

PABLO RUBÉN MARICONDA

A Teoria da Ciência em Pierre Duhem

Tese de doutoramento defendida junto
ao Departamento de Filosofia, Facul-
dade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Mon-
teiro.

SAO PAULO

1 9 8 5

Í N D I C E

INTRODUÇÃO - Epistemologia e Metodologia

CAPÍTULO I A Concepção Duhemiana da Física Teórica

CAPÍTULO II A Concepção Duhemiana da Física Experimental

CAPÍTULO III - Conclusão

BIBLIOGRAFIA

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão de Bolsa de Pesquisa no período de 1981-1985.

Ao Prof. João Paulo Monteiro, orientador deste trabalho, cujo constante estímulo foi decisivo para a realização do mesmo.

Ao Prof. Caetano Ernesto Plastino pela dedicação com que acompanhou passo a passo a redação deste trabalho.

Finalmente à Maria das Graças de Souza Sá pelo eficiente trabalho de datilografia.

"Logo, deve-se estar já instruído para saber como considerar cada tipo de argumento, pois é absurdo procurar ao mesmo tempo o conhecimento e o modo de obter o conhecimento; e não é fácil alcançar nem um nem outro."

Aristóteles, Metafísica, 995a, 10-15.

INTRODUÇÃO

Epistemologia e Metodologia

A ciência é, sem dúvida, uma atividade complexa. Dentre as diversas formas de atividade científica (pesquisa, institucional, social) em que estão envolvidos os cientistas, a filosofia da ciência seleciona a aquele grupo que é o núcleo básico da atividade científica considerada strictu sensu. Segundo essa maneira de ver, a atividade científica se caracteriza por uma série de ações: observar, realizar experimentos, construir instrumentos, descobrir leis, estabelecer previsões, procurar explicações, inventar teorias, criar conceitos, testar hipóteses, escrever e publicar resultados, aplicar tecnologicamente o conhecimento teórico e experimental. Em resumo, a filosofia da ciência dedica-se ao estudo da atividade racional de procura do conhecimento, analisando as três principais estratégias racionais envolvidas na atividade científica: a teórica, a experimental e a aplicada.

Convém notar que nessa caracterização strictu sensu da ciência como uma forma de atividade em que se congregam estratégias teóricas, experimentais e aplicadas para a realização das ações científicas, as estratégias adotadas e as ações realizadas - de modo mais claro do que em outras formas de atividade humana - têm em vista a consecução de certos fins. Além disso, as ações e estratégias são empreendidas devido à crença de que, instrumentalizadas em meios, permitirão alcançar aquelas fins visados.

Quando consideramos a ciência sob o prisma de uma teoria da ação, a primeira questão a ser enfrentada é a da aceitabilidade dos fins e meios. É fácil ver que duas linhas de questionamento são possíveis, quando se elaboram estratégias e se empreendem certas ações. De um lado, podemos pôr em questão a aceitabilidade dos fins, afirmando que foram mal escolhidos, que são errôneos, ou até mesmo dogmáticos. Por outro lado,

podemos questionar a aceitabilidade da crença na eficácia dos meios, considerando-a infundada. Em ambos os casos, a aceitação (seja dos fins, seja dos meios) depende de avaliações, pressupondo um contexto de comparação, uma escolha e, portanto, uma decisão entre fins conflitantes e meios alternativos disponíveis.

Essa dependência da aceitabilidade de meios e fins com relação às avaliações tem uma consequência relevante para a justificação racional da atividade científica. Essa consequência está ligada a uma propriedade importante das avaliações. Elas só podem ser feitas com base em algum princípio ou padrão. Isto significa que a avaliação, seja de um fim, seja da adequação dos meios, só se realiza num contexto de comparação de fins e meios a padrões e princípios.

Vemos, assim, que diante da avaliação de fins e meios somos levados a perguntar duas coisas. Em primeiro lugar, quais são os princípios ou padrões adequados para as avaliações? Esta questão é altamente relevante principalmente se levarmos em conta que fins e meios são escolhidos num contexto de comparação com outros fins e meios e que não há padrão ou princípio neutro, que possa justificar a adoção universal de certos fins e meios. Diante disso, não há como deixar de levantar a questão da justificação racional dos princípios e padrões: qual é a base racional para considerar adequado algum princípio ou padrão?

O objetivo deste ensaio será o de analisar, do ponto de vista da teoria da ação, os princípios e padrões propostos pela filosofia da ciência de Pierre Duhem para a avaliação dos fins do conhecimento científico e do desempenho do método científico. Obviamente, a questão central, a ser tratada neste contexto, é a da justificação racional dos princípios e padrões utilizados por aquele filósofo.

O objetivo deste trabalho não é, portanto, o de analisar diretamente a atividade científica, mas analisar a filosofia da ciência entendi-

da como uma teoria da atividade científica strictu sensu, ou ainda, como uma reconstrução racional da ciência.

Tal como qualquer trabalho de análise - tal como outras formas de atividade racional - também a análise que farei neste ensaio das posições de Duhem pressupõe princípios e padrões que dirigem a interpretação - e, portanto, a avaliação - daquela concepção filosófica da ciência. Explicito a seguir o padrão crítico do qual se utiliza esta análise.

O ponto de partida da análise consiste em considerar que para o estudo das concepções filosóficas da atividade científica - ou ainda, das reconstruções racionais da ciência - é fundamental estabelecer uma distinção entre teses epistemológicas e teses metodológicas. Esta distinção depende, em grande medida, da forma de questionar a ciência e, conseqüentemente, baseia-se em diferenças quanto a natureza das questões propostas e das soluções apresentadas.

Acredito que há basicamente duas questões que podem ser formuladas com respeito à ciência: o que é ciência? E, como se faz ciência? A primeira questão - que chamarei epistemológica - consiste em exigir o estabelecimento de princípios, ou a explicitação dos pressupostos e bases, que caracterizam a atividade científica, ou seu produto (o conhecimento científico), tendo em vista uma descrição de sua natureza e alcance. A segunda questão - que chamarei metodológica - pergunta pelo modo como fazer ciência, ou seja, procura determinar o método pelo qual se pauta a atividade científica no seu duplo aspecto de aquisição do conhecimento (método de descoberta) e de justificação do caráter científico do conhecimento (método de justificação).

Desta diferença entre as questões de fundamento e natureza e as questões de método chega-se a uma diferença acerca da natureza das soluções propostas. A epistemologia é descritiva; a metodologia é normativa. As questões de fundamento são resolvidas mediante o estabelecimen

to de princípios acerca dos quais é pertinente formular questões de verdade ou falsidade, muito embora nem sempre seja possível decidir conclusivamente acerca da verdade ou falsidade desses princípios. Por outro lado, as questões de método só podem ser convenientemente tratadas mediante o estabelecimento de um procedimento normativo que caracterize o modo pelo qual se deve fazer ciência e que, conseqüentemente, possa ser utilizado como meio para atingir certos fins.

Há, portanto, um sentido claro em que a distinção entre epistemologia e metodologia depende de uma distinção entre descrição e norma. Aparentemente não há nada de novo em tentar distinguir entre o descritivo e o normativo, posto que a concepção estabelecida é exatamente a de que são distinguíveis. Contudo, a concepção estabelecida apresenta certos inconvenientes que aconselham uma análise mais detida dessa distinção.

Foi certamente David Hume que teve a idéia de que a distinção entre descrição e norma se impõe, sempre que se trata de avaliar racionalmente as ações humanas. Numa pequena passagem do Treatise of Human Nature¹, alerta o leitor para a existência no discurso moral de dois tipos de "proposições": as proposições com as cópulas usuais "é", "não é", e as

1- David Hume, A Treatise of Human Nature, Part I, Book III, sec. I, pp. 469-470: "I cannot forbear adding to these reasonings an observation, which may, perhaps, be found of some importance. In every system of morality, which I have hitherto met with, I have always remark'd, that the author proceeds for some time in the ordinary way of reasoning, and establishes the being of a God, or makes observations concerning human affairs; when of a sudden I am surpriz'd to find, that instead of the usual copulations of propositions, is and is not, I meet with no proposition that is not connected with an ought, or an ought not. This change is imperceptible; but is, however, of the last consequence. For as this ought, or ought not, expresses some new relation or affirmation, 'tis necessary that it shou'd be observ'd and explain'd; and at the same time that a reason should be given, for what seems altogether inconceivable, how this new relation can be a deduction from others, which are entirely different from it. But as authors do not commonly use this precaution, I shall presume to recommend it to the readers;..."

proposições com as cópulas "deve", "não deve". O intuito de Hume, ao fazer a distinção, era certamente o de proibir a dedutibilidade de uma conclusão do segundo tipo de proposição a partir de um conjunto de premissas do primeiro tipo. Hume considera racionalmente injustificada a tentativa de basear normas (morais) em descrições de fatos (na moralidade corrente), pois é inteiramente inconcebível que a dedutibilidade se aplique a proposições que expressam relações tão diferentes.

A distinção humeana sugere uma diferença sintática simples entre as descrições e as normas. Poderíamos caracterizá-las dizendo: as descrições são expressas através de enunciados descritivos, isto é, expressões lingüísticas com predicação declarativa (expressões no modo indicativo) "é", "não é". As normas, por outro lado, são expressas através de enunciados normativos, isto é, expressões lingüísticas com predicação imperativa (expressões no modo imperativo) "deve", "não deve". Essa distinção sintática entre descritivo e normativo mostra claramente que não podemos interpretar como funções-de-verdade os enunciados normativos, pois só as expressões com predicação declarativa (indicativa) são proposições, isto é, expressões a que se pode atribuir verdade ou falsidade, ou cuja verdade e falsidade depende da verdade e falsidade das expressões componentes. Como só é possível definir a noção de consequência lógica para conetivos verifuncionais, não há relação de dedutibilidade entre as normas, nem a fortiori entre estas e as descrições. Esta caracterização sintática manteria assim o espírito da proposta de Hume: as normas não podem ser deduzidas de descrições.

Há várias objeções à caracterização sintática tradicional da distinção entre descritivo e normativo. Em primeiro lugar, ela restringe demasiadamente o significado de "norma". Ao caracterizar as normas como enunciados imperativos, considera como exemplo típico de norma as prescrições, deixando de lado outros tipos importantes de normas, tais como as regras ou as diretrizes.

Quando levamos em consideração as regras e as reconhecemos como um tipo de norma, vemos a dificuldade da concepção tradicional que considera serem as regras assimiláveis às prescrições (imperativos) e, portanto, serem identificáveis, mediante o critério sintático posto acima, como imperativos ("deve", "não deve"). O aspecto importante a ser considerado aqui é que no caso das regras - ao contrário do que a distinção sintática nos faz supor - existe uma complementaridade² entre regra (norma) e descrição (proposição).

Podemos apresentar em favor dessa complementaridade vários exemplos de proposições (no modo indicativo "é", "não é") que podem ser entendidas em certo sentido como descrições e, em outro sentido, como regras.

Tomemos como exemplos a proposição da gramática: "O plural das palavras é comumente formado acrescentando s ao singular"; ou a proposição que descreve o jogo de xadrez: "A rainha move-se em todas as direções". O primeiro aspecto a considerar é que estas expressões tem por objeto a ação; e é exatamente por isso que nasce a referida complementaridade. Quando dizemos como fazer algo (como atuar), o que dizemos pode ter dois sentidos: de um lado, relatamos ou descrevemos o modo pelo qual de fato atuamos; de outro, estabelecemos um modo de fazer (atuar) que deve ser seguido.

Portanto, a questão de se expressões como as acima são descrições (proposições) ou regras (normas) depende de como sejam consideradas. Se as consideramos como formulações de fatos e supomos que devemos acreditar nelas (ou que podemos avaliá-las em termos de verdade ou falsidade) são proposições. Por outro lado, se as tomamos como guias para nossa ação e supomos que devem ser seguidas, são regras.

Não há dúvida que neste caso estamos subscrevendo a concepção de

2- Esta tese de complementaridade é defendida por Stanley Cavell num ensaio intitulado "Hemos de significar lo que decimos?". (Cf. pp. 113-114 e pp.120-125 desse ensaio)

que o significado de uma expressão está ligado ao uso, sendo contextual. Em outras palavras, as expressões não são "em si mesmas" (isto é, independentes do contexto) regras ou descrições, assim como nenhuma expressão é "em si mesma" um postulado, uma conclusão, uma definição ou uma resposta. Mas é sempre por referência a um contexto que uma expressão pode ser considerada como tendo qualquer um desses usos.

Contudo, a complementaridade acima mencionada, longe de abolir a distinção entre descritivo e normativo, aponta para a existência de dois contextos e, mais ainda, define uma relação entre o contexto descritivo e o contexto normativo. As expressões que descrevem uma linguagem, um jogo, ou uma instituição (em resumo, uma atividade) são regras quando desejamos falar a linguagem, jogar o jogo, atuar na instituição (empreender uma atividade); ou ainda melhor, quando se está falando a linguagem, jogando o jogo, atuando na instituição (empreendendo uma atividade).

O que foi dito até aqui mostra onde reside a confusão de considerar as expressões prescritivas (modo imperativo) como o único tipo de expressão normativa. A confusão se evidencia quando percebemos que a expressão "estabelecer uma regra ou padrão"³ - que incidentalmente pode ser considerada como descritiva da "atividade (ação) normativa" tem dois sentidos: num sentido significa encontrar qual é de fato a regra ou o padrão para certos exemplos ou casos de atividade; noutro, significa encontrar qual deve ser a regra ou o padrão para certos exemplos ou casos de atividade.

No primeiro sentido, estabelecer uma norma e descrever como se faz a ação ou como ela é. No segundo sentido, estabelecer uma norma é estimular (instituir) como devemos realizar uma ação. Até aqui parece que a distinção usual entre descritivo e normativo se sustenta. Entretanto, as

3- Cf. Cavell, p.121 e nota 19.

prescrições pressupõem descrições. Quando dizemos o que se deve fazer não instituímos uma norma (ou modo de ação) para a ação, mas pressuomos antes a existência dessa norma (desse modo de ação), isto é, a prescrição pressupõe que há algo que seria correto, útil, conveniente, imprescindível, etc...fazer aqui. Dizer o que devemos fazer conduz assim a recorrer a uma regra pré-existente tomada como padrão por referência ao qual julgamos (avaliamos) a correção, utilidade, conveniência, etc. ... da ação, mas não pode constituir o estabelecimento dessa regra padrão.⁴

A principal objeção à distinção tradicional - como já se pode sentir - é, portanto, que ela supõe existir uma dicotomia estrita entre o descritivo e o normativo; o que de fato não acontece.

Em primeiro lugar, a complementaridade entre regra e descrição - isto é, o fato evidente de que as regras possuem uma contrapartida nas proposições (descrições) - e o fato de que as prescrições pressupõem regras, uma vez aceitos, conduzem a impossibilidade de resolver a questão no âmbito sintático, através de um critério para a forma sintática (indicativa, imperativa) das expressões.

Em segundo lugar, é significativo para a questão da normatividade o fato de que as normas (sejam prescrições, sejam regras) referem-se à ação ou atividade humanas. O principal objetivo de uma norma é influenciar a ação, produzindo, determinando ou proibindo certos modos de ação. Ora, o mais característico das ações é que elas podem ser realizadas incorretamente de várias maneiras específicas. Mas que uma ação possa ser realizada incorretamente pressupõe uma avaliação que toma um certo modo de fazer como padrão. Isso se evidencia quando consideramos

4- Não é próprio do "discurso normativo" em geral pressupor proposições descritivas da ação? Afinal não é esse o sentido que se pode dar à afirmação de Kant de que "Deve conduzir a Pode". A estipulação de uma prescrição, isto é, de como se deve agir, pressupõe que a ação seja possível, isto é, que existe uma descrição de como ela é.

que, em geral, para cada ação há diferentes modos normativos de realizar essa ação. Assim, dizer que a ação foi realizada incorretamente é ter uma resposta para a questão de qual é o modo de ação que utilizamos como padrão para a avaliação de que a ação foi realizada incorretamente.

Esta dependência se aplica a todos os tipos de ações, mas vale principalmente para as ações do que chamamos "atividade racional", aplicando-se ao calcular, ao afirmar, ao definir, ao experimentar, ... Não há dúvida de que estas são ações racionais que realizamos frequentemente e que sejam realizadas corretamente depende de que adotemos e sigamos aqueles modos em que se realizam as ações. Neste sentido, é exatamente o modo em que se faz a ação (modo de ação) que é normativo para ela.

De acordo com isso, as descrições - assim como os outros produtos da atividade racional - pressupõem normas: não podemos fazer aquilo que chamamos descrever se a linguagem não dispõe de (se não podemos obter dela) modos normativos de descrever. Mas não podemos esquecer que esta característica está ligada à ação, não sendo uma particularidade do descrever. Assim, em geral, não podemos definir, calcular, experimentar, etc., se não dispomos de modos normativos de definir, calcular, experimentar, etc. No limite, e isso é o que mais nos interessa neste ensaio, não podemos fazer ciência (entendida como uma atividade racional), se não dispomos de modos normativos de fazer ciência.

Contudo, o resultado obtido não nos deve enganar, levando a tomar o que foi dito acima como prova da inexistência de uma distinção entre descritivo e normativo. As qualificações feitas devem ser entendidas como crítica à concepção de que descritivo e normativo são estritamente dicotômicos e identificáveis por meio de um simples critério sintático, mas não como crítica à possibilidade de distinguir o descritivo do normativo. Ao contrário, essa análise aponta para a importância do

caráter semântico da distinção.

Já afirmamos anteriormente que é pelo uso, que fazemos de uma expressão, que se pode determinar seu caráter descritivo ou normativo. Podemos, de acordo com isso, estabelecer uma distinção entre expressões lingüísticas com função descritiva e expressões lingüísticas com função normativa, ou - se se preferir - entre um uso descritivo e um uso normativo da linguagem. Obviamente, para determinar qual é o caso, dependemos do contexto.

O normativo está imerso num contexto de ação. Uma proposição acerca do que devemos fazer (ou de como devemos agir) só tem sentido no contexto (contra o pano de fundo) de saber o que de fato estamos fazendo, e além disso de saber que o fazemos bem ou mal, apropriada ou inapropriadamente, refletida ou irrefletidamente, com cuidado ou descuidadamente, etc.; e no contexto (contra o pano de fundo) de saber que estamos em determinada situação ou posição e que nos estamos conduzindo ou agindo bem ou mal, apropriada ou inapropriadamente, refletida ou irrefletidamente, etc.

O descritivo está imerso num contexto fatural. Uma proposição acerca do que é só tem sentido no contexto dos fatos que lhe servem de referência.

Notemos de passagem que a distinção contextual aqui defendida entre as descrições e as normas evita outro inconveniente. ~~A que estava~~ **estava** sujeita a concepção tradicional. Com efeito, se o descritivo - o domínio daquilo que é - é estritamente separável do normativo - o domínio daquilo que deve ser; e se consideramos que o primeiro domínio corresponde aos fatos e o outro aos valores, poderemos ser levados a afirmar uma dicotomia entre fato e valor ou entre enunciados do fato e juízos de valor.

Concordo com Putnam⁵ que esta última distinção põe uma questão de

5- H.Putnam, Cap.6, p.127.

escolha obrigatória para qualquer ser humano consciente (sendo frequentemente relevantes para suas atividades cotidianas decisões que envolvem o discernimento de fatos e valores), ao passo que a distinção entre descritivo e normativo, assim como as questões de filosofia da linguagem, epistemologia e metafísica não são questões que sejam obrigatórias para qualquer pessoa (mesmo que essa pessoa seja um cientista ou um técnico fazendo ciência).

Assim como não acredito numa dicotomia estrita entre descritivo e normativo, tampouco acredito numa dicotomia estrita entre fato e valor. O reconhecimento de que fato e valor são apenas contextualmente distinguíveis aponta para duas consequências importantes para a análise da atividade científica: 1) não há conhecimento puramente fatorial e; 2) não há conhecimento puramente valorativo. Cabe também lembrar que um de conseqüências análogas decorre da distinção contextual entre descritivo e normativo: 1) não há epistemologia puramente descritiva; 2) não há metodologia puramente normativa.

Estamos agora em condições de caracterizar melhor as abordagens epistemológica e metodológica da atividade científica.

A epistemologia é o conjunto de princípios e padrões de inteligibilidade com os quais caracterizamos a atividade científica racional, descrevendo a natureza e o fundamento do conhecimento científico. A metodologia, por outro lado, é o conjunto de normas (prescrições e regras) que, tomadas como padrões de aplicabilidade, conduzem à ação.

A epistemologia caracteriza-se, assim, por um uso descritivo da linguagem, onde as questões de natureza e fundamento são tratadas mediante o estabelecimento de princípios e padrões que determinam os contornos, limites e fins da atividade científica. A metodologia, de sua parte, caracteriza-se por um uso normativo da linguagem, onde as questões de método são tratadas mediante o estabelecimento de um sistema normativo (isto é, um conjunto de regras e procedimentos tomados como padrões)

que proporcionam os meios para atingir os fins visados.

Quanto às descrições da prática científica, isto é, as descrições de como se faz ciência, sua função dependerá do contexto. Se as avaliamos no contexto dos fatos, isto é, se procuramos determinar sua correspondência com fatos da prática científica, então as consideramos como epistemológicas. Se, por outro lado, o contexto for a ação, isto é, se as adotamos como padrões para ajustar nossa prática, então as consideramos como metodológicas.

CAPÍTULO I

A Concepção Duhemiana da Física Teórica

1. Epistemologia e Metodologia na Reconstrução Duhemiana da Física

A primeira formulação da teoria da ciência de Duhem encontra-se em quatro ensaios publicados entre os anos de 1892 e 1894 na Révue des Questions Scientifiques. No primeiro ensaio, publicado em 1892, com o título "Quelques Réflexions au sujet des Théories Physiques", Duhem expõe sua concepção de conhecimento teórico e, em particular, da física teórica (física matemática) e das teorias físicas. Este texto tem um duplo alcance: por um lado, nele Duhem estipula o fim e avalia o alcance do conhecimento teórico e, em conformidade com aquele fim, propõe um método teórico, isto é, um método para a construção de teorias físicas. Por outro lado, a esse método teórico corresponde uma descrição (epistemológica) da natureza e estrutura das teorias físicas. Em 1893, Duhem publica dois outros ensaios, que completam sua reflexão acerca da ciência teórica. O primeiro deles, intitulado "Notation Atomique et Hypothèses Atomistiques", visa a exemplificar o uso da metodologia associada à concepção do conhecimento teórico, aplicando o método teórico, proposto no primeiro ensaio, ao caso concreto da teoria química. O outro ensaio, cujo título é "Physique et Métaphysique", apresenta a solução de Duhem para o problema da demarcação entre física e metafísica, explicitando o fundamento epistemológico de sua concepção do conhecimento teórico e das teorias físicas. Finalmente, em 1894, Duhem publica o ensaio "Quelques Réflexions au sujet de la Physique Expérimentale", no qual expõe sua concepção do conhecimento empírico e experimental, explicitando as noções de "experimento" e de "lei experimental", nas quais assenta sua concepção de método experimental.

Mesmo numa primeira leitura esses ensaios revelam que a teoria de Duhem está constituída por duas partes: a primeira, desenvolvida nos

três primeiros textos, trata de sua concepção da física teórica; a segunda apresenta sua concepção da física experimental. Duhem constrói sua teoria da física tratando antes as questões ligadas ao conhecimento teórico e depois as questões acerca do conhecimento experimental.

A análise que faço a seguir da teoria da ciência de Duhem considera que toda teoria da ciência se caracteriza por uma certa forma de combinação de teses epistemológicas e metodológicas acerca do conhecimento científico, combinação que está intimamente ligada a padrões de inteligibilidade e aplicabilidade. Analisadas deste ângulo, as concepções de conhecimento teórico e conhecimento experimental são compostas por teses epistemológicas e metodológicas.

Aplicando esta consideração à teoria da física de Duhem obtemos uma reconstrução do conhecimento físico que concebe estar o conhecimento teórico constituído por teses epistemológicas concernentes ao fim, natureza e estrutura das teorias físicas e por teses metodológicas concernentes ao método teórico; e o conhecimento experimental constituído por teses epistemológicas concernentes à natureza dos experimentos e das leis experimentais e por teses metodológicas concernentes ao método experimental. Este duplo aspecto da reconstrução da física realizada por Duhem está na dependência da determinação do contexto em que Duhem faz sua reconstrução. Ela é epistemológica quando considera, por exemplo, a natureza e estrutura das teorias, mesmo que essa consideração comporte uma análise do modo pelo qual se constrói uma teoria, pois neste caso podemos perfeitamente entendê-la como uma descrição de modos de ação teórica. Por outro lado, a reconstrução é metodológica nos contextos em que Duhem toma sua descrição dos modos de ação como padrão para a construção de teorias. São exemplos claros disso o contexto do segundo ensaio de Duhem, onde ele procura exemplificar seu método teórico, aplicando como padrão metodológico sua descrição da obtenção de teorias ao caso da teoria química e o contexto polêmico de crítica às teorias mecânicas, em

que Duhem compara sua metodologia à metodologia dos modelos mecânicos para a construção de teorias.

Além disso, é importante levar em consideração que a própria ordem de reconstrução utilizada por Duhem acarreta a admissão de que a física teórica e a física experimental constituem duas partes distintas da física a ponto de poderem ser tratadas separadamente. Neste particular o uso da distinção entre epistemologia e metodologia permitirá mostrar que esse tratamento está fundamentado em teses epistemológicas gerais concernentes ao conhecimento do mundo exterior e ao conhecimento humano; teses estas que se revelam básicas para a reconstrução metodológica da física em termos de um método teórico e de um método experimental. A explicitação das teses básicas que compõem o corpo central da epistemologia de Duhem permite também apreciar a unidade da concepção que esse autor tem da ciência física.

2. As Teses Epistemológicas Básicas de Duhem

A reconstrução duhemiana da física fundamenta-se em quatro teses epistemológicas intimamente ligadas. Duas dessas teses (que designo como Tese I e Tese IIIa) dizem respeito à natureza do conhecimento humano; outra delas (que designo como Tese II) postula o fim a que deve tender a física teórica e determina a natureza do conhecimento teórico, e finalmente a tese que chamo de tese IIIb estabelece uma demarcação entre física e metafísica.

Logo no início de sua reflexão sobre a física teórica, Duhem formula sua primeira tese epistemológica sobre a natureza do conhecimento humano (Tese I). Essa tese está implicitamente formulada na descrição do modo pelo qual adquirimos conhecimento do mundo exterior (1892, pp. 139-141). Neste sentido, constitui-se numa tese sobre a gênese do conhecimento. Formulada explicitamente a tese afirma que o conhecimento do mundo exterior se dá em três estágios distintos e sucessivos: conheci-

mento dos fatos; conhecimento das leis experimentais; e conhecimento teórico. Com efeito, conhecemos o mundo primeiro acumulando os fatos em grupos mais ou menos vagos e confusos; passamos a seguir por indução ao conhecimento das leis experimentais - conhecimento que constitui a "ciência puramente experimental"; e atingimos finalmente, por abstração simbólica, a organização teórica sistemática das leis experimentais. Em outros termos, a gênese do conhecimento se dá dos fatos às leis experimentais e, finalmente, destas últimas às teorias.

Um primeiro aspecto a ressaltar é que na ordem analítica, gerada pela construção de sua teoria da física - ou ainda, por sua reconstrução racional da pesquisa científica - Duhem segue o caminho inverso ao da gênese do conhecimento, tal como proposta pela tese acima. Assim, na ordem analítica de reconstrução, são tratadas primeiro as questões concernentes ao conhecimento teórico e depois as que concernem ao conhecimento experimental, enquanto na ordem epistemológica (e temporal) ligada à gênese do conhecimento, o conhecimento experimental precede o teórico.

Mas o aspecto mais importante a considerar é que a tese acima é, sem dúvida, uma tese empirista, pois afirma que o conhecimento do mundo exterior se origina na experiência. Com efeito, a dinâmica da aquisição do conhecimento se faz para Duhem através de dois processos de acumulação intimamente ligados e sucessivos. Conhecemos o mundo acumulando fatos em classes mais ou menos abrangentes e acumulando leis experimentais, obtidas por generalização indutiva a partir do acúmulo de fatos. A acumulação de fatos é assim em parte responsável pela transição do conhecimento dos fatos - primeira etapa do conhecimento - ao conhecimento experimental. A acumulação das leis experimentais torna possível, por sua vez, a transição do conhecimento experimental - segunda etapa do conhecimento - ao conhecimento teórico. Resulta disso que a observação está na base do conhecimento experimental e teórico.

É preciso, contudo, qualificar o empirismo desta primeira tese de Duhem, posto que ela limita implicitamente a indução (o método indutivo)

à formulação das leis experimentais. A indução opera sobre os grupos de fatos acumulados permitindo, via generalização indutiva a partir desses fatos, a formulação de leis experimentais que expressam as relações existentes entre esses fatos. Mas o método indutivo é totalmente impotente para conduzir às teorias. A formulação das teorias - e, conseqüentemente, o conhecimento teórico - se caracterizará pelo uso de um método diferente do método indutivo, que acaba assim limitado à ciência experimental. Tudo isso mostra que, embora a experiência esteja para Duhem na base das teorias, pois o acúmulo de leis experimentais é responsável, em grande medida, pela necessidade de formulação das teorias, a delimitação clara entre o conhecimento teórico e o conhecimento experimental está, de certa forma, a serviço da limitação do método indutivo ao domínio da ciência experimental.

Mas como são, então, formuladas as teorias? Como é obtido o conhecimento teórico? O que, em suma, entende Duhem por "teoria" e "conhecimento teórico"?

Após considerar a física matemática como o modelo explícito do conhecimento teórico e, portanto, as teorias físicas matemáticas como o modelo de teoria científica, Duhem formula, em resposta a essa questão, sua segunda tese epistemológica (Tese II), na qual defende uma concepção convencionalista do conhecimento teórico: "A ciência teórica tem por fim aliviar a memória e a ajudá-la a reter mais facilmente a multiplicidade de leis experimentais. Quando uma teoria é constituída, o físico, ao invés de precisar reter isoladamente uma multiplicidade de leis, não tem mais que reter a lembrança senão de um pequeno número de definições e proposições enunciadas na linguagem das matemáticas; as conseqüências que a análise lhe permite deduzir logicamente dessas proposições não possuem nenhuma relação de natureza com as leis que formam o objeto próprio de seus estudos; mas elas lhe fornecem uma imagem; esta imagem é mais ou menos semelhante; mas, quando a teoria é boa, esta imagem

é suficiente para substituir o conhecimento da lei experimental nas aplicações que o físico deseja fazer." (1892, pp.140-141)

Esta tese se constitui de duas partes. Na primeira, Duhem postula o fim da ciência teórica e apresenta sua concepção da estrutura das teorias; na segunda, formula sua concepção convencionalista da natureza das teorias.

A primeira parte estipula que o fim da ciência teórica é aliviar a memória e ajudar a reter mais facilmente a multiplicidade das leis experimentais, substituindo o conhecimento de um grande número de leis experimentais pelo conhecimento de um pequeno número de definições e proposições formuladas na linguagem matemática. A postulação do fim do conhecimento teórico determina, assim, uma imagem da estrutura das teorias como sendo composta de definições e hipóteses formuladas matematicamente.

A segunda parte da tese completa a caracterização do conhecimento teórico produzida pela postulação do fim desse conhecimento e descrição sumária da estrutura das teorias, determinando a natureza das definições e hipóteses com as quais se constroem as teorias. Segundo Duhem não há qualquer relação de natureza entre as consequências logicamente deduzidas a partir do conjunto de definições e hipóteses que constitui a teoria e as leis experimentais que essa teoria tem por fim ordenar e classificar. O que se obtém através da teoria é uma imagem das leis experimentais, imagem que é suficiente, quando boa, para substituir o conhecimento das leis experimentais nas aplicações desse conhecimento. As teorias não são, portanto, construídas com o intuito de determinar uma ordenação ontológica das leis experimentais e do mundo, mas são construídas tendo em vista a agilização e abreviação do conhecimento experimental através da criação de uma ordenação e classificação teórica convencional. Vamos, assim, como esta parte da tese é responsável pela introdução do elemento convencionalista na concepção duhemiana das

teorias físicas.

Considerada em sua unidade, esta tese epistemológica é claramente definidora da atividade estritamente teórica. Neste sentido, ela completa a descrição da gênese do conhecimento formulada pela Tese I, conduzindo a uma descrição do modo como se constitui uma teoria física a partir da acumulação de leis experimentais mediante a realização de duas operações - definição e formulação de hipóteses. Essa descrição, quando é tomada como padrão que guia a ação teórica de construir uma teoria física, constitui o que se pode chamar de método teórico. A segunda tese compreende, assim, não apenas a postulação do fim, mas também a determinação do modo de fazer que permite atingir esse fim. (Voltarei a este ponto mais adiante, quando tratar do método teórico).

Entretanto, o ponto mais interessante dessa definição da atividade teórica está na exclusão explícita de uma concepção alternativa do conhecimento teórico, segundo a qual o fim de uma teoria é ser uma explicação das leis experimentais e do mundo. Ao negar a existência de uma relação de natureza entre a ordenação teórica das leis experimentais e a ordem ontológica dos fenômenos, Duhem exclui precisamente a construção de teorias explicativas acerca do mundo. Em resumo, a segunda tese epistemológica de Duhem afirma que as teorias físicas são meios convencionais para classificar e ordenar as leis experimentais e não explicações - que, como veremos, Duhem considerará metafísicas - dessas leis experimentais e do mundo material.

Mas, afinal, em que se baseia essa exclusão das teorias explicativas prescrita pela tese duhemiana sobre o fim e a natureza do conhecimento teórico? Por que o conhecimento teórico não pode ser entendido como uma explicação do mundo tal como nos é revelado pelas leis experimentais? Ou ainda, o que impossibilita a existência de uma relação de natureza entre a ordenação sistemática das leis experimentais produzida pela teoria e a ordem real do mundo? E, finalmente, o que Duhem entende por "relação de natureza"?

Antes de responder à indagação acima, convém fazer uma ressalva. A concepção explicativista do conhecimento teórico é representada no final do século XIX por uma interpretação mecânica das teorias da física matemática. A teoria mecânica era então considerada como o ideal de teoria científica explicativa, e o método de construção de teorias mecânicas era considerado como o modo de atingir o fim de construir teorias explicativas. A crítica de Duhem a essa concepção alternativa do conhecimento teórico desdobra-se, assim, em duas frentes: numa frente metodológica, como uma crítica ao mecanicismo do século XIX - seja à teoria mecânica tomada como ideal de teoria científica explicativa, seja ao método mecânico tomado como método (isto é, como modo de ação) que se conforma àquele ideal. Na segunda frente - a epistemológica - mais geral que a primeira -, Duhem critica a concepção explicativista do conhecimento teórico que fundamenta a consideração da teoria mecânica como teoria ideal e fim a ser alcançado (1).

A ressalva acima permite mostrar que, embora a crítica de Duhem à concepção explicativista já apareça explicitamente no ensaio de 1892 (2) no bojo de sua crítica ao mecanicismo (isto é, no plano metodológico do confronto entre o método teórico proposto por Duhem e o método de construção de teorias mecânicas), a formulação completa, no plano epistemológico, do que fundamenta essa crítica e, portanto, a exclusão da concepção alternativa, encontra-se no ensaio "Physique et Métaphysique".

(1) É importante notar que o debate do final do século XIX acerca dos méritos metodológicos dos modelos não se faz sem que haja, como diz Laudan, uma "motivação científica tática" representada, no nosso caso, pela polémica entre atomistas e energetistas. Nesse sentido, concordamos com Laudan quando diz que "...é forçoso reconhecer que os cientistas muitas vezes se voltam para a metodologia na esperança de racionalizarem as suas próprias convicções teóricas e procedimentos experimentais". (Cf., Laudan, Teorias do Método Científico de Platão e Mach, p.14). Contudo, isto não nos deve levar a pensar que os méritos dessas reconstruções racionais da pesquisa científica se esgotem na racionalização de certas motivações científicas táticas, sendo antes indicativo que as questões metodológicas surgem em contextos científicos explícitos.

(2) Cf. Pierre Duhem, (1892), § 5 a § 7, em particular, o § 6, "La physique théorique n'est pas une explication métaphysique du monde matériel", pp. 158-162.

Assim, já no primeiro ensaio Duhem afirma explicitamente a exclusão da concepção explicativista no próprio título do §6: "A teoria física não é uma explicação metafísica do mundo real", onde considera a concepção explicativista como o "nú vital de todas as doutrinas errôneas" acerca da física teórica, atribuindo a manutenção da teoria mecânica como ideal de teoria física a "uma tendência irresistível a procurar pela natureza das coisas materiais e a razão de ser das leis que regem os fenômenos que observamos" (1892,p.158). Essa poderosa tendência a tomar como explicações metafísicas do mundo material os sistemas construídos para representar simbolicamente as leis experimentais possui uma constituição psico-social. É uma tendência psicológica, porque, sendo uma tendência interior, comum a todos os homens, a de exagerar o alcance e importância do que faz, para atribuir-se maiores méritos, é compartilhada pelos físicos teóricos que são levados desse modo a considerar as teorias físicas como teorias explicativas. É sociológica, porque o meio social, em que o cientista vive, também o influencia na mesma direção. O que se explica, pois o homem comum compreende a física de duas maneiras: ou exigindo da física aplicabilidade prática (tecnológica) ou "exigindo dela uma explicação do mundo físico que satisfaça sua ambição de tudo compreender" (1892,p.159). Essa tendência é, em suma, a razão pela qual o físico é levado "a procurar na teoria não uma coordenação sistemática das leis, mas uma explicação dessas leis" (1892,p.159).

Em oposição a essa tendência, Duhem defende uma delimitação precisa do fim e da natureza da física teórica, que é entendida como "um sistema, uma construção simbólica, destinada a resumir, num pequeno número de definições e princípios, o conjunto das leis experimentais" (1892,p.158). Após uma comparação entre o método de construção das teorias mecânicas e seu método teórico, com vistas a avaliar as duas concepções de conhecimento teórico enquanto meios para atingir os fins propostos, Duhem conclui dizendo que o teórico, ao ver que "uma multiplicidade de fenôme

nos variados e complexos são classificados, ligados entre si, pela teoria que concebeu, acreditará ter atingido seu fim" (1892,p.162). Não se importará nesse caso nem com a exigência de que seus sistemas sejam modelos mecânicos, nem com a reprimenda "de empregar qualidades ocultas, não se sentirá atingido por essa crítica: ele quis classificar as leis, não desvelar as causas" (1892,p.162).

Tudo o que foi dito até aqui mostra que a exclusão da concepção explicativista das teorias não se faz sem pressupostos. A explicitação do que está pressuposto pela Tese II corresponde à tese demarcatória duhemiana entre física e metafísica (Tese III).

A tese III está composta de duas partes. A primeira parte é representada por uma tese sobre a natureza do conhecimento humano que, além de proporcionar a razão epistemológica pela qual a gênese do conhecimento é tal como a descreve a Tese I, serve de fundamento epistemológico da demarcação operada pela segunda parte da Tese III. Esta segunda parte - que é composta pelas definições de física e metafísica - está pressuposta pela Tese II, pois é ela que torna possível alcançar um conhecimento teórico compatível com a imagem gerada pela Tese II. É este último aspecto que reveste a Tese III de seu caráter fundamental, pois é ela que possibilita que a metodologia implícita na tese II, isto é, o método teórico, conduza à construção de teorias físicas que simplesmente ordenam e classificam o conhecimento experimental.

A Tese III de Duhem pode ser formulada como se segue:

1. Tese IIIa: "A inteligência do homem não tem o conhecimento direto, a visão imediata da essência das coisas exteriores; o que conhecemos diretamente dessas coisas, são os fenômenos dos quais elas são as fontes e a sucessão dos fenômenos"
2. Tese IIIb: Def. 1: definição de física: "A física é o estudo dos fenômenos dos quais a matéria bruta é a fonte e

das leis que os regem".

Def. 2: definição de metafísica: "A cosmologia procura conhecer a natureza da matéria bruta, considerada, como causa dos fenômenos e como razão de ser das leis físicas" (1893, pp.57-58).

A primeira parte da tese é claramente epistemológica, sendo uma tese acerca da natureza do intelecto (mente) humano. A tese IIIa constata uma limitação do intelecto humano, caracterizada pela impossibilidade de conhecer diretamente as substâncias, que são entendidas como causa dos fenômenos. O primeiro ponto a ressaltar é que esta tese epistemológica completa a Tese I sobre a gênese do conhecimento proporcionando uma justificação empirista de que o conhecimento do mundo exterior se efetua em três passos sucessivos e dependentes: fenômenos - leis experimentais - teorias. Em outras palavras, procedemos dessa maneira, porque nosso conhecimento direto do mundo, isto é, o conhecimento obtido pela experiência, resume-se a um conhecimento dos fenômenos e da sucessão dos fenômenos. A contrapartida metodológica é óbvia: se queremos conhecer o mundo exterior temos que começar observando os fenômenos e a sucessão dos fenômenos. Neste sentido, a tese é empirista.

Além de proporcionar a razão pela qual o conhecimento do mundo exterior se dá dos fenômenos às teorias, a Tese IIIa serve também de fundamento para a demarcação entre física e metafísica, formulada pela tese IIIb. Duhem pretende que esta última estabelece uma distinção de natureza entre a física e a metafísica. Mas essa distinção, como ele mesmo diz, "não decorre da natureza das coisas estudadas, mas somente da natureza de nossa inteligência" (1893, p.58). Isso sem dúvida quer dizer que a tese IIIb é uma consequência da tese IIIa. Com efeito, a tese IIIa não nega que possa existir conhecimento da causa dos fenômenos, mas afirma que não temos conhecimento direto, isto é, conhecimento pela experiência, da causa. Fica aberta assim a possibilidade de que tenhamos um

conhecimento indireto das essências dos fenômenos. No que consiste esse conhecimento indireto?

Segundo Duhem (1893,p.57), o conhecimento dos fenômenos nos propicia um certo conhecimento das próprias coisas. Isso ocorre, em primeiro lugar, porque as coisas materiais "são as causas eficientes desses fenômenos" e, em segundo lugar, porque "o conhecimento de um efeito nos fornece certas informações sobre a substância que causa esse efeito, sem nos dar entretanto um conhecimento adequado e completo dessa substância".

Como consequência dessa distinção, operada pela IIIa, entre o conhecimento direto, entendido como conhecimento observacional dos efeitos, e o conhecimento indireto, entendido como conhecimento das substâncias que causam os efeitos, o conhecimento do mundo exterior - dada a limitação de nosso intelecto - se dá em duas etapas sucessivas: uma primeira etapa, que corresponde à física, em que se estudam os fenômenos e se estabelecem as leis segundo as quais eles se sucedem; uma segunda etapa, que corresponde à metafísica, na qual se procura "induzir desses fenômenos as propriedades das substâncias que causam esses fenômenos".

Como consequência da Tese IIIb que limita a física ao domínio do observável - isto é, dos fenômenos e sucessão desses fenômenos -, quando combinada com a tese II sobre o fim e natureza do conhecimento teórico, Duhem chega a uma demarcação que atribui um objetivo instrumentalista à física teórica (as teorias são meios para ordenar e classificar o conhecimento experimental) e um objetivo essencialista à metafísica (que é concebida como o estudo das essências das coisas).

Neste ponto é interessante não deixar de considerar que a demarcação duhemiana entre física e metafísica (ou cosmologia) corresponde à retomada de uma das demarcações tradicionais entre a astronomia, entendida como o estudo experimental das leis astronômicas e sua reunião em

teorias, e a física entendida no sentido aristotélico de estudo do movimento das coisas materiais, isto é, o estudo das modificações que a essência dessas coisas pode sofrer em toda passagem de potência a ato (1893, p.56). Contudo, embora tudo o que se disse até aqui possa levar a supor que a demarcação duhemiana é aristotélica, essa suposição deve ser qualificada para não conduzir a mal entendidos, posto que Aristóteles parece mais inclinado a sustentar uma interpretação realista da astronomia. Não é no Filósofo que Duhem encontra a formulação da demarcação rigorosa, mas no astrônomo, em particular em Ptolomeu. É a interpretação formalista ptolomaica do uso da geometria no estudo dos fenômenos astronômicos que Duhem reescreve numa interpretação formalista do uso da análise matemática no estudo dos fenômenos físicos.

Mas a demarcação duhemiana, além de retomar a caracterização ptolomaica clássica da astronomia, adaptando-a à física do século XIX, contém também uma interpretação da metafísica, solidária com a concepção clássica (aristotélica) da metafísica como ontologia. Esse aspecto da demarcação está claramente representado pelo essencialismo metafísico defendido por Duhem. Essa interpretação essencialista da metafísica tem um papel central na interpretação das explicações teóricas como explicações essencialistas. Certamente, ela é responsável por Duhem considerar afirmações como "As teorias são explicações do mundo" ou "As teorias explicam os fenômenos naturais" como significando "As teorias são explicações metafísicas do mundo" ou "As teorias desvelam as causas e a razão de ser dos fenômenos". Assim, segundo a concepção essencialista, dizer que as teorias são explicações é afirmar que as teorias permitem o conhecimento das causas ocultas por trás das aparências sensíveis. Mas isso é confundir o conhecimento obtido pela experiência - que só pode ser conhecimento das aparências sensíveis - com a determinação ontológica de substâncias (qualidades ocultas, inobserváveis) que se tomam como causas dos fenômenos.

O compromisso de Duhem com uma metafísica essencialista é, assim, responsável pela admissão da concepção da metafísica como ontologia. Esse compromisso corresponde também à limitação da teoria duhemiana da ciência, que se dá em dois níveis: no nível da física teórica, com a proibição de que as teorias sejam explicações (essencialistas) da realidade e conseqüente postulação da concepção formalista do uso da matemática à natureza e instrumentalista do fim e natureza das teorias físicas. No nível da metafísica, com a admissão de que a ela cabe a determinação ontológica das essências enquanto causas dos fenômenos. Para apreciar este aspecto da demarcação duhemiana, analisaremos as teses que são conseqüências da tese demarcatória.

3. As Conseqüências da Tese Demarcatória de Duhem

O primeiro aspecto relevante com relação à demarcação duhemiana é que ela não estabelece uma distinção entre física e metafísica com o objetivo de eliminar, à maneira positivista, a metafísica. Em outras palavras, não se trata, como no positivismo comteano ou no positivismo posterior do Círculo de Viena, de negar alcance cognitivo à metafísica, mas antes de demarcar rigorosamente duas esferas do conhecimento, estabelecendo limites claros à relação entre elas. Neste sentido, a tese demarcatória duhemiana é nitidamente epistemológica. Ela estabelece a existência de duas esferas do conhecimento ("dois graus da ciência"), limitando a física à esfera do conhecimento dos fenômenos e atribuindo à metafísica a esfera do conhecimento ontológico do ser. Trata-se, na verdade, de distinguir duas formas de conhecimento teórico, que correspondem a duas etapas sucessivas da ciência teórica.

Esse aspecto da tese III de Duhem é claramente ilustrado pelas duas conseqüências extraídas da demarcação proposta. A primeira dessas teses é concernente à prioridade lógica da física sobre a metafísica; a segunda é a tese da independência entre física e metafísica.

Quanto à primeira conseqüência (1893, pp.58-61), Duhem estabelece,

em primeiro lugar, uma diferença entre dois tipos de ordens: a "ordem lógica", que parece ser entendida por ele como uma ordem que se estabelece devido à limitação do intelecto humano, imposta pela Tese IIIa, e a "ordem de excelência", que se estabelece em função da profundidade do conhecimento obtido. Atribui, em seguida, à metafísica a prioridade na "ordem de excelência", pois "o conhecimento que a metafísica nos dá das coisas é mais íntimo, mais profundo, que aquele fornecido pela física", e à física a prioridade na "ordem lógica". Como Duhem estabelece a prioridade lógica da física sobre a metafísica?

O argumento apresentado por Duhem em favor da prioridade lógica tem sua premissa diretamente ligada à Tese IIIa e está obviamente baseado na interpretação essencialista da metafísica. O argumento consiste em afirmar que, como só podemos "conhecer a essência das coisas enquanto essa essência é a causa e a razão de ser dos fenômenos e das leis que os regem", segue-se que "o estudo dos fenômenos e das leis deve preceder à investigação das causas" (1893, pp.58-59).

Sem dúvida, o ponto essencial e mais interessante desta tese da prioridade lógica da física sobre a metafísica é que ela representa antes uma restrição à pesquisa metafísica do que uma delimitação à pesquisa física; restrição que pode ser tomada como corolário da tese demarcatória e que é explicitamente enunciada por Duhem nos seguintes termos: "Nenhuma pesquisa metafísica concernente à matéria bruta pode ser feita logicamente antes que se tenha adquirido um certo conhecimento da física" (1893, p.59).

Esta restrição à pesquisa metafísica se revela particularmente importante na crítica, operada por Duhem, à tentativa de deduzir a física da metafísica. Com efeito, embora seja teoricamente possível que, uma vez atingido o conhecimento metafísico das causas a partir do conhecimento dos efeitos, se possa deduzir a partir desse conhecimento da natureza das coisas materiais (conhecimento metafísico) o conhecimento dos fenômenos

e das leis que os regem (conhecimento físico), esse empreendimento se revela praticamente complicado devido a razões de duas ordens: de um lado, a uma assimetria da relação entre causa e efeito; de outro lado, ao caráter negativo das verdades metafísicas e ao caráter altamente hipotético dos sistemas metafísicos.

O primeiro argumento consiste em afirmar que a relação entre causa e efeito, que é interpretada essencialmente como uma relação entre a substância e o fenômeno que é produzido por ela (1893, pp. 59-60) é assimétrica, pois a relação da causa ao efeito é diferente da relação do efeito à causa. O conhecimento completo e adequado da causa (substância) implica o conhecimento completo do efeito (fenômenos produzidos pela substância). Mas a inversa não vale, pois "um mesmo efeito pode ser produzido por diversas causas diferentes". Como somos obrigados, em virtude da limitação de nosso intelecto, a partir do conhecimento dos fenômenos, a inferência das causas enreda-se, por assim dizer, na pluralidade das mesmas.

Neste ponto é importante notar que a identificação entre substância e causa, de um lado, e fenômeno e efeito, de outro, mostra a particularidade da concepção duhemiana de causalidade. A causalidade não é entendida como uma relação (por exemplo, de anterioridade) que se estabelece entre fenômenos, mas como a entidade que estabelece o ser do fenômeno. O conhecimento das causas está intimamente ligado ao conhecimento do ser. A concepção duhemiana de causalidade, envolvida na formulação da tese demarcatória, revela-se assim nitidamente solidária de uma concepção ontológica da metafísica. A causalidade não é entendida por Duhem como uma categoria epistemológica que constitui um padrão de inteligibilidade para os fenômenos que podem ser causalmente conhecidos, mas é antes concebida como uma categoria ontológica que estabelece, por assim dizer, um padrão com o qual podemos aferir a existência de certa entidade (inobservável) via a determinação de seus efeitos (ob

serváveis).

O segundo argumento está intimamente ligado ao primeiro, pois dado que o conhecimento dos fenômenos aponta para uma pluralidade de causas possíveis, as verdades metafísicas são obtidas "antes por exclusão de certas hipóteses que poderiam ser feitas acerca da natureza das coisas" (1893,p.60), que por uma determinação positiva da causa. Tanto é assim que muito raramente a verdade metafísica é afirmativa, e isso ocorre apenas quando se chega à eliminação de todas as possíveis causas à exceção de uma.

Entretanto, Duhem estende sua argumentação aos sistemas metafísicos. Após formular expressamente a exigência de não confundir as verdades metafísicas com os sistemas metafísicos, Duhem os define como se segue:

Def.: "As verdades metafísicas são as proposições pouco numerosas e, na grande maioria, de forma negativa, que obtemos quando vamos dos fenômenos observados às substâncias que os causam."

Def.: "Um sistema metafísico, ao contrário, é um conjunto de juízos positivos, mas hipotéticos na grande maioria, pelos quais um filósofo procura ligar entre si, numa ordem lógica e harmoniosa, as verdades metafísicas." (1893,p.60)

Estas duas definições são um sinal claro de que a demarcação duhemiana não estabelece apenas uma concepção da física, mas também uma concepção da metafísica. A tal ponto isso é verdade que, não contente de haver legislado sobre a estrutura da metafísica, Duhem formula também um critério de aceitabilidade para os sistemas metafísicos: "um tal sistema é aceitável quando nenhuma das hipóteses, das quais se compõe, fere uma verdade metafísica estabelecida" (1893,p.60). Este critério possui uma espantosa semelhança, como veremos detalhadamente na seção 4 deste trabalho, com o critério de aceitabilidade para uma teoria fí-

sica proposto por Duhem: uma teoria física é aceitável se nenhuma consequência lógica de suas hipóteses contraria uma lei experimental estabelecida.

A profunda analogia existente entre as teorias físicas, que são meios para ordenar e classificar as leis experimentais, e os sistemas metafísicos, que são meios para ordenar lógica e hipoteticamente as verdades metafísicas; e a clara analogia entre os critérios de aceitabilidade para as teorias físicas e para os sistemas metafísicos mostram que Duhem concebe a física e a metafísica no interior da mesma concepção formalista. A concepção formalista de Duhem não se restringe assim a uma concepção concernente ao uso da matemática para o estudo dos fenômenos observáveis, mas aplica-se também à metafísica, isto é, ao estudo de um aparato conceitual para o estudo das causas (inobserváveis) dos fenômenos observáveis. O resultado nem poderia ser outro, dado que Duhem define os sistemas metafísicos como construções hipotéticas sobre inobserváveis (que se referem a qualidades ocultas, a causas ocultas por trás das aparências), que visam a ordenar logicamente as verdades metafísicas.

Isto posto, pode-se ver as dificuldades que Duhem vê na tentativa de deduzir a física da metafísica. As verdades metafísicas, como são em sua maioria negativas e, portanto, pouco determinadas, dificilmente conduzem a "fazer prever a existência de uma nova classe de fenômenos, permitir adivinhar uma nova lei física" (1893, p.61). Quanto aos sistemas metafísicos, após considerar que estão mais aptos a conduzir a consequências físicas, afirma que o caráter hipotético ("duvidoso e problemático") de que eles se revestem, afeta irremediavelmente qualquer consequência física que deles é deduzida, que não pode assim ser considerada estabelecida. Se a proposição física é aceitável, ou não, cabe à física decidir, como diz Duhem, soberanamente.

A consequência da tese de anterioridade lógica da física sobre a

metafísica, que pode ser entendida como corolário da Tese IIIa, está explicitamente resumida por Duhem: "...se não impossível, é pelo menos extremamente difícil, deduzir de verdades metafísicas bem estabelecidas uma verdade física nova; quanto aos sistemas metafísicos, eles podem sugerir uma proposição da física, mas só a física poderá decidir se esta proposição é exata ou inexata." (1893,p.61)

A conclusão de Duhem de que só a física pode decidir acerca da aceitabilidade de proposições físicas conduz obviamente a afirmar que a física é independente da metafísica. O tratamento dado por Duhem a esta questão correspondente à segunda consequência da tese demarcatória de Duhem: à tese da independência da física em relação à metafísica. A formulação desta tese se dá em dois momentos conforme o plano de reconstrução racional da física: no primeiro momento (3), Duhem estabelece a independência da física experimental em relação à metafísica; no segundo momento (4), formula a mútua independência entre os dois tipos de investigação teórica sobre os fenômenos: a física teórica e a metafísica.

A tese da independência da física em relação à metafísica é formulada em primeiro lugar para a física experimental. No plano metodológico, essa tese afirma que "O método experimental repousa sobre princípios evidentes em si e independentes de toda metafísica" (1893,p.62). Segundo Duhem, o método experimental, que permite estudar os fenômenos físicos e descobrir as leis que os encadeiam, emprega noções - tais como as noções de fenômeno físico, lei física, corpo, extensão, tempo e movimento - e assenta em princípios - tais como os axiomas da geometria e da cinemática, ou como "a existência de leis que determinam o encadeamento dos fenômenos físicos" (1893,p.62) - cujo uso independe do conhecimento metafísico que possamos ter dessas noções e princípios. Contudo,

(3) Cf., 1893, seção III, pp.62-64.

(4) Cf., 1893, seção IV, pp.64-68.

essa independência não decorre do fato de que o entendimento que temos dessas noções e princípios "seja absolutamente claro e completo", mas antes de que temos um conhecimento "suficientemente distinto para poder fazer um uso legítimo dessas noções em todas as pesquisas físicas." (1893,p.63).

Em resumo, essa tese de independência está baseada numa tese de irrelevância metodológica da metafísica, segundo a qual a metafísica, entendida como o estudo metafísico das noções e princípios sobre os quais repousa a física experimental, não tem "contra-partida sobre o método experimental", no sentido exato de que esse estudo não modifica "em nada o uso que convém fazer, na física, dessa noção ou desse princípio." (1893,p.63).

É interessante observar que a tese da irrelevância metodológica da metafísica tem como consequência tornar um princípio, que pode perfeitamente ser considerado metafísico, numa espécie de hipóstase de um princípio do método. Assim, o princípio que afirma a existência de leis fixas que regem os fenômenos físicos, que é considerado por Duhem como um princípio do método experimental, é claramente passível de determinação metafísica. Enquanto princípio do método, ele afirma que devemos procurar por leis; e isso podemos fazer, independentemente da consideração metafísica do que é "ser uma lei". Não é outro o sentido da afirmação de Duhem: "...independente ("en dehors") de toda pesquisa metafísica, sabemos que todos os fenômenos dos quais a matéria bruta é a fonte estão sujeitos a leis fixas, e a certeza desse princípio é tal que podemos, sem hesitação, consagrar nossas vidas à descoberta dessas leis!" (1893,p.63).

Contudo, a independência da física experimental à metafísica não se resume à afirmação da irrelevância metodológica da metafísica para o uso do método experimental, mas conduz também a uma tese de irrelevância epistemológica da metafísica. Com efeito, "o uso que convém fa

zer" no método experimental de uma noção ou princípio apóia-se numa certeza e evidência que independem da investigação metafísica: "o que há nesta noção (Duhem refere-se à noção de "corpo") de evidente em si, é aquilo que é necessário e suficiente na física." (1893,p.64). E a conclusão de Duhem é suficientemente clara para deixar dúvidas: "...cabe à metafísica dar conta dos fundamentos, evidentes por si mesmos, sobre os quais repousa a física; mas este estudo não acrescenta nada à certeza e evidência desses fundamentos no domínio da física." (1893,p.64). O resultado não é outro que a afirmação da irrelevância epistemológica da metafísica, entendida como investigação dos fundamentos da certeza e evidência do método experimental.

Em resumo, o primeiro momento da tese da independência da física em relação à metafísica, que corresponde à formulação dessa independência para a física experimental, apóia-se, de um lado, numa tese de irrelevância metodológica que conduz à negação de que a metafísica possa servir de fundamento do método experimental -- no sentido de que determinaria o uso que se deve fazer de uma noção ou princípio desse método - e, de outro lado, numa tese de irrelevância epistemológica, que nega que a metafísica possa fundamentar a certeza e evidência do método experimental. Ora, essas duas teses de irrelevância conduzem à exclusão de uma concepção epistemológica da metafísica que consiste em considerá-la como investigação dos fundamentos do ser enquanto cognoscível (conhecimento). Fica assim excluída a possibilidade de considerar-se como metafísico, por exemplo, o princípio que afirma a existência de leis fixas entre os fenômenos físicos. Este é entendido como uma espécie de recomendação metodológica para que procuremos descobrir as leis de sucessão dos fenômenos. Enquanto princípio do método experimental, ele independe de qualquer consideração metafísica que suponha ser a existência de leis (de determinado tipo) uma explicação para a organização dos fenômenos segundo essas leis.

Uma vez estabelecida a independência para a física experimental, Duhem passa, num segundo momento, a estabelecer a independência entre física teórica e metafísica, que ele assevera ser mútua (1893,p.64). Duhem utiliza, para tanto, dois argumentos, baseados em sua tese sobre o fim e natureza do conhecimento teórico (física teórica).

O primeiro argumento visa a estabelecer a independência da física teórica com relação à metafísica. Este argumento é, em grande medida, um resultado da delimitação precisa do fim das teorias físicas produzida pela Tese II. O primeiro resultado da consideração de que uma teoria física tem por fim uma classificação das leis experimentais é uma tese de irrelevância cognitiva das teorias físicas com relação ao conhecimento experimental. As teorias não proporcionam um acréscimo de conteúdo ao conhecimento experimental, apenas permitem uma ordenação desse conhecimento: "A ciência, diz Duhem (1893,p.65), não muda pois de caráter e de alcance ao tornar-se teórica: ela se torna mais perfeita de forma, melhor ordenada, mais simples e, por consequência, mais bela; no fundo ela permanece a mesma; ela continua física, não se torna metafísica".

Além disso, exatamente por não acrescentar nada ao conhecimento experimental, o conhecimento teórico não contém qualquer hipótese teórica (metafísica) concernente à razão de ser das leis ou à natureza dos fenômenos.

Baseado na tese acima que delimita as teorias físicas a serem classificações das leis e elimina a possibilidade de que sejam entendidas como explicações das leis e dos fenômenos físicos, Duhem estabelece a independência entre as proposições teóricas da física e as proposições metafísicas. Dado que uma proposição da física teórica não é um juízo sobre a natureza das coisas, não pode haver contradição entre elas. Em outras palavras, não se pode rejeitar uma teoria física com base em que ela esteja em contradição com uma proposição metafísica, porque fazer isso é supor que os termos abstratos (teóricos) referem-se a entidades

inobserváveis que são consideradas como causas dos fenômenos físicos (ou ainda, porque desse modo hipostasiamos um termo teórico numa entidade inobservável).

Essa mesma diferença mostra também que as proposições físicas e metafísicas "jamais podem ser idênticas". O que, dito em outros termos, equivale a negar a possibilidade de confirmar uma teoria física apoiado em considerações hipotéticas acerca da existência de entidades inobserváveis que explicariam os fenômenos e as leis experimentais.

Note-se, entretanto, que a conclusão de Duhem de que a física teórica é independente da metafísica está apoiada numa diferença lógica entre as proposições da física teórica e as proposições metafísicas. Essa diferença se expressa através de dois enunciados: "As proposições metafísicas e as proposições físicas jamais podem ser contraditórias"; "As proposições metafísicas e as proposições físicas jamais podem ser idênticas". "É pois absurdo, conclui Duhem (1893, p.65), procurar, entre as verdades metafísicas, seja a confirmação, seja a condenação de uma teoria física, pelo menos enquanto esta permaneça confinada ao domínio que lhe é próprio."

Fica claro, pois, que a noção de "independência", envolvida na tese duhemiana de que a física é independente da metafísica, está definida nos termos de suas proposições concernentes às relações lógicas entre os dois tipos de proposições: físico-teóricas e metafísicas: a primeira afirma a impossibilidade de contrariedade entre os dois tipos de proposições; a segunda, a impossibilidade de identidade.

Note-se, entretanto, que o requisito "pelo menos enquanto esta permaneça confinada ao domínio que lhe é próprio" é fundamental, pois aponta para a razão da impossibilidade das relações lógicas de contrariedade e identidade entre os dois tipos de proposições. A razão se encontra exatamente quando se aplica o requisito. Ou seja: "A teoria física, ao classificar um conjunto de leis experimentais, não nos ensina

absolutamente nada sobre a razão de ser dessas leis e sobre a natureza dos fenômenos que eles regem." (1893,p.65). O requisito é, pois, necessário, posto que o fim proposto por Duhem exclui exatamente a possibilidade de que as teorias físicas sejam tomadas como explicações dos fenômenos e das leis físicas. Assim, a razão pela qual não pode haver nem contrariedade, nem identidade, entre as proposições físicas e as metafísicas é que as primeiras são classificações e as últimas explicações.

Mas isso significa que a demarcação duhemiana entre física e metafísica pode ser entendida como uma tentativa de estabelecer uma demarcação rigorosa entre o domínio do observável - os fenômenos e sua sucessão - e o domínio do inobservável - "as causas ocultas, como diz Duhem, por trás das aparências". A exigência de que as teorias físicas sejam uma classificação das leis experimentais é, nesse sentido, uma exigência de que ela se atenha ao domínio do observável. Se as proposições da física teórica não possuem alcance cognitivo - isto é, se elas se mantêm no domínio do observável, então nenhum termo teórico pode ser entendido como referindo-se a entidades abstratas inobserváveis (causas ocultas).

Finalmente, a independência da física teórica em relação à metafísica é também uma enunciação clara da soberania da física em decidir acerca da aceitabilidade (confirmação ou rejeição) de uma proposição da física teórica ou de uma teoria física. A física, que já era soberana na física experimental, torna-se ao adquirir soberania como física teórica, totalmente independente da metafísica.

O segundo argumento visa estabelecer a independência da metafísica com relação à física teórica. Neste ponto é importante notar que em virtude da tese da anterioridade da física à metafísica, esta não é independente da física experimental. Contudo, o mesmo não ocorre entre a metafísica e a física teórica. Como as teorias são cognitivamen

te irrelevantes, elas nada acrescentam ao conhecimento experimental, do qual parte a metafísica, e conseqüentemente "...se elas servem à metafísica, é indiretamente, tornando as leis físicas que elas classificam e resumem mais facilmente presentes ao espírito do filósofo" (1893, p.2)

Cabe lembrar neste ponto que o segundo argumento de Duhem é praticamente uma consequência da caracterização da natureza das teorias, produzida pela Tese II. A conclusão de Duhem se apoia nitidamente na inexistência de uma "relação de natureza" entre a ordem que a teoria estabelece entre as leis experimentais e a ordem ontológica expressa pelas leis metafísicas: "A subordinação que uma teoria estabelece entre as diversas leis físicas em vista de classificá-las não nos obriga de modo algum a admitir uma subordinação análoga entre as leis metafísicas das quais essas leis físicas são a manifestação." (1893, p.66). A tese da irrelevância cognitiva das teorias físicas está, pois, estreitamente ligada à tese convencionalista acerca da natureza das teorias físicas.

A tese da mútua independência entre física e metafísica (segunda consequência da tese demarcatória), estabelecida pelos dois argumentos acima, proporciona, por outro lado, razões mais fortes que as oferecidas pela tese da antecendência lógica da física com relação à metafísica (primeira consequência da tese demarcatória) para a rejeição da dedução de uma física a partir da metafísica. Assim, como já fizera anteriormente, Duhem avalia essa possibilidade do ponto de vista teórico e do ponto de vista prático.

Admitida, teoricamente, a possibilidade de uma explicação metafísica completa da natureza das coisas materiais e admitida a possibilidade de deduzir dessa metafísica a mais perfeita das teorias físicas, que seria então "...uma reprodução da ordem metafísica", "seríamos ainda logicamente livres para adotar uma outra (teoria), para encadear as leis físicas numa ordem diferente, para aceitar um outro modo de repre-

sentação dos fenômenos físicos" (1893, pp.66/67). Por mais desazozada que possa parecer essa rejeição de uma teoria física deduzida a partir de uma metafísica, ela não viola nenhum princípio da lógica, ou seja, não é absurda. E a razão disso, segundo Duhem (1893, p.67), é fundamentalmente que a teoria é uma classificação e "uma classificação não é um juízo; e la pode ser útil ou inútil, boa ou má; ela não pode ser verdadeira nem falsa."

Por outro lado, do ponto de vista prático, os já referidos caráter negativo das verdades metafísicas e caráter altamente hipotético dos sistemas metafísicos mostram que não é "evidente que uma teoria física deduzida de um sistema metafísico seja melhor que uma outra estabelecida independentemente de toda consideração sobre a essência das coisas" (1893, p.67). Novamente não se trata de uma questão de verdade, mas de utilidade. E isso está novamente ligado à natureza classificatória de uma teoria física.

A absoluta independência da física teórica com relação à metafísica, produzida pela exata delimitação do fim de classificar as leis experimentais e pela determinação da natureza da classificação, pode, pois, ser traduzida numa afirmação clara da soberania da física: "...protegida ("cantonnée") em seu forte, ela não teme senão dois tipos de adversários: os físicos que a contestam, seja em nome da experiência, seja em nome de outras teorias físicas, e os céticos que negam a evidência e certeza de quaisquer noções, de quaisquer princípios sobre os quais repouse logicamente a ciência experimental." (1893, p.68). Quanto aos últimos, cabe à metafísica combatê-los, mostrando a evidência dos fundamentos do conhecimento.

As duas consequências da demarcação mostram com clareza que ela conduz à caracterização de dois tipos de conhecimento teórico: o físico e o metafísico. Há, por um lado, uma característica que é compartilhada por ambos tipos. O conhecimento teórico é sempre entendido como

uma organização e sistematização do conhecimento disponível. Neste aspecto há uma estreita analogia entre as teorias físicas e os sistemas metafísicos: em ambos o uso do aparato conceitual visa ordenar o conhecimento disponível. As teorias científicas visam classificar as leis experimentais; os sistemas metafísicos visam reunir as verdades metafísicas numa ordem lógica e harmoniosa.

Mas, por outro lado, a física teórica e a metafísica são nitidamente distintas: a teoria física é uma mera classificação (convencional) das leis experimentais; a metafísica é uma explicação das causas ocultas (inobserváveis) por trás das aparências. Em outras palavras, os conceitos e princípios teóricos da física não fazem referência se não a observáveis; os conceitos teóricos que fazem referência a entidades inobserváveis (por exemplo, "átomo") são metafísicos.

Finalmente, o essencialismo de Duhem, responsável pela suposição de substâncias como causas dos fenômenos, mostra que a metafísica é concebida como ontologia, pois a substância nada mais é que a determinação ontológica da natureza e razão de ser dos fenômenos. Como resultado, a tese demarcatória nos oferece uma separação radical entre o domínio do conhecimento dos fenômenos e o domínio da determinação ontológica desses fenômenos. O essencialismo metafísico de Duhem tem, por outro lado, como contrapartida uma tese empirista radical, segundo a qual as teorias físicas devem ater-se ao domínio do observável. Em outras palavras, a linguagem teórica da física é uma linguagem que limita drasticamente seus compromissos ontológicos, proibindo a referência de termos teóricos a entidades inobserváveis. Neste sentido, a demarcação duhemiana se revela uma aplicação extremada da navalha de Occam.

A análise detalhada feita acima das consequências da demarcação entre física e metafísica permite uma compreensão do alcance filosófico da tese duhemiana. Fixemo-nos agora na imagem de conhecimento teó-

rico na física, produzida pela combinação das Teses II e III, analisando a estrutura das teorias e a metodologia a ela associada.

4. A Fronteira Epistemológica: a Estrutura das Teorias e o Método Teórico.

A concepção da estrutura das teorias, sucintamente enunciada na tese II, segundo a qual as teorias estão compostas por um pequeno número de definições e proposições (hipóteses) formuladas em linguagem matemática que permitem, com o uso de regras da análise matemática, a dedução de um conjunto de leis experimentais, é desenvolvida por Duhem (1892, § 2 a § 4) como uma descrição do modo pelo qual se contrói uma teoria. Essa apresentação da estrutura das teorias através da descrição do modo de construir uma teoria, isto é, através das operações (modos de ação) com as quais se constrói uma teoria física possui, como mostramos na Introdução, um caráter epistemológico ou metodológico dependente do contexto em que se usa a descrição. Detalharei a seguir a descrição epistemológica da estrutura das teorias até sua fronteira com a metodologia, explicitando assim seus aspectos epistemológicos e metodológicos.

Segundo Duhem, uma teoria é construída através de duas operações: a operação de definição das noções físicas e a operação de formulação de hipóteses. Analisaremos a seguir essas duas operações, procurando determinar o que Duhem entende por definição e por hipótese e como essas operações se congregam na construção de uma teoria.

Já vimos que, para Duhem, as teorias físicas têm por fim classificar as leis experimentais. Assim, dentre um conjunto de leis experimentais, que se trata de classificar, o físico "toma uma após outra as diversas noções físicas das quais tratam essas leis. A cada uma dessas noções, faz corresponder uma grandeza, algébrica ou geométrica, cujas propriedades representam as propriedades mais imediatas das noções fí-

sicas correspondentes." (1892,p.141).

Duhem exemplifica a primeira operação através da teoria do calor. As leis experimentais que essa teoria visa a classificar fazem intervir a noção de quente. Essa noção possui certas propriedades imediatas, isto é, certas propriedades observacionais que nos permitem compreender o que quer dizer i) que um corpo A é tão quente quanto um corpo B;

- ii) que um corpo A é mais ou menos quente que um corpo B;
- iii) que se o corpo A é mais quente que o corpo B e B mais quente que C, A é mais quente que C.

Em outros termos, as três propriedades observacionais possuídas pela noção de quente permitem o estabelecimento de uma comparação entre os corpos relativamente à noção de quente.

Entretanto, Duhem reconhece que essas propriedades não são suficientes para tornar mensurável a noção de quente, isto é, para fazer com que ela seja considerada como uma grandeza determinável por operações de mensuração. Em outras palavras, até aí não temos uma definição da noção de quente. A razão disso se baseia na condição de mensurabilidade, definida por Duhem como se segue:

"para que um objeto seja mensurável, é necessário que a noção que temos desse objeto apresente não apenas todas as propriedades que acabamos de enumerar, mas ainda a propriedade de adição."(1892, pp.141-142).

Em outros termos:

um objeto é mensurável sse a) tem as propriedades i, ii, iii, isto é, se admite comparação; e
b) satisfaz a propriedade de adição.

Estas considerações mostram o problema que está envolvido na definição de quente, pois, como diz Duhem (1892,p.142), "o quente não é concebido por nós como suscetível de adição". Ou seja, enquanto quali

dade sensível que pode ser observacionalmente determinada, "quente" não confere significado a enunciados quantitativos. Em outras palavras, compreendemos o que significa dizer "O corpo A é tão quente quanto o corpo B", ou ainda "O corpo A é mais quente que o corpo B", mas não compreendemos o significado do "O quente do corpo A é igual ao quente do corpo B mais o quente do corpo C" ou de "O corpo A é o dobro mais quente que o corpo B".

Não sendo o quente, enquanto qualidade sensível, concebido como suscetível de adição, não é redutível a uma grandeza. Duhem reconhece, assim, a irredutibilidade das noções observacionais a grandezas matemáticas. Contudo, o reconhecimento da irredutibilidade não impede que a quente se possa fazer corresponder uma certa grandeza chamada temperatura, que é escolhida de "modo que as propriedades matemáticas mais simples dessa grandeza representem as propriedades da noção de quente" (1892, p.142).

Cabe neste ponto observar que há dois tipos de grandeza (quantidades) que podemos fazer corresponder a uma noção física observável (qualidade). Há, por um lado, grandezas simplesmente numéricas, que não dependem da direção, e que Duhem denomina de grandezas algébricas; e há, por outro lado, grandezas que dependem da direção e que Duhem denomina de grandezas geométricas. Numa terminologia mais recente, denominamos as primeiras de grandezas escalares e as segundas de grandezas vetoriais. Obviamente, como a noção de quente não implica qualquer noção de direção, a temperatura é uma quantidade algébrica (escalar) e não uma grandeza geométrica (vetorial).

Isto posto, a operação de definição está estinada a estabelecer "uma correspondência entre a noção de quente e a grandeza algébrica que chamamos temperatura." (1892, p.143). Entretanto, qual é a natureza dessa correspondência?

Em primeiro lugar, é importante ressaltar que, para Duhem, a cor-

respondência estabelecida é tal que entre a noção sensível e imediata (qualitativa e observacional) de quente e a noção matemática de temperatura "não há nenhuma espécie de relação de natureza: o quente nos é agradável ou desagradável; ele nos aquece ou nos queima; a temperatura pode ser acrescentada a uma outra temperatura, ser multiplicada ou dividida por um número." (1892,p.143). Não há, portanto, entre quente e temperatura uma relação de natureza porque essas noções satisfazem a conjuntos diferentes de propriedades. A diferença pode ser resumida dizendo-se que "quente é um termo observacional, cujo significado é circunscrito por qualidades sensíveis, enquanto que "temperatura" é um termo matemático que satisfaz propriedades matemáticas quantitativas.

Apesar disso, ao estabelecer uma correspondência entre temperatura e quente, "uma torna-se o símbolo da outra, de modo que, ao ser informado de que a temperatura de um corpo tem um valor determinado, sou informado quais são os corpos que são mais quentes, menos quentes e tão quentes quanto esse corpo." (1892,p.143). A temperatura é, assim, uma grandeza apta a representar a noção observacional de quente, porque, além de satisfazer certas propriedades matemáticas, é uma grandeza que satisfaz as propriedades de comparação.

Note-se, além disso, que a negação de uma relação de natureza entre quente e temperatura conduz a negar a equivalência entre elas. Isto significa que de "A é mais quente que B" não se segue necessariamente que "A temperatura de A é três vezes maior que a de B", mas, por outro lado, de "A temperatura de A é três vezes maior que a de B" segue-se que "A é mais quente que B".

Esta negação de que a correspondência estabelecida pelas definições entre as noções físicas (qualidades) e as grandezas matemáticas (quantidades) seja uma relação de natureza permite apreciar o efeito da adoção da Tese II na análise e descrição do modo como se constrói uma teoria. Já vimos que a adoção da tese II conduz ao reconhecimento

de dois tipos independentes de conhecimento teórico - o conhecimento teórico essencialista da metafísica e o conhecimento teórico formalista da física - que tem como consequência a exclusão da possibilidade de entender os termos teóricos físicos como termos linguísticos que se referem a entidades inobserváveis (essências, substâncias, causas). A operação de definição é, tendo em vista a tese II, realizada no sentido de proporcionar uma ancoragem na experiência do termo teórico matemático. Os termos teóricos (as grandezas matemáticas) são introduzidas, assim, mediante o estabelecimento de uma relação de sinonímia entre algumas de suas propriedades matemáticas e as propriedades observáveis da noção física que o termo matemático deve simbolizar.

A correspondência é, portanto, simbólica: a temperatura é um símbolo que corresponde à noção de quente. Isso significa que os termos matemáticos de uma teoria são entendidos como termos de uma linguagem que mantêm relações de sinonímia, estabelecidas pela operação de definição, com a linguagem observacional.

As definições, na acepção duhemiana, são assim regras de correspondência entre duas linguagens: a linguagem observacional e a linguagem matemática; na verdade, são regras de tradução, expressas por relações de sinonímia, que visam assegurar a tradutibilidade de uma linguagem à outra: "Em virtude dessa correspondência, toda lei física relativa ao quente, lei enunciada por uma proposição da linguagem ordinária, é traduzida simbolicamente por uma proposição matemática concernente à temperatura." (1892, p.143).

Com isso, podemos apreciar as características gerais das definições físicas em Duhem. Em primeiro lugar, "...as definições físicas constituem um verdadeiro vocabulário: assim como um dicionário francês é um conjunto de convenções que faz corresponder a cada objeto um nome, igualmente, numa teoria física, as definições são um conjunto de convenções que fazem corresponder uma grandeza a cada noção física." (1892, pp.143/144).

Fica claro, assim que as definições de Duhem são regras de correspondência (tradução) convencionais.

Em segundo lugar, as definições físicas, em virtude de seu caráter convencional, são altamente arbitrárias. Segundo Duhem (1892, p.144), "enquanto que na geometria não pode haver senão uma boa definição de uma noção dada, de ângulo reto, por exemplo, na física pode haver uma infinidade de definições de uma noção, por exemplo, da noção de temperatura ou da noção de intensidade luminosa." Em outros termos, há uma diferença clara entre as definições de noções matemáticas e as definições de noções físicas. A determinação das propriedades que devem ser satisfeitas por uma noção matemática tem como consequência uma definição única dessa noção. Na física, por outro lado, a determinação das propriedades que podem ser atribuídas a uma noção física aponta para uma infinidade de grandezas matemáticas, cujas propriedades matemáticas poderiam representar as propriedades da noção física. Como consequência, a escolha de uma dada grandeza matemática como símbolo da noção física, ou seja, o estabelecimento de uma correspondência entre uma noção física e uma grandeza matemática, é em grande parte arbitrária.

O exemplo é a esse respeito claro: a noção de temperatura, para representar a noção de quente, deve satisfazer as seguintes duas propriedades satisfeitas por essa última noção: 1- "Ela tem o mesmo valor para dois corpos igualmente quentes"; 2- "Ela tem um valor maior para o corpo A que para o corpo B, se o corpo A é mais quente que o corpo B". Isso significa que a grandeza matemática deve satisfazer aquelas propriedades que permitem a comparação e que são tomadas como propriedades fundamentais da noção de quente. Entretanto, "toda grandeza que apresenta essas características pode ser tomada como temperatura; pouco importa as outras propriedades que servem para completar esta definição; pouco importa que a temperatura seja definida por relações entre volumes, pressões, forças eletromotrizes, etc." (1892, p.144).

Em resumo, as definições são entendidas por Duhem como regras de correspondência (tradução) estabelecidas entre duas linguagens: a observacional, que se expressa através das linguagens naturais, e a matemática. Essa correspondência é, portanto, simbólica: faz corresponder a cada noção física uma grandeza matemática que é tomada como símbolo da noção física representada. Finalmente, para obter uma definição deste tipo, a regra a ser seguida é: as propriedades matemáticas mais simples da grandeza devem representar as propriedades da noção física.

A descrição epistemológica da operação de definição pode, assim, converter-se numa regra metodológica a ser empregada sempre que quisermos definições no sentido duhemiano. Isso significa que essa descrição provê um procedimento efetivo, expresso pela regra, para construir definições do tipo desejado. É fácil ver que neste ponto atingimos a fronteira entre epistemologia e metodologia. Contudo, detenhamo-nos ainda no âmbito da epistemologia para completar a descrição da estrutura das teorias, analisando a segunda operação por meio da qual se completa a construção de uma teoria.

A operação de elaboração de uma hipótese, com a qual é desenvolvida uma teoria, é, para Duhem, uma operação complexa, composta por um conjunto de operações estreitamente ligadas: (1) formulação de hipóteses, que consiste no estabelecimento de relações matemáticas entre as diversas grandezas definidas pela primeira operação. As hipóteses são, assim, expressas por proposições matemáticas que estabelecem relações matemáticas entre as grandezas definidas;

(2) dedução lógica de consequências das hipóteses tomadas como princípios. Essa dedução se faz com o uso das regras da análise matemática;

(3) determinação das consequências experimentalmente verificáveis da teoria. Em outras pa

lavras, dentre as diversas consequências que se pode extrair de um conjunto de hipóteses, "há aquelas que, em virtude das definições estabelecidas, poderão ser traduzidas em proposições que tratam unicamente de noções físicas, isto é, em proposições que apresentam a forma de leis experimentais" (1892, p.145);

(4) comparação das consequências experimentalmente verificáveis com a experiência. Esta comparação permite classificar as consequências experimentalmente verificáveis em duas classes: a) as consequências que são traduzidas por uma lei experimental e, que portanto, estão em acordo com a experiência; e b) as consequências, cujas traduções estão em contradição com leis experimentais.

A segunda operação, é, assim, uma operação complexa que é realizada em duas etapas: pela elaboração dos princípios de uma teoria (operação (1)) e pelo desenvolvimento hipotético-dedutivo desses princípios (operações (2), (3) e (4)). Segundo a imagem gerada pelas três últimas operações, as teorias são sistemas hipotético-dedutivos convencionais de classificação (ordenação) das leis experimentais. Há, assim, em Duhem uma relação estreita entre a idéia de "classificação" e a idéia de uma "cadeia ou ordenação dedutiva". O lugar ocupado por uma lei experimental na classificação realizada por uma teoria corresponde ao lugar ocupado pela proposição matemática que a traduz na cadeia dedutiva que se estabelece a partir dos princípios da teoria. Se a proposição matemática traduz uma lei fundamental, então ela expressa uma hipótese fundamental da teoria e é tomada como princípio da teoria. Isto corresponde ao lugar mais elevado no interior da teoria, isto é, a proposição é um axioma, a partir do qual, mediante o uso de regras matemáticas adequadas, se extraem as consequências da teoria. Se, por outro lado, a proposição matemática expressa uma dessas consequências da teoria, ela é um teorema da teoria que se traduz numa lei experimental secundária. A ordena

ção introduzida pela teoria corresponde, assim, a uma ordenação hipotético-dedutiva das leis experimentais. Contudo, essa correspondência entre a ordem produzida pela teoria e a ordenação das leis experimentais é convencional. Ela depende, em primeiro lugar, de que aceitemos as regras de correspondência entre os termos observáveis que ocorrem nas leis experimentais e os símbolos matemáticos que ocorrem nas hipóteses. Essas regras, como vimos, são convencionalmente estabelecidas pelas definições. Em segundo lugar, depende também de que aceitemos que certas proposições matemáticas, que relacionam os símbolos matemáticos definidos, são representações simbólicas (traduções em linguagem matemática) de leis experimentais, podendo, assim, serem tomadas como princípios da teoria.

A estrutura das teorias que decorre da descrição duhemiana do modo de construir uma teoria pode ser resumida dizendo-se: as teorias são sistemas matemáticos compostos por um conjunto de definições e de hipóteses que constituem um sistema hipotético-dedutivo, isto é, um sistema que permite a dedução de consequências experimentalmente verificáveis, consequências que podem ser traduzidas, mediante o vocabulário introduzido pelas definições, a proposições sobre observáveis.

Contudo, para caracterizar plenamente a estrutura das teorias, não basta ter afirmado que elas são compostas por um conjunto de definições e hipóteses cujas consequências podem ser traduzidas em proposições sobre a experiência. É preciso também deixar claro - como fizemos para as definições - o que Duhem entende por "hipótese" e, mais ainda, já que se trata de uma operação, como Duhem concebe o modo pelo qual se formulam as hipóteses de uma teoria. Em outras palavras, é preciso analisar mais detidamente a primeira etapa (operação (1)), que corresponde à elaboração dos princípios de uma teoria, no sentido de evidenciar como ela se constitui num meio efetivo de formular as hipóteses de uma teoria.

O enunciado da operação (1) permite caracterizar estruturalmente a natureza das hipóteses que compõem uma teoria. Segundo ele, as hipóteses são proposições matemáticas que estabelecem relações matemáticas entre as diversas grandezas definidas e que são tomadas (escolhidas) como princípios da teoria, a partir dos quais se deduzem as leis experimentais. Contudo, o aspecto essencial da natureza das hipóteses, que será expresso pela exigência de que elas, além daqueles aspectos estruturais, devem ser representações simbólicas (traduções) de leis experimentais, só pode ser evidenciado quando nos perguntamos como se realiza a escolha das hipóteses, como se realiza esse ato pelo qual consideramos que certa proposição matemática é um princípio da teoria.

Duhem reconhece que a escolha das hipóteses é "um ponto tão delicado quanto importante sobre o qual é necessário retornar" (1892, p.145) e formula sucintamente o problema da escolha de hipóteses da seguinte maneira: "Essas proposições destinadas a servir de princípios à teoria, como seremos conduzidos a enunciá-las? Segundo quais regras as escolheremos?".

É importante ressaltar que, com a formulação do problema da escolha, chegamos novamente à fronteira entre a epistemologia e a metodologia. É fácil entender no que consiste essa fronteira. Como a estrutura das teorias é apresentada por Duhem através de uma descrição do modo de construir uma teoria, este modo de fazer (elaborar) é constitutivo do que se entende por "hipótese" e, ao mesmo tempo, estipula as regras que devem ser seguidas sempre que quisermos formular efetivamente as hipóteses de uma teoria. Isso mostra que não se pode caracterizar o que Duhem entende por hipótese, sem levar em conta o modo de elaborá-la e, em particular, o requisito metodológico segundo o qual ela é formulada e escolhida.

O problema da escolha das hipóteses introduz, assim, a questão metodológica central da teoria da ciência de Duhem. Essa questão pode, en

tretanto, ser dividida em duas partes. Na primeira parte, perguntamos como somos levados a enunciar as hipóteses e estamos interessados em saber qual é a regra - ou o método - que devemos usar para formular (enunciar) as hipóteses que consideramos como princípios de uma teoria. Em outros termos, exigimos a formulação dos requisitos que devem ser satisfeitos por uma hipótese matemática para que ela possa ser tomada (escolhida) como princípio da teoria.

Na segunda parte, uma vez apresentado o requisito (regra) que devemos seguir para escolher uma dada hipótese como princípio de uma teoria, devemos dar conta do problema de discriminar, dentre os diversos sistemas hipotéticos (teorias) que podemos construir com as hipóteses escolhidas, qual é a teoria que melhor representa a classe de leis experimentais que queremos classificar. Em outras palavras, perguntamos pelo método de que dispomos para escolher entre teorias diferentes que representam uma mesma classe de leis experimentais.

Trataremos posteriormente - na seção 6 deste capítulo - da segunda parte do problema da escolha, mostrando que nela Duhem apresenta uma resposta metodológica ao relativismo envolvido na escolha entre teorias rivais. Essa resposta consistirá, como veremos, em propor requisitos de dois tipos - lógicos e metodológicos - que devem ser satisfeitos por uma teoria para que possa ser considerada adequada. Esses requisitos, embora não resolvam totalmente o relativismo da escolha entre teorias rivais, pelo menos o limitam.

Na parte restante desta seção, discutiremos a primeira parte do problema da escolha, mostrando como se articulam as teses metodológicas de Duhem na constituição de sua teoria da ciência. Finalmente, detalharemos na seção 5 como a metodologia de Duhem está amplamente determinada por um contexto de comparação entre metodologias rivais; contexto este em que Duhem opõe seu método teórico ao método mecanicista de construção de teorias.

O primeiro aspecto a considerar na escolha das hipóteses é o caráter arbitrário dessa escolha. Essa arbitrariedade nasce da absoluta liberdade "de fazer essa escolha como melhor nos parece; desde que as consequências logicamente deduzidas dessas hipóteses pela análise matemática nos forneçam o símbolo de um grande número de leis experimentais exatas, ninguém tem o direito de nos pedir contas das considerações que ditaram essa escolha." (1892, pp.145-146).

Contudo, a arbitrariedade está limitada, pois a escolha não se faz ao acaso, mas "existem métodos gerais segundo os quais são tomadas as hipóteses fundamentais da maioria das teorias, e classificar esses métodos, é ao mesmo tempo classificar as teorias." (1892, p.146).

Segundo essas afirmações, o problema da escolha é um problema metodológico. Trata-se de determinar o método segundo o qual se constrói o sistema hipotético da teoria. Além disso, a afirmação de Duhem de que as teorias podem ser classificadas segundo os métodos empregados para escolher suas hipóteses revela o papel central a ser desempenhado pela solução desse problema. Mas, uma vez fixado o caráter metodológico do problema, vejamos como Duhem elabora sua solução metodológica.

A solução de Duhem consiste em fixar um método ideal como padrão, de modo que os métodos efetivamente empregados na elaboração das hipóteses de uma teoria possam ser julgados mediante comparação a esse método ideal tomado como padrão. Este ponto da reflexão de Duhem é importante porque marca claramente o ponto em que a descrição epistemológica da estrutura das teorias passará a funcionar como caracterização metodológica do modo de elaborar as hipóteses de uma teoria.

Com efeito, segundo Duhem (1892, p.146), "o método ideal e perfeito consistiria em não tomar outras hipóteses senão a tradução simbólica, em linguagem matemática, de alguma das leis experimentais, cujo conjunto se quer determinar."

Já vimos que nas definições estabelecemos correspondências entre as propriedades das noções físicas e as propriedades das grandezas matemáticas de tal modo que estas tornam-se os símbolos daquelas. As definições, no sentido duhemiano, nada mais são, portanto, do que regras de tradução entre duas linguagens: a linguagem observacional e a linguagem matemática. Neste sentido, as definições devem satisfazer a um requisito de tradutibilidade entre as propriedades das noções físicas e as propriedades das grandezas matemáticas. Nas hipóteses, por outro lado, estabelecemos relações matemáticas entre as diversas grandezas matemáticas. As proposições matemáticas, que expressam as hipóteses, são, assim, obtidas estabelecendo-se relações entre as propriedades possuídas pelas grandezas definidas. Contudo, esta descrição estrutural das hipóteses é importante para caracterizar o procedimento pelo qual se formulam as hipóteses, ou seja, é insuficiente para caracterizar como escolhemos uma hipótese particular dentre uma infinidade de hipóteses possíveis.

A solução de Duhem consiste em propor que se tome como padrão um método ideal, que fixa um critério metodológico para a formulação e escolha de hipóteses. Esse critério corresponde à regra de não tomar como hipóteses de um sistema teórico senão aquelas proposições matemáticas que são a tradução simbólica, em linguagem matemática, das leis experimentais, isto é, daquelas proposições que expressam, em linguagem natural, sucessões de fenômenos.

Se a operação de formulação de hipóteses (operação (1)) fosse realizada segundo o padrão expresso pela regra acima, isto é, se as hipóteses fossem simples traduções simbólicas - ou antes, traduções simbólicas exatas - das leis experimentais, então essa estrita observância da exigência metodológica de tradutibilidade entre as hipóteses (linguagem matemática) e as leis experimentais (linguagem observacional) na elaboração das hipóteses refletir-se-ia no desenvolvimento hi

potético-dedutivo da teoria (representado, como vimos, pelas operações (2), (3) e (4). Como afirma Duhem (1892,p.146), "nessas condições, o desenvolvimento da teoria seria ele mesmo, todo inteiro, a tradução simbólica, em linguagem matemática, de um raciocínio suscetível de ser formulado em linguagem ordinária, esse raciocínio tomaria como princípios as leis experimentais que foram simbolizadas pelas hipóteses; teria como conclusões as leis experimentais que as consequências da teoria simbolizam."

Note-se, portanto, que o método ideal é obtido estendendo-se à formulação de hipóteses o requisito de tradutibilidade que já havia sido imposto às definições. Esse requisito que, no caso das definições, era expresso pela exigência de que certas propriedades das grandezas matemáticas traduzem as propriedades das noções físicas, é expresso, no caso das hipóteses, pela exigência de que as proposições matemáticas, que estabelecem relações entre as grandezas definidas, traduzam as leis experimentais. Assim como as grandezas são símbolos das noções físicas, as hipóteses são símbolos das leis experimentais.

Mas a principal consequência da estrita observância do requisito de tradutibilidade para a formulação de hipóteses é que o sistema hipotético-dedutivo - isto é, a teoria - construída a partir dessas hipóteses não teria absolutamente nada de hipotético; "seu autor, como diz Duhem (1892,p.147), poderia a justo título pronunciar o famoso hypotheses non fingo de Newton". A razão para isso é bastante clara. Num sistema construído segundo o método ideal, a análise matemática teria como única função a abreviação e agilização da linguagem observacional. A linguagem matemática não introduziria nada - nem a nível conceitual (noções físicas - grandezas matemáticas), nem a nível das propriedades e relações que se estabelecem entre os conceitos (leis experimentais-hipóteses matemáticas) - que não tivesse correspondência com a linguagem ordinária com a qual falamos dos fenômenos. Isto significa que, sendo

as hipóteses traduções simbólicas exatas das leis experimentais, "todas as consequências da teoria apresentariam o mesmo grau de certeza, de exatidão, que as leis experimentais tomadas como hipóteses." (1892, p.146).

Uma vez apresentado o método ideal e a teoria ideal, Duhem se apressa em afirmar que embora "a física nos apresente várias teorias que se aproximam mais ou menos desse ideal; ela não nos fornece nenhuma que o realize plenamente." (1892, p.146). Em outras palavras, as hipóteses das teorias físicas não são simplesmente traduções simbólicas das leis experimentais. Há, assim, uma distância entre o procedimento ideal de formulação de uma hipótese e o procedimento real de escolha de uma hipótese. Duhem caracteriza essa distância, tomando como exemplo a teoria da gravitação universal de Newton.

Essa teoria baseia-se nas leis de Kepler, cuja tradução exata na linguagem simbólica criada pelas definições da mecânica racional é:

"O sol exerce sobre cada planeta uma força atrativa na razão inversa do quadrado da distância do sol ao planeta. As forças exercidas pelo sol sobre os diversos planetas estão entre si como as massas desses planetas. Os planetas não exercem nenhuma força sobre o sol." (1892, p.147).

Muito embora esta seja a formulação ideal das leis experimentais de Kepler, a hipótese fundamental da teoria de Newton distancia-se, segundo Duhem (1892, pp.147/148), dessa formulação em três aspectos. Em primeiro lugar, Newton introduz uma correção, enunciando que "todo planeta exerce sobre o sol uma ação igual e diretamente oposta àquela que recebe" (1892, p.148). Em segundo lugar, Newton acrescenta uma proposição não-verificável pela experiência, a saber, "que se o sol fosse substituído por outro corpo, as ações exercidas sobre os diversos planetas seriam multiplicadas pela relação da massa desse novo corpo à massa do sol". E finalmente, ele generaliza o resultado obtido. Segun

do Duhem, "é unicamente em virtude dessa generalização que ele poderá enunciar o princípio fundamental de sua teoria", que é enunciado como se segue:

"Dois corpos materiais, dos quais as dimensões são negligenciáveis com relação a sua distância, são submetidos a uma atração mútua proporcional ao produto das massas dos dois corpos e na razão inversa do quadrado da distância que os separa."

O exemplo apresentado por Duhem mostra claramente que o procedimento real de escolha de uma hipótese se afasta da regra ideal de só tomar como hipóteses as traduções simbólicas das leis experimentais. O procedimento real, exemplificado no caso pela teoria de Newton, consiste, ao contrário, em tomar como hipótese uma proposição (o princípio de atração universal) tal que as leis experimentais (as leis de Kepler) sejam apenas consequências, exatas ou aproximadas, da hipótese.

Formulado explicitamente por Duhem (1892,p.148), esse "procedimento geral empregado por todos os teóricos" é o seguinte: "Para formular suas hipóteses, eles escolhem algumas leis experimentais cujo conjunto deve ser abraçado pela teoria; depois, por meio de correção, de generalização, de analogia, compõem uma proposição das quais essas leis sejam consequências exatas ou simplesmente aproximadas, e é esta proposição que eles tomam como hipóteses."

Em virtude desse afastamento da regra de tradutibilidade, "concebe-se, afirma Duhem (1892,p.148), que todos os intermediários possam existir entre a hipótese que simboliza quase imediatamente a lei experimental, (isto é, a hipótese ideal) e a hipótese tão afastada da experiência que sua significação simbólica é quase completamente dissimulada, que perdeu quase todo sentido físico."

Note-se que o que chamei de método teórico pode perfeitamente ser entendido como essa combinação entre um método ideal de formular hipóteses e o método geral efetivamente empregado na formulação das hipóteses.

O primeiro, representado pelo requisito de tradutibilidade, serve como guia para o procedimento efetivo, que é constituído por uma série de operações: 1- escolha de algumas leis experimentais do conjunto de leis que se pretende classificar; 2- a seguir, por meio de correção, analogia e generalização dessas leis experimentais, chega-se à formulação das hipóteses que serão tomadas como princípios da teoria.

Note-se neste ponto que as três últimas operações conduzem a um afastamento da linguagem simbólica da teoria com relação à linguagem observacional das leis experimentais. É interessante notar, a esse respeito, que no exemplo da teoria da atração universal, a correção consiste na substituição de "Os planetas não exercem nenhuma força sobre o sol" por "Todo planeta exerce sobre o sol uma ação igual e diretamente oposta àquela que recebe". Contudo, esta última formulação não parece expressar outra coisa que uma consequência do princípio de ação e reação. A correção pode ser vista, assim, como produzida na hipótese fundamental de Newton pela introdução nessa teoria de uma hipótese teórica de ação e reação.

A operação denominada por Duhem como analogia consiste, como mostra o exemplo, basicamente na introdução de uma proposição não-verificável pela experiência. Entretanto, a proposição introduzida é apresentada por Duhem como uma contra-factual: "Se o sol fosse substituído por outro corpo, as ações exercidas sobre os diversos planetas seriam multiplicadas pela relação da massa desse novo corpo à massa do sol." Isto é bastante significativo, pois mostra que, para Duhem, os termos disposicionais - isto é, aqueles termos que expressam disposições dos objetos para agir de determinada maneira em determinadas circunstâncias - são introduzidos via um procedimento teórico de analogia que representa um afastamento com relação ao domínio do observável.

Finalmente, a generalização é responsável pela introdução da universalidade característica das hipóteses. Das três operações acima indica-

das, esta é sem dúvida a mais importante, pois é ela que dá à proposição obtida a marca característica da hipótese. Voltarei mais adiante a esta questão, discutindo como o observacionalismo de Duhem, expresso na Tese (1), liga esse autor à concepção de que as hipóteses devem ser simples generalizações a partir da experiência.

As modificações produzidas pelas operações acima, que fazem com que a hipótese não seja simplesmente a tradução simbólica de leis experimentais, reflete-se no grau de precisão e certeza das consequências logicamente deduzidas da hipótese (ou teoria).

O argumento é novamente desenvolvido comparando o método ideal ao método real. No primeiro caso, se todas as hipóteses fossem simplesmente a tradução simbólica das leis experimentais, então o grau de certeza e de exatidão das consequências da teoria "seriam exatamente o grau de certeza e de exatidão das leis tomadas como hipóteses" (1892, p.149). No segundo caso, não sendo as hipóteses traduções exatas das leis, elas "encerram alguma coisa que não estava nas leis experimentais pelas quais foram sugeridas", do que se segue que "a certeza e exatidão dessas leis não são inteiramente reencontradas nas consequências da teoria" (1892, p.149).

O primeiro ponto a considerar é que neste argumento o grau de certeza e de exatidão das leis experimentais é tomado como padrão de certeza e exatidão com o qual avaliamos o grau de certeza e exatidão de uma hipótese ou teoria. Como, entretanto, as leis não são consideradas absolutamente certas e exatas, poderíamos interrogar-nos: como avaliamos, por sua vez, o grau de certeza e exatidão das leis experimentais? Voltarei mais adiante a esta questão no Capítulo II.

Contudo, admitida a possibilidade de determinar o grau de certeza e de exatidão das leis, o argumento não deixa margem para dúvidas: uma teoria é tanto mais segura, quanto menos acrescenta ao conhecimento empírico. A modificação produzida pelo teórico, ao formular as hipóteses,

caracteriza-se basicamente por introduzir conteúdos que não estavam nas leis experimentais, sendo responsável pela diferença de grau de certeza e de exatidão entre as teorias e as leis experimentais. Essa modificação - que pode, assim, ser entendida como um acréscimo de conteúdo teórico ao conteúdo empírico veiculado pelas leis experimentais - é também responsável pelo fato de que a tentativa de desenvolvimento completo de uma teoria conduz "sempre a consequências contrárias à experiência" (1892, p.149)

Chegamos neste ponto a um problema de natureza metodológica, cuja solução representará o elemento estritamente metodológico que completa a descrição das operações pelas quais se constrói a teoria, constituindo dessa maneira o corpo central da metodologia de Duhem. Se as consequências de uma teoria não são traduções simbólicas exatas das leis experimentais - o que Duhem expressa dizendo que os graus de certeza e de exatidão das consequências e das leis experimentais diferem -, e se o desenvolvimento dos conteúdos introduzidos pela teoria, em acréscimo ao conteúdo empírico, conduz sempre (necessariamente) a consequências contrárias à experiência, em que condições Duhem considera que uma teoria, construída segundo o método proposto, é aceitável? Ou simplesmente, em que condições aceitamos uma teoria?

A solução de Duhem a esse problema consiste em propor um critério metodológico para a aceitabilidade de uma teoria. Esse critério é, primeiramente (1892, p.145), formulado como uma caracterização das circunstâncias em que uma teoria é considerada boa ou má. Segundo ele, uma teoria é boa, "se as consequências da teoria, confirmadas pela experiência, formam um conjunto extenso e variado"; por outro lado, uma teoria é má, "se, ao contrário, não fornece senão um pequeno número de consequências verificadas pela experiência".

Em primeiro lugar, Duhem exclui a possibilidade de considerar a verificabilidade completa de uma teoria como critério para a aceitação da mesma: "uma boa teoria não é uma teoria na qual nenhuma consequência está em

desacordo com a experiência; tomado esse padrão, não haveria nenhuma boa teoria" (1892, p.149). É interessante notar que a exigência de verificabilidade completa de uma teoria é perfeitamente compatível com a exigência de tradutibilidade completa das hipóteses às leis experimentais. Entretanto, a exigência de verificabilidade completa fica afastada por ser um critério muito forte que conduz à eliminação das teorias efetivamente construídas, uma vez que estas sempre estão afastadas da teoria ideal.

O critério proposto acima é mais fraco e é formulado mais precisamente por Duhem (1892, pp.149-150) como segue: "Uma boa teoria é uma teoria que simboliza de uma maneira suficientemente aproximada um conjunto extenso de leis físicas; que não encontra contradições na experiência senão quando se procura aplicá-la fora do domínio em que se desejava usá-la".

O valor de uma teoria, expresso nas condições em que aceitamos essa teoria, é, portanto, relativo, dependendo da determinação tanto dos limites do campo de aplicação de uma teoria, quanto do grau de precisão experimental que a teoria alcança. A aceitação da teoria se baseia, assim, de um lado, no conjunto de leis que a teoria pretende resumir e às quais se aplica e, de outro lado, no "grau de precisão dos métodos experimentais que servem para estabelecer ou aplicar essas leis" (1892, p.150).

O primeiro destes requisitos é obviamente uma decorrência do fim proposto às teorias físicas que é o de classificar e ordenar um conjunto de leis experimentais. O segundo requisito nasce do reconhecimento da impossibilidade de aplicar às teorias físicas a regra de tradutibilidade completa das hipóteses às leis e resulta na aplicação da exigência de que as traduções simbólicas das leis, propiciadas pela teoria, somente apresentem "desvios com relação às leis que sejam inferiores ao limite dos erros de observação" (1892, p.150). O segundo requisito está, assim, associado a um princípio metodológico que, segundo Duhem (1892, p.150), jamais deve ser esquecido: "na física, duas leis, diferentes de forma, devem ser consideradas co

mo idênticas, se seus desvios não podem ser constatados pelos métodos de observação de que dispomos".

O efeito da aplicação dos requisitos acima à questão da aceitabilidade das teorias torna a determinação do valor de uma teoria dependente, de um lado, das leis experimentais que ela classifica (campo de aplicação da teoria) e, de outro lado, dos meios experimentais disponíveis. No primeiro caso, uma teoria pode ser boa para classificar um certo grupo de leis - por exemplo, as leis de distribuição da eletricidade para corpos homogêneos (a teoria de Poisson) - e não ser boa para classificar um grupo maior dessas leis - por exemplo, as leis de distribuição para todos os corpos - homogêneos ou heterogêneos. No segundo caso, uma teoria que é boa para certos meios de observação - por exemplo, a teoria clássica dos gases para instrumentos com a precisão Gay-Lussac -, pode não ser boa para meios de observação mais perfeitos - por exemplo, para instrumentos com a precisão Regnault (cf. 1892, pp. 150-151).

Isso significa que para aceitar uma teoria é necessário levar em conta os dois requisitos. O critério de aceitabilidade recebe, assim, sua versão mais detalhada: "Se alguma de suas consequências, compreendida nos limites do campo para o qual a teoria se pretende válida, se afasta de uma lei experimental suficientemente para que o desvio possa ser apreciado pelos métodos de observação, cujo controle a teoria declara aceitar, a teoria deve ser condenada; do contrário, deve ser aceita." (1892, p.151).

É interessante notar que Duhem encerra sua discussão do problema metodológico da aceitabilidade de uma teoria, investigando o efeito do critério metodológico de aceitabilidade de teorias para a análise das possibilidades de desenvolvimento do conhecimento teórico. O intuito óbvio dessa investigação é mostrar a compatibilidade do método teórico e do critério de aceitabilidade com uma concepção dinâmica da substituição das teorias. O próprio critério deixa abertas duas possibilidades de substituição de uma teoria boa por outra melhor: primeiro, quando a

nova teoria é mais abrangente que a primeira, ou ainda, quando a nova teoria representa as leis com maior precisão.

Duhem considera, com base nisto, que há duas maneiras de substituir uma teoria por outra: a primeira consiste num acréscimo à teoria anterior de novas definições e novas hipóteses. A possibilidade de desenvolvimento neste sentido está, como vimos, garantida exatamente pelas duas possibilidades ligadas ao critério de aceitabilidade. Neste caso, a teoria anterior é incorporada por uma teoria mais ampla ou mais precisa sem sofrer modificações significativas. O desenvolvimento seria, assim, meramente cumulativo. A segunda maneira consiste em substituir a teoria "por meio de transformações mais profundas, que alteram as definições e hipóteses nas quais assentava a primeira teoria" (1892, p.-152). A possibilidade de um desenvolvimento mais drástico, que obrigaria à substituição de uma teoria, assenta-se basicamente, segundo Duhem (1892,p.152), no caráter arbitrário das definições, isto é, no fato de que uma mesma noção física pode, em geral, ser representada por uma diversidade de grandezas matemáticas diferentes.

As modificações profundas são, assim, aquelas que afetam as definições, obrigando a mudanças no vocabulário estabelecido pelas regras de correspondência entre a linguagem matemática e a linguagem observacional(ordinária). É fácil ver que uma modificação profunda nas definições, conduzirá a uma modificação das hipóteses. Esta última, por outro lado, pode ser simplesmente formal ou ser uma modificação ainda mais profunda. É simplesmente formal, se as novas definições, introduzidas em substituição às anteriores, conduzem a simbolizações diferentes das mesmas leis. "Uma mesma lei experimental, diz Duhem (1892,p.152), será simbolizada por dois enunciados matemáticos diferentes, se as noções das quais ela trata são representadas por grandezas diferentes". Em outras palavras, as duas hipóteses seriam simplesmente traduções de uma mesma lei experimental a dois sistemas diferentes de símbolos; nesse caso,

"não constituem duas hipóteses diferentes mais que os enunciados de uma mesma proposição em francês, latim e grego constituem três proposições diferentes" (1892,p.152).

Mas as hipóteses podem sofrer modificações que alteram até mesmo sua significação. A possibilidade desse tipo de modificação funda-se na admissão explícita no método teórico de que as hipóteses não são simples traduções simbólicas, em linguagem matemática, das leis experimentais porque no processo de elaboração de uma hipótese, realizamos certas operações (que Duhem chama de correção, analogia e generalização) que acabam conduzindo à introdução de um conteúdo excedente ao conteúdo empírico das leis, ou ainda, como diz Duhem (1892,p.153), a "uma transformação imposta à lei experimental pelo espírito do físico". Deste modo, na elaboração de uma hipótese podemos submeter uma mesma lei experimental a transformações diferentes, que conduzem a hipóteses diferentes e a consequências diferentes.

Obviamente, se as hipóteses fossem as traduções simbólicas exatas das leis, as possibilidades de modificação da teoria construída com essas hipóteses estariam praticamente excluídas (praticamente, posto que não fica excluída a possibilidade teórica de existirem duas traduções simbólicas exatas do mesmo conjunto de leis). Note-se, finalmente, que a exigência de tradutibilidade, ao postular uma teoria ideal, coloca-se como fim a ser atingido. Um procedimento teórico (metodológico), que se guia por esse fim, deve poder ser empregado para construir teorias mais conformes à teoria ideal ou que se desviam menos na teoria ideal. A análise da compatibilidade do método teórico proposto por Duhem com a possibilidade de modificações de uma teoria, construída segundo esse método e que satisfaz o critério de aceitabilidade proposto, não tem outro intuito.

Para finalizar, basta constatar que Duhem tem consciência do caráter metodológico da imagem de método teórico assim obtida, tanto que afirma: "De sorte que, a partir de agora, as considerações puramente

lógicas que acabamos de desenvolver nos indicam em que sentido o teórico deve dirigir seus esforços, se pretende dar a luz a uma obra viável" (1892, p.153).

5. A Metodologia de Duhem: o Confronto de Metodologias e a Historiografia da Ciência

O núcleo básico da metodologia de Duhem está, portanto, constituído pelo método teórico e pelo critério de aceitabilidade de teorias. O método teórico está constituído por um procedimento ideal e por um procedimento usual de formulação de hipóteses que deve levar em conta o ideal fixado. O critério de aceitabilidade, por outro lado, fornece um padrão para julgar as teorias, construídas segundo o procedimento usual, com relação ao ideal fixado. Em outras palavras, o critério mostra que é possível distinguir, com relação à teoria ideal tomada como fim, dentre as diversas teorias que podem ser construídas com o procedimento usual, aquelas que são aceitáveis das que não o são.

O método teórico é, portanto, construído por Duhem fixando, em primeiro lugar, como teoria ideal aquela cujas hipóteses satisfazem ao requisito de tradutibilidade completa às leis experimentais. Esse requisito, que é formulado pela exigência de que as hipóteses de uma teoria sejam traduções simbólicas exatas das leis, expressa uma regra ideal (um método ideal) que não é outra coisa senão uma versão metodológica da tese epistemológica sobre o fim das teorias (tese II). Em outras palavras, a teoria, cujas hipóteses são traduções simbólicas exatas das leis, é tomada como ideal, porque realiza plenamente o fim proposto para o conhecimento teórico, a saber, o de ser uma ordenação e classificação das leis. É exatamente esta compatibilidade que faz com que o requisito de tradutibilidade seja uma versão metodológica de uma tese epistemológica.

Mas esta vinculação da regra metodológica ideal de tradutibilidade

de à tese epistemológica sobre o fim do conhecimento teórico mostra que, assim como esta excluía, no plano epistemológico, uma concepção alternativa de conhecimento teórico, a saber, a concepção explicativista, a teoria física ideal de Duhem exclui, no plano metodológico, uma concepção alternativa de teoria ideal, a saber, a teoria mecânica. Já fizemos referência - pp.7/8 deste trabalho - a esses dois planos do confronto entre a teoria da física de Duhem e o mecanicismo do século XIX. Contudo, tratamos desse confronto apenas no plano epistemológico mais geral das diferenças entre dois fins possíveis: classificação ou explicação. Vimos, em particular, que segundo Duhem, a admissão de que as teorias visam a uma explicação do mundo conduz a confundir os limites entre a física e a metafísica. Estamos agora em condições de tratar desse confronto no plano metodológico da crítica de Duhem à teoria mecânica tomada como ideal e ao método mecânico como método que melhor se conforma a esse ideal.

É fácil ver no que se fundamenta a possibilidade de metodologias diferentes; e assim no que consiste o confronto entre elas. Dado um conjunto de leis experimentais, para as quais devemos construir uma teoria, que método empregamos para construir a partir dessas leis uma teoria? A questão é tal que, em geral, qualquer que seja o método efetivamente empregado, ele supõe uma teoria ideal à qual a teoria construída com esse método deve aproximar-se. Em outras palavras, empregamos aquele método que nos permite construir uma teoria mais próxima daquela que consideramos ser a teoria ideal. É, portanto, por referência a um ideal (tomado como fim) que o método adquire sua plena significação prática como meio. Contudo, teorias ideais diferentes (fins diferentes) pedem métodos diferentes (meios diferentes) e estes, conseqüentemente, conduzem a resultados diferentes, isto é, a teorias de natureza diferente.

Duhem (1892, pp.154-155) se dedica, num primeiro momento, a determinar a natureza de uma teoria mecânica, examinando as diferenças existen

tes entre o método de construir uma teoria mecânica e o método de construir uma teoria física tal como ele a concebe. As diferenças de natureza entre os dois tipos de teorias serão ressaltados enquanto diferenças metodológicas que se originam quando se toma uma ou outra como teoria ideal a que deve tender, seja o método de construção de modelos mecânicos, seja o método teórico proposto por Duhem.

Já vimos que do ponto de vista metodológico uma teoria é construída mediante a realização de duas operações. A metodologia de Duhem atribui a cada uma dessas operações um caráter altamente arbitrário. Assim, na operação de definição em que se estabelece uma correspondência entre uma noção física e uma grandeza matemática, a única exigência imposta a essa correspondência, para que uma grandeza possa ser tomada como símbolo da noção, é que "essa grandeza esteja restrita a apresentar certas propriedades, traduções imediatas das características da noção que ela simboliza" (1892, p.154). Em outras palavras, uma definição, para ser simbólica, - isto é, para ser uma mera regra de correspondência entre duas linguagens (a linguagem teórica e a linguagem observacional) - deve obviamente satisfazer a um requisito de tradutibilidade segundo o qual só serão admitidas como símbolos de noções físicas aquelas grandezas cujas propriedades traduzem as características (propriedades) das noções.

Contudo, o requisito de tradutibilidade não elimina a arbitrariedade de tal tipo de definição, posto que há um número ilimitado de grandezas que satisfazem esse requisito para uma mesma noção física. Esse requisito permite, assim, uma ampla liberdade de escolha; como consequência, qualquer definição aceita é altamente arbitrária, ou seja, uma definição não pode ser aceita senão como convenção. A arbitrariedade da operação de definição nasce, assim, do fato de que o requisito imposto por Duhem não estabelece qualquer restrição à natureza das noções físicas que se quer simbolizar, nem assevera nada quanto à natureza das

grandezas que podem ser tomadas como símbolos.

A metodologia mecanicista, por outro lado, limita a arbitrariedade das operações de construção de uma teoria, impondo uma natureza mecânica às definições e hipóteses. A natureza mecânica da teoria é, assim, o resultado da imposição de uma condição metodológica às operações de definição e formulação de hipóteses. Essa condição se expressa, no caso das definições, como uma exigência de que todas as grandezas físicas sejam "compostas por meio de elementos geométricos e mecânicos de um certo sistema fictício" (1892,p.154) e, no caso das hipóteses, como uma exigência de que todas as hipóteses sejam "os enunciados das propriedades dinâmicas desse sistema" (1892,p.154).

Duhem exemplifica essa diferença entre a metodologia teórica que ele adota e a metodologia mecanicista, estudando a aplicação dessas metodologias à construção de uma teoria da luz. Quando empreendemos a construção de uma teoria da luz, defrontamo-nos com a tarefa de definir certas noções físicas, tais como, a noção de cor e de intensidade de uma luz monocromática. Ora, segundo Duhem (1892,p.154), essas noções possuem um certo número de características que devem ser reproduzidas pelas propriedades das grandezas definidas como símbolos dessas noções: "a cor, por exemplo, deverá ser simbolizada por uma grandeza tendo para cada cor um valor determinado e valores diferentes para cores diferentes. A intensidade deverá ser representada por uma grandeza sempre positiva, tendo o mesmo valor para dois pontos igualmente iluminados, um valor maior no ponto A que no ponto B, se o ponto A é mais iluminado que o ponto B". Uma vez estabelecida a correspondência entre as noções físicas de cor e de intensidade luminosa e as grandezas matemáticas que as simbolizam, "as leis experimentais da propagação da luz, das interferências, da reflexão, da refração, da dispersão, leis generalizadas conforme a necessidade, traduzir-se-ão numa série de hipóteses unindo entre si as diversas grandezas" (1892,pp.154-155). É assim que

obtemos, como diz Duhem, "por uma simples generalização das leis experimentais", as hipóteses fundamentais de uma teoria física da luz.

Por outro lado, se almejamos como fim uma teoria mecânica da luz, então consideramos que as noções físicas "devem ser representadas pelas propriedades mecânicas de um certo meio, o éter. Procuraremos imaginar a constituição desse meio de modo que suas propriedades mecânicas possam formar um símbolo de todas as leis da óptica" (1892,p.155). Como resultado, as definições de cor e de intensidade serão referidas a propriedades desse meio material: "A cor será então simbolizada pelo período de um certo movimento vibratório propagado nesse meio; a intensidade, pela força viva média desse movimento; e as leis da propagação da luz, de sua reflexão, de sua refração, deverão resultar da aplicação a esse meio dos teoremas fornecidos pela Elástica" (1892,p.155). Assim é formulada, segundo Duhem, a teoria clássica da luz.

A diferença fundamental entre uma e outra metodologia incide, pois, na restrição mecanicista de que "toda teoria física seja composta apenas com as grandezas que definem as propriedades mecânicas de um certo sistema material" (1892,p.155). Essa restrição possui o grave inconveniente de atrelar as definições a suposições acerca da natureza do meio material, cujas propriedades definem as noções físicas envolvidas. Em outras palavras, a exigência mecanicista, imposta à operação de definição, conduz a exigências menos explícitas, não-empíricas e metafísicas, dependentes da natureza que se atribui ao meio material. As definições mecânicas dependem assim de como concebemos o sistema material para o qual são definidas, dependem, retomando o exemplo da teoria clássica da luz, de considerarmos que "o sistema material deve ser formado de meios contínuos, (ou)...de átomos isolados; uns admitem entre os diversos elementos materiais forças atrativas ou repulsivas; os outros rejeitam a existência de semelhantes forças e querem que os átomos materiais possam agir somente por contacto em conformidade com as leis de choque" -

(1892, pp.155/156).

A diferença entre as duas metodologias pode ser resumida da seguinte maneira: se queremos construir uma teoria física, ou seja, se nos pautamos pela metodologia proposta por Duhem, as definições e hipóteses formuladas estão sujeitas apenas "as condições que lhes impõem de um lado as leis experimentais, de outro lado, as regras da álgebra e da geometria" (1892, p.156). Por outro lado, se desejamos construir uma teoria mecânica impomos, além disso, uma natureza bem determinada às noções que admitimos nas definições e hipóteses.

A crítica de Duhem à metodologia mecanicista se faz em dois momentos. No primeiro momento, como uma crítica à imposição central de uma natureza mecânica às noções físicas que devem ser usadas nas definições e hipóteses. Essa crítica, eminentemente metodológica, baseia-se em complicações simbólicas decorrentes da restrição mecânica imposta às definições e tem consequências metodológicas importantes para o teste empírico da teoria construída. No segundo momento, Duhem critica as implicações metafísicas implícitas na imposição de uma natureza mecânica às definições e hipóteses. Esta última crítica envolve a questão epistemológica do fim a que deve tender uma teoria, estando intimamente associada à crítica de Duhem à concepção explicativista das teorias. A explicitação da crítica de Duhem à metodologia mecanicista permitirá mostrar também que é no bojo do conflito entre metodologias rivais que a historiografia da ciência ganha sua significação para a teoria da ciência de Duhem, de um lado, como vigorosa crítica à tradição científica mecanicista, de outro, como retomada da tradição científica formalista. Vejamos, então, no que consiste a crítica de Duhem à metodologia mecanicista.

"O primeiro inconveniente, afirma Duhem (1892, p.156), de um tal método, é que, ao restringir o número de elementos por meio dos quais deve ser construído o símbolo de um conjunto de leis, não se deixa outra

saída ao físico, para responder a todas as exigências da experiência, serão complicar as combinações que ele forma com esses elementos." O argumento de Duhem está, assim, baseado num aspecto formal das teorias, isto é, numa relação existente entre o número de símbolos possíveis (o número de grandezas que podem ser usadas) e a complexidade das relações entre os símbolos. Essa relação é tal que, do ponto de vista formal, quanto menor o estoque de símbolos empregados numa linguagem, maior será a complexidade das relações entre os símbolos. Duhem procura esclarecer este ponto através da analogia dos pintores. Segundo Duhem (1892, p.156), o físico que constrói uma teoria física está para o pintor a quem é permitido lançar mão de todos os recursos disponíveis da arte pictórica assim como o físico que constrói uma teoria mecânica está para o pintor a quem é permitido utilizar-se apenas de traços. Ora, se a esses pintores pedirmos para representar um mesmo objeto, veremos que o segundo só a muito custo conseguirá igualar as representações que o primeiro consegue muito facilmente. De modo análogo, o método mecânico, ao restringir o número das grandezas que podem simbolizar noções físicas (restrição essa decorrente da imposição de uma natureza mecânica às noções físicas que devem ser simbolizadas), conduz a uma complexidade crescente das hipóteses que podem ser usadas como símbolos das leis experimentais.

Esse resultado da metodologia mecanicista está em total desacordo com o fim proposto por Duhem para o conhecimento teórico e, em particular, com a exigência metodológica, intimamente associada a esse fim, de que as hipóteses de uma teoria devem tender a ser traduções simbólicas das leis experimentais. "Ora, dentre as hipóteses sobre as quais repousa uma teoria mecânica, há um grande número que não tem a experiência por fonte e que decorrem somente das convenções exigentes arbitrariamente colocadas pelo físico." (1892, p.157).

Ora, segundo Duhem, são exatamente essas hipóteses arbitrarias e

afastadas da experiência que são contraditas, quando se testam as teorias mecânicas, pela experiência. Esta consequência metodológica para o teste empírico das teorias torna evidente o primeiro inconveniente da adoção do método mecânico de construção de teorias. Ao compararmos as consequências de uma teoria mecânica com as leis experimentais, encontramos consequências verificadas e consequências contraditas. Separando as consequências verificadas das contraditas, e retornando pela cadeia dedutiva às hipóteses a partir das quais essas consequências são obtidas, constataremos, segundo Duhem (1892, pp.157/158), "que as consequências verificadas decorrem daquelas hipóteses que traduzem simplesmente as leis experimentais; enquanto as consequências contraditas decorrem daquelas hipóteses que impõem a natureza mecânica da teoria." Assim, as teorias mecânicas transformam-se gradativamente em teorias físicas, mediante a contradição pela experiência das hipóteses mecânicas das teorias.

Esta última consequência da avaliação metodológica de Duhem tem obviamente ressonância na historiografia da ciência. Isto se evidencia no exemplo que Duhem dá em apoio à afirmação acima (que é consequência de estar ele usando a tradutibilidade como padrão na avaliação da metodologia mecanicista). Segundo ele, um exemplo claro dessa transformação é a passagem da Teoria mecânica do calor à Termodinâmica que é "uma das mais perfeitas teorias físicas" (1892, p.158).

O segundo inconveniente da metodologia mecanicista está em estabelecer para a física teórica um fim diferente daquele proposto por Duhem. As teorias mecânicas apresentam uma clara tendência a tomarem a física teórica como uma explicação metafísica do mundo material. Já fizemos referência ao aspecto epistemológico dessa tendência, caracterizada por Duhem como psicológica e social (comunitária) (Cf. pp.8/9). Trataremos agora, com detalhe, dos argumentos metodológicos ligados ao confronto entre classificação e explicação.

O segundo inconveniente faz parte do confronto das metodologias quanto ao fim. Vejamos, pois, como as diferenças entre o método teórico de Duhem e o método mecânico supõem fins diferentes. Trata-se de evidenciar os fins, partindo de diferenças entre os meios empregados para atingir esses fins; em outras palavras, o argumento procura mostrar que meios diferentes pressupõem fins diferentes.

Começemos pela teoria física. De que modo opera o método teórico quando temos em mente a construção de uma teoria física? A resposta de Duhem é a seguinte: "Imaginamos com efeito que um pesquisador tenha tido o cuidado, todas as vezes que definiu uma grandeza física, de marcar que essa grandeza está unicamente sujeita a simbolizar por algumas de suas propriedades uma noção de origem experimental e que, além disso, sua definição é inteiramente livre; que tenha tido o cuidado, todas as vezes que enuncia uma hipótese, de marcar até que limite essa hipótese é a tradução de uma lei da experiência." (1892, pp.159-160). Ora, por mais extensa e profunda que seja a teoria física assim obtida "será difícil, diz Duhem (1892, p.160), perder de vista seu caráter exclusivamente simbólico e acreditar que obteve uma explicação das leis que representou."

Em outras palavras, o método teórico de Duhem é um modo de realizar as operações de definição e formulação de hipóteses que considera como fim desse empreendimento a construção de uma linguagem matemática que mantém uma relação de tradutibilidade com a linguagem observacional. As definições, uma vez admitido o fim proposto, são concebidas como regras de correspondência entre a linguagem teórica (matemática) e a linguagem observacional ordinária (que se expressa através das linguagens naturais: o francês, o português). As hipóteses, novamente admitindo o fim proposto, são entendidas como traduções aproximadas em linguagem matemática das leis experimentais, isto é, como traduções de proposições observacionais da linguagem natural.

Ora, a admissão de que as teorias são recursos simbólicos, ou instrumentos linguísticos, usados para representar a experiência (os fenômenos observáveis) acarreta a exclusão de que as teorias sejam sistemas explicativos de leis.

Por outro lado, se um físico, usando o método mecânico, constrói "um mecanismo mais ou menos complicado, cujas diversas propriedades representam um certo número de leis físicas, ele poderá bem mais facilmente esquecer que se certas propriedades de seu mecanismo simbolizam certas leis do mundo, seu próprio mecanismo não representa o mundo" (1892,p.160). Ou ainda: "para representar uma noção física, ele formou uma concepção complexa; poderá acreditar que, assim como essa concepção complexa representa a noção física, os elementos que compõem essa concepção representam as causas que fazem nascer em nós essa noção." (1892,p.160).

Duhem exemplifica essas diferenças metodológicas, comparando o método teórico com o qual construímos a teoria termodinâmica ao método mecânico com o qual construímos a teoria mecânica do calor.

O método teórico limita-se a considerar que a teoria termodinâmica é uma linguagem simbólica na qual as grandezas "temperatura" e "quantidade de calor" simbolizam as noções de "quente" e "peso de um corpo que pode ser aquecido numa quantidade determinada por um fenômeno qualquer determinado" e na qual o "princípio de equivalência entre calor e trabalho" e o princípio de Carnot nada mais são do que "generalizações das leis experimentais" (1892,p.160). Concebida como linguagem traduzível à linguagem observacional, a teoria se mantém ao máximo no limite da experiência.

O método mecânico, por outro lado, "imagina um sistema formado por um número imenso de pequenos corpos animados por um movimento estacionário", supõe a seguir nesse sistema que "a força viva (energia cinética) média desses pequenos corpos é proporcional à temperatura absoluta".

Se, depois, a partir de suposições convenientemente escolhidas sobre seu número, suas dimensões, os movimentos que os animam, as forças que eles exercem uns sobre os outros, ele chega a deduzir o princípio de equivalência entre o calor e o trabalho, a partir da aplicação dos teoremas da mecânica a esses pequenos corpos" (1892,p.161), tenderá a considerar sua teoria como uma explicação da natureza e das causas das leis.

O cerne da diferença está em que o metodólogo duhemiano considera que uma grandeza (quantidade), tal como "temperatura" está definida "sempre que se estabelecer de maneira precisa as regras segundo as quais ela deve ser tratada nos raciocínios e nos cálculos, medida nas experiências" (1892,p.161), Deste modo, as regras de correspondência estabelecidas nas definições satisfazem os dois requisitos metodológicos para que uma grandeza seja símbolo de uma noção: em primeiro lugar, as regras estabelecem quais são as propriedades das grandezas que devem ser consideradas, estipulando deste modo o uso simbólico da linguagem teórica ("nos raciocínios e nos cálculos", diz Duhem). Em segundo lugar, as regras estabelecem o modo de determinar experimentalmente a medida das grandezas definidas. Contudo, uma vez que uma grandeza satisfaz esses requisitos, o metodólogo duhemiano considera que a grandeza pode, em princípio, fazer parte da teoria independentemente de qualquer consideração ligada à natureza da noção física que a grandeza simboliza.

O confronto entre a metodologia formalista de Duhem e a metodologia mecanicista apresenta-se, assim, em primeiro lugar, como uma diferença quanto aos meios utilizados por uma e outra metodologia na construção de teorias: no método de Duhem, a regra de tradutibilidade assegura que as operações de definição e formulação de hipóteses, com as quais se constrói uma teoria, sejam realizadas no sentido de construir um sistema simbólico de representação da experiência; no método mecânico, por outro lado, a regra que exige a postulação de um meio mecânico assegura que aquelas operações são executadas no sentido de construir um sistema mecâ-

nico. Entre um e outro uso das operações de construção de uma teoria, o primeiro é melhor, pois o método mecânico conduz a complicações do simbolismo da teoria, em particular, das relações matemáticas hipotéticas; complicações estas que são devidas unicamente às restrições de natureza mecânica impostas às grandezas definidas.

Em segundo lugar, esses métodos apresentam também uma diferença quanto ao fim proposto por uma e outra metodologia para o empreendimento teórico. Ao propor a classificação como o fim a ser alcançado pelas teorias, o método proposto por Duhem considera que devemos almejar a construção de um sistema (língua) simbólico que permita, tanto quanto possível, uma simples ordenação dos fenômenos e leis físicas (isto é, do conhecimento observável). O método mecânico, por outro lado, mostra, ao estipular um meio material de natureza mecânica, uma tendência à construção de sistemas teóricos de explicação, isto é, uma tendência a considerar a natureza mecânica de um certo meio como causa dos fenômenos observáveis. Entre um e outro método novamente o primeiro é o melhor, pois isenta a física de compromisso, imposto pelo alcance explicativista atribuído à teoria, com concepções metafísicas ligadas à caracterização da natureza mecânica do meio material.

Mas um dos aspectos mais relevantes do problema do confronto de metodologias é que ele permite esclarecer a estreita vinculação entre a historiografia da ciência e a teoria filosófica da ciência. Pode-se, assim, apreciar a influência determinante das teses epistemológicas e metodológicas (isto é, da concepção filosófica da ciência) para a elaboração do programa historiográfico de Duhem, particularmente com relação a dois aspectos históricos decorrentes do confronto metodológico exposto acima.

Em geral, o argumento de que uma metodologia tem se revelado fecunda, do ponto de vista histórico, é um dos principais argumentos que se pode apresentar em favor dessa metodologia. O peso da evidência histó-

rica que se pode arrolar em favor de uma metodologia é tal que pode enquadra-la dentro de tradições da pesquisa científica. Já vimos, na Introdução, que uma metodologia pode ser avaliada, analisando sua aplicação a casos concretos e procurando determinar se os meios (regras e operações) que ela torna disponíveis conduzem ao fim desejado. Ora, uma das maneiras de realizar essa tarefa consiste em analisar historicamente a ciência, procurando mostrar casos históricos claros de aplicação da metodologia em questão. Obviamente, se uma metodologia puder apresentar exemplos históricos de teorias científicas relevantes que foram produzidas pelo uso dos meios que ela torna disponíveis, terá apresentado razões fortes em favor de sua adoção.

O primeiro problema histórico levantado pela avaliação negativa e conseqüente rejeição duhemianas da metodologia mecanicista consiste exatamente em enfrentar a evidência histórica favorável a essa metodologia. Trata-se, nesse sentido, de enfrentar uma objeção à avaliação feita por Duhem. Essa objeção nasce da constatação histórica do importante papel desempenhado pelas teorias mecânicas no desenvolvimento da física teórica. O reconhecimento por parte de Duhem (1892, p.162) de que as teorias mecânicas contribuíram para a constituição e progresso da física teórica, conduzindo a descobertas importantes e, mais ainda, que físicos como Descartes, Newton, Huygens, Laplace, Poisson, Fresnel, Cauchy são partidários de uma metodologia mecanicista, conduz Duhem a reconhecer a objeção: "...se essas teorias possuem por princípio uma idéia tão completamente errônea do papel da física, de onde vem que elas tenham feito a física fazer tão grandes progressos?"

A resposta de Duhem à avaliação positiva da metodologia mecanicista fornecida pela história da ciência é feita pela combinação de duas teses historiográficas (teses sobre o desenvolvimento da ciência), cuja cunhagem epistemológica e metodológica mostraremos a seguir.

A primeira tese historiográfica afirma que "é sempre no início de uma ciência que seu papel é pior definido" (1892, p.163) Esta tese é

usada por Duhem no sentido de mostrar que há uma coincidência (que não é fortuita, posto que é "decorrente das leis que presidem ao desenvolvimento da ciência" (1892,p.163), entre a forma mecânica das primeiras teorias físicas e a multiplicidade e importância das descobertas produzidas por essas primeiras teorias: "O que é verdadeiro, diz Duhem(1892, p.163), é que, de um lado, as teorias devem mostrar-se sobretudo fecundas na origem da física teórica, e que, de outro lado, na origem da física teórica, as teorias mecânicas devem ser naturalmente favorecidas." O objetivo do argumento de Duhem é, assim, impedir que se considere a fecundidade da física teórica nascente (principalmente dos séculos XVIII e XIX) como consequência necessária da natureza mecânica das teorias propostas. Em outras palavras, ao afirmar que existe coincidência histórica - posto que a coincidência não é fortuita, mas antes presidida por leis históricas (leis do desenvolvimento da ciência) - entre a fecundidade das primeiras teorias físicas e a natureza mecânica dessas teorias, Duhem se opõe claramente à afirmação de que a fecundidade da física teórica no seu início é consequência necessária ("suite logique", dirá Duhem) da natureza mecânica das primeiras teorias. O resultado é importante para o conflito metodológico, pois evita que o peso da evidência histórica em favor da metodologia mecanicista possa servir para a justificação (num sentido forte) da adoção dessa metodologia.

O cunho epistemológico da tese historiográfica de Duhem, na qual se baseia a afirmação de coincidência histórica, é claramente evidenciado pela analogia entre a construção das primeiras teorias e o aprendizado na infância. Segundo Duhem (1892,p.163), é na infância que "a ingenuidade coincide com a aquisição de uma massa enorme de conhecimentos, sem que uma dessas características possa ser considerada como consequência da outra; uma e outra coincidem simplesmente e isso porque uma e outra derivam de leis do desenvolvimento da inteligência humana." Segundo a analogia, assim como no início de seu desenvolvimento intelec-

tual a criança aprende mais, assim também no início da física teórica os físicos aprendem mais, mas, em ambos os casos, é também no início que se tem menos consciência do valor e alcance dos conhecimentos adquiridos. O argumento estabelece, portanto, uma analogia entre as leis de desenvolvimento da ciência e as leis de desenvolvimento da inteligência humana. A tese historiográfica encontra, assim, seu fundamento na epistemologia.

Contudo, a crítica de Duhem ao peso da evidência histórica em favor da metodologia mecanicista não se detém na afirmação epistemologicamente fundada de que há mera coincidência histórica entre as teorias mecânicas e a fecundidade das primeiras teorias da física teórica. Duhem acrescenta a sua argumentação outra tese historiográfica, segundo a qual "à medida que a física teórica se aperfeiçoa, os físicos mais eminentes devem compreender cada vez melhor sua natureza e seu fim; seus favores devem pouco a pouco abandonar as teorias mecânicas para dirigir-se em direção às verdadeiras teorias físicas; estas devem herdar a fecundidade que aquelas perdem." (1892, p.163). Note-se, entretanto, que esta tese não é senão uma reformulação, em termos de desenvolvimento da ciência, da consequência metodológica - analisada nas pp.56-57 - de que as teorias mecânicas transformam-se gradativamente em teorias físicas, mediante a gradativa refutação pela experiência de suas hipóteses mecânicas. A aplicação dessa consequência metodológica ao desenvolvimento da ciência dá lugar à tese historiográfica acima, cujo cunho é evidentemente metodológico. Ora, é essa tese que permite evidenciar na história da ciência "a decadência das teorias mecânicas e a importância crescente das teorias físicas" (1892, pp.163-164). Em outros termos, é a tese metodológica que permite a constatação histórica de que as teorias mecânicas são substituídas gradativamente por teorias físicas.

Com isto chegamos ao segundo problema histórico decorrente do conflito de metodologias, que é o da relação entre física e metafísica. Se

gundo Duhem (1892,p.164), a visão clara dessa relação "ilumina toda a história das teorias físicas". Se o físico adota uma metodologia mecanicista e considera, conseqüentemente, suas teorias como explicações das leis naturais, "ele não poderá aceitar como satisfatória senão uma teoria conforme a suas idéias metafísicas" (1892,p.164). Em outras palavras a adoção de uma concepção explicativista das teorias, intimamente associadas à concepção mecanicista, conduz à adoção de um critério de aceitabilidade dependente de concepções metafísicas particulares. Por outro lado, "se o filósofo acredita encontrar nas teorias desenvolvidas pelos físicos a razão de ser dos fenômenos materiais, ele se inspirará nessas teorias na construção de seu sistema metafísico" (1892,p.164), ou seja, quando as teorias da física são tomadas pelo filósofo como explicações do mundo, a metafísica torna-se dependente da física.

Essa mútua relação entre física e metafísica pode ser percebida historicamente, tanto na influência da metafísica cartesiana sobre a física de Descartes e Huygens, influência que se estende à obra de Euler e Lagrange, como na escola física fundada por Newton e seguida principalmente por Laplace, Poisson e Cauchy; escola que, segundo Duhem (1892,p.164), "está intimamente ligada à história das idéias leibnizianas." Finalmente, também na obra filosófica de um contemporâneo como Herbert Spencer, Duhem vê uma metafísica composta a partir de idéias tomadas de teorias termodinâmicas.

As considerações acima conduzem Duhem a formular uma terceira tese historiográfica, segundo a qual "à medida que percebemos melhor o papel puramente simbólico das teorias físicas, essas teorias tornar-se-ão mais independentes das doutrinas metafísicas em voga, e, ao mesmo tempo, elas renunciarão à pretensão mal fundada de impor seu sistema à metafísica." (1892,p.164). Isto significa, obviamente, que o desenvolvimento da física teórica se dá no sentido de uma demarcação

mais precisa entre a física e a metafísica, a saber, no sentido, já apontado na seção 3, de maior independência entre elas.

O cunho epistemológico desta tese historiográfica é claro e revela o papel central desempenhado pela tese demarcatória duhemiana não apenas, como já vimos, para a fundamentação do fim a ser atingido pela metodologia, mas também para a caracterização da historiografia de Duhem. A tese demarcatória será, em grande medida, responsável pela diretriz geral do programa historiográfico de Duhem, que dividirá a história da física em dois grandes períodos, caracterizados exatamente pela adoção ou rejeição da demarcação entre física e metafísica. Este aspecto da historiografia de Duhem é importante para entender que o programa historiográfico desse autor é uma tentativa de mostrar que sua teoria da ciência representa a retomada de uma tradição científica formalista, anterior à tradição mecanicista e explicativista nascida nos séculos XVI e XVII e amplamente difundida nos séculos XVIII e XIX.

Segundo a imagem de desenvolvimento do conhecimento teórico gerada por esse programa, as teorias anteriores ao século XVI revelam uma nítida tendência a separar o conhecimento físico do conhecimento metafísico, isto é, a separar a representação dos fenômenos físicos, entendida como formulação de hipóteses representativas com as quais se classificam esses fenômenos, da explicação metafísica desses fenômenos através da postulação de inobserváveis. Essa demarcação pode, segundo Duhem (1893, pp.71-72), ser encontrada em Aristóteles e na filosofia peripatética, particularmente, nos comentários de Simplício e Tomás de Aquino. Neste caso, a distinção era aplicada à Astronomia, que era o único ramo desenvolvido da física, no sentido moderno, e à Física, entendida como aquela parte da metafísica, caracterizada por Duhem como Cosmologia.

Mas não são apenas os filósofos antigos e medievais que subscrevem a demarcação. Também os físicos e astrônomos compartilham com eles es-

sa admissão. Assim, segundo Duhem (1893,p.73), a primeira teoria da física matemática construída por Arquimedes a propósito dos corpos flutuantes (isto é, a teoria hidrostática de Arquimedes) "é ao mesmo tempo o modelo das teorias tais como as entendemos", ou seja, é uma teoria construída para representar os fenômenos, não para explicá-los. Neste sentido, Arquimedes adota implicitamente a demarcação entre física e metafísica. O mesmo é afirmado para Copérnico que, diz Duhem(1893,pp. 74/75), "procede na astronomia como Arquimedes na hidrostática". Segundo isso, o prefácio de Osiander ao De Revolutionibus resume "tanto a tradição tomista como o pensamento de Copérnico, ao invés de traí-lo, como frequentemente se diz".

O final do século XVI e início do século XVII produzem, entretanto, "uma das maiores revoluções que subverteram o mundo do pensamento" (1893,p.75). Mas essa revolução rompe, acima de tudo, com as "regras lógicas" traçadas pelos gregos: "... pretendem reformar a lógica, forjar de novo os instrumentos de que se serve a razão humana, e, com Bacon, criar um novum organum; rompem as linhas da demarcação estabelecidas pelos peripatéticos entre os diversos ramos do saber humano; o distinguo, que servia para delimitar exatamente as questões e para marcar a cada método o campo que lhe é próprio, torna-se um termo ridículo do qual se apodera a comédia; vê-se, então, desaparecer a antiga barreira que separava o estudo dos fenômenos físicos e de suas leis da procura das causas; então, vê-se as teorias físicas tomadas por explicações metafísicas, os sistemas metafísicos procurando estabelecer, por via dedutiva, as teorias físicas." (1893,p.75).

Fica claro, nesta longa citação, o papel central desempenhado pela demarcação no programa historiográfico de Duhem. Esse programa visa, por um lado, uma retomada da tradição científica aristotélica, caracterizada fundamentalmente pela adoção da demarcação entre física e metafísica, e, por outro lado, uma vigorosa crítica da tradição científica

explicativista (mecanicista), caracterizada pela recusa da demarcação entre física e metafísica. Os séculos XVI e XVII representam, deste ponto de vista historiográfico, uma profunda ruptura com a tradição anterior; ruptura que se caracteriza por dois tipos de recusa da demarcação entre física e metafísica; primeiro, as teorias físicas são tomadas como explicações metafísicas, isto é, como atingindo as verdadeiras causas e a própria razão das coisas; depois, pretende-se que da metafísica seja possível deduzir a física.

O primeiro tipo de recusa da demarcação é encontrado por Duhem em Kepler e Galileu, tanto que a respeito deste último Duhem afirma: "as discussões que compõem o processo Galileu seriam incompreensíveis para quem não visse aí a luta entre o físico que deseja que suas teorias sejam não apenas a representação, mas ainda a explicação dos fenômenos, e os teólogos que mantêm a antiga distinção e não admitem que os raciocínios físicos e mecânicos de Galileu possam o que quer que seja contra sua cosmologia." (1893,p.75).

O segundo tipo de recusa encontra-se em Descartes que, segundo Duhem (Cf.1893,pp.75-79), foi quem mais contribuiu para destruir a demarcação entre física e metafísica. Segundo Duhem, a fórmula da cosmologia cartesiana é audaciosa: "o homem conhece a própria essência da matéria, que é a extensão; ele pode pois, logicamente, deduzir todas as propriedades da matéria" (1893,p.76). Isto corresponde, obviamente, a destruir a demarcação e a inverter a ordem da gênese do conhecimento, pois, segundo a concepção duhemiana, "o espírito não parte do conhecimento dos fenômenos para se elevar em seguida ao conhecimento da matéria; o que ele conhece imediatamente, é a natureza mesma da matéria e a explicação dos fenômenos decorre disso." (1893,p.76).

Embora a influência de Descartes tenha sido decisiva e geral, não foi, entretanto, universal. A principal exceção, para Duhem(1893,p.79), é Newton que "jamaís abandonou a tradição da Escola, que sempre separa

va as teorias científicas, destinadas a coordenar as leis físicas, e as pesquisas metafísicas, destinadas a fazer conhecer as causas dos fenômenos, que sempre mantinha a propriedade lógica das primeiras, dentre as quais colocava a mecânica celeste, sobre as segundas."

Finalmente, durante os séculos XVIII e XIX, as relações entre a física e a metafísica se obscureceram cada vez mais, como fruto da tendência de tomar as teorias físicas como explicações das causas dos fenômenos. Ainda assim, nem todo traço da distinção desaparece, já que se pode encontrá-la, por exemplo, em Laplace e Ampère (Cf. 1893, pp. 80 / 81).

Este breve resumo da imagem do desenvolvimento histórico das teorias físicas permite evidenciar com clareza a fundamentação epistemológica do programa historiográfico de Duhem. Essa fundamentação produz obviamente uma reinterpretação da evidência histórica disponível em favor da metodologia mecanicista, permitindo uma reavaliação do peso dessa evidência para o conflito entre aquela metodologia e a metodologia de Duhem.

6. Aspectos Internos da Metodologia de Duhem.

6.1 A escolha de teorias e a limitação metodológica do relativismo

Em nossa discussão da concepção duhemiana da estrutura das teorias e das operações com as quais se constrói uma teoria física - particularmente na p. 37 -, já tivemos a oportunidade de tratar do problema da escolha. Dividimos, naquela oportunidade, o problema da escolha em duas partes, tratando a seguir daquela parte desse problema que se refere ao requisito metodológico de tradutibilidade segundo o qual as hipóteses de uma teoria são formuladas. Tratamos, assim, daquela parte do problema da escolha denominada por nós "formulação de hipóteses". Entretanto, deixamos em aberto a segunda parte do problema da escolha de hipóteses, na qual perguntamos pelas regras segundo as quais escolhemos, dentre os

diversos sistemas de hipóteses (teorias) que podemos formular com base no requisito metodológico de tradutibilidade, aquele sistema de hipóteses que é uma classificação. A segunda parte do problema da escolha - que denominamos "escolha de teorias" - tratará, assim, dos requisitos que um sistema de hipóteses deve satisfazer para ser aceito como uma teoria física, isto é, uma classificação das leis experimentais. Detalhemos o problema da escolha de teorias e a solução apresentada por Duhem.

O primeiro aspecto a considerar é o da arbitrariedade envolvida na formulação das hipóteses de uma teoria. O método de formular uma teoria está fundado num requisito de tradutibilidade entre a linguagem teórica e a linguagem observacional. Esse requisito se expressa, para as definições, como a exigência de que estas devem ser regras de correspondência simbólica entre as noções físicas e os termos teóricos e, para as hipóteses, como o requisito de que estas devem ser traduções simbólicas das leis experimentais. Contudo, tanto a aceitação de uma certa regra de correspondência simbólica como definição de uma noção física, como a aceitação de uma dada tradução simbólica de uma lei como hipótese de uma teoria é altamente arbitrária e convencional. Com efeito, para uma mesma noção física, há um número bastante grande de grandezas matemáticas (termos teóricos), cujas propriedades poderiam representar as propriedades dessa noção. Isso significa que podemos estabelecer um número indefinido de regras de correspondência diferentes e formular, assim, um igual número de definições para uma mesma noção física. Resulta disso que qualquer definição aceita é convencional e exclui um número ilimitado de outras definições possíveis. Esta arbitrariedade das definições transfere-se às hipóteses, posto que estas são formuladas, estabelecendo-se relações matemáticas entre as grandezas definidas.

Mas há outro sentido em que as hipóteses são arbitrárias. Ainda que aceitássemos o mesmo conjunto de definições, poderíamos formular

hipóteses diferentes para um mesmo grupo de leis experimentais. Com efeito, para formular efetivamente as hipóteses, selecionamos, no conjunto de leis experimentais que desejamos representar, algumas leis e formulamos uma ou mais hipóteses tais que essas leis selecionadas sejam conseqüências aproximadas das hipóteses. Portanto, se, no conjunto de leis experimentais que desejamos representar, selecionamos leis experimentais diferentes, obteremos hipóteses diferentes como representações simbólicas das leis. Decorre disto que, para um mesmo grupo de leis experimentais e um mesmo conjunto de definições, há um número ilimitado de proposições matemáticas que podem ser tomadas como hipóteses, isto é, como representações simbólicas daquelas leis experimentais.

Vemos, portanto, que a aplicação do requisito de tradutibilidade à construção de teorias físicas não elimina a arbitrariedade da escolha de um sistema de hipóteses como teoria. Ao contrário, o método teórico proposto por Duhem até maximiza essa arbitrariedade, como vimos ao tratar na seção precedente do conflito de metodologias, dando ao teórico uma ampla liberdade de escolha. A metodologia proposta por Duhem é, assim, compatível com a possibilidade de existir, para um mesmo grupo de leis experimentais, um número ilimitado de sistemas hipotéticos que são aceitáveis como teorias físicas. Isto obviamente põe o problema de saber como discriminamos, dentre os diversos sistemas hipotéticos possíveis, aquele que consideramos como sendo a classificação mais adequada das leis experimentais.

Uma solução desse problema - compatível com a metodologia de formulação de teorias e que nasce do reconhecimento de que esse método teórico pode levar à formulação de várias teorias diferentes para um mesmo conjunto de leis - consiste em afirmar que não há como discriminar entre essas diversas teorias. Segundo essa solução, que Duhem (cf. 1892, p.165) encontra em Poincaré, devemos "considerar como equivalentes as diferentes teorias que se pode propor para um mesmo conjunto de leis, e

estudá-las todas sem dar preferência a qualquer uma delas." (1892, p. 166). Isto certamente corresponde a maximizar a arbitrariedade envolvida no método de formulação das teorias, conduzindo a uma solução relativista do problema da escolha segundo a qual toda teoria construída com o método proposto deve ser aceita.

Duhem considera ilegítima essa solução e acredita que pode ser evitada. Em outros termos, segundo Duhem (1892, p. 166), "pode acontecer que diferentes teorias de uma mesma classe de fenômenos sejam logicamente aceitáveis para preferir uma dentre elas". Duhem expressa, assim, sua disposição de enfrentar o problema da escolha de teorias, formulando, para além do método pelo qual construímos uma teoria, os requisitos que devem dirigir a escolha entre os diversos sistemas logicamente aceitáveis. Na verdade, dada a arbitrariedade envolvida na construção das teorias, trata-se de formular requisitos que limitem essa arbitrariedade na escolha dos sistemas hipotéticos.

Note-se, além disso, que Duhem separa nitidamente a aceitabilidade lógica de uma teoria da aceitabilidade metodológica que expressa os "motivos razoáveis para preferir" uma teoria a outras logicamente aceitáveis. Com base nisso, Duhem distingue três tipos de requisitos que devem ser satisfeitos por uma teoria para que ela seja escolhida.

O primeiro tipo de requisito estipula as condições lógicas que uma teoria deve satisfazer de modo a ser logicamente aceitável. Ora, como afirma Duhem (1892, p. 166), "supomos que as diferentes teorias entre as quais se trata de escolher sejam todas logicamente aceitáveis; pois existem teorias que a lógica nos obriga a rejeitar ou modificar." O requisito de aceitabilidade lógica expressa, assim, as condições que devem ser satisfeitas por um sistema de hipóteses para que este seja considerado, do ponto de vista formal, como candidato a teoria física. Este requisito pode ser expresso como segue (cf., 1892, p. 166):

Uma teoria é logicamente aceitável sse satisfaz aos seguintes re-

quisitos impostos ao sistema de hipóteses dessa teoria:

- (1) não-contradição: todas as hipóteses devem ser compatíveis entre si;
- (2) independência: todas as hipóteses devem ser independentes entre si;
- (3) redundância: uma teoria não deve invocar hipóteses inúteis;
- (4) economia: o número de hipóteses deve ser reduzido a um mínimo;
- (5) consistência: uma teoria não deve reunir as conseqüências de hipóteses irreconciliáveis.

Entretanto, Duhem observa com muita propriedade que "a lógica deixa livre a escolha de hipóteses" (1892,p.166), expressando com isso o limite do requisito lógico acima formulado para a escolha de teorias, uma vez que é possível formular, para um mesmo conjunto de leis experimentais, diferentes sistemas de hipóteses que têm uma forma logicamente aceitável.

O segundo requisito que deve ser satisfeito por uma teoria está ligado ao que chamamos desenvolvimento hipotético de uma teoria e liga-se ao critério metodológico de aceitabilidade de teorias proposto por Duhem. O desenvolvimento de uma teoria é composto basicamente por duas partes. A primeira parte, na qual extraímos as conseqüências dedutivas do sistema de hipóteses, é, "em toda sua extensão e com todo rigor, submetida às leis da lógica" (1892,p.167). Entretanto, a segunda parte, na qual comparamos as conseqüências logicamente deduzidas com a experiência, "não é exclusivamente submetida às leis do raciocínio dedutivo" (1892,p.167). Diferentemente do primeiro requisito que estipula as condições formais, o segundo requisito estabelece as condições materiais que devem ser satisfeitas pelas teorias para serem aceitas.

O segundo requisito é, assim, expresso pelo critério de aceitabilidade (material) das teorias - já tratado na seção 4 - que estipula as condições experimentais que devem ser satisfeitas pelo sistema de

hipóteses: "se, no domínio ao qual uma teoria pretende aplicar-se, encontramos uma lei experimental que esteja em contradição com as consequências da teoria, a teoria deve ser rejeitada, ou, pelo menos, deve-se restringir a extensão da classe de leis que ela pretendia abarcar" (1892,p.167).

Contudo, a aplicação do requisito material não elimina o problema da escolha, pois, para uma mesma classe de fenômenos, podem existir várias teorias logicamente aceitáveis que estão "em acordo satisfatório com os fatos que pretendem representar" (1892,p.169).

A solução relativista equivale a render-se ao problema neste ponto. Na impossibilidade de resolver o problema através de critérios lógicos e materiais para a aceitabilidade de teorias, o relativista acredita que todas são equivalentes. Duhem, ao contrário, reformula o problema, abrindo caminho para uma solução metodológica: "Nenhum critério lógico decide entre elas; resulta que não podemos ter algum motivo razoável para preferir uma a outra?" (1892,p.162). O terceiro tipo de requisito consiste na estipulação das condições metodológicas - que expressam "motivos razoáveis" - pelas quais escolhemos uma teoria dentre várias teorias experimentalmente (observacionalmente) equivalentes. São três as características que, segundo Duhem (1892,p.169), podem servir para escolha entre as diversas teorias: a extensão da teoria, o número de hipóteses e a natureza das hipóteses. Essas características são utilizadas por Duhem para formular as três regras que se seguem:

REGRAS DE ESCOLHA

(1) REGRA DA EXTENSÃO DA TEORIA: Dentre duas teorias, devemos preferir aquela cujo modo de representação é mais abrangente, vale dizer, aquela que representa uma classe mais extensa de fenômenos.

(2) REGRA DO NÚMERO DE HIPÓTESES: Duas teorias de mesma extensão (isto é, que satisfazem à regra (1)) podem invocar um número diferente de hipóteses. Aquela que invoca menos hipóteses é a melhor; deve, portanto,

ser a escolhida.

(3) REGRA DA NATUREZA DAS HIPÓTESES: Se duas teorias possuem a mesma extensão e invocam um número sensivelmente igual de hipóteses (isto é, se elas não podem ser escolhidas pelas regras (1) e (2)), "a própria natureza dessas hipóteses pode ainda fornecer um motivo plausível para escolher entre elas": a teoria que possui as hipóteses "mais simples, mais naturais, que traduzem mais imediatamente os dados da experiência" (1892, p.170) devem ser preferidas.

É interessante notar, em primeiro lugar, que os três tipos de requisitos impostos às teorias físicas formam claramente uma hierarquia de testes sucessivos a que devem ser submetidas as teorias de modo a propiciar a escolha de uma dentre elas. O requisito formal deve ser observado pelo teórico na própria formulação do sistema de hipóteses, para que ele se constitua numa teoria logicamente aceitável. O requisito material visa, a seguir, assegurar que essa teoria logicamente aceitável seja também uma classificação aceitável das leis experimentais, o que se faz confrontando as consequências logicamente deduzidas do sistema de hipóteses com a experiência. Finalmente, as regras de escolha estipulam os motivos razoáveis (as condições metodológicas) para escolher uma dentre várias teorias lógica e experimentalmente aceitáveis.

Contudo, os três tipos de requisitos podem não conduzir a uma decisão totalmente exclusiva. Os requisitos formal e material permitem, certamente, limitar a arbitrariedade envolvida na formulação de uma teoria, mas não a eliminam, posto que não excluem a possibilidade de construir outras teorias. Duhem reconhece que isto é, na verdade, uma decorrência do fim de classificação atribuído a uma teoria: "ao afirmar que a Física Matemática não é a explicação do mundo material, mas uma simples representação das leis descobertas pela experiência, evitamos a obrigação de declarar verdadeira, para cada ordem de fenômenos, uma teoria por exclusão de toda outra". (1892, p.170).

Quanto ao terceiro tipo de requisito, embora ele mostre, como pretende Duhem (1892,p.170), que "não estamos condenados por isso a adotar todas as teorias", posto que "temos, para escolher entre elas, regras bastante certas, que, muito frequentemente, nos permitirão preferir razoavelmente uma a todas as outras", ele não exclui a possibilidade de duas ou mais teorias satisfazerem as regras propostas. Na verdade, a própria afirmação de Duhem de que as regras "muito frequentemente" conduzem a uma escolha reconhece implicitamente tal possibilidade.

Duhem silencia, entretanto, quanto ao remédio a ser adotado. Parece que, em tal caso, a metodologia por ele proposta conduz a uma das duas seguintes alternativas: ou aceitamos arbitrariamente uma das teorias propostas ou consideramos todas as teorias como equivalentes e aceitamos uma ou outra, se não todas, Duhem não se desvencilha, pois, das presas do relativismo, apenas torna mais difícil a captura.

6.2 O papel da experiência e da matemática no método teórico

O segundo aspecto metodológico importante a ser considerado refere-se ao papel da experiência e da matemática na metodologia teórica proposta por Duhem.

As relações que devem existir entre a matemática e o método experimental na construção de uma teoria física são fixadas por Duhem através da seguinte fórmula que ele considera simples: "A experiência fornece a matéria das definições e das hipóteses sobre as quais repousa toda teoria; todo resultado da teoria deve ser uma lei da experiência; a análise matemática é o instrumento que opera sobre a matéria para extrair daí os resultados." (1892,p.171).

A fórmula duhemiana para a experiência é uma interpretação da afirmação, considerada por Duhem (1892,p.171) como uma "verdade incontável", segundo a qual "toda pesquisa física tem a experiência como ponto de partida e como ponto de chegada". Está claro que a adoção de

tal fórmula conduz a asseverar a predominância do método experimental, mas essa predominância não deve conduzir a diminuir a importância da matemática na física teórica, posto que, segundo a fórmula acima, a matemática é "o instrumento necessário à construção de toda teoria física" (1892,p.173). A matemática é, pois, o instrumento (meio) utilizado pelo físico teórico para construir uma linguagem simbólica que permita representar ordenadamente a experiência (fim).

Discutiremos detalhadamente, nas seções seguintes, a concepção da natureza de experiência e lei de experiência; por ora, nos deteremos na análise do papel do instrumental matemático na física teórica. Duhem (1892,p.173) atribui à matemática três funções importantes.

A primeira função da matemática consiste em permitir a formulação das equações fundamentais da teoria a partir das definições e hipóteses formuladas. A análise matemática estabelece, nesse caso, as condições e restrições a que está submetida a formulação de equações. Em segundo lugar, a análise matemática demonstra os teoremas que enunciam as propriedades das diversas equações. São essas propriedades gerais das equações que permitem estabelecer as relações entre as leis experimentais às quais se aplica a teoria. Finalmente, a terceira função liga-se ao controle experimental da teoria. As grandezas matemáticas introduzidas pela teoria têm seu valor determinado por medição; a análise matemática deve detalhar "os problemas particulares que justificam as experiências de controle, ou que servem para instituir os métodos de medição" (1892,p.173).

6.3 A utilidade das teorias e a limitação da preditividade

Finalmente, há um último aspecto relevante para a metodologia do conhecimento teórico e que envolve a questão da utilidade da física teórica. Essa questão está precisamente delimitada pelo fim proposto por Duhem para a física teórica. Ora, segundo Duhem (1892,p.175), "o fim

da física teórica é ligar entre si, classificar os conhecimentos adquiridos pelo método experimental". A utilidade das teorias reside, assim, em produzir uma sistematização da experiência, que permite guiar o físico pelo conglomerado confuso e inextricável das leis obtidas por experiência. A utilidade do conhecimento teórico é em grande medida psicológica, produzindo uma abreviação e agilização da linguagem com que tratamos dos fenômenos. As teorias são, assim, representações simbólicas que abreviam o conhecimento experimental.

Esta redução da utilidade das teorias ao caráter econômico das representações simbólicas conduz a duas consequências relevantes. A primeira é a eliminação da preditividade como marca característica de uma teoria e, conseqüentemente, como motivo razoável que se possa apresentar em favor de sua adoção. "A teoria, afirma Duhem (1892,p.175), está destinada a coordenar as leis descobertas pela experiência; ela não está destinada a fazer descobrir novas leis". Assim, embora reconheça que as teorias podem conduzir à descoberta de leis que não haviam sido anteriormente encontradas pela experiência, Duhem considera que tais predições são raras e que "a maior parte das descobertas experimentais devem-se ao método experimental" (1892,p.175). As predições são entendidas antes como "provas da fecundidade de um método que produz para além daquilo que se deve exigir dele", do que como realização do fim do conhecimento teórico.

A segunda consequência situa-se na mesma linha e conduz a negar que as teorias "tenham por objeto produzir invenções úteis na prática" (1892,p.175). Em outros termos, as teorias tampouco visam a aplicabilidade tecnológica.

A adesão estrita de Duhem ao fim de ordenação e classificação das leis experimentais, responsável pela eliminação da preditividade e da aplicabilidade tecnológica da alçada do método teórico, gera uma imagem de física que distingue com nitidez três domínios: a ciência teóri

ca, a ciência experimental e a ciência aplicada. Entretanto, apesar de distintos, esses três domínios são interdependentes. As necessidades práticas sugerem ao experimentador fenômenos a observar e leis a estabelecer; as leis estabelecidas pelo experimentador propiciam aperfeiçoamentos práticos e tecnológicos. As leis experimentais, por outro lado, fornecem a matéria básica para a reflexão teórica; as teorias permitem ao experimentador uma visão mais clara do edifício científico e ao cientista aplicado uma utilização mais rápida e segura dos resultados da experiência para os fins práticos.

CAPÍTULO II

A Concepção Duhemiana da Física Experimental

O ensaio "Quelques Réflexions au sujet de la Physique Expérimentale", publicado em 1894, com o qual Duhem completa a primeira formulação de sua concepção da física, não deixa de ser surpreendente. A exposição que fizemos nas seções anteriores de sua concepção do conhecimento teórico e, em particular, do método teórico com o qual se constroem as teorias físicas pode facilmente conduzir à suposição de independência e prioridade da experiência e do método experimental com relação às teorias e ao método teórico de representação das leis experimentais. Afinal, o conhecimento teórico não é, para Duhem, outra coisa que a sistematização e classificação das leis obtidas pela experiência, acrescentando apenas ordem a esse conhecimento experimental. Essa constatação de que uma teoria é obtida a partir das leis estabelecidas pelo método experimental com o único fim de ordenar conjuntos dados dessas leis pode naturalmente conduzir à expectativa de que as leis experimentais são obtidas independentemente de considerações teóricas, de que os relatos da experiência não dependem das representações simbólicas introduzidas pelas teorias, sendo, portanto, neutras e finalmente de que a análise duhemiana do método experimental propiciaria pelo menos uma descrição do modo pelo qual são obtidas as leis experimentais. É precisamente por contrariar, em grande medida, essa expectativa que a reflexão duhemiana sobre o método experimental se revela surpreendente. Na verdade, o objetivo desta reflexão não é o de explicitar como as leis experimentais são obtidas a partir da experiência pelo uso do método experimental, mas antes analisar o uso desse método no processo de verificação experimental das teorias. Procuraremos em primeiro lugar fixar este último ponto, para discutir depois o vazio epistemológico causado pela ausência de uma reflexão sobre o modo pelo qual são

formuladas as leis experimentais.

A análise da física experimental é realizada por Duhem em duas etapas. Na primeira parte, Duhem responde à questão "O que é uma experiência da física?"; na segunda expõe o que considera como "lei física". Detalharemos a seguir sucessivamente cada uma dessas etapas de sua concepção da física experimental, separando seus aspectos epistemológicos e metodológicos; discutiremos depois seu afastamento com relação às expectativas acima enunciadas.

1. O Princípio Epistemológico Básico: Inseparabilidade entre Teoria e Experimento.

Convém notar, antes de apresentar a tese epistemológica duhemiana sobre a física experimental, que essa tese corresponde a uma teoria do experimento físico e de seu uso no teste experimental das teorias físicas e não a uma teoria geral da experiência, entendida como análise do papel desempenhado pela experiência na constituição das leis experimentais ou, mais genericamente, na constituição do conhecimento experimental. O próprio Duhem, logo no início de sua análise, deixa este ponto assentado, quando sugere que suas considerações concordam com a concepção usual, segundo a qual uma experiência de física consiste em "produzir um fenômeno físico em condições tais que se possa observá-lo exata e minuciosamente, por meio de instrumentos apropriados" (1894, p.179). Ora, isto corresponde ao que é, em geral, aceito como experimento. Convém, assim, no que se segue, considerar que a noção de "experiência" é, salvo referência contrária, sinônima da noção de "experimento" e que a questão a ser tratada é "O que é um experimento físico?".

Isto posto, a imagem duhemiana de experimento físico é fixada pela formulação de um princípio epistemológico geral - que denominaremos de tese IV - cuja enunciação completa é a seguinte:

"Toda experiência da física compreende essencialmente, além da cons

tatação de um fenômeno ou de um grupo de fenômenos, uma interpretação que põe em jogo todo um conjunto de teorias admitidas pelo observador; essa interpretação tem por fim substituir os fatos concretos realmente observados por representações abstratas e simbólicas." (1894, pp.197/198).

Esta tese epistemológica, considerada por Duhem como um princípio que regula o uso do método experimental na física (Cf, 1894, p.182; p.198), está composta por duas partes. A primeira parte estabelece uma inseparabilidade essencial entre a constatação experimental de um fenômeno e a interpretação teórica desse mesmo fenômeno. A segunda parte fixa, por assim dizer, o efeito dessa interpretação teórica para a constatação experimental dos fatos observáveis. Cada uma dessas partes terá, como veremos, consequências metodológicas importantes para o teste empírico - para o processo de verificação experimental - a que são submetidas as teorias com vistas a determinar sua adequabilidade material. Concentremo-nos, contudo, na exposição de cada uma das partes de que é composta a tese IV, buscando determinar o sentido exato que Duhem lhes empresta, para determinar subsequentemente suas consequências metodológicas.

A primeira parte da tese IV afirma basicamente que o experimento físico, além da observação de um fenômeno, é a interpretação teórica desse fenômeno. De modo a explicitar o sentido dessa afirmação, vejamos como Duhem estabelece o contexto experimental em que ela é pensada, citando integralmente um dos exemplos que ele oferece em apoio a esta parte da tese.

"Entremos num laboratório; aproximemo-nos da mesa repleta de aparelhos: uma pilha elétrica, fios de cobre envoltos por seda, recipientes repletos de mercúrio, bobinas, uma barra de ferro que sustenta um espelho; um experimentador insere em pequenos orifícios a extremidade metálica de um pino cuja cabeça é de ebonite; o ferro oscila e, pelo espelho que lhe está ligado, lança sobre uma régua de celulóide um feixe lumino

so, cujos movimentos são seguidos pelo observador; eis, sem dúvida, uma experiência: esse físico observa minuciosamente as oscilações do pedaço de ferro. Pergunte-lhe agora o que ele faz; responderá: "estudo as oscilações de uma barra de ferro que sustenta um espelho?" Não, ele dirá que mede a resistência elétrica de uma bobina. Se nos espantarmos e lhe perguntarmos o sentido dessas palavras e qual é a relação que elas possuem com os fenômenos por ele constatados, e que constatamos ao mesmo tempo que ele, responderá que nossa questão exige explicações muito longas e nos mandará frequentar um curso de eletricidade." (1894, pp. 179-180).

Este exemplo é suficientemente claro: segundo a tese defendida por Duhem, o experimento físico compõe-se de duas partes claramente distintas. Na primeira, que consiste na constatação observacional (observação) de certos efeitos, "é suficiente, diz Duhem (1894, p. 180), estar atento e ter os sentidos suficientemente desimpedidos"; na segunda, que consiste na interpretação dos fatos observados, "não é suficiente ter a atenção desperta e o olho exercitado; deve-se conhecer as teorias admitidas; deve-se saber aplicá-las, deve-se ser físico" (1894, p. 180).

Há, portanto, um sentido claro em que a tese IV afirma a inseparabilidade entre teoria e experimento: quem não conhece as teorias físicas - no exemplo considerado, a teoria eletrodinâmica - não pode constatar experimentalmente, isto é, não sabe o que significa "medir a resistência elétrica dos materiais". É preciso, contudo, notar que a inseparabilidade está apoiada numa diferença entre a constatação observacional, isto é, a simples observação de um fenômeno, e a constatação experimental desse fenômeno. Este ponto é relevante, pois mostra que a tese IV de Duhem não está destinada a afirmar a impregnação teórica da experiência em geral (observação). Ao contrário, como mostra o exemplo acima citado, Duhem considera que o ato de observar não tem ligação com a teoria. Este aspecto está claramente evidenciado, no exemplo acima, pelo fato de que todos - leigos ou físicos devidamente instruídos - podem observar o mes

mo efeito, a saber, as oscilações do pedaço de ferro. A observação corresponde assim àquele elemento dos experimentos que é comum a todos os homens e que é uma condição necessária para os experimentos. Contudo, embora sem constatação observacional não haja experimento, este é, como vimos, mais do que a simples constatação observacional. A constatação experimental envolve uma interpretação teórica do que foi observado.

A segunda parte da tese IV está destinada precisamente a fixar a natureza dessa interpretação, completando a caracterização duhemiana da inseparabilidade entre teoria e experimento. A segunda parte da tese mostrará, em particular, que essa inseparabilidade é essencial, posto que é impossível, nos experimentos físicos, "dissociar, separar a constatação dos fatos e a transformação a que a teoria os submete" - (1894, p.183). Segundo Duhem, a interpretação teórica dos fatos constatados consiste na substituição dos "dados concretos realmente recolhidos pela observação por representações abstratas e simbólicas que lhes correspondem em virtude das teorias admitidas pelo observador." (1894, p.182).

Recorramos mais uma vez aos exemplos apresentados por Duhem para caracterizar em que consiste essa substituição de dados concretos observacionais por representações abstratas e simbólicas: "Regnault estuda a compressibilidade dos gases; toma uma certa quantidade de gás; encerra esse gás num tubo de vidro; mantém a temperatura constante; mede a pressão suportada pelo gás e o volume que ele ocupa. Eis, dir-se-á, a observação minuciosa e precisa de certos fenômenos, de certos fatos. Certamente, diante de Regnault, entre suas mãos, entre as mãos de seus ajudantes, produziram-se fatos; é o relato desses fatos que Regnault consignou...? Não. Num visor, Regnault viu a imagem de certa superfície de mercúrio aflorar até um certo traço; foi isso que apresentou no relato de suas experiências? Não, ele relatou que o gás ocupava um volu-

me que tinha tal valor. Um auxiliar levanta e abaixa a luneta de um catetômetro até que a imagem de um outro nível de mercúrio se aproxime à linha de uma retícula; observa depois a disposição de certos traços sobre a escala do catetômetro; é isso que encontramos na memória de Regnault? Não, o que lemos é que a pressão suportada pelo gás possui tal valor. Outro auxiliar vê, num termômetro, o mercúrio chegar a um certo traço invariável; é isso que foi consignado? Não, marcou-se que a temperatura estava constante e atingia tal grau. Ora, o que é o valor do volume ocupado pelo gás? O que é o valor da pressão que ele suporta? O que é o valor da temperatura em que é mantido? São fatos? Não, são três abstrações." (1894, pp.180-181).

O exemplo é novamente bastante claro: o físico, ao interpretar os fatos constatados pela observação, substitui esses fatos por abstrações. O afloramento da superfície de mercúrio até certo traço é substituído pelo valor do volume ocupado por um gás; a observação de certos traços sobre a escala do catetômetro é substituída pelo valor da pressão suportada pelo gás; e finalmente, a observação de que o mercúrio chega a certo ponto da escala do termômetro é substituída pelo valor da temperatura. Cada uma dessas abstrações é formada fazendo apelo a noções abstratas. Assim, a primeira dessas abstrações - o valor do volume ocupado pelo gás, é formada fazendo apelo "nao apenas às noções abstratas da aritmética e da geometria, aos princípios abstratos sobre os quais assentam essas ciências, mas ainda à noção abstrata de massa, às hipóteses da mecânica celeste que justificam o emprego da balança na comparação entre massas" (1894,p.181). A segunda abstração utiliza noções abstratas como pressão e força de ligação, além de se apoiar nas "leis matemáticas da hidrostática, fundamentadas elas próprias sobre os princípios da mecânica geral; de fazer intervir a lei da compressibilidade do mercúrio cuja determinação se liga às questões mais delicadas e controversas da teoria da elasticidade" (1894,p.182). Finalmente, a última abstração pressupõe

definida a temperatura e justificado o emprego do termômetro.

A segunda parte da tese IV completa, assim, a afirmação da inseparabilidade entre teoria e experimento, mostrando como as teorias são usadas na interpretação dos dados observados. As teorias são responsáveis, em grande medida, pela elaboração das abstrações com as quais interpretamos na constatação experimental os dados concretos obtidos pela observação. Essas abstrações são, nesse sentido, representações simbólicas dos dados observacionais.

Convém notar neste ponto que a afirmação de Duhem de que, a interpretação dos fatos observados por meio das teorias admitidas pelo observador é essencial nos experimentos, opõe-se à concepção - "de Bacon a Claude Bernard, do Novum Organum à Introduction à la Médecine Expérimentale" (1894, p.183) - de que teoria e experimento são de alguma forma separáveis. A apresentação que Duhem faz dessa concepção deixa claro que não se trata de desmerecer o papel desempenhado pela teoria, pois esta pode não só sugerir experimentos, como interpretar experimentos já feitos. Entretanto, essa concepção estipula, por outro lado, que a constatação experimental não deve diferir da pura e simples observação, ou antes que a observação deve representar um árbitro imparcial. É interessante notar que Duhem expressa este último aspecto apresentando um conjunto de regras que, segundo essa concepção, devem ser aplicadas à realização dos experimentos. Note-se que essas regras visam a assegurar que a teoria e o experimento sejam separados. Segundo Duhem "enquanto dura a experiência, a teoria deve permanecer à porta do laboratório; deve guardar silêncio e deixar, sem confundí-lo, o sábio frente a frente com os fatos; estes devem ser observados sem idéia preconcebida, recolhidos com a mesma imparcialidade minuciosa, seja se confirmam as previsões da teoria, seja se as contradizem; o relato que o observador nos apresenta de sua experiência deve ser um decalque fiel e escrupulosamente exato dos fenômenos; ela não deve nem mesmo nos deixar adivinhar qual é o siste

ma no qual o sábio tem confiança, qual é aquele que ele desconfia." (1894,p.183)

Duhem opõe-se decididamente a essa concepção, considerando que ela pode, quando muito, aplicar-se a ciências que, como a fisiologia, não chegaram àquele estágio da ciência caracterizado pelo uso de teorias. Mas, ao contrário, quando se considera as ciências que chegaram "àquele estágio de desenvolvimento onde o instrumento matemático representa um papel essencial" (1894, p.184), essa concepção não é mais aplicável.

Já vimos nas seções anteriores deste trabalho que as teorias físicas são constituídas por um vocabulário que substitui as propriedades dos corpos por grandezas matemáticas e as leis experimentais por hipóteses matemáticas convenientemente formuladas a partir das grandezas definidas. As teorias físicas são, nesse sentido, "uma espécie de representação simbólica, de esquema, formado de elementos emprestados à álgebra e à geometria; as teorias físicas são o vocabulário que faz corresponder a cada propriedade física uma grandeza, a cada lei física, uma equação." (1894,p.184)

Isto posto, fica claro que a afirmação da inseparabilidade entre teoria e experimento visa a afirmar que sem o uso do vocabulário fornecido pela teoria seria impossível enunciar o resultado de um experimento e, mais ainda, elaborar um experimento. Mas não são apenas as ciências que, como a física, atingiram o estágio teórico que fazem apelo a teorias para enunciar o resultado de seus experimentos. Mesmo aquelas ciências que se encontram no estágio experimental, ao fazer uso de instrumentos físicos, tais como o termômetro, o manômetro, o calorímetro, etc., "admitem implicitamente a exatidão das teorias que justificam o emprego desses aparelhos, das teorias que fornecem um sentido às noções abstratas de temperatura, de pressão, de quantidade de calor..." (1894,p.186).

Em resumo, a tese IV de Duhem afirma que do ponto de vista lógico não há diferença entre as diversas ciências e que "o enunciado do resul

tado de uma experiência implica, em geral, um ato de fé na exatidão de todo um conjunto de teorias." (1894,p.186). X

Há um último aspecto, com o qual Duhem conclui a apresentação da tese IV, que merece especial atenção. Duhem completa sua discussão, formulando uma tese sobre o desenvolvimento do conhecimento. Neste contexto, a tese IV serve de embasamento epistemológico a uma tese historiográfica que completa a imagem da gênese do conhecimento fornecida pela tese I.

Segundo essa tese historiográfica, "à medida que uma ciência progride, que ela se afasta do simples conhecimento empírico, da constatação das leis mais grosseiras, aumenta o papel representado pela teoria na interpretação dos fatos da experiência." (1894,p.186). A esta tese corresponde obviamente uma imagem de desenvolvimento do conhecimento científico, segundo a qual as ciências progridem no sentido de uma teorização cada vez maior dos fatos fornecidos pela observação e, conseqüentemente, de um afastamento crescente com relação ao senso comum. Com efeito, uma ciência, em seu início, é considerada por Duhem como uma espécie de "senso comum tornado mais atento", em que "o relato dos fatos da experiência que ela constata é um decalque exato da realidade observada" (1894,p.186). Contudo, à medida que essa ciência progride "a espessura das considerações teóricas que separa o fato concreto, realmente constatado pelo observador, da tradução abstrata, simbólica, que ele lhe fornece, torna-se mais considerável" (1894,p.186). Finalmente, quanto mais a ciência progride, tanto "mais a tradução simbólica que ela coloca em lugar dos fatos da experiência é abstrata e afastada dos fatos" (1894,p.187).

Quando comparamos esta imagem do desenvolvimento da ciência, fornecida pela tese historiográfica decorrente da tese IV, com a gênese do conhecimento proposta pela tese I, percebemos que a compatibilidade e unidade entre essas duas imagens são conseguidas ao custo de imolar a

ciência puramente experimental. Neste sentido, a imagem de desenvolvimento do conhecimento científico fornecida pela tese IV modifica profundamente a imagem fornecida pela tese I.

A tese I afirma que conhecemos o mundo constatando, em primeiro lugar, fenômenos; estabelecendo depois as leis de sucessão desses fenômenos (leis experimentais); e formulando finalmente teorias sobre essas leis. O conhecimento do mundo é, assim, obtido em três etapas sucessivas que podemos chamar de conhecimento empírico; conhecimento experimental e conhecimento teórico. Ora, é óbvio que a tese I afirma que o conhecimento experimental é anterior e independente do conhecimento teórico. A tese IV, por outro lado, qualifica a afirmação anterior: de fato o conhecimento experimental é anterior ao teórico, mas apenas enquanto o conhecimento não chega ao estágio teórico, pois a partir daí o conhecimento experimental passa a estar inseparavelmente unido com o teórico.

O conhecimento teórico, uma vez atingido, ocasiona uma profunda alteração no caráter do conhecimento experimental. Os fatos constatados experimentalmente passam a ser abstrações cada vez mais afastadas dos fatos observacionalmente constatados; o conhecimento das leis experimentais passa a ser composto por representações simbólicas abstratas cada vez mais afastadas das simples leis de sucessão dos fenômenos. A ciência, portanto, ao tornar-se teórica, ocasiona tal alteração na ciência experimental que não se pode falar mais em conhecimento puramente experimental, nem em um método para estabelecer leis puramente experimentais.

Note-se, entretanto, que a qualificação acima se faz sob a admisão de que o conhecimento puramente experimental não passa de uma etapa histórica efêmera no desenvolvimento de uma ciência. Uma vez atingido o estágio teórico não há mais propriamente elaboração de leis puramente experimentais; e embora dependente ainda da experiência no sentido de constatação observacional pura e simples dos fatos, essa constatação

passa a ser parte integrante de um processo mais complexo de experimentação, que a liga de maneira muito íntima às teorias admitidas na elaboração dos experimentos e na interpretação de seus resultados.

Tudo isso torna a tese IV, ou antes, a imagem de desenvolvimento da ciência ligada a essa tese, perfeitamente compatível com a tese I, mas tem consequências importantes para a metodologia da construção de teorias discutida no capítulo anterior. Vimos então que para Duhem o conhecimento físico teórico ideal é aquele que nada acrescenta ao conhecimento fornecido pelas leis experimentais. Esse ideal, quando tomado como padrão, permite de certa maneira a formulação de regras de tradutibilidade que guiam o método de construção de teorias. De acordo com isso, as hipóteses de uma teoria devem ser traduções o mais próximas possível das leis experimentais.

Ora, a modificação do caráter da ciência experimental, ocasionada pela dependência crescente entre os relatos experimentais e as teorias supostas na elaboração e interpretação dos experimentos que ocasionam os fatos experimentais, produzem um sério problema para as indicações metodológicas de que as teorias são construídas a partir das leis experimentais e de que as hipóteses das teorias devem ser traduções simbólicas, cada vez mais aproximadas, dessas leis. Nas ciências que atingiram o estágio teórico, não parece ser mais possível construir teorias a partir de leis experimentais, entendidas como enunciados que expressam sucessões de fenômenos observados. Pelo contrário, nas ciências maduras, as teorias parecem ser construídas a partir de dados experimentais (fatos experimentalmente constatados e leis físicas) que pressupõem cada vez mais todo um sistema de teorias. Afinal, que outro sentido podemos emprestar à afirmação de Duhem (Cf. 1894, p. 186) de que mesmo uma ciência que se encontra no estágio puramente experimental - como é o caso da fisiologia - não pode prescindir de teorias, quando usa em seus experimentos instrumentos de outra ciência - como, por exemplo, o termômetro - que pres

supõem todo um conjunto de teorias?

Mas se é assim, como entender a afirmação da tese II, segundo a qual as teorias têm como fim a classificação e ordenação das leis experimentais? A imagem do desenvolvimento da ciência proporcionada pela tese IV torna cada vez mais difícil o estabelecimento de leis puramente experimentais, isto é, de enunciados que expressam leis qualitativas de sucessão de fenômenos. Entretanto, não seria isto colocar as leis experimentais muito próximo das simples regularidades percebidas pelo senso comum? Por outro lado, a ciência, ao tornar-se teórica, não acaba tornando o estabelecimento experimental das leis cada vez mais dependente das teorias, cada vez mais afastado de simples enunciação da sucessão de fenômenos? Afinal, o que entende Duhem por lei experimental?

Voltaremos mais adiante a estas indagações quando discutirmos as consequências gerais da tese IV para a reconstrução duhemiana da física experimental. Por ora, analisaremos as consequências da tese da inseparabilidade para a metodologia dos testes empíricos das teorias.

2. Consequências Metodológicas do Princípio Epistemológico de Inseparabilidade

Qual é o papel que os experimentos desempenham na verificação experimental de uma hipótese teórica? Qual é o alcance que devemos atribuir aos resultados dos experimentos, tendo em conta que eles pressupõem a exatidão de todo um conjunto de teorias? Em suma, qual é a consequência da admissão da tese IV para a metodologia do teste empírico de teorias?

Para responder a estas questões, o primeiro aspecto a considerar diz respeito ao lugar ocupado pelo teste experimental das hipóteses na imagem duhemiana da estrutura das teorias. Vimos, no capítulo anterior (cf.p.34), que o teste das consequências experimentalmente verificáveis de uma teoria faz parte de seu desenvolvimento hipotético-dedutivo, que

é constituído em sua totalidade pelas três seguintes operações: operação 2 - extração de consequências dedutivas do sistema de hipóteses da teoria; operação 3 - escolha das consequências experimentalmente verificáveis; operação 4 - comparação dessas últimas consequências com a experiência.

Vimos também que a operação 4 pode conduzir a dois resultados: ou a consequência, quando traduzida com o uso do vocabulário introduzido pelas definições da teoria, está de acordo com a experiência, sendo ela própria uma tradução de uma lei experimental, ou ela está em contradição com a experiência. Neste último caso, tendo em vista o critério de aceitabilidade proposto (cf. pp. 46s), devemos rejeitar a teoria, pois ela tem consequências dedutivas experimentalmente verificáveis que são contrárias às experiências.

A tese IV, quando aplicada a essa imagem da estrutura das teorias, permite, em primeiro lugar, precisar o que Duhem entende por "consequência experimentalmente verificável" de uma teoria, explicitando assim a operação 3. Uma consequência experimentalmente verificável é aquela consequência dedutiva de uma teoria para a qual podemos planejar, elaborar e realizar um experimento. Em vista disso, a operação 3 é entendida basicamente como a operação pela qual escolhemos, dentre as consequências de dutivas de uma teoria, aquelas que são suscetíveis de experimentação.

Em segundo lugar, a tese IV qualifica também a operação 4, mostrando que a comparação com a experiência é feita com base nos resultados de experimentos. Note-se, entretanto, que os experimentos são experiências amplamente elaboradas, onde as teorias representam um papel fundamental, não só na própria elaboração, como na interpretação dos resultados obtidos. Assim, o resultado da comparação das consequências de uma teoria com a experiência (operação 4) é fundamentalmente o resulta do de um experimento planejado e interpretado por um sistema de teorias que incluem a teoria sob teste.

Antes de analisar as consequências da admissão de que os experimen

tos são inseparáveis das teorias para a questão metodológica da aceitabilidade de uma teoria com base nos testes experimentais a que pode ser submetida, convém fazer ainda uma última ressalva. Duhem reconhece que há dois tipos de experimentos inteiramente diversos ligados às teorias. Há, por um lado, os experimentos de aplicação, cujo fim não é testar as teorias, mas antes "tirar partido das teorias"; para atingir esse fim usamos "os instrumentos legitimados por essas mesmas teorias" (1894,p.187). É por meio destes experimentos "que a ciência pode auxiliar a prática". Estes experimentos correspondem, assim, ao que chamamos comumente de aplicações práticas (ou tecnológicas) de uma teoria.

Há, por outro lado, os experimentos de teste, que Duhem (1894,p.188) denomina de "expériences d'épreuve", com os quais o físico testa uma teoria comparando suas consequências experimentalmente verificáveis com a experiência. É interessante neste ponto notar que a apresentação que Duhem faz dos experimentos de teste aponta muito mais na direção de um experimento refutador do que de um experimento com o intuito de confirmar a teoria. Segundo Duhem (1894,p.188): "Um físico contesta tal lei, põe em dúvida tal ponto da teoria; como justificará suas dúvidas? Como demonstrará a inexatidão da lei? Da proposição incriminada, ele extrairá a previsão de um fato da experiência. Realizará as condições nas quais esse fato deve ser produzido; se o fato não se produz, a proposição estará irremediavelmente condenada."

O experimento de teste é, portanto, concebido no sentido de justificar as razões que temos para rejeitar uma teoria. Essa rejeição se assenta num modo de demonstração que, segundo Duhem (1894, p.188), é assimilado ao método de redução ao absurdo usado na geometria, fazendo-se que a contradição experimental tenha para o método experimental o mesmo papel que a contradição lógica tem para o método matemático.

Contudo, a concepção de experimento - estabelecida pela tese de inseparabilidade dos contextos experimental e teórico - conduzirá a uma crítica dessa assimilação da contradição experimental à contradição lógica do reductio ad absurdum. Em outros termos, Duhem impõe uma restrição importante à concepção de que a contradição experimental (refutação) possa ser assimilada a um modo de inferência, cujo valor é rigorosa e absolutamente demonstrativo, ou seja, a um modo de inferência dedutivo.

A aplicação da concepção duhemiana de experimento ao contexto do teste experimental de uma hipótese tem, portanto, como consequência uma limitação do "valor demonstrativo do método experimental", mostrando como o método de contradição experimental difere do método lógico (puramente demonstrativo) de redução ao absurdo. Para tanto, Duhem lança mão da tese IV, impondo uma limitação metodológica ao uso do método de contradição experimental. A tese epistemológica de que as teorias têm um papel ativo e fundamental na elaboração e interpretação dos experimentos de testes; de que a física experimental admite tacitamente, sem contestação, todo um sistema de teorias, conduz, no nível metodológico, a uma limitação do papel e alcance lógico dos experimentos no processo de refutação de uma teoria, ou seja, das razões que temos para considerar justificada a rejeição dessa teoria com base nos resultados experimentais.

Aplicando-se a tese de inseparabilidade entre teoria e experimento ao caso dos experimentos de teste percebemos que "A previsão do fenômeno, cuja não produção deve decidir o debate, não decorre da proposição litigiosa tomada isoladamente, mas da proposição litigiosa juntamente com todo aquele conjunto de teorias. Se o fenômeno previsto não se produz, não é a proposição litigiosa isolada que é considerada defeituosa, mas todo o arcabouço teórico de que se utiliza o físico." (1894, p.189).

Ora, a experiência, ou seja, o resultado de um teste experimental, não localiza tão nitidamente quanto a contradição lógica a proposição que ocasiona a contradição. "A única coisa, diz Duhem (1894,p.189), que a experiência nos ensina, é que dentre todas as proposições, que serviram para prever esse fenômeno e para constatar que ele não se produziu, há pelo menos um erro. Mas onde se encontra esse erro, ela não nos informa. O físico declara que esse erro está contido precisamente na proposição que desejava refutar e não em outro lugar? É porque ele admite implicitamente a exatidão de todas as outras proposições de que se serviu. Tanto vale sua confiança, tanto vale sua conclusão."

Note-se que a confiança do físico no resultado do experimento não se impõe "com necessidade lógica" (1894,p.190), mas funda-se antes em considerações metodológicas que o conduzem a aceitar as demais teorias envolvidas. Estamos livres, por assim dizer, para escolher a hipótese que consideraremos refutada pelo experimento. A tese de que um experimento de teste não condena uma hipótese isolada, mas todo um sistema de teorias tem, assim, como corolário a impossibilidade da contradição experimental (refutação) conclusiva de uma hipótese com o resultado de um experimento.

Duhem exemplifica sua posição tomando um experimento que é "considerado como um dos mais decisivos da óptica" (1894,p.190): o experimento de Arago/Foucault refutando a "teoria da emissão" da luz de Newton. Essa teoria dos fenômenos ópticos está apoiada numa série de hipóteses: "supõe que a luz é formada de projéteis excessivamente sutis, lançados a uma velocidade extrema pelo sol e outras fontes luminosas; que esses projéteis penetram todos os corpos; que eles sofrem, por parte das diversas partes dos corpos no seio dos quais se movem, ações atrativas ou repulsivas; que essas ações, poderosas quando a distância que separa as partículas em ação é muito pequena, se desvanecem quando as massas entre as quais elas se exercem estão sensivelmente afastadas." (1894,p.191).

Essas hipóteses, juntamente com várias outras hipóteses, permitem chegar a uma teoria completa da reflexão e refração da luz. Em particular, esse sistema de hipóteses permite a dedução da seguinte consequência: "o índice de refração da luz que passa de um meio a outro é igual à velocidade do projétil luminoso no meio em que ele entra dividida por sa velocidade no meio do qual sai". (1894, p.191).

Ora, segundo Duhem, é exatamente essa consequência que Arago escolhe para colocar o sistema emiccionista em contradição com os fatos. "Com efeito, dessa proposição decorre esta outra: a luz viaja mais rapidamente na água do que no ar". Comparando-se as velocidades da luz na água e no ar, através do experimento projetado por Arago e executado (viabilizado) por Foucault, constata-se que a primeira é menor que a segunda; ou, em outros termos, chega-se a uma contradição experimental.

Tendo em conta as considerações já feitas acerca do alcance lógico da contradição experimental, Duhem comenta, em primeiro lugar, que a contradição experimental condena o sistema emissionista e não a hipótese da emissão. Assim, o que a contradição experimental permite concluir é a condenação em bloco de todo o sistema de hipóteses utilizado na dedução dessa consequência. Em segundo lugar, embora a experiência condene todo o sistema, mostrando que ele contém erros, ela não mostra onde se localiza o erro. Referindo-se ao exemplo considerado, Duhem pergunta: "está na hipótese fundamental de que a luz consiste em projéteis lançados com grande velocidade pelos corpos luminosos? Está em alguma outra suposição relativa às ações que os corpos luminosos sofrem da parte dos meios nos quais se movem?" (1894, pp.191/192).

Essa opacidade do resultado de um experimento refutador, que dá margem a uma ampla liberdade de escolha da hipótese do sistema que será considerada refutada, leva Duhem a extrair a consequência metodologicamente significativa de que a contradição experimental não é uma refutação conclusiva de uma hipótese. Esta tese metodológica está claramen

te envolvida no ensinamento que Duhem, a título de conclusão, extrai de sua análise do experimento de Arago/Foucault: "Seria temerário acreditar, como Arago parece ter pensado, que a experiência de Foucault condena sem retorno a própria hipótese da emissão...; quem sabe se não veremos surgir um dia uma óptica nova assentada nessa suposição?" (1894.n. 192).

O físico não pode considerar definitivamente refutada uma hipótese determinada - como a hipótese da emissão - pois a contradição pode estar sendo ocasionada por qualquer uma das hipóteses que compõem o sistema teórico.

A situação metodológica gerada por uma contradição experimental (refutação) é, assim, bastante complexa. Diante da refutação de uma consequência dedutiva experimentalmente verificável do sistema teórico, basicamente duas vias estão abertas ao físico: ele pode adotar uma atitude drástica, considerando refutada a hipótese central do sistema e propondo um novo sistema de hipóteses ou aceitar a refutação, mas propor uma modificação menos drástica, do sistema de hipóteses, alterando alguma hipótese secundária. Neste último caso, podemos manter os princípios de uma teoria, adequando, com alterações convenientes em certas hipóteses secundárias, o sistema teórico ao fato experimentalmente constatado.

Em suma, trata-se basicamente de decidir qual o alcance que atribuímos ao experimento refutador. Constatada uma contradição experimental devemos decidir se ela afeta o cerne do sistema, isto é, se ela refuta uma hipótese fundamental, um princípio, da teoria, ou se atinge apenas uma parte derivada do sistema. E essa decisão é tal que não se fundamenta apenas em razões de ordem lógica.

A segunda consequência metodológica importante do princípio geral de inseparabilidade está ligada à análise duhemiana do papel do experimento crucial para a comparação de uma teoria com a experiência. O experimentum crucis é um tipo muito especial de experimento de teste. Seu

próprio nome é indicativo de que se trata de um experimento designado a permitir uma decisão entre duas ou mais teorias diferentes e incompatíveis sobre um mesmo grupo de fenômenos. A análise que Duhem faz deste tipo de experimento visa a criticar a concepção de experimento crucial produzida pela assimilação da contradição experimental ao método geométrico de redução ao absurdo. Essa assimilação corresponde, como vimos, exatamente a uma caracterização puramente lógica da contradição experimental (refutação). Quando estendida ao experimento crucial, essa assimilação proporciona uma concepção estrita desse tipo de experimento.

Há, segundo Duhem, um sentido claro em que "a redução ao absurdo, que parece não ser mais do que um instrumento de refutação, pode tornar-se um método de demonstração; para demonstrar que uma proposição é verdadeira, basta encurralar numa consequência absurda aquele que admite a proposição contraditória àquela" (1894, p.193). Em outros termos, a contradição experimental não teria apenas o sentido negativo de "refutação" de uma teoria, mas também o sentido positivo de "estabelecer a certeza" de uma teoria.

A caracterização lógica da contradição experimental (refutação) - representada pela identificação desta última com o método de redução ao absurdo - constitui assim, segundo Duhem, a base para um procedimento metodológico de obtenção de "uma explicação teórica certa, incontestável, de um grupo de fenômenos" (1894, p.193). Esse procedimento é apresentado por Duhem da seguinte maneira: "Enumerai todas as hipóteses que podem ser feitas para dar conta desse grupo de fenômenos; depois, pela contradição experimental, eliminai todas à exceção de uma; esta última deixará de ser uma hipótese para tornar-se uma certeza." (1894, p.193)

Note-se, em primeiro lugar, que o uso do modo imperativo demonstra claramente que Duhem está apresentando um procedimento geral pelo qual o método de contradição experimental pode ser aplicado para a eliminação de hipóteses alternativas. O contexto é, portanto, o contexto prá-

tico de aplicação do método de refutação para a escolha definitiva de u ma hipótese em detrimento de outras hipóteses possíveis.

Em segundo lugar, esse procedimento está composto por duas regras. A primeira baseia-se obviamente na suposição de que é possível enumerar exaustivamente todas as hipóteses que podem ser formuladas para um mesmo grupo de fenômenos. A segunda estipula o papel do método de contradição experimental (refutação) nesse procedimento geral de seleção de hipóteses. Finalmente, esse procedimento geral conduz, segundo Duhem, a u ma decisão inequívoca e definitiva: a hipótese que não for experimentalmente contrariada "deixará de ser uma hipótese para tornar-se uma certeza".

Duhem explicita a segunda regra, isto é, o uso da contradição experimental neste contexto, considerando o caso limite em que apenas duas hipóteses são apresentadas. O procedimento experimental proposto pela segunda regra para escolher entre essas duas hipóteses é o seguinte: "Procurai condições experimentais tais que uma das hipóteses anuncia a produção de um fenômeno e a outra a produção de um fenômeno completamente diferente; realizai essas condições e observai o que acontece; dependendo de que observais o primeiro dos fenômenos previstos ou o segundo, condenareis a segunda hipótese ou a primeira; aquela que não for condenada será de ora em diante incontestável; o debate estará concluído, uma nova verdade será acrescentada à física." (1894, pp.193-194)

É importante considerar que Duhem apresenta o experimento crucial como um meio efetivo para a determinação conclusiva de uma certeza, de uma verdade incontestável, ou, como afirma Duhem (1894, p.195), "um meio irrefutável de transformar em verdade certa uma das duas hipóteses apresentadas". Ora, obviamente a efetividade do experimento crucial depende de que a condição imposta pela primeira regra seja satisfeita. Ou seja, um experimento crucial é efetivo somente se for possível fazer uma enumeração exaustiva das hipóteses. Somente neste caso é que podemos deci-

dir conclusivamente acerca da verdade de uma das hipóteses.

O argumento decisivo de Duhem contra o uso do experimento crucial recai exatamente sobre essa suposição: "O método experimental, diz ele (1894, p.195), não pode transformar uma hipótese física em uma verdade incontestável, pois jamais estamos seguros de ter esgotado todas as hipóteses imagináveis concernentes a um grupo de fenômenos." Ora, é este o argumento que conduz Duhem à conclusão de que "o experimento crucial é impossível, a verdade de uma teoria física não se decide no cara ou coroa" (1894, p.195).

Convém aqui considerar que essa conclusão da impossibilidade do experimento crucial - que expressa a segunda consequência importante para a metodologia experimental de teste de uma teoria - parece ser na sim consequência muito mais da concepção estrita de experimento crucial apresentada por Duhem que da tese IV de inseparabilidade entre teoria e experimento.

O que a tese IV permite afirmar, no caso dos experimentos cruciais, é que um experimento crucial nunca é uma escolha entre duas hipóteses tomadas isoladamente, mas entre dois sistemas teóricos, "cada um tomado em bloco" (1894, p.195). Este argumento permite, por assim dizer, diminuir a significação e alcance do experimento crucial, mostrando que a decisão pode ser mais complexa do que se poderia à primeira vista supor. Mas este argumento não é suficiente para conduzir à impossibilidade do experimento crucial.

Note-se que a própria afirmação de que nunca podemos ter certeza de que a primeira regra do procedimento foi satisfeita, a partir da qual Duhem extrai a impossibilidade do experimento crucial, mostra claramente que Duhem tem uma concepção muito estrita desse tipo de experimento. O experimento crucial é concebido como um emprego positivo do método lógico de contradição experimental - o que está expresso em Duhem pela assimilação do método de contradição experimental ao método

geométrico de redução ao absurdo. Esse emprego positivo ocorre quando usamos a refutação para chegar à determinação da hipótese verdadeira por eliminação de todas as hipóteses alternativas. O experimento crucial é concebido, assim, como um modo lógico, irrefutável, de chegar a uma hipótese verdadeira, ou antes, a uma certeza incontestável, por eliminação de todas as hipóteses alternativas possíveis.

Neste contexto, temos que concordar com a conclusão de Duhem de que "o experimentum crucis é impossível na física" (1894, p.193), contudo, é claro, que entendamos experimentum crucis da maneira estrita em que ele o concebe. Entretanto, poderíamos neste ponto objetar que o argumento duhemiano não exclui uma caracterização mais ampla do papel do experimento crucial para a metodologia de teste das teorias.

Poderíamos, por exemplo, considerar esse experimento como um meio de alcançar uma decisão provisória - e não definitiva - entre duas hipóteses alternativas. Neste caso, o experimento crucial seria concebido como proporcionando motivos razoáveis - mais fracos que os lógicos - para a aceitação de uma dessas hipóteses ao invés de outra. Mas procedendo assim estaríamos colocando a questão da decidibilidade experimental das hipóteses num plano completamente diferente do plano estritamente lógico em que Duhem trata dessa questão.

Duhem afirma que os experimentos nunca proporcionam razões lógicas para considerar que uma teoria está conclusivamente refutada, nem conclusivamente verificada. Ambas conclusões decorrem, assim, da exigência de que os experimentos conduzam à satisfação de um requisito de decidibilidade e do fato de que eles não podem satisfazer esse requisito.

Mas há ainda um terceiro grupo de consequências metodológicas que Duhem extrai de sua concepção de "experimento". Diferentemente das duas consequências acima tratadas, que decorrem da primeira parte da tese IV, isto é, daquela parte que estabelece o papel fundamental representado pela interpretação teórica nos experimentos físicos, este gru-

po de consequências decorre da segunda parte da tese IV que descreve a natureza da interpretação teórica envolvida na constatação experimental.

Já vimos (cf. pp.85-87) que a segunda parte da tese IV estabelece que a interpretação teórica dos fatos experimentalmente constatados consiste em substituir os fatos observacionalmente constatados por abstrações entendidas como representações simbólicas abstratas. Veremos agora as consequências metodológicas de tomar esta concepção de "interpretação teórica" como o fim a que deve tender a interpretação teórica dos experimentos físicos. Em outros termos, procuraremos estudar os efeitos metodológicos da tese de que a interpretação teórica do resultado de um experimento "tem por fim substituir os fatos concretos realmente observados por representações abstratas e simbólicas" (1894,p.198); ou mais brevemente da tese de que o resultado de um experimento não é um fato, mas um símbolo abstrato, cujo significado depende das teorias admitidas pelo experimentador.

É importante notar que tal como a tese II, que fixava o fim a que deve tender uma teoria física, envolvia uma caracterização epistemológica (descrição) da estrutura das teorias, também esta parte da tese IV, que fixa o fim a que deve tender a interpretação teórica nos experimentos, se liga a uma caracterização epistemológica da natureza da interpretação teórica. É preciso, pois, antes de discutir as consequências metodológicas, analisar mais detalhadamente a natureza dessa interpretação.

Quando Duhem afirma que a interpretação se caracteriza por substituir os fatos concretamente observados por representações simbólicas, qual é o sentido que ele atribui a essa substituição? É fácil ver que a tese sobre o fim da interpretação teórica pressupõe de certa maneira que entre um fato e um símbolo abstrato existe um tipo de relação tal que é possível substituir o primeiro pelo segundo.

Mas qual é a relação que existe, segundo Duhem, entre um fato e

um símbolo abstrato? Em que sentido um juízo abstrato e simbólico - isto é, uma abstração que é representada simbolicamente - pode representar um fato? Como, em particular, determinar o significado de um enunciado que expressa uma consequência experimentalmente verificável de uma teoria?

Consideremos o enunciado que Duhem (1894.p.198) toma como exemplo de uma conclusão experimentalmente verificável da física experimental:

(A) "A força eletromotriz de tal pilha aumenta em tantos volts, quando a pressão suportada pela pilha aumenta em tantos quilogramas por centímetro quadrado".

Qual é o significado desse enunciado? Ou, de outro modo, qual é a relação entre o enunciado (A), cujo significado depende em grande medida das teorias que admitimos, e o fato observacionalmente constatado? Ou, de modo mais geral, que tipo de relação é a que se estabelece entre um símbolo abstrato e um fato?

Uma primeira resposta, que Duhem identifica à posição do leigo em física, consiste em considerar que o enunciado (A) é "uma simples maneira de exprimir, numa linguagem técnica, inatingível para os profanos, mas clara para os iniciados, um fato constatado pelo observador" (1894, p.198). Segundo Duhem, o leigo está certo em ver na proposição (A) uma expressão de uma linguagem hermética, pois já vimos que apenas quem conhece as teorias físicas "pode traduzir esse enunciado em fatos, pode realizar o experimento cujo resultado é assim expresso" (1894,p.198). Mas há um outro aspecto em que o leigo se engana.

A primeira resposta consiste basicamente em afirmar que o enunciado (A) é um relato em linguagem teórica de um certo fato. Contudo, concebe que a relação existente entre o enunciado (A) e o fato que ele representa é uma relação de equivalência: dado um enunciado, ele está determinado pelo fato que representa; dado um fato, ele é relatado pelo enunciado que o representa. Para Duhem, o erro do leigo está exatamente

te nesta suposição de que a tradução de um enunciado como (A) ao contexto observacional pode ser realizada de modo tão completo (determinado) como sugere a concepção de que há uma relação de equivalência entre o fato e a representação simbólica abstrata desse fato.

Para Duhem, a relação entre um símbolo abstrato e um fato é muito mais complexa: "Entre um símbolo abstrato e um fato pode existir correspondência, não pode existir inteira paridade; o símbolo abstrato não pode ser a representação adequada do fato concreto, o fato concreto não pode ser a realização do símbolo abstrato; o esquema abstrato pelo qual um físico exprime os fatos concretos que constatou no curso de uma experiência não pode ser o exato equivalente, a relação fiel de suas constatações." (1894, p.199)

Entre um símbolo abstrato e um fato não há, portanto, equivalência, mas correspondência. Note-se, entretanto, que essa relação de correspondência é caracterizada por uma dupla indeterminação entre a linguagem teórica e os fatos concretos (isto é, os fatos observacionalmente constatados). Por um lado, Duhem afirma que "o símbolo abstrato não pode ser a representação adequada do fato concreto"; ou seja, um mesmo grupo de fatos pode ser expresso por uma infinidade de enunciados diferentes. Isto significa que os fatos não determinam completamente os enunciados. Por outro lado, quando afirma que "o fato concreto não pode ser a realização do símbolo abstrato", expressa com isso que um mesmo enunciado simbólico abstrato - tal como (A) - pode representar grupos bastante diversos de fatos. Isto significa, obviamente, que os enunciados que expressam resultados experimentais não são completamente determinados pelos fatos. Finalmente, desta dupla indeterminação, Duhem extrai a conclusão de que os enunciados dos resultados dos experimentos são aproximados.

Antes de analisar as consequências para a metodologia de teste experimental desta última conclusão, detenhamo-nos em cada uma das partes da tese de indeterminação entre fato e símbolo abstrato. Começemos pela

segunda parte dessa tese.

A segunda parte da tese enuncia uma indeterminação dos enunciados pelos fatos; o que pode ser expresso, dizendo-se que a um enunciado podem corresponder diversos fatos. Segundo Duhem (1894,p.200), "fatos concretos muito diferentes podem fundir-se entre si quando são interpretados pela teoria, e não constituírem mais que uma mesma experiência e serem expressos por um enunciado simbólico único."

Tomemos o enunciado (A); quem conhece as teorias relevantes pode realizar o experimento, cujo resultado é expresso por esse enunciado. Mas é importante considerar que se pode realizar o experimento de uma infinidade de maneiras diferentes. Para exercer pressão sobre a pilha, pode derramar mercúrio num tubo de vidro ou usar uma prensa hidráulica. Ou seja, as condições experimentais prescritas podem ser realizadas de várias maneiras diferentes. Mas há mais; para medir essa pressão, pode utilizar instrumentos diferentes: um manômetro a ar livre; um manômetro a ar comprimido; um manômetro metálico, etc. Finalmente, para apreciar a variação da força eletromotriz, o experimentador pode empregar vários tipos de galvanômetros, eletrodinamômetros, etc. Ora, é óbvio que cada uma dessas disposições dos aparelhos permitirá ao experimentador a constatação de fatos diferentes.

Entretanto, como afirma Duhem (1894,p.199), "todas essas manipulações, tão diversas que um profano não perceberia entre elas nenhuma analogia, não são experimentos diferentes; elas são formas diferentes de uma mesma experiência; os fatos que foram produzidos são tão dissemelhantes quanto possível; entretanto, a constatação desses fatos se exprime por este enunciado único...", a saber, o enunciado (A). Em outros termos, a teoria transforma os diversos fatos concretos constatados, unindo-os numa única constatação experimental. Neste sentido, o enunciado (A) "não é o relato, feito numa linguagem teórica, de certos fatos observados; é a transposição desses fatos no mundo abstrato e es

quemático criado pelas teorias físicas" (1894,p.199). Nesse mundo, os instrumentos reais transformam-se em instrumentos esquemáticos. A pilha, por exemplo, deixa de ser o instrumento concreto do laboratório e transforma-se num "ser de razão, simbolizado por certas fórmulas químicas, uma certa força eletromotriz, uma certa resistência" (1894,p.199). Nesse mundo, fