas não para esconder o erro. Para Bachelard, o erro tem uma função positiva: o erro é pedagógico e revela o tipo de obstáculo de determinada abordagem. A identificação e a retificação do erro, a consciência do erro, permitem que o conhecimento torne-se objetivo – e permite que se produza um conhecimento científico capaz de superar dialeticamente a ciência prévia.

1.5 A ruptura histórica

A superação de uma ciência por outra ciência com um âmbito de validade mais amplo ocorre pela identificação de um obstáculo ao conhecimento, mas não é um processo gradual, segundo Bachelard. Os novos sistemas científicos rompem de

forma total com os sistemas antigos, pois o que muda não é uma ou outra teoria dentro de um corpo conceitual: é o próprio significado dos conceitos fundamentais de uma ciência que transformam-se de uma vez por todas, por meio da introdução de novas coordenadas racionais e experimentais no significado desses conceitos. O conceito de massa, por exemplo, tem, na experiência comum, na preparação do pão ou do cimento, um sentido demasiadamente subjetivo; na primeira aproximação, na física do dia-a-dia, a massa é determinada por meio de uma medida designada por um instrumento simples como uma balança – a massa é aquilo que é medido por determinada técnica; na segunda aproximação, na física de Newton, o conceito de massa é um conjunto de noções: é o quociente da força pela aceleração; finalmente, na física relativística, a massa não pode ser determinada de modo simples, pois é uma função complicada da velocidade, e somente pode ser definida dinamicamente – não faz mais sentido o conceito de “massa absoluta”, nem de “massa em repouso”, ainda que esteja sofrendo uma força e uma aceleração constante em relação à Terra, como um objeto pousado sobre uma mesa (BACHELARD, 1974b, p. 171-176). Há rupturas históricas entre os conceitos científicos, e esses conceitos, a despeito de ser designados pelo mesmo nome, têm significados completamente diferentes e irreduzíveis aos seus homônimos.

A ruptura histórica entre duas ciências é também uma ruptura entre o conhecimento mais simples e o mais complexo, entre o conhecimento mais imediato e o mais indireto. Para Bachelard, a ciência do século XX não é uma extensão do conhecimento comum; a ciência do século XX é um tipo de conhecimento que contradiz o conhecimento comum:

As ciências físicas e químicas, no seu desenvolvimento contemporâneo, podem ser caracterizadas epistemologicamente como domínios de pensamento que rompem nitidamente com o conhecimento vulgar. (...)

O simples fato do caráter *indireto* das determinações do real científico já nos coloca num reino epistemológico novo. (...) A ciência de Lavoisier, que funda o positivismo da balança, está em ligação contínua com os aspectos imediatos da experiência usual. Já não acontece o mesmo quando acrescentamos um *eletrismo* ao *materialismo*. Os fenômenos elétricos dos átomos estão *escondidos*. É preciso instrumentá-los numa aparelhagem que não tem significação *direta* com a vida comum. (...)

Objetar-nos-ão que propomos uma distinção muito delicada para separar o conhecimento comum e o conhecimento científico. Mas é necessário compreender que os cambiantes são aqui filosoficamente decisivos. Trata-se nada mais nada menos que da primazia da reflexão sobre a percepção, da

preparação numenal dos fenômenos tecnicamente construídos. (...) Teremos de demonstrar que aquilo que o homem *faz* numa técnica científica (...) não existe na natureza e não é sequer uma continuação *natural* dos fenômenos *naturais*. (BACHELARD, 1977, p. 130)

O conhecimento do objeto científico contemporâneo não é imediato; é obtido por meios indiretos. O objeto científico é construído por diversos processos nos quais a teoria e a engenharia se fundem. Para se compreender a objetividade, é preciso aceitar que o objeto não pode ser designado imediatamente como “objetivo”(BACHELARD, 1996, p. 294), porque a objetividade é construída contra o objeto imediato – a objetividade é construída ao se construir e retificar fenomenotecnicamente o objeto. O conhecimento imediato não investiga as condições de realização dos objetos. Os objetos simplesmente percebidos não são compreendidos objetivamente:

Por vezes, ficamos deslumbrados perante um objeto eleito; acumulamos as hipóteses e os sonhos; formamos assim convicções que possuem a aparência de um saber. Mas a fonte inicial é impura: a evidência primária não é uma verdade fundamental. A objetividade científica só é possível depois de termos rompido com o objeto imediato, de termos recusado a sedução da primeira escolha, de termos parado e contradito os pensamentos que nascem da primeira observação. Toda a objetividade, devidamente verificada, desmente o primeiro contato com o objeto. Tem de começar por criticar tudo: a sensação, o senso comum, até a prática mais constante e a própria etimologia, pois o verbo, que é feito para cantar e seduzir, raramente vai ao encontro do pensamento. Em vez de se deslumbrar, o pensamento objetivo deve ironizar. Sem essa vigilância desconfiada, nunca alcançaremos uma atitude verdadeiramente objetiva. (BACHELARD, 1998, p. 9-10)

A ruptura histórica da ciência do século XX, que é a ruptura-modelo de Bachelard, pode ser reduzida à epistemológica, pois é uma ruptura entre o espírito científico que parte do conhecimento comum e o espírito científico que se lança contra o conhecimento comum. O processo de ruptura epistemológica realiza-se como a negação, a superação e o englobamento do conhecimento anterior. O conhecimento anterior passa a ser válido como um caso especial da ciência mais atual.

1.6 A defesa de Bachelard contra os continuístas

Bachelard (1990, p. 244-252) defende a idéia de ruptura epistemológica contra quatro críticas dos continuístas, expostas sob a forma de teses:

1ª tese: *A história da ciência é contínua*. Bachelard responde a esta tese afirmando que os continuístas detêm-se na ciência mais elementar, e que a ciência contemporânea não é mais contínua, mas é feita por meio de saltos.

2ª tese: *Quando um progresso científico ocorre, ele “estava no ar”, foi criado ou descoberto por uma multidão de trabalhadores autônomos; o papel das “influências”, das “atmosferas”, é fundamental*. Bachelard concorda que os “trabalhadores” da ciência agrupam-se e colaboram na investigação; que há equipes e escolas científicas. Contudo, afirma que ocorrem “instantes privilegiados”, “descontinuidades manifestas”, no trabalho dos cientistas.

3ª tese: *A pedagogia científica deve fazer passar, com facilidade, da experiência comum à ciência*. Bachelard discorda frontalmente dessa atitude: afirma que isso é possível quando se ensina ciências como a química de Lavoisier, que era uma química a ser “decorada”, mas não é mais possível quando se ensina ciências como a química do século XX. Para Bachelard, o professor deve fazer com que o aluno aprenda a pensar sem recorrer à experiência comum, pois as ciências contemporâneas não recorrem a metáforas ou imagens derivadas do dia-a-dia.

4ª tese: *A linguagem científica deriva da linguagem comum*. Bachelard afirma que a linguagem científica, ao contrário do que dizem os continuístas, é constantemente transformada. As palavras e as imagens sofrem, no interior da física e da química contemporâneas, diversificações e mudanças que fazem com que percam totalmente o sentido comum, e mesmo o sentido que se tinha dentro da física e da química anteriores.

A identificação do conhecimento comum ou subjetivo na prática científica, ou seja, a psicanálise do conhecimento, e a conseqüente ruptura entre esse conhecimento comum e o conhecimento propriamente científico, é uma das tarefas da epistemologia. Em *A Formação do Espírito Científico*, Bachelard apresenta diversos tipos de obstáculos epistemológicos que devem ser identificados e evitados na produção da ciência.

Os dois obstáculos mais importantes são a influência da experiência primeira e o substancialismo. Todos os outros são, de algum modo, variações deles.

1.7 O obstáculo da experiência primeira

Por "experiência primeira" deve-se entender a experiência que ocorre sem que uma pergunta ordenadora prévia e uma razão crítica estabeleçam os critérios pelos quais a experiência ser criada. "Experiência primeira" é a experiência dada, a experiência não construída. A experiência primeira é "a experiência colocada antes e acima da crítica"(BACHELARD, 1996, p. 29) a experiência realizada a partir de uma teoria simples, fácil, relacionada à vida cotidiana e à natureza perceptível imediatamente.

O obstáculo da experiência primeira tem como origem a concepção de que o conhecimento científico é extensão do conhecimento comum:

A experiência comum não é de fato *construída*; no máximo, é feita de observações justapostas, e é surpreendente que a antiga epistemologia tenha estabelecido um vínculo contínuo entre a observação e a experimentação, ao passo que a experimentação deve afastar-se das condições usuais da observação. (BACHELARD, 1996, p. 14)

Quando fala do obstáculo da experiência primeira, Bachelard apresenta recorrentemente a oposição entre natureza e cultura. A natureza não é apenas o que está "fora" do homem, mas também é o que no homem é primitivo, o que no homem é natural - o conhecimento comum é conhecimento natural, porque parte da experiência natural do homem, porque não contradiz a percepção natural que se tem do mundo. Por outro lado, a cultura - a cultura científica - consiste no esforço penoso de organizar os elementos que a natureza apresenta; a cultura científica constrói, socialmente, os fenômenos a respeito do qual pensa. É neste sentido que Bachelard diz que

o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma. Só pode aprender com a Natureza se purificar as substâncias naturais e puser em ordem os fenômenos baratos".(BACHELARD, 1996, p. 29)

Como exemplo de obstáculos claros ao conhecimento objetivo advindos da

valorização excessiva da experiência primeira, Bachelard cita inúmeros textos do século XVIII que abordavam os fenômenos elétricos:

Numa *experiência de gala*, o abbéNolet ‘provocou um choque, na presença do Rei, em cento e oitenta guardas; e no convento dos cartuxos de Paris, toda a comunidade formou uma fila de 900 toesas, com um arame ligando uma pessoa à outra... e todo o grupo, quando a garrafa foi descarregada, estremeceu ao mesmo tempo, e todos sentiram o choque’ (PRIESTLEY. *Histoire de l’électricité*. Trad. Paris, 1771, 3 v., v. 1, p. 237). A experiência, nesse caso, recebe o nome público que a contempla: ‘se várias pessoas em círculo recebem o choque, dá-se à experiência o nome de Conjurados’ (p. 184), Quando estilhaçaram diamantes, o fato surpreendeu e pareceu dramático a pessoas importantes. Quando Darcet e Rouelle a repetiram, 150 pessoas estavam presentes (*Encyclopédie*, verbete Diamante).” (FEC, 39-40). Ou: “Volta gasta centenas de páginas para descrever a seus correspondentes as maravilhas da *pistola elétrica*. O nome complicado que ele lhe atribui já serve para mostrar a necessidade de enfeitar o fenômeno essencial: ‘pistola elétrico-fogo-pneumática’. Em cartas ao marquês François Castelli, insiste sobre a novidade da experiência: ‘Se é curioso ver-se carregar uma pistola de vidro nela despejando grãos e grãos de milho, e depois vê-la disparar sem mecha, sem bateria, sem pólvora, pela simples elevação de uma lingüeta, ainda é mais curioso ver uma única faísca elétrica provocar uma série de disparos por pistolas ligadas umas às outras’.(BACHELARD, 1996, p. 46)

O obstáculo da experiência primeira é muitas vezes provocado por experimentos impressionantes. Os experimentos magnéticos e elétricos realizados no século XVIII estimulavam a curiosidade diante de fenômenos extraordinários. Os experimentos de salão com o eletromagnetismo não propiciaram o pensamento científico, visto que os filósofos naturais, os físicos, os sábios, somente interessavam-se em explorar o sentimento de espanto diante do inesperado. Não se buscava compreender os princípios físicos que originavam esses fenômenos; e, quando os princípios eram interrogados, as respostas ficavam no plano dos próprios fenômenos, das relações por similitude, das teorias sem qualquer suporte experimental ou racional.

Para Bachelard, a diferença entre a física eletromagnética do século XVIII e a do século XX é patente, entre outros motivos, por meio da análise dos livros-texto: os livros de física do século XVIII destinavam-se aos leitores cultos, mas sem treino científico algum. Eram livros nos quais os autores freqüentemente adotavam a linguagem dos salões, com piadas, referências aos homens importantes da corte e frases-feitas. Grande parte dos textos era dedicada ao exame de questões que

causavam comoção, como as causas dos trovões, ou ao comentário de fatos curiosos, como os “jantares elétricos”, nos quais tudo era preparado com a ajuda de eletricidade:

Temos informações mais pormenorizadas sobre o *jantar elétrico* de Franklin (ver *Letters*, p. 35): como narra Priestley (PRIESTLEY. *Histoire de l'électricité*. Trad. Paris, 1771, 3 v., v. 1, p. 167), em 1748, Franklin e seus amigos ‘mataram um peru por choque elétrico, assaram-no num espeto elétrico, diante de um fogo aceso por meio da garrafa elétrica: a seguir, beberam à saúde de todos os célebres entendidos em eletricidade da Inglaterra, Holanda, França e Alemanha, em copos eletrizados, e ao som da descarga de uma bateria elétrica’. O abbé de Mangin conta, como tantos outros, esse famoso jantar. Acrescenta (1ª parte, p. 185): ‘Acho que, se o Sr. Franklin fizer uma viagem a Paris, vai ver sua deliciosa refeição coroada por um gostoso café, devidamente eletrizado’. (BACHELARD, 1996, p. 41)

Os livros-texto do século XVIII sempre ligavam os experimentos à experiência primeira; os livros de física do século XX não tratam de uma física do mundo cotidiano, de uma física da rua e do campo (BACHELARD, 1996, p. 30); tratam de uma física de laboratório. Os livros do século XVIII abordavam inúmeros fatos extraordinários, sem outra ligação senão o fantástico dos fenômenos; os livros do século XX apresentam a ciência como ligada a uma teoria geral, e seu caráter organicamente sistemático é tão óbvio que é difícil pular algum capítulo, já que o precedente é quase sempre condição para o entendimento do seqüente (BACHELARD, 1996, p. 31). Em oposição aos do século XVIII, que não tinham qualquer tipo de controle oficial – o que acarretava o fato que qualquer um podia escrever e ser reconhecido socialmente como físico – os livros-texto do século XX são controlados pelos programas dos exames universitários, o que significa que não há espaço para o exame de fatos particulares curiosos e extraordinários sem qualquer referência a um conjunto teórico coerente. A física do século XX é ensinada a partir das referências teóricas coordenadas racional e experimentalmente na prática do laboratório. Neste sentido, a física ensinada no século XX aos alunos é uma física cujo processo de objetivação psicológica já teve início; afinal, não seria bem visto um livro-texto cujo autor insistisse em valorizar aspectos pitorescos e isolados dos experimentos científicos.

Por isso, as “experiências marcantes, cheias de imagens”(BACHELARD, 1996, p. 50) não são boas para o ensino científico. Criam centros de interesse

desvinculados do complexo teórico-prático em que consiste a ciência objetiva. Fazem com que os alunos permaneçam no âmbito do extraordinário, do mágico, do surpreendente. É necessário retornar a uma ciência que apresente problemas que exigem respostas difíceis, críticas, racionais, para evitar que, por meio da excessiva simplificação do ensino, surja um “*inconsciente do espírito científico*”(BACHELARD, 1996, p. 51).

No século XX, a experiência primeira constitui um obstáculo que a própria sociedade científica deve identificar e afastar quando necessário, pois

(a) objetividade científica só é possível depois de termos rompido com o objeto imediato, de termos recusado a sedução da primeira escolha, de termos parado e contradito os pensamentos que nascem da primeira observação. Toda a objetividade, devidamente verificada, desmente o primeiro contato com o objeto. Tem de começar por criticar tudo: a sensação, o senso comum, até a prática mais constante e a própria etimologia, porque o verbo, que é feito para cantar e seduzir, raramente vai de encontro ao pensamento. Em vez de se deslumbrar, o pensamento objetivo deve ironizar. Sem esta vigilância desconfiada, nunca alcançaremos uma atitude verdadeiramente objetiva.(BACHELARD, 1998, p. 17)

Em resumo, a experiência primeira é a simples observação particular e sem método do mundo. Ocorre fora da cidade científica: não tem um projeto delimitado, não é realizada segundo critérios consensuais, não está sujeita à análise dos outros cientistas.

1.8 O obstáculo substancialista

A atitude substancialista está relacionada à experiência primeira e é a tendência de considerar os fenômenos (sejam objetos ou processos) estudados nas ciências como *coisas* ou *substâncias* no sentido usual. Um exemplo apresentado por Bachelard é tentativa de alguns pesquisadores do fim do século XVIII de fazer a corrente elétrica adquirir diversos sabores ao fazê-la passar por diferentes materiais em circuitos que terminavam na língua do observador(BACHELARD, 1996, p. 130). Pesquisas como essa são fadadas ao fracasso desde o início, pois atribuem uma substancialidade comum ao fenômeno da corrente elétrica. Bachelard explica que

(p)ara melhor perceber a falha dessa orientação sensualista da ciência, basta compará-la, neste caso preciso, com a orientação abstrata e matemática que consideramos decisiva e correta. O conceito abstrato que Ohm utilizou alguns anos depois para designar os diferentes condutores foi o conceito de *resistência*. Esse conceito libera a ciência de qualquer referência a qualidades sensíveis *diretas*. Talvez se possa objetar que o conceito de resistência ainda é muito ligado a uma imagem. Mas (...) o conceito de resistência perde aos poucos o valor etimológico e torna-se metafórico. O conceito torna-se então o elemento de uma lei *complexa*, lei afinal muito abstrata, unicamente matemática, que constitui uma espécie de *núcleo de conceitos*. Então, admite-se que a urina, o vinagre, o leite possam ter efeitos específicos, mas esses efeitos só serão registrados através de uma noção de fato abstrata, isto é, sem significado imediato no conhecimento concreto, sem referência direta à sensação primeira. A resistência *elétrica* é uma resistência depurada por uma definição precisa; está *incorporada* numa teoria matemática que lhe limita qualquer extensão abusiva. O empirismo fica assim, de certa forma, *aliviado*; não tem a obrigação de dar conta de todos os caracteres sensíveis das substâncias sujeitas à experiência. (BACHELARD, 1996, p. 131-132)

O parágrafo acima deixa clara a oposição, na filosofia da ciência de Bachelard, entre o conhecimento inicial e intuitivo e o conhecimento científico abstrato, assim como a superioridade do segundo tipo de conhecimento sobre o primeiro. A física e a química do século XX são ciências objetivas porque, antes de tudo, são ciências abstratas, construídas matematicamente - e, portanto, estão menos sujeitas à influência do empirismo ingênuo ou das imagens substancialistas.

Por *imagem*, Bachelard pretende significar não apenas as imagens visuais, mas todo e qualquer produto subjetivo da imaginação, seja visual, tátil, sonoro, afetivo, moral... Uma imagem pode ser constituída, inclusive, como um complexo de inúmeras imagens subjetivas de vários tipos. Exemplo: a imagem da esponja (FEC, cap. IV) carrega uma infinidade de imagens de espécies diferentes, podendo ser a metáfora para as coisas que se comprimem, que se expandem, que chupam, que são passivas, que podem ser preenchidas, que podem receber tudo o que se apresenta, que conduzem fluidos, que isolam, que têm poros, que são seletivas... As imagens são obstáculos importantes, pois as intuições das imagens são subjetivas, íntimas, abafadas, e nesse âmbito subjetivo é que residem as grandes fontes da inércia espiritual e da incapacidade de exercer a crítica (BACHELARD, 1996, 102).

Se as imagens e as metáforas irracionais, inconscientes, devem ser sumamente afastadas do trabalho científico, as imagens e metáforas próprias das ciências contemporâneas têm outro destino. Bachelard reconhece que são

importantes – mas apenas em certo sentido, no sentido em que podem contribuir para sugerir novas conexões entre os objetos representados. Fora deste sentido, pelo menos dentro do “novo espírito científico” na física e na química, deve-se evitá-las, deve se buscar pensar por meio da matemática.

Como demonstramos, segundo Bachelard, para se chegar à objetividade é necessário reconhecer e afastar as imagens inconscientes por meio do reconhecimento dos aspectos subjetivos ou inexatos do conhecimento e a conseqüente limitação desses aspectos num plano que os torna irrelevantes.

A meta, portanto, do processo de afastamento dos obstáculos epistemológicos é a limitação das características aberrantes e ocasionais do pensamento (BACHELARD, 2004, p. 299-300); neste sentido, o processo de identificação e retirada das imagens subjetivas do conhecimento é solidário do processo de objetivação.

1.9 O conceito de objetividade como retificação

Mas há outra via epistemológica que conduz também à limitação das características aberrantes e ocasionais do pensamento. Essa segunda via é a retificação do conhecimento.

O processo de retificação do conhecimento ocorre continuamente na ciência. É um processo perpetuamente inacabado no qual o conhecimento torna-se cada vez mais “aproximado”. A aproximação do conhecimento é o refinamento das medidas de erro. Quanto mais exata a medida de erro, mais definido é o limite do conhecimento, maior o conhecimento sobre o conjunto teórico-experimental que constitui o fenômeno.

Os limites de um fato são

margens de aberração no interior das quais o fato é suscetível de preencher o uso que dele esperamos. O fato conserva nesses limites um tipo de liberdade que nos autoriza a falar de sua deformação. Aliás, deformação que é muito aparente quando se recoloca o fato em seu verdadeiro domínio, isto é, no mundo da percepção. *O conhecimento consiste precisamente em regular essa deformação de modo a transformá-la em retificação.*

Essa retificação leva à objetividade. (...) Só se adota a via da objetividade

estabelecendo uma relação entre duas coisas – sem dúvida, por intermédio do sujeito –, mas reduzindo o papel do sujeito e cuidando para que esse papel seja idêntico nos dois casos, a fim de permitir sua correta eliminação.(BACHELARD, 2004, p. 248)

Ou seja: a aproximação retifica o objeto e promove, em última análise, a objetivação do conhecimento, ao diminuir o papel dos valores subjetivos na delimitação do fenômeno. Neste sentido, a retificação é solidária da psicanálise do conhecimento vista anteriormente.

Não há, contudo, um tipo único de processo de retificação do conhecimento. Há, pelo menos, dois tipos de retificação: em primeiro lugar, a retificação dos conceitos; em segundo, a retificação das medidas.

A retificação conceitual é uma etapa do afastamento das imagens subjetivas nos conceitos, que são sempre passíveis de ser invadidos por imagens (BACHELARD, 2004, p. 26). Esse afastamento, que ocorre justamente pela *psicanálise do conhecimento*, se dá pela identificação e a descrição das condições de experimentação do fenômeno que apresenta o objeto. Essa identificação e descrição das condições de apreensão do objeto, ao se inserirem no conceito que o designa, altera o próprio conceito; o conceito que incorpora suas condições experimentais é o conceito retificado. Como diz Bachelard:

Para incorporar novas provas experimentais, será preciso então *deformar* os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar *as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito*. É nesta última necessidade que reside, a nosso ver, o caráter dominante do novo racionalismo, correspondente a uma estreita união da experiência com a razão. A tradicional divisão entre a teoria e sua aplicação ignorava esta necessidade de incorporar as condições de aplicação na própria essência da teoria.(BACHELARD, 1996, p. 96)

O conceito científico, então, é necessariamente descrito por meio das experiências que o circunscrevem. Mas essa descrição é sempre incompleta, visto que o conceito pode ser utilizado para significar experiências novas, e, assim, passar a ter, em sua descrição, novos elementos:

Empregar o conceito é precisamente fazê-lo intervir numa experiência nova. Isso equivale a dizer que a conceptualização só pode prosseguir por composição. (...) Afinal, a conceptualização sempre nos aparece como essencialmente inacabada. (BACHELARD, 2004, p. 31)

A composição dos experimentos retifica, cada vez mais, o conceito, pois faz com que responda a mais domínios experimentais, prendendo-o com mais correntes à realidade. Afinal, quanto mais coordenações experimentais um conceito científico possui, mais adequado à realidade ele é, e, portanto, menos sujeito às influências da subjetividade, podendo, assim, ser considerado mais objetivo. O experimento integra um conceito num juízo; quanto maior for a quantidade de juízos experimentais que o conceito participa, maior sua determinação, maior a capacidade de determinar os limites de sua efetividade – e, portanto, maior sua objetividade. “Apresentar um conceito isolado não é pensar”, diz Bachelard(2004, p. 28).

É preciso, portanto, inserir o conceito numa trama experimental para que se apreendam suas qualidades. Especialmente quando se trata de objetos de dimensão muito pequena, no nível subatômico, o conhecimento advindo da descrição da organização experimental na qual o fenômeno, repetidamente, emergiu permite uma descrição qualitativa mais aproximada do objeto. A repetição do experimento fenomenotécnico é importante: a experiência repetida, que é realizada com o controle de todas as variáveis possíveis, indica a delimitação do objeto por uma progressiva aproximação. Por isso,

deve-se aproveitar a multiplicidade indefinida das nuances para mergulhar com paciência no qualitativo infinitamente pequeno. Um conhecimento movido por métodos de aproximação poderá seguir o fenômeno até em sua individualidade e em seu movimento próprio. Pode aspirar, pelo menos, a transcender a generalidade. A repetição monótona de procedimentos simples é, no mínimo, uma repetição – isto é, um movimento. Quando se pensa que essa repetição, que é a base da aproximação, obedece por definição a um princípio de ordenamento, percebe-se que aí está um método que, em sua aparente modéstia, pode substituir a ambiciosa intuição imediata dos grandes filósofos por uma intuição progressivamente organizada, apta a alargar os conceitos. (BACHELARD, 2004, p. 32)

A repetição da experimentação introduz um novo problema, que é importante por constituir um caminho que leva à objetivação. O problema é a diferença entre os resultados das medidas experimentais em diferentes experimentos.

No *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, Bachelard adota uma posição

a respeito da identidade entre conhecimento e mensuração quantitativa do objeto bastante próxima à do positivismo. Para Bachelard, a definição cada vez mais precisa das medidas quantitativas do objeto, a correção progressiva dos erros na mensuração do fenômeno, é, na ciência, correspondente à objetivação do objeto, à aproximação do objeto com a realidade; do mesmo modo que, “na física, o que não pode ser percebido por nenhum aparelho deve ser considerado inexistente” (BACHELARD, 2004, p. 74),

é possível enunciar como base da física moderna este duplo postulado metafísico: o que se mede existe e é conhecido na proporção em que a medida é precisa. Essa dupla afirmação condensa toda a ontologia científica e toda a epistemologia do físico. Assim, desde o início, sub-repticiamente, estabelece-se uma metafísica que o desenvolvimento monótono das medidas não chega a perturbar. Incorporam-se ao mesmo tempo uma ontologia rudimentar e uma definição do conhecimento que apresenta tão poucas exigências que será válida em todos os níveis da doutrina. Todos os nossos meios de conhecer se apagam diante dessa comparação de tipo tão especial que é a medida. Para serem compreendidas de modo satisfatório, todas as relações do mundo sensível deveriam ser traduzidas nessa matemática tão pobre que se adapta à medida. A medida aparece como a epistemologia fundamental, como a base da aritmetização da experiência. De outro lado, é a medida que garante a permanência do ser, que integra esse ser em seu justo lugar e que justifica afinal a ontologia científica. (BACHELARD, 2004, p. 56)

Este parágrafo de Bachelard, contudo, indica uma diferença fundamental entre sua epistemologia e a comteana: Bachelard defende que o conhecimento científico não pode ser considerado de uma vez por todas objetivo; a ciência matematizada e positiva, experimental, não é simplesmente o ponto de chegada da história do progresso científico – é apenas um passo no processo inacabado e inacabável do conhecimento objetivo do real. O conhecimento objetivo absoluto, exato, não pode ser alcançado no domínio físico.

Em primeiro lugar, porque a realidade se apresenta, no experimento científico, como sistemas praticamente fechados, com sua ordem de grandeza específica – e pode-se postular um limite absoluto para a detecção de um fenômeno, pois o mais sensível aparelho possui uma inércia mínima, mas existente. O que é menor do que o *quanta* de detecção do instrumento não será captado, ainda que exista no real. Contudo, levar em conta, num experimento, propriedades ou quantidades que não podem ser mensurados pelo próprio experimento seria inútil, pois não se deve supor

o que não é possível detectar. Por isso, a física experimental satisfaz-se com uma leve indeterminação quantitativa. Seria absurda a pretensão de uma precisão literalmente infinita, de uma determinação absolutamente exata num experimento físico. (BACHELARD, 2004, 74-75)

Em segundo lugar, porque o Real é um ponto imaginário cercado por diferentes aproximações experimentais de grandezas diversas e descontínuas. A realidade não é contínua: aparece em camadas (BACHELARD, 2004, p. 71). A epistemologia fragmentada, descontínua, corresponde a uma ontologia igualmente fragmentada:

devemos aceitar uma ordem na existência dos atributos. O ser em si seria apenas uma espécie de ponto imaginário em torno do qual se ordenariam qualidades nitidamente estratificadas, em correspondência com um verdadeiro descontínuo instrumental. Quem vive nos laboratórios não se contenta com uma ontologia geral. O ser-aí se apresenta sob camadas concêntricas que o experimento retira uma a uma. Tal pluralismo não é apenas de ordem qualitativa. É mais íntimo ainda: reina sobre a própria quantidade. Os graus de precisão não estão ligados como se poderia crer por zonas de transição, porque para tornar-se mais preciso não basta refazer com mais precauções as medidas anteriores, mas sim afastar por meio de novos métodos os erros contidos no sistema de medida escolhido anteriormente. Todos os esforços do pesquisador tendem à conquista de uma nova decimal. Como não postular que aquilo que se procura existe? É assim que a filosofia da experiência chega a uma espécie de ontologia fragmentada, o realismo da decimal. (BACHELARD, 2004, p. 78)

Quando se alcança uma melhoria na precisão do experimento, quando se conquista uma decimal na mensuração de um fenômeno, o conhecimento não se aprofunda – de fato, se multiplica (BACHELARD, 2004, p. 75) Multiplicam-se os conhecimentos adquiridos sobre um objeto; mas não se pode dizer que se conhece *o que o objeto essencialmente é*. A essência do objeto é uma meta *a priori* inalcançável. Portanto, é um objetivo que não cabe na ontologia da física; é uma ontologia metafísica. A ontologia da física é uma ontologia descontínua, fragmentada, inacabada, imprecisa, sujeita a correções e passível de ser ampliada com novos experimentos. Evidentemente, a física contemporânea não visa a uma ontologia: ela “realiza, melhor dizendo, uma ontogênese”. (BACHELARD, 1965, p. 30)

Bachelard apresenta, no *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, vários exemplos, retirados da história das ciências, que corroboram sua perspectiva.

1.10 O exemplo de retificação na metrologia

Um exemplo é o desenvolvimento da metrologia. Bachelard explica que a história dessa ciência divide-se em períodos distintos e descontínuos que correspondem a graus definidos na precisão, que estão de acordo com a prática científica geral; a precisão da metrologia adequava-se somente à precisão necessária para realizar as tarefas técnicas e científicas de cada época:

Na ciência moderna, as condições da precisão tornam-se mais e mais absorventes. No início, são muito mal elucidadas. Assim a “Toesa do Châtelet”, pregada em 1668 na parede externa do Grand Châtelet, exposta às intempéries, gasta pelo freqüente manuseio para controle dos padrões mercantis, serviu para determinar a Toesa do Peru que Bouguer, La Condamine e Godin levaram em 1735 para o sul do equador. Foi nas mesmas condições que a missão da Lapônia, dirigida por Maupertuis e Clairaut, determinou a Toesa do Norte. Os cientistas e experimentadores mais prudentes e minuciosos da época se contentaram com uma determinação muito grosseira, até nas pesquisas científicas de mais elevado teor. Na opinião do astrônomo Lalande, a diferença entre duas toesas podia atingir $1/25$ de linha (ou seja, cerca de um décimo de milímetro). Há duzentos anos, conclui Benoît, um erro de um décimo de milímetro era portanto considerado desprezível ou dificilmente determinável.

No fim do século XVIII, o estabelecimento do sistema métrico proporcionou pesquisas mais minuciosas. Utilizavam-se nônios e lupas. Vários experimentadores repetiram inúmeras séries de determinação. Qual o resultado? Delambre, em seu livro *Sobre a base do sistema métrico decimal*, deixa entender que grandezas da ordem do centésimo de milímetro lhe parecem inacessíveis às observações, até nas pesquisas científicas de mais alta precisão. No espaço de cinquenta anos, porém, a precisão limite foi decuplicada.

Cem anos mais tarde, limitando-se a meios diretos com aparelhos ópticos (microscópio de meia ampliação) que os cientistas da Convenção tinham podido utilizar, chegou-se à aproximação de um décimo de milésimo de milímetro.

Enfim, num último período percebe-se que os instrumentos diretamente adaptados à mensuração dos comprimentos haviam dado toda a precisão que deles se podia esperar. Para apurar o conhecimento, são necessários métodos totalmente novos. Em 1900, Benoît concluía nestes termos seu relatório ao Congresso Internacional de Física: “Estou persuadido de que nossos descendentes chegarão a melhores resultados que nós; mas para isso, muito provavelmente, farão de outro jeito”. Serão utilizadas, por exemplo, as interferências ópticas, ao realizar uma idéia de Fizeau. Este físico escrevia em 1864: “Um raio de luz com suas séries de ondulações extremamente tênues, mas perfeitamente regulares, pode ser considerado um micrômetro natural da mais alta perfeição, adequado sobretudo para determinar os comprimentos”. (BACHELARD, 2004 a, p. 63-64)

O conhecimento metrológico falha justamente quando se chega ao limite da sensibilidade do aparelho considerado. Qualquer que seja o instrumento utilizado há um infinitamente pequeno, que, embora não seja infinito *de fato*, é um limite mínimo intransponível além do qual a medição perde qualquer precisão (BACHELARD, 2004 a, p. 66-67). Neste sentido, as próprias medidas utilizadas para medir não são meros conceitos: são objetos fenomenotécnicos, pois foram construídos por meio de uma coordenação entre teoria e experimento por meio de uma tecnologia específica.

Como ocorreu o progresso da metrologia? Por meio da utilização de técnicas que afastavam as causas de erro; e por meio de técnicas completamente novas, o que não exclui a utilização de novas técnicas que afastem novas causas de erro.

Entre causas de erro comuns em todos os procedimentos técnicos estão a “preguiça dos parafusos”, o “abalo dos suportes”, a “irregularidade da iluminação”, o “cansaço do observador”... (BACHELARD, 2004 a, p. 68)

Mas há causas de erros mais sutis, que dependem da utilização de conceitos de ciências diferentes. Bachelard apresenta, como exemplo, duas identificações de erros na metrologia que derivam do conhecimento do efeito do calor sobre os sólidos:

No início do século XIX, medidas de comparação entre a jarda e o metro foram efetuadas com um comparador construído cuidadosamente e provido de dois microscópios convenientes. Mas não se deu a devida importância à influência do calor. Não que se ignorasse a dilatação dos metais, mas, como as operações se efetuavam com temperaturas que variavam pouco no curso de uma experiência de comparação, julgava-se não correr o risco, ao menos, de *uma diferença* nas perturbações calóricas. Não se imaginava a existência de uma verdadeira histerese da dilatação. Uma vez produzida a dilatação, é com grande lentidão e com grande irregularidade que ela desaparece. Observações feitas pouco tempo depois de se ter manipulado as régua estavam portanto viciadas porque as perturbações não tinham tido tempo para se dissipar. É preciso levar em conta não apenas a temperatura presente, mas temperaturas anteriores. Assim, a variável “tempo”, que *a priori* parecia poder ser deixada de lado, interfere pelo efeito que pode produzir sobre a temperatura. Como a implicação das duas variáveis é inextricável, deve-se esperar um bom tempo para ter alguma garantia a respeito do equilíbrio molecular dos padrões comparados.

Na mesma ordem de idéias, o conceito *a priori* do sólido perfeito parecia não acarretar nenhum erro com a escolha de uma barra metálica. Em 1826, Kater descobriu no entanto que o comprimento de uma barra depende num grau relativamente considerável, das flexões, mesmo muito pequenas, às quais ela está submetida pelo efeito de seu próprio peso. Ele corrigiu essa ação tomando como padrão uma régua muito fina apoiada em todo o comprimento em uma régua bem sólida. Atualmente, cingimo-nos a tomar perfis de deformação mínima, a praticar as medidas sobre a fibra neutra. Em suma, tenta-se afastar a causa das deformações em vez de contar com uma

correção duvidosa. Racionaliza-se assim a experiência no limite do possível. (BACHELARD, 2004 a, p. 69)

Após afastar esses obstáculos, evidentemente o conhecimento conquistou algumas poucas decimais; mas chega-se a um limite no qual a identificação desses pequenos erros já não altera os resultados experimentais. Nesse ponto, somente uma nova técnica pode fazer o conhecimento expandir-se; e geralmente essa expansão ocorre em várias ordens de grandeza de uma só vez, com uma ruptura entre o conhecimento anterior e o posterior, mesmo que seja sobre o mesmo objeto designado. Por exemplo, o uso do microscópio eletrônico aumentou a precisão dos padrões de medida em várias ordens de grandeza – até o limite do próprio átomo, que, de qualquer modo, embora seja a menor medida mensurável com os conceitos metrológicos atuais, não é ainda da dimensão do *quanta* espacial.

Aliás, a própria ordem de grandeza, por mais imprecisa que seja, pode já constituir verificação de uma teoria. Por exemplo, a definição do número de Avogadro (a quantidade de moléculas na molécula-grama de um corpo qualquer) foi comprovada, em 1911, por Jean Perrin (que, posteriormente, seria agraciado com o Nobel de Química), por meio da comparação de catorze métodos diferentes para calcular o MOL. Ora, todos os resultados foram da mesma ordem de grandeza: entre 60×10^{22} e 75×10^{22} . Atualmente, o resultado recomendado é $60.2214179 \times 10^{22}$. Embora a diferença entre 60×10^{22} e 75×10^{22} seja realmente imensa, da ordem de até 15×10^{22} , uma medida na mesma ordem de grandeza, para tal dimensão, é aceitável e constitui-se como prova experimental (BACHELARD, 2004 a, p. 80). A aproximação, aqui, embora aparentemente grosseira, constitui conhecimento por meio da descrição dos diversos métodos diferentes.

É interessante notar que a junção de vários pontos de vista, mesmo quando advindos de técnicas mais grosseiras, também estabelece um conhecimento mais objetivo, pois permite, simultaneamente, afastar obstáculos epistemológicos subjetivos e retificar o conhecimento por meio da comparação e reunião de vários dados produzidos com alguma margem de erro, diminuindo a quantidade e a qualidade desses erros. Em 1907, o astrônomo Jean Mascart realizou, juntamente com inúmeros astrônomos amadores e profissionais que contavam com os instrumentos mais variados, uma observação do planeta Júpiter em uma mesma determinada hora. Os observadores enviaram a Jean Mascart os desenhos do que

havia visto; ele afirmou no *Bulletin de la Société Astronomique de France*, em 1907, que:

Do ponto de vista astronômico propriamente dito, do ponto de vista de uma nova descoberta, se quiserem, não se deve tentar, no momento, chegar a um trabalho útil com um instrumento muito fraco; mas o mesmo não acontece com o objeto que pesquisamos. Do ponto de vista fisiológico, ao contrário, é indispensável comparar modestos desenhos com representações mais completas. É possível ir mais longe: não saberemos nada, ou saberemos muito pouco, sobre a superfície dos astros enquanto ignorarmos como o olho faz a integração de pormenores situados além do limite de visibilidade para só perceber uma única mancha mais ou menos difusa – ou então para nada sentir –, enquanto não pudermos estabelecer, com precisão, as leis de passagem entre dois observadores, as regras de degradação progressiva de um objeto intenso para um mais fraco. Esse ponto é bastante misterioso no momento atual, e só pode ser esclarecido por observações simultâneas e numerosas: assim o papel de cada um existe e tem sua utilidade, já que todo observador pode concorrer para estabelecer nitidamente uma das gradações, aquela à qual correspondem seus recursos, e já que só o conhecimento preciso de todas as gradações poderá dar confiança diante dos pormenores delicados mencionados por grandes instrumentos (MASCART, Jean. *Bulletin de la Société Astronomique de France*, 1907, p. 423). (BACHELARD, 2004 a, p. 66)

Isso significa que a junção de experimentos ou de observações de um objeto a partir de diversos instrumentos ou de diversos pontos de vista contribui para integrar diferentes elementos qualitativos a respeito do objeto; a integração de diferentes perspectivas qualitativas já é uma aproximação do conhecimento, pois favorece a definição mais precisa do objeto.

Quando se trata do conhecimento aproximado, especialmente quando se dispõe de uma grande quantidade de experimentos, o problema dos desvios nos resultados é importante, especialmente quando é necessário apresentar um número único.

A solução mais simples é resolver o problema por meio da média. Mas a média não é uma solução simples, pois cada experiência que constitui o conjunto do qual se extrai a média permite um juízo de fato. Assim, há a tendência de considerar também a média a partir de uma perspectiva realista e substancialista, como se a média tivesse uma existência experimental, e como se a média fosse mesmo mais substancial do que os resultados dos experimentos, que seriam acidentes, aberrações, e mais aberrações quanto mais se afastam do valor da média. Obviamente, um pensamento assim imediatamente torna-se um obstáculo

epistemológico.

A média é apenas uma idéia aproximativa que não tem profundidade. A média afasta da compreensão, pois obstrui a compreensão, evitando ou diminuindo os resultados aberrantes. (BACHELARD, 2004 a, p. 117)

1.11 A tentação substancialista da média

Como escapar da tentação substancialista da média? Evitando considerar resultados experimentais como valores isolados. Por maior que seja a tentação de reunir todos os resultados experimentais em um único valor, por maior que seja a impressão intuitiva de que um valor único seja o correspondente necessário, na ciência, de um objeto que, no real, se acredita único, deve-se, ao contrário, compreender o real apreendido experimentalmente como constituído de vários valores experimentais, dado o caráter aproximado e nunca acabado do conhecimento:

O que devemos guardar para nosso estudo é que não podemos considerar determinações experimentais como valores numericamente isolados. *O erro, quando é refinado, é contínuo*; ele amarra de fato as determinações, reunindo-as por uma zona onde a previsão que elas pretendem fundar já não se pode especificar, mas onde ainda podemos jogar com chances diversas. O conhecimento aproximado apresenta-se necessariamente como *um grupo* de determinações. Tem elementos em progresso superpostos, mas que não se apagam inteiramente quando uns substituem os outros. (BACHELARD, 2004 a, p. 126)

Neste sentido, para Bachelard, a idéia de um conhecimento aproximado difere completamente da idéia de um conhecimento estatístico – afinal, as determinações experimentais do conhecimento aproximado são resultados exitosos da técnica científica, mesmo que não se possa dizer que o êxito seja absoluto; ao passo que as probabilidades estatísticas podem falhar absolutamente. O conhecimento aproximado é aproximadamente verdadeiro; o conhecimento estatístico é somente verossímil (BACHELARD, 2004 a, p. 140). Bachelard escreve que

É evidentemente graças a uma confusão entre o campo psicológico e o campo do real que incorporamos a noção de probabilidade – tão nítida psicologicamente – numa Realidade em que sua definição provoca verdadeiras contradições. (...) O provável seria à primeira vista um conceito

intermediário entre o possível e o real, mas não parece conter todo o possível, o que é indispensável para desempenhar esse papel de ligação entre a possibilidade e a realidade. De fato, se o provável se realiza, é porque era possível, mas deixa de sê-lo para tornar-se real; se ele não se realiza, é preciso que tenha, de algum jeito, sido impossível.

Assim, a probabilidade nos parece refratária a toda ontologia. Por mais que possa ser encontrada na realidade, não se pode corretamente inscrevê-la na realidade, já que no momento da verificação o provável se revela ou como real ou como impossível e sai do complexo possibilidade/êxito no qual pretendia instalar-se.

Se nos colocarmos no terreno epistemológico, a tabela de probabilidade também será difícil de fixar; nossa segurança só se pode / basear nos casos já verificados. De modo que a probabilidade que parece ser uma simples idéia deve legitimar-se por fatos, o que dá origem a todas as dificuldades quase insuperáveis que a idéia de probabilidade apresenta. (...) Toda probabilidade torna-se quimérica antes do acontecimento, e depois, inútil. Ficou claro o fracasso da previsão, mas seu sucesso, por mais parcial e incompleto que seja, está por explicar.

Finalmente, a base mais sólida para a probabilidade é a posição propriamente psicológica. O que medimos no cálculo de probabilidade é a *nossa expectativa*. (...) o problema da probabilidade é um problema de conhecimento e não de essência. (BACHELARD, 2004 a, p. 141-142)

Evidentemente, como o livro foi publicado em 1927, Bachelard não podia ainda conhecer a “interpretação de Copenhague”¹ da mecânica quântica. Justamente em 1927, Bohr e Heisenberg (que, ainda como assistente de Bohr, havia definido, dois anos antes, os princípios gerais da mecânica quântica) trabalhavam em Copenhague nos problemas relativos à representação matemática utilizada para descrever a função de onda de uma partícula, que foi definida como um conjunto de probabilidades. Essa interpretação da mecânica quântica, adotada posteriormente por Bachelard (1965, p. 80 e 209), implica num compromisso ontológico definido e numa afirmação sobre *o tipo de realidade* criada pelos instrumentos, e não apenas uma asserção psicológica que fala algo somente sobre a “nossa expectativa”.

¹ A interpretação de Copenhague é a interpretação ortodoxa da mecânica quântica. A interpretação de Copenhague afirma que nossa experiência científica é baseada em categorias do senso-comum, como as de posição, movimento, duração, mudança e causalidade; contudo, a descoberta por Planck da quantização de ação requer uma revisão desses conceitos, que, embora adequados para descrever os fenômenos macroscópicos, não são adequados para descrever a natureza dos fenômenos atômicos. Para descrever os fenômenos atômicos, é necessário descrever as condições técnicas da experimentação para que seja compreendido o objeto; a aparelhagem é considerada, em certas ocasiões, parte do objeto na descrição da mecânica quântica. Além disso, o formalismo matemático da mecânica quântica não provê um suporte pictórico para a teoria: as funções de onda não devem ser tomadas no sentido realista, mas como uma equação que permite prever as condições nas quais os conceitos de posição, momentum, tempo e energia se aplicam ao fenômeno.

1.12 A objetivação na microfísica

Ao abordar o conhecimento da microfísica, com a óbvia exceção do conhecimento da mecânica quântica, que estava sendo desenvolvida no momento em que escrevia o *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, Bachelard reconhecia estar diante da maior ruptura epistemológica possível; seria necessário empreender uma atenção redobrada em relação aos obstáculos epistemológicos e fugir dos hábitos adquiridos na ordem de grandeza da vida comum (BACHELARD, 2004 a, p. 254), pois

(n)unca poderemos criar imagens aptas a representar a prolixidade de um devir e de um ser que romperam francamente com o nosso nível. Assim, a agitação das moléculas de um gás não pode ser descrita de maneira inteiramente objetiva, em detalhe; ela só pode ser conhecida do exterior, por médias, por efeitos de conjunto que se referem ao nível de nosso real. Do mesmo modo, como o pensamento não tem nenhum meio de encerrar seu devir mínimo, já não pode medir o devir vertiginoso e múltiplo dos átomos. No plano do detalhe, Pensamento e Realidade aparecem como desligados e cabe dizer que, ao se afastar da ordem de grandeza em que pensamos, a Realidade perde de certo modo sua solidez, constância e substância. Em suma, Realidade e Pensamento soçobram juntos no mesmo nada, no mesmo Érebo metafísico, filho do Caos e da Noite. (BACHELARD, 2004 a, p. 258)

A microfísica muda radicalmente a epistemologia aproximada, radicaliza-a, pois, a partir da perspectiva da física dos anos 1920, na microfísica “as variáveis tornam-se tão numerosas, tão sensíveis, tão irregulares que, experimentalmente falando, sua atuação assume o aspecto da contingência” (BACHELARD, 2004 a, p. 251). Obviamente, depois Bachelard não mais assumiria que a impossibilidade de conhecer diretamente os objetos microfísicos seria causada pela quantidade e irregularidade das variáveis; adotaria a posição ontológica de Heisenberg, segundo a qual os próprios princípios da mecânica quântica não permitem que se conheça integralmente o objeto, a não ser como um conjunto de probabilidades – e essa impossibilidade não é produto da complexidade do objeto, mas deriva da própria teoria quântica. De qualquer modo, é possível afirmar que, em toda a obra bachelardiana, o conhecimento possível nas ciências físicas do século XX é sempre um conhecimento aproximado, um conhecimento que, “pensamento em ato”, “é a objetivação inacabada, mas é a objetivação prudente, fecunda, verdadeiramente

racional, pois é ao mesmo tempo consciente de sua insuficiência e de seu progresso”(BACHELARD, 2004 a, p. 300). No segundo capítulo dessa dissertação, o papel da matemática nas ciências físicas do século XX, e especialmente na microfísica, será explorado.

2 A MATEMÁTICA NA DESSUBSTANCIALIZAÇÃO DO ÁTOMO

Se confrontarmos as duas imagens do mundo que nos propõe a física - a antiga e moderna - verificaremos imediatamente que a mudança revela um novo passo no caminho da quantificação. Os fenômenos químicos, tão numerosos e variados, reduzem-se todos agora a relações numéricas e espaciais.

Max Planck

No fim do século XIX, os domínios da física e da química tocaram-se – foram propostas hipóteses que explicavam experimentos que, dos pontos de vista isolados da física e da química clássica, eram incompreensíveis.

2.1 A ruptura entre a química clássica e a física atômica

O átomo da química clássica pode ser descrito como a menor quantidade de um elemento químico. O átomo da física do século XX é descrito como um conjunto de partículas que tornava possível a compreensão de inúmeros fenômenos eletromagnéticos. Na passagem da química clássica para a física do século XX, a física e a química encontraram-se de modo definitivo. Um elemento, uma molécula, que são indiscutivelmente objetos da química, são compreendidos a partir da perspectiva atômica; as partículas atômicas, que são indiscutivelmente objetos da física, são, portanto, a base a partir da qual a química trabalha. Nos limites do átomo, a física e a química não podem ser dissociadas. Os fenômenos na dimensão atômica são físicos e são químicos.

O surgimento da física atômica e de suas derivadas, a mecânica ondulatória e quântica, entre as duas últimas décadas do século XIX e as quatro primeiras do século XX, alteraram completamente o panorama da física e da química do século XX. Neste capítulo, apresento, a partir da perspectiva epistemológica de Bachelard, o processo pelo qual a substância química deixa de ser considerada uma substância no sentido realista, por meio do esforço de abstração racionalista da física atômica.

Este processo constituiu a objetivação da substância, resultando no conceito contemporâneo de átomo apreendido matematicamente, sem o recurso de imagens visuais. Após a exposição da ruptura do conceito de substância, exploro o significado da matematização na construção da objetividade segundo a epistemologia bachelardiana.

Bachelard afirma que, no novo espírito científico, não basta um objeto ser apreendido factualmente. A objetividade de um fenômeno é construída, é produzida. “Para o espírito científico, todo fenômeno é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, um resultado preparado”. (BACHELARD, 1996, p. 127)

Isso, quando se depara com um espírito científico instruído. Mas a filosofia do espírito científico dos séculos XVIII e XIX mergulhava sem resistência no realismo ingênuo quando não compreendia o aspecto de *categoria* da substância e assumia a substância como fundamento da realidade mesma. Assim acontecia no caso da química clássica, que

tornou-se o domínio de eleição dos realistas, dos materialistas, dos antimetafísicos. (...) sob sua forma elementar, nas suas experiências primeiras, no enunciado de suas descobertas, a química é evidentemente substancialista. Ela designa as substâncias através de uma frase predicativa como o realismo ingênuo. (BACHELARD, 1974 b, p. 189)

2.2 A química substancialista

A química clássica de Lavoisier, de Proust, de Bertholet, de Dalton era fundamentada na substância. Lavoisier afirmava, na sua conhecida lei da conservação de massa, de 1774, que não se observa nenhuma variação entre o total dos pesos das substâncias que reagem entre si e a soma dos pesos das substâncias resultantes. Essa é uma afirmação proveniente da experimentação simples, macroscópica, bastante exata para qualquer aplicação cotidiana. É uma afirmação empírica – mas não só empírica. É substancialista, pois trata as substâncias como se fossem meramente aquilo que os sentidos podem experimentar.

Já Dalton propunha, na passagem do século XVIII ao XIX, a existência de partículas maciças e indivisíveis de matéria que, embora reais, não poderiam ser decompostas por nenhum processo químico: os átomos. Dalton propunha serem as propriedades microscópicas de tais partículas idênticas às propriedades observadas macroscopicamente – os átomos teriam cor, teriam cheiro, teriam textura. O átomo seria fundamentalmente um pedaço menor da substância visível, manipulável, misturável em tubos de ensaio, sobre a qual se pode facilmente falar, qualificar. A hipótese atômica de Dalton era também substancialista.

O substancialismo químico identifica-se, nota-se, com o realismo primeiro, com o realismo da sensibilidade. A química clássica assumia como características da matéria, como características do átomo, as características que podiam ser observadas e pesadas com uma simples balança mecânica de precisão. Assim, a química clássica tratava as relações entre os átomos substanciais como se fossem idênticas às relações entre as substâncias macroscópicas.

Deste modo, as hipóteses e leis da química clássica não puderam produzir o conhecimento da matéria submicroscópica. A hipótese atômica de Dalton, por exemplo, não permitia que se calculassem os pesos atômicos dos elementos, mesmo que se tomasse um elemento como padrão. O químico do século XVIII podia apenas experimentar com a substância. Possuía verdadeiramente o domínio da substância, ou seja, daquilo que poderia ser guardado num tubo de ensaio, que poderia ser visto, daquilo que poderia ser medido com um termômetro ou um manômetro. O químico não buscava fazer uma *metaquímica* - buscar o conhecimento do fundamento das mudanças de temperatura e pressão, compreender o porquê de um elemento se ligar facilmente a um específico mas não a outro. Positivamente, o químico deveria identificar, por exemplo, que ao se misturarem tantos gramas de certo elemento, à temperatura de tantos graus, a tantos gramas de outro elemento, se verifica tal resultado, e daí induzir ou confirmar uma lei. Certamente havia lugar para a formulação de hipóteses mais ou menos ousadas; tais hipóteses deveriam, entretanto, fundamentar-se na observação ainda bastante grosseira.

Bachelard afirma que a química clássica foi superada pela físico-química contemporânea ao se reconhecer o caráter limitador da categoria de substância. A psicanálise da substância química inicia-se quando se passa a tratar o átomo não mais como *substância*, o que confere um caráter realista ingênuo ao objeto, mas

como elemento: esta palavra não possui tão profundamente o caráter realista quanto a palavra “substância”. Ao se falar em elementos, no espírito pré-científico, se falava principalmente nos quatro elementos da física grega; ora, neste sentido, mesmo a ciência química clássica já os considerava alegóricos, pois no século XVIII não se usava mais a cosmologia grega. O conceito de “elemento”, portanto, era mais fácil despsicanalizando que a categoria de substância.

2.3 A psicanálise da substância

A psicanálise da substância, facilitada portanto por uma psicanálise do elemento, exigiu que a substância se relativizasse. Quando se fala de substância nas ciências contemporâneas, não se fala como fundamento concreto da química. Fala-se de substância em um sentido mais ou menos forte na química macroscópica, nas reações de laboratório imediatamente sensíveis: as reações entre substâncias são reações visíveis num tubo de ensaio. Pode também se falar, num sentido muito mais fraco, da substância na química de moléculas, na química que não já não é macroscópica, mas que ainda não é submicroscópica. A molécula pode, em certo sentido, ser considerada uma substância; contudo, isso não acontece com o átomo, invisível aos microscópios ópticos. Não se pode mais assumir a substância como fundamento epistemológico da química e da física na dimensão do átomo. Quando não se pode mais assumir generalidades desde a substância, quando a substância é apenas uma das categorias, inclusive uma das mais fracas, das menos fundamentais, da química e da física, pode-se falar de uma substância dispersa, de níveis de substancialismo.

Desse modo, as ciências contemporâneas devem assumir, defende Bachelard, que

nem tudo é real da mesma maneira; a substância não tem, a todos os níveis, a mesma coerência; a existência não é uma função monótona; não pode afirmar-se por toda a parte e sempre no mesmo tom. (BACHELARD, 1974 b, p. 190)

Pode-se ainda falar de uma substância na química ou na física; já não se pode, contudo, falar que a química e a física são, estritamente falando,

substancialistas. A substância, na química e na física contemporâneas, não mais é uma substância gramatical. É definida pela fórmula matemática, em que as qualidades são especificadas, por indução racional, antes mesmo de sua criação. A física, a química contemporânea conheceram

a cadeia antes dos elos, a série antes dos corpos, a ordem antes dos objetos. As substâncias foram então como que depositadas pelo impulso do método. São concretizações de circunstâncias escolhidas na aplicação de uma lei geral. Um forte a priori guia a experiência. O real não é mais do que a realização. Parece até que um real só é instrutivo e seguro se tiver sido realizado, e sobretudo se tiver sido recolocado na sua correta vizinhança, na sua ordem de criação progressiva. (BACHELARD, 1974 b, p. 192-193)

Assim, em oposição à química clássica, a química contemporânea não é mais substancialista: constrói substâncias a partir de funções matemáticas. Não é mais realista: assume o átomo como construção racional, sem pretensão de realidade metafísica num sentido tradicional. Não é mais empirista: produz, a partir de construções racionais mais fundamentais, como o átomo, as possibilidades de experiências.

A química contemporânea assume, no lugar do realismo e do empirismo, um materialismo. No entanto, o materialismo da química contemporânea não é mais um materialismo realista, um materialismo da substância. É um materialismo sintetizante, um materialismo construtor de ordem, construtor da razão que ordena a realidade: é muito diferente do materialismo observador.

A respeito desse materialismo realizante, Bachelard afirma:

o processo de síntese é, na química moderna, o próprio processo da invenção, o processo da criatividade racional pelo qual o plano racional de uma substância que não se pode encontrar é posto, como problema, à realização.(...) Uma vez admitido (...) que a realização humana é muito mais vasta, na ciência da matéria, que a realidade natural, vê-se bem que o espírito de síntese é dominante no materialismo científico. (BACHELARD, 1990, p. 262)

A química de Mendeléeff é identificada por Bachelard como a base da química contemporânea. Para Bachelard, a Tabela de Mendeléeff, ao tomar a organização submicroscópica como ordenadora da racionalidade, "esclarece indireta mas

profundamente nosso saber empírico"(BACHELARD, 1990, p. 115). A Tabela de Mendéléeff inaugura um racionalismo aritmético da matéria. A organização racional da química contemporânea não é uma organização substancial, ou seja, uma organização baseada nas características sensíveis da matéria; é uma organização eletrônica, ou seja, é uma organização baseada na estrutura matematicamente definida dos elementos. As qualidades não podem classificar a estrutura da substância; a estrutura pode, entretanto, predizer as qualidades do elemento. Bachelard diz que "as qualidades substanciais encontram-se acima da organização estrutural; não se encontram abaixo. (...) Tocamos um limite em que realismo não mais se interioriza mais, em que precisamente o realismo se exterioriza". (BACHELARD, 1990, p. 116)

O racionalismo materialista, o racionalismo ordenador do real na química contemporânea não é nem mesmo um racionalismo da representação em fórmula matemática; a fórmula matemática do objeto químico contemporâneo é (antes de uma representação) uma apresentação que sugere experiências, pois:

A fórmula desenvolvida é um substituto racional que dá, para a experiência, uma contabilidade clara das possibilidades. Existem então experiências químicas que surgem a priori como impossíveis porque a sua possibilidade é negada pelas fórmulas desenvolvidas. Na ordem fenomenal as qualidades substanciais não indicariam de forma alguma tais exclusões. Inversamente, existem experiências que nunca teríamos pensado realizar se não tivéssemos previsto a priori a sua possibilidade graças às fórmulas desenvolvidas. (BACHELARD, 1974 b, p. 194)

2.4 O númeno atômico

As fórmulas desenvolvidas dos objetos químicos permitem o exercício do raciocínio sobre todas as suas qualidades e relações possíveis. Essa característica do espírito químico contemporâneo confere um novo caráter ontológico à substância, uma característica que permite que a fórmula química, que a função matemática, se constitua como númeno:

Vemos, pois, que a uma substância química está de ora em diante associado um verdadeiro númeno. Este númeno é complexo e reúne várias funções.

Seria rejeitado por um kantismo clássico, mas o não-kantismo, cujo papel é o de dialetizar as funções do kantismo, pode aceitá-lo.(BACHELARD, 1974 b, p. 194)

Obviamente, esse nùmeno não é simplesmente químico. É um nùmeno físico-químico. Existe na dimensão das partículas atômicas, que, via de regra, exigem um aparato fenomenotécnico complexo para sua experimentação e, ao mesmo tempo, requerem a descrição das condições experimentais para sua descrição como fenômeno específico.

Um conhecimento físico e químico da realidade, em tal sentido, no sentido da ciência contemporânea, é portanto oposto a uma certeza fenomenológica inicial. A razão do novo espírito científico é uma razão ordenadora dos fenômenos. A razão determina realidades. Diz Bachelard:

Pelo simples fato de se poderem pensar os fenômenos químicos da substância fixando uma subestrutura geométrica, ou elétrica, ou estatística, parece que os valores numerais se tornam evidentes. A ordem tradicional da experiência é invertida. O nùmeno guia a investigação e a determinação precisa da substância.(BACHELARD, 1974 b, p. 195)

E, na mesma página, afirma que

como que para acabar com a distinção [tradicional] do nùmeno e do fenômeno, eis que no nùmeno se acumulam leis que, a maioria das vezes, são contraditórias com as leis deduzidas pela fenomenologia primeira. Forçando o tom para salientar o paradoxo, poderíamos dizer: o nùmeno explica o fenômeno contradizendo-o. Pode explicar-se o fenômeno com leis numerais que não são leis do fenômeno.(BACHELARD, 1974 b, p. 195)

Note-se que o nùmeno, para Bachelard, é uma deformação do conceito de nùmeno tradicional. O nùmeno seria aqui não uma incognoscível coisa-em-si, somente acessível como fenômeno por meio dos cinco sentidos, mas uma construção de cunho matemático que, embora nunca observável sensivelmente, permite experiências, previsões e construções fenomenotécnicas. O nùmeno bachelardiano é tão distante da experiência sensível quanto o nùmeno kantiano; em

Bachelard, contudo, há, no campo do conhecimento científico, a possibilidade de uma metafísica, ou de uma metaquímica (BACHELARD, 1974 b, p. 189) que não permanece como um engodo à razão, mas que é uma potencialização da razão, e que autoriza realizações concretas. Na filosofia de Kant, nada se pode dizer positivamente sobre o númeno: ele é absolutamente inacessível aos sentidos e, conseqüentemente, à razão. Na filosofia científica de Bachelard, o númeno é uma construção da razão, uma função matemática, que designa um objeto inacessível à sensibilidade; o númeno pode ser conhecido como um objeto da ciência, mas não do conhecimento comum. Esse objeto pode ser utilizado para a construção de fenômenos, que são os objetos da sensibilidade. Assim, a fórmula algébrica e racional de um objeto inacessível à experiência direta (como a função de onda de um elétron) é um númeno, enquanto a realização fenomenotécnica desse mesmo objeto (como o rastro da trajetória do elétron em uma câmara de vapor) é um fenômeno. Neste sentido, diz Bachelard, “a organização da microfísica é numenal, a microfísica é um domínio de racionalidade”. (BACHELARD, 1965, p. 15)

O elemento, na ciência contemporânea, é “uma harmonia matemática, uma harmonia racional, porque é uma equação matemática que distribui os estados possíveis” (BACHELARD, 1974 b, p. 211). O elemento químico não é mais descrito; é normatizado pelo matemático, que fixa possibilidades de demonstração: o objeto científico não é apreendido, é demonstrado.

2.5 Imagem e substância

Esse objeto de dimensão atômica que pertence à física e à química, finalmente, não pode ser compreendido por meio de imagens. A história da dessubstancialização do objeto químico é, fundamentalmente, a história do processo do afastamento das imagens visuais na química. A física e a química do século XX rompem o elo entre a visualização e a objetividade. A química clássica, que havia por muito tempo sido a ciência substancialista por excelência, assistiu à matematização do seu objeto, à transformação de seu objeto em uma equação, o que significou a imediata perda desse objeto para a química clássica, ou a imediata queda da química clássica diante de um novo objeto. O realismo da química transformou-se em um realismo das probabilidades quânticas, e tornou-se

necessário “pensar todo o real na organização matemática, (...) medir metafisicamente o real pelo possível, numa direção estritamente inversa do pensamento realista” (BACHELARD, 1996, p. 289):

Tal como surge na microfísica contemporânea, o átomo é o tipo perfeito de ultra-objeto. Nas suas relações com as imagens, o ultra-objeto é muito exatamente a não-imagem. As intuições são muito úteis: servem para ser destruídas. Ao destruir as suas imagens primeiras, o pensamento científico descobre as suas leis orgânicas. Revela-se o númeno dialetizando um a um todos os princípios do fenómeno. (BACHELARD, 1974 b, p. 282)

Para Bachelard, a função matemática que constitui um objeto se constitui simultaneamente como númeno na ciência contemporânea. Considerar a matemática como fundamento do conhecimento, rejeitando radicalmente a atitude que considera a imagem como fundamento do saber, é a mais essencial das características das ciências contemporâneas. A epistemologia de Bachelard é uma epistemologia que considera o conceito de objetividade científica incompatível com o conhecimento imagético. Isto ficará claro ao abordarmos um exemplo: o desenvolvimento das teorias atômicas no século XX.

2.6 A retificação do conceito de átomo

O elétron foi experimentado em 1897, destruindo as idéias de um átomo sólido (ou seja, substancial, em que as substâncias são simples ajuntamentos mecânicos dos átomos) e indivisível. O átomo passou a ser imaginado como um objeto em que o elétron é um dos constituintes. Mas como o elétron tem carga negativa e o átomo é eletricamente neutro, deve haver também no átomo cargas positivas. Rutherford, em 1911, demonstrou que as cargas positivas estão concentradas num núcleo cerca de dez mil vezes menor do que o átomo. Assim surgiu o modelo planetário do átomo de Rutherford, com os elétrons girando ao redor do núcleo. No entanto, este modelo apenas explicava a neutralidade elétrica do átomo. Ficava inexplicado um problema importante: pelas leis do eletromagnetismo, cargas elétricas girando em movimento, como é o caso dos elétrons (de carga negativa) girando ao redor do núcleo (de carga positiva),

deveriam emitir radiação eletromagnética, perdendo energia, ao mesmo tempo em que a frequência da radiação iria diminuindo, ou seja, os elétrons deveriam pouco a pouco perder energia e ser puxados pelo núcleo atômico. De acordo com tal modelo, portanto, haveria apenas átomos instáveis, cuja radiação emitida deveria apresentar um espectro contínuo. Mas a experiência mostra que os átomos são estáveis e a radiação emitida tem sempre a característica de se constituir de raios de frequência bem determinadas e características de cada elemento.

Bohr, em 1913, resolve este paradoxo incorporando ao modelo de Rutherford, complexificando a teoria, a hipótese dos *quanta*, formulada por Planck e Einstein entre 1900 e 1905. No modelo atômico planetário de Bohr, o elétron descreve órbitas estacionárias, cada órbita correspondendo a níveis de energia bastante específicos. Em tal órbita estacionária, o elétron não irradiaria energia, assegurando a estabilidade do átomo; a descontinuidade das raios espectrais do átomo seria explicada pela emissão ou absorção de energia, que corresponderia a um salto do elétron de uma órbita determinada para outra.

Nesse modelo, o elétron e o próton possuíam alguma substancialidade devido à imagem visual, ainda que assumidamente metafórica e destinada à compreensão vulgar, do “sistema solar” - imagem que era necessário afastar (BACHELARD, 1977, p. 205). Em 1926, todavia, Schrödinger formulou a equação que rege a função de onda de um sistema quântico. Com a equação de Schrödinger, o átomo deixa de ser substancial, deixa de ser uma imagem concreta. A equação de Schrödinger transforma as órbita substancial do elétron em densidade de probabilidade de uma partícula em certo ponto, em certo instante. Aí, já se nos apresenta uma forma de ciência dessubstancializada. De domínios metaestéticos - além da sensibilidade, além da substancialidade -, apenas a metaestética matemática, que é antissubstancialista, pode tratar. Tratar o absolutamente invisível a partir de categorias visuais e, portanto, substancialistas, é um erro, como mostra Louis de Broglie:

Ao mesmo tempo em que os nossos conhecimentos sobre os núcleos atômicos se desenvolviam sobre a base sólida dos resultados experimentais, surgiam teorias audaciosas que procuravam explicar a sua estrutura, a sua estabilidade e as suas possíveis transformações. O que entrava muito o desenvolvimento destas teorias é que estamos num domínio cuja escala é incomensuravelmente menor do que a das nossas experiências usuais. Ora, todas as concepções que utilizamos nas nossas teorias são tiradas, mais ou

menos diretamente, da experiência cotidiana por processos de generalização e abstração; por isso, tais concepções devem, necessariamente, tornar-se cada vez mais inadequadas, à medida que nos afastamos da escala dos fenômenos diretamente acessíveis aos nossos sentidos. Tratando-se das regiões periféricas do átomo, já vimos como a primeira idéia de Bohr, segundo a qual os elétrons giravam em volta do núcleo central como planetas descrevendo órbitas, teve de ser substituída por concepções muito mais sutis e muito mais afastadas das nossas intuições usuais. No domínio do átomo, cujas dimensões são da ordem de cem milionésimos de centímetros, as nossas concepções habituais de espaço e de tempo parecem estar particularmente em erro. (DE BROGLIE, 1966, p. 22)

De Broglie afirma, em 1942, que as representações espaciais e temporais de escala humana, as representações apoiadas na linguagem natural, são apenas metáforas, e, como tais, não devem ser tomadas como componentes intrínsecos das teorias. Isso quer dizer que a ordem da representação física deve seguir caminho inverso àquele que vai da imaginação estética à teoria matemática: deve seguir da matemática imaginativa à experiência com abertura empírica.

De qualquer modo, mesmo a representação ingênua pode tornar-se uma promessa de conhecimento coerente. O esforço de retificação das imagens iniciais configura-se como caminho importante de desenvolvimento do conhecimento científico. Bachelard reforça, como exemplo, que o modelo atômico primitivo de Bohr, que assemelhava, de modo ainda bastante substancialista, o átomo a um sistema planetário em miniatura, “atuou, neste sentido, como uma boa imagem: dela já nada resta. Mas sugeriu nãoos suficientemente numerosos para manter um papel pedagógico indispensável em qualquer iniciação”. (BACHELARD, 1974 b, p. 243)

Em suma, a química e a física tornaram-se mais objetivas à medida que o substancialismo imagético foi afastado das teorias. O modelo atômico contemporâneo, de acordo com Bachelard, é um verdadeiro númeno, pois é um modelo completamente abstrato, um modelo matemático – e, ainda assim, um modelo experimental. A matemática das ciências naturais de nosso tempo sugere e orienta a realização de experiências que constroem o fenômeno.

2.7 O objeto complexo

A física e a química do século XX não generalizam as experiências iniciais na tentativa de compreender, por meio de uma indução simples, os princípios naturais

nelas envolvidos; o conhecimento não se dá por uma simples *extensão* da aplicação dos conceitos. Para Bachelard, a ciência de seu tempo compreende os seus objetos próprios por meio da *complexificação*, da *deformação* dos conceitos. A complexificação e deformação dos conceitos significa a introdução, no conceito específico, das condições de experimentação do fenômeno ao qual o conceito se refere. Essa exigência empirista de Bachelard significa que, além de um conceito ter o sentido definido por suas circunstâncias de emprego, este mesmo conceito pode mudar o seu sentido, quando ele passa a implicar (e, conseqüentemente, quando se passa a demandar, para sua compreensão) novas condições experimentais. Por exemplo, o conceito de simultaneidade, que era uma noção simples e evidente na física clássica, passa a ser complexa na física de Einstein: a afirmação de que um evento é simultâneo a outro passa a depender das condições de experimentação desses eventos. As condições de aplicação de um conceito são incorporadas no próprio sentido do conceito. (BACHELARD, 1996, p. 76)

Bachelard considera que a construção dos fenômenos, construção que acontece pelo casamento da razão teórica com a experimentação, contribui para o processo de objetivação do objeto. Um objeto científico não é conhecido até que possa ser reconstruído por meio de uma experimentação controlada, ou seja, por meio da fenomenotécnica – expressão utilizada por Bachelard para referir-se à construção técnica do fenômeno proposto teoricamente. Para Bachelard, os instrumentos são realizações das teorias e as teorias são experimentais; matemática e experimento são indissociáveis.

O conhecimento das condições racionais e experimentais de construção do objeto é parte, portanto, do processo de objetivação do conhecimento. Pode-se dizer que se conhece objetivamente uma coisa qualquer – um átomo, por exemplo – quando são conhecidas todas as condições teóricas e técnicas sob as quais o fenômeno do átomo é experimentado. O pensamento científico contemporâneo somente pode ser compreendido por meio de sua essencial instrumentalidade; “o fenômeno é um fenômeno do aparelho” (BACHELARD, 1965, p. 5). A objetividade exige a ligação do conceito às condições de realização desse conceito, pois, assim, obtém-se a possibilidade de afastar os obstáculos epistemológicos derivados de uma apreensão subjetiva do conceito, e adquire-se a capacidade de relacionar e aproximar todos os resultados experimentais que circunscreveram o objeto no mesmo conceito. Se um determinado conceito não possui explícitas as condições de

sua realização por meio da comunidade científica, então esse conceito não possui objetividade científica.

Essas condições de realização são necessariamente apresentadas como especificações técnicas dos instrumentos, especificações descritas em termos matemáticos. As propriedades de um objeto microfísico somente podem ser apreendidas por meio de um complexo de informações numéricas que somente possuem sentido quando se relaciona essas informações com o modo como elas foram obtidas. Neste sentido, o objeto microfísico é um objeto matemático; qualquer tentativa de imaginar, fora da matemática, como uma substância, tal objeto é por princípio destinada ao fracasso. É um absurdo propor um objeto microfísico como uma imagem substancial, pois o conjunto de dados produzidos por diferentes instrumentos, de diferentes especificidades, não é capaz de imediatamente ser reunido em uma única idéia imagética; o objeto microfísico não é, de fato, uma unidade no sentido realista, mas a superposição de várias dimensões epistemológicas independentes. Esse objeto criado artificialmente por meio da ligação de várias variáveis é chamado por Bachelard “objeto complexo”.

Como essa superposição de várias dimensões epistemológicas não pode ser representada visualmente ou substancialmente, a única forma possível de representação objetiva, isto é, sem caráter subjetivo e pessoal, e, ao mesmo tempo, sujeita à retificação e à aproximação, é a representação matemática. Em um conjunto de equações matemáticas, é possível apreender o objeto de acordo com as representações dadas pelos experimentos fenomenotécnicos; o conjunto de equações indica, de fato, o objeto de acordo com a experimentação.

É neste sentido que Bachelard afirma que o processo de objetivação científica é um processo de “desrealização prudente” (BACHELARD, 1965, p. 15), um processo do abandono do realismo ingênuo para a adoção de um “realismo condicionado racionalmente” (BACHELARD, 1965, p. 15), de um “realismo transplantado”(BACHELARD, 1965, p. 15) do domínio metafísico para o domínio instrumental matemático.

Para Bachelard, a objetividade é construída, nas ciências físicas do século XX, com o recurso indispensável da matemática que organiza as relações entre as diferentes noções racionais e experimentais que compõem a teoria.

2.8 A indução matemática

Por esta razão, o papel da matemática, nas ciências naturais contemporâneas, é crucial: é a matemática que sugere, orienta e prepara as condições de experimentação do fenômeno. Neste sentido, a matemática é indutiva²: ela sugere aberturas experimentais na teoria e permite a imaginação de novas possibilidades fenomenotécnicas. A ciência não é, portanto, puramente matemática; embora tenha primazia sobre a técnica, pois é o pensamento matemático que determina o fenômeno, na verdade a relação entre matemática e experiência é solidária (BACHELARD, 1977, p. 8), pois a teoria e, conseqüentemente, as formulações algébricas são retificadas pela experiência.

A matemática não é apenas um meio de expressar leis físicas, nem um reino ideal estático; a matemática é “comprometida”, “engajada”. Neste contexto, Bachelard fala de um “racionalismo aplicado”. Por meio do racionalismo aplicado, as hipóteses e os fatos científicos não aparecem passivamente ao investigador, mas são, de certo modo, criadas por ele – afinal, todo dado já inscreve-se dentro de uma cultura, não há dado fora de uma teoria. A razão do investigador (aqui considerado como um sujeito social) e o mundo natural no qual ele opera constituem uma “segunda natureza”. Essa “segunda natureza” que recria a realidade no laboratório é intrinsecamente uma natureza social, retificada; o conhecimento então construído é intrinsecamente objetivo.

Assim, um conceito científico nunca é puro: nem é puramente racional, já que deve apresentar, em si, a sua possibilidade de realização empírica, nem é puramente empírico, visto que carrega uma teoria necessária para conceder sentido ao experimento que subentende. O conceito, na ciência contemporânea, é uma construção técnica racionalista e empirista simultaneamente. Como diz Bachelard, "Um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização". (BACHELARD, 1996, p. 77)

² O sentido de “indução”, para Bachelard, não é o mesmo da lógica clássica, onde a indução é um raciocínio que conduz de um conjunto de premissas particulares a uma conclusão geral por meio da generalização ou da previsão. Para Bachelard, a “indução” tem o sentido equivalente a “invenção”; a matemática é “indutiva” porque é inventiva, porque permite imaginar novas organizações e soluções para questões a respeito dos objetos científicos, por eles serem também objetos matemáticos.

2.9 A matemática não é uma linguagem

A posição de Bachelard que afirma que a matemática não é apenas um meio de expressar leis físicas não é adotada inequivocamente por Bachelard ao escrever o *Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado*, sua tese doutoral, que foi publicado em 1928. Lá, lemos, em uma das primeiras páginas, que “a física, em particular, encontrou na matemática uma linguagem que se desliga com facilidade de sua base experimental e, por assim dizer, pensa sozinha”. (BACHELARD, 2004 a, p. 14)

Ora, a matemática como uma “linguagem” não é a posição definitiva de Bachelard. Afinal, o filósofo afirma, em 1931 (BACHELARD, 2004 b, p. 11-12), que, embora no século XIX se visse a matemática como simples meio de expressão, com as ligações matemáticas compreendidas como meras pistas (BACHELARD, 2004 b, p. 15), as ciências do século XX demonstraram que a matemática é mais essencial. A matemática não é simplesmente uma linguagem com a qual se exprime um objeto, não é um instrumento “à disposição de uma razão consciente de si mesma, senhora de idéias puras dotadas duma clareza ante-matemática” (BACHELARD, 1996, p. 275). Ao contrário, “a matemática é um *pensamento*” com o qual “o físico pensa a experiência”(BACHELARD, 1965, p. 29); a matemática é o fundamento de toda a razão científica. O filósofo afirma mesmo que, caso a aritmética viesse a se desenvolver a ponto de revelar-se contraditória, dever-se-ia reformar a razão para conservar a aritmética (BACHELARD, 1977,p. 245). Pensar matematicamente é pensar a partir de uma fonte mais pura do que a própria razão; é pensar a partir das próprias bases que dão origem à razão. Por isso, o pensamento matemático é mais resistente a obstáculos epistemológicos subjetivos, individuais, inconscientes: a matemática é anterior à própria subjetividade. A matemática não é, deste modo, simples meio de expressão das leis físicas. (BACHELARD, 1977, p. 9) É o meio de pensar o fenômeno em sua realidade numênica. Na epistemologia bachelardiana, a fórmula algébrica de um fenômeno é um verdadeiro númeno, completamente abstrato, fonte da criação técnica do fenômeno:

Deve-se, então, continuar dizendo que a fórmula algébrica é abstrata? Diante de tal força de organização não será preciso, pelo contrário, dizer que ela é humanamente mais concreta que uma ou outra de suas (...) aplicações fenomenotécnicas? Se recusarmos essa inversão dos valores concretos e abstratos será por falta de distinguir fenomenologia de fenomenotécnica. (...)

Deve-se conferir bem à equação que comanda os (...) cantões da fenomenotécnica o valor de um númeno. No caso, pensa-se antes de realizar, para realizar. O númeno é um *objeto* de pensamento como o fenômeno é um *objeto* de percepção. A coerência numenológica nada tem a ver com os vínculos percebidos nas imagens primeiras. (...) Em fenomenotécnica (...) tudo se dá no sentido do racionalismo aplicado. (BACHELARD, 1977, p. 194-195)

Isso porque, embora os físicos e químicos aguardem a realização de experiências, as formulações matemáticas impõem-se primeiramente por causa de sua capacidade de coordenação numênica (BACHELARD, 2004 b, p. 15). Ao se estudar a realidade matemática – numênica, mais rica do que a fenomênica – tem-se a oportunidade de descobrir fenômenos e teoremas (BACHELARD, 2004 b, p. 17) A matemática tem primazia sobre o fenômeno “real” porque o plano numênico do microcosmo é profundamente complexo, com objetos interdependentes, relacionais: “No começo é a Relação, por isso a matemática reina sobre o real”. (BACHELARD, 2004 b, p. 18).

O papel da matemática nas ciências contemporâneas é, assim, fundamental porque cria o objeto abstrato, numênico, “centro de convergência das noções” (BACHELARD, 2004 b, p. 22), construído pela razão matemática, objeto cuja definição somente pode ser encontrada ao se especificar as condições experimentais e teóricas a partir das quais é apreendido.

2.10 A matemática contra as imagens

A abstração matemática do fenômeno é uma forma de se escapar à tentação das imagens. O conhecimento que parte das imagens visuais é determinado pela estrutura da realidade sensível humana. Contudo, a física e a química do século XX tratam de âmbitos de realidade muito diferentes da experimentada por nós comumente. Ao se utilizar imagens visuais para tratar de teorias e objetos que não podem participar da experiência comum, pois envolvem dimensões e propriedades contra-intuitivas, é possível que se crie uma representação que não corresponde à realidade e que, pior ainda, não permite desenvolver o conhecimento científico. “É fácil mostrar”, afirma Bachelard, “que a matematização da experiência é impedida, e não ajudada, por imagens visuais” (BACHELARD, 1977, p. 278). A construção

matemática do objeto é necessária para que, na física e na química do século XX, se possa alcançar o conhecimento objetivo.

A imagem é, nas ciências, sempre uma representação imperfeita de um número matemático objetivo. A imagem serve meramente como meio de compreensão por aproximação e como mecanismo heurístico. Contudo, a imagem, na ciência, deve ter papel secundário, pois não é conhecimento: é meramente representação grosseira do conhecimento. Haverá um tempo, diz Bachelard, em que “poderemos falar duma configuração abstrata, duma configuração sem figura. (...) Mesmo quando a matéria se apresenta à intuição ingênua em seu aspecto localizado, como desenhada (...), a energia continua sem figuras; não se lhe dá uma configuração a não ser indiretamente, vinculando-a ao número”. (BACHELARD, 1974 a, p. 283)

A representação imagética é desvalorizada por Bachelard. Contudo, caso se compreendesse as fórmulas matemáticas também como representações, Bachelard passaria a valorizá-las. De fato, o termo “representação” não é importante: importa somente na medida em que possa contribuir para evidenciar a diferença entre um conhecimento sensível, imediato, e um conhecimento racional, matemático. Por exemplo, Bachelard defende que o estudo objetivo das trajetórias na mecânica só é possível em um “espaço representado”, no qual se pensa primeiro e se constrói a representação depois. Neste sentido, a ciência contemporânea pretende

Estabelecer uma supremacia da representação sobre a realidade, uma supremacia do espaço representado sobre o espaço real, ou mais exatamente sobre o espaço que se considera real, porque este espaço primitivo é uma organização de experiências primeiras. (BACHELARD, 1974b, p. 201)

Ora, então a representação geométrica e matemática são importantes no processo de objetivação do conhecimento. De fato, a questão aqui realmente é a distinção entre as imagens (e, por conseqüência, as representações e as metáforas) de cunho visual, imediato, e o conhecimento objetivo (que engloba as “representações” matemáticas e geométricas). Ao desvalorizar as imagens (representativas) visuais, Bachelard valoriza a matemática.

Bachelard coloca-se como defensor de uma ciência sem imagens que devam ou que possam ser interpretadas subjetivamente devido à sua preocupação, enquanto filósofo da ciência, de mostrar que existem obstáculos epistemológicos

que dificultam o desenvolvimento científico, pois:

Quando o conhecimento empírico se racionaliza, nunca se pode garantir que valores sensíveis primitivos não interfiram nos argumentos. De modo visível, pode-se reconhecer que a idéia científica muito usual fica carregada de um concreto psicológico pesado demais, que ela reúne inúmeras analogias, imagens, metáforas, e perde aos poucos seu *vetor de abstração*, sua afiada ponta abstrata. (BACHELARD, 1996, p. 19)

A respeito das metáforas, Bachelard considera que são obstáculos quando utilizadas para explicar o conhecimento científico, mais elevado, mais complexo, pelo saber comum, mais raso, mais simples. As metáforas relacionam o conhecimento objetivo ao conhecimento subjetivo; assim, constituem um erro epistemológico, pois unem duas dimensões da cultura humana que são e devem permanecer antagônicas.

É neste sentido que critica, por exemplo, Ernst Mach, quando o físico escreve, em *La Science de La Méchanique*, que “a nossa sensação de fome não é essencialmente diferente da tendência do ácido sulfúrico para o zinco” (BACHELARD, 1990, p. 39-40); é a mesma crítica que faz a Maria Montessori, quando a autora afirma que “a água é, portanto, ativa, gulosa, capaz de conter uma enorme quantidade deste gás de que é ávida e que é seu colaborador nesta obra importante que consiste em devorar a pedra...” (BACHELARD, 1990, p. 41). Metáforas como essas devem ser sumamente afastadas da linguagem científica e relegadas à poesia:

Numa cultura científica, é preciso confinar as imagens e as metáforas ao seu papel de luz efêmera. Numa cultura do materialismo químico, há que lutar contra o poder das imagens materiais. Sem dúvida que essas imagens materiais são maravilhosos fatores de devaneios estéticos. Mas se se trata de atingir a objetividade materialista, devemos designar esta objetividade na relação de uma matéria particular com outra matéria particular, eliminando toda a relação com o sujeito [...] e não sobrecarregar esta experiência com comentários impressionistas. (BACHELARD, 1990, p. 40)

Mesmo as imagens geométricas utilizadas na física e na química para descrever, pedagogicamente, fenômenos como a tetravalência do carbono são inadequadas:

Desde a partida, desde Kekulé, a hipótese do carbono tetraédrico nunca ultrapassou a afirmação de que as quatro valências do carbono em composição estavam distribuídas à volta do átomo central como os vértices de um tetraedro

estão distribuídos à volta do seu centro geométrico Nada há que justifique a concepção de um 'pequeno sólido'. [...] Dizer que o átomo do carbono é uma pequena pirâmide é fornecer uma ilustração em vez de uma realidade [...]. O átomo do carbono não tem a forma tetraédrica, não é um pequeno poliedro com faces e arestas [...]. As figuras dos livros elementares são, a este respeito, muito enganadores. (BACHELARD, 1990, p. 141-142)

A representação imagética, nas ciências contemporâneas, são imediatamente enganadoras: substancializam um objeto que não tem substância.

2.11 Construção matemática e objetividade

O conhecimento comum é fortemente determinado pela estrutura da realidade cotidiana como é percebida imediatamente pelo homem. Contudo, a física e a química do século XX tratam de âmbitos de realidade muito diferentes da experimentada por nós comumente. Ao se utilizar uma linguagem comum para tratar de teorias e objetos que não podem participar da experiência comum, pois envolvem tamanhos e propriedades contra-intuitivas, é possível que se crie uma representação que não corresponde à realidade e que, o que é pior, não permite desenvolver o conhecimento científico.

As representações visuais de objetos que existem em uma dimensão inacessível à visão pura, portanto, devem ser erradicadas das ciências, pois são metafóricas: explicam um fenômeno associando a teoria científica a uma imagem advinda de outro reino epistemológico completamente diferente. Como os cientistas devem, então, construir um conhecimento imune à tentação da metáfora?

Para Bachelard, a ciência contemporânea deve evitar imagens, deve pensar por meio da matemática. O pensamento abstrato e matemático que opõe-se à experiência imediata do fenômeno, permitindo "uma teoria do objetivo contra o objeto", faz com que se pense "contra o cérebro" (BACHELARD, 1990, p. 307-308), no sentido em que mesmo a razão ingênua, não crítica, torna-se um obstáculo à ciência. A ciência deve pensar sem imagens; a ciência deve pensar matematicamente.

O uso da matemática como instrumento de construção de objetos, a partir da técnica que cria os fenômenos científicos, é uma solução que permite que o conhecimento permaneça abstrato e não se misture com o material do

conhecimento comum ou do inconsciente do pesquisador: do ponto de vista psicológico, a matemática que não apenas descreve, mas permite pensar os fenômenos é a mais importante aliada da cidade científica contra os obstáculos epistemológicos, pois o fenômeno pensado matematicamente torna-se livre da influência subjetiva.

O papel da matemática é importante porque cria o objeto abstrato, o número científico, construído pela razão crítica, cuja definição pode ser encontrada ao se especificar as condições experimentais e teóricas a partir das quais é apreendido. Nada de vago ou de inconscientemente impreciso resta nele. O pensamento abstrato é uma espécie de "ascetismo" do reino intelectual (BACHELARD, 1996, p. 292): com ele, se pode evitar a influência da linguagem comum, e, por conseguinte, a introdução de elementos estranhos à objetividade na ciência.

É clara, portanto, a posição de Bachelard de que a ciência moderna torna-se objetiva à medida que o conhecimento dissocia-se das imagens visuais e das metáforas – pois assim evitam-se os obstáculos epistemológicos e torna-se possível a retificação dos conceitos – e passa a revelar, por meio da matemática, novos objetos e relações que não eram anteriormente evidentes entre objetos anteriormente conhecidos: ligações mais ocultas, "vínculos essenciais mais profundos" (BACHELARD, 1996, p. 7) do que os revelados pela representação geométrica, visual, inicial. Em suma, as metáforas são impedimentos à abstração: ligam o conhecimento teórico a experiências subjetivas que são de outra natureza, são experiências do senso comum. Explicar um conhecimento inacessível à experiência imediata por meio de uma imagem cotidiana é um erro. É este o motivo pelo qual Bachelard afirma que a física e a química contemporâneas devem recusar o apelo das metáforas.

Este é o sentido mais preciso da importância dada por Bachelard às matemáticas nas ciências físicas e químicas do século XX, as ciências que criam objetos inacessíveis à sensibilidade imediata. A formulação algébrica desses objetos revela suas propriedades relacionais sem equívocos e os prepara para a experimentação controlada. A matemática evita que se caia na tentação das imagens, que, no âmbito das ciências relativistas e quânticas, somente podem apresentar um conhecimento por analogia, e uma analogia extremamente imperfeita, visto que os mundos relativistas e quânticos não são de modo algum comparáveis ao nosso mundo comum. Desse modo, o pensamento abstrato e matemático que

opõe-se à experiência imediata do fenômeno faz com que se construa "uma teoria do objetivo *contra* o objeto", faz com que se pense "*contra* o cérebro".(BACHELARD, 1996, p. 307-308)

Para impedir que os obstáculos epistemológicos que surgem a partir do uso de "analogias, imagens, metáforas" interfiram no processo de formulação de perguntas e de respostas da ciência, a cidade científica precisa manter-se alerta para que o conhecimento científico não se contamine pelo conteúdo individual subjetivo que cada um traz cotidianamente. Desse modo, se pode evitar que a pesquisa científica seja direcionada para configurações conceituais que são estéreis porque são determinadas pelo inconsciente subjetivo humano, não por um esforço consciente social de objetivação. O uso da matemática como instrumento de construção de objetos, a partir da fenomenotécnica, é uma solução que permite que o conhecimento permaneça abstrato e não se misture com o material do conhecimento comum ou do inconsciente do pesquisador: do ponto de vista psicológico, a matemática que não apenas descreve, mas verdadeiramente pensa e constrói os fenômenos é a mais importante aliada da cidade científica contra os obstáculos epistemológicos, pois o fenômeno pensado e construído matematicamente, afastado das imagens visuais, retificado experimentalmente, é, a *fortiori*, um fenômeno científico objetivo.

CONCLUSÃO

Somos feitas disso. Nossa vida é folha e tronco, bolha d'água, espuma de onda. Brincamos de aflorar as coisas, não fugimos. Mudamos. Este é o nosso desejo e o destino. Nosso único terror é que um homem nos possua, nos detenha. Aí sim é que seria o fim.

Cesare Pavese

Nesta dissertação, foi apresentada a relação entre a objetividade e a matemática nas ciências físicas do século XX segundo a epistemologia de Gaston Bachelard.

A exposição do conceito de objetividade na filosofia comteana, com a qual esta dissertação inicia-se, tem o sentido de indicar um tipo de concepção a respeito da objetividade contra a qual Bachelard argumentaria. Afinal, a concepção de objetividade de Bachelard não é trivial.

Foi demonstrado que não há um conceito de objetividade em Bachelard, mas dois. Esta tese é original, pois aparentemente os intérpretes da obra bachelardiana não deram-se conta dessa particularidade conceitual.

Uma das noções de objetividade é a de identificação e afastamento das imagens subjetivas, ou seja, dos obstáculos epistemológicos. Essa identificação e afastamento dos obstáculos ocorre em duas dimensões: na dimensão da ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, e na dimensão da ruptura entre dois momentos de uma ciência.

Neste sentido, Bachelard é um descontinuista: afirma que a passagem do conhecimento comum para o conhecimento científico e de uma ciência anterior para uma posterior não é suave, mas abrupta. O progresso do conhecimento é descontínuo, há ruptura entre diferentes níveis epistemológicos.

É por isso que mostramos que, para Bachelard, entre os principais

obstáculos ao conhecimento objetivo estão o realismo e o substancialismo. Eles impediram o desenvolvimento da ciência clássica até que foram afastados por meio de uma psicanálise do conhecimento.

A outra noção de objetividade é a de conhecimento retificado. O conhecimento é retificado à medida que as condições de experimentação e de conceptualização são afinadas, ou seja, à medida que se aproxima e se delimita melhor o grau de erro com se conhece.

O objeto matemático das ciências físicas do século XX, devido ao seu caráter complexo, ou seja, pela sua própria definição que explicita as condições racionais e experimentais de sua criação, já é um objeto que retifica-se ao ser criado. Ou seja, é um objeto cuja própria definição é objetiva, tanto no sentido de objetivação como retificação, quanto de afastamento dos obstáculos epistemológicos.

Por conseguinte, as ciências físicas do século XX rompem de forma decisiva com as dos séculos XVIII e XIX. Isto fica óbvio quando se analisa a criação do moderno conceito de átomo. O antigo conceito de substância era um obstáculo epistemológico que impedia o desenvolvimento do conhecimento. Somente quando esse conceito foi superado pôde haver o início de um verdadeiro progresso no conhecimento da matéria no nível submicroscópico.

O conceito determinante dessa matéria é o de átomo. O átomo e seus componentes fundamentais, o elétron, o próton e o nêutron, não podiam ser observados diretamente como objetos isolados; sua experimentação, indireta, exige a determinação das condições técnicas nas quais o fenômeno é criado. Exige, também, um conjunto de conceitos a partir dos quais os aparelhos de experimentação são construídos e o fenômeno, interpretado. Ou seja: a definição do conceito moderno de átomo é necessariamente ligada à explicitação das técnicas experimentais nas quais o fenômeno é produzido e à definição de outros conceitos cooperantes no mesmo sistema.

Essa relação entre elementos experimentais e teóricos é expressa matematicamente. Foi mostrado que o conjunto de fórmulas matemáticas que determinam os objetos atômicos e seus comportamentos constitui o númeno atômico, inacessível à experiência direta, mas compreendido racionalmente.

Tal númeno, que é um objeto matemático, é o verdadeiro objeto das ciências físicas do século XX. Pode ser manipulado matematicamente e, em conjunto com um aparato técnico, conduz à produção de fenômenos; contudo, é inacessível à

representação imagética.

Por esta razão, a matemática não pode ser considerada uma forma de “expressão”, de “linguagem”, que representa o objeto atômico: o conjunto de equações matemáticas a que se pode referir como sendo “do objeto” são o próprio objeto. Portanto, a matemática é o único modo de lidar com o próprio objeto numênico, é a única forma de pensar o objeto.

O objeto matemático é um objeto não-substancialista: é um objeto relacional, pois a equação que define o objeto simplesmente rege um conjunto de coordenadas teórico-experimentais, e não uma coisa no sentido realista. Não é possível apreender imagetivamente este objeto.

Não sendo possível apreender o objeto como imagem, mas somente como relação racional entre instrumentos e conceitos sob a forma de variáveis e constantes, o obstáculo epistemológico realista e subjetivista é facilmente superado. Do mesmo modo, o objeto retifica-se a cada construção fenomênica, pois as retificações instrumentais retificam automaticamente o objeto.

Portanto, pode-se concluir que, na epistemologia de Bachelard, o objeto construído matematicamente é objetivo, e as ciências físicas do século XX, que constroem e lidam com esse tipo de objeto, são as que possuem o tipo de objetividade mais desenvolvido – a própria construção teórica e fenomenotécnica do objeto objetiva-o continuamente, o que traduz-se em desenvolvimento conceitual, renovação do afastamento dos obstáculos e conseqüente nova construção fenomenotécnica e teórica, num círculo virtuoso da ciência.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. 2.ed. Paris: PUF, 1965.

_____. *L'engagement rationaliste*. Paris: PUF, 1972.

_____. O novo espírito científico. In: *Bergson, Bachelard*. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1974a. (Col. Os Pensadores)

_____. A filosofia do não. In: *Bergson, Bachelard*. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1974b. (Col. Os Pensadores)

_____. *O racionalismo aplicado*. Tradução de Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

_____. *O materialismo racional*. Tradução de João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990.

_____. *A formação do espírito científico*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. *Estudos*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004b.

_____. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004a.

_____. *A psicanálise do fogo*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

_____. *A epistemologia*. Tradução de Fátima Lourenço Godinho e Mário Carmino Oliveira. Lisboa: Ed. 70, 2006.

BULCÃO, M. *O Racionalismo da ciência contemporânea – Uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard*. 2.ed. Londrina:UEL, 1999.

_____; BARBOSA, E. *Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação*. Petrópolis: Vozes, 2004.

_____. (Coord.). *Bachelard: razão e imaginação*. Feira de Santana: Universidade Federal de Feira de Santana, 2005.

_____. A contribuição da epistemologia de Gaston Bachelard para a questão da objetividade histórica. *Revista Filosófica Brasileira*, Rio de Janeiro, v.1, n. 2, dez. 1985.

_____. Verdade e objetividade: os caminhos da razão científica contemporânea. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA, 6., Rio de Janeiro, 1997. *Anais do...*, 1997.

_____. Razão e verdade na ciência contemporânea. *Reflexão*, Campinas, n.72, p. 44-51, 1998.

_____. Dossier Bachelard au Brésil. *Cahiers Gaston Bachelard*, Dijon, n. 4, 2001.

_____. Le jeu enivrant de l'arraison: mathématique ou travail artisanal créateur. *Cahiers Gaston Bachelard* n. 2. Dijon: Centre Gaston Bachelard, l'Université de Bourgogne, 2000.

COMTE, A. *Curso de filosofia positiva*. Tradução de José Arthur Gianotti. São Paulo: Abril, 1973. (Col. Os Pensadores).

DAGOGNET, François. *Bachelard*. Paris: PUF, 1965.

_____. Le matérialisme rationnel de Gaston Bachelard. *Cahiers de l'Institut de Sciences Économiques Appliquées*, Paris, 1972.

BARBOSA, E. *Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade*. Salvador: EDUFBA, 1996.

_____. A questão da objetividade científica em Gaston Bachelard. *Universitas*, Salvador, n. 29, p.135-146, jan./abr., 1982.

BOHR, N. *Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932 - 1957*. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

DE BROGLIE, L. *O futuro da física*. In: *Para além da ciência*. 5.ed. Tradução de Eduardo Pinheiro. Porto: Tavares Martins, 1966.

FÉLIX, L. *The modern aspect of mathematics*. New York: Basic Books, 1960.

GALILEU. *O ensaiador*. In: *Bruno, Galileu, Campanella*. Tradução de Helda Barraco. São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Col. Os Pensadores)

GINESTIER, P. *Pour connaître Bachelard*. 2.ed. Paris: Bordas, 1987.

HEISENBERG, W. *A parte e o todo*. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 5.ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

LECOURT, D. *Bachelard ou le jour et la nuit*. Paris: Grasset & Fasquelle, 1974.

_____. *L'Epistémologie historique de Gaston Bachelard*. Paris: Vrin, 2002.

MARCONDES CESAR, C. *Bachelard: ciência e poesia*. São Paulo: Paulinas, 1989.

MARCONDES CESAR, C. *A hermenêutica francesa: Bachelard*. Campinas: Alinea, 1996.

_____. O problema da evolução do conhecimento científico no idealismo francês. *Revista Reflexão*, Campinas, n.14, 1979.

_____. Relativisme, scepticisme et antidogmatisme chez Gaston Bachelard. *Revista Filosófica Brasileira*, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p. 39-61, out. 1993.

MARGOLIN, J. *Bachelard*. Paris: Seuil, 1971.

MARTIN, R. Bachelard et les mathématiques. In: *Colloque de Cerisy*, 10/18. Paris: Unión Générale, 1974.

NOUVEL, P. (Org.) *Actualité et postérités de Gaston Bachelard*. Paris: PUF, 1997. 173p.

POINCARÉ, H. *O valor da ciência*. Tradução de Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. 10.ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

_____. *Conhecimento objetivo*. Uma abordagem evolucionária. Tradução de Milton Amado. Belo Horizonte: Itatiaia, 1999.

QUILLET, P. (Org.) *Introdução ao pensamento de Bachelard*. Tradução de César Augusto Chaves Fernandes. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

TILES, M. *Bachelard: science and objectivity*. Cambridge: Cambridge University, 1984.

VADÉE, M. *Gaston Bachelard ou le nouvel idéalisme épistémologique*. Paris: Sociales, 1975.

VALLENILLA, E. M. *Fundamentos de lameta-técnica*. Caracas: Monte Avila, 1990.

VVAA. *L'Homme do poemeet du theoreme. Colloque du Centenaire*: Dijon 1984. Dijon: Editions Universitaires de Dijon, 1984.

WUNENBURGER, J. *La philosophie des images*. Paris: PUF, 1997. (Coleção "Themis").

_____. *Bachelard et l'épistémologie française*. Paris: PUF, 2004.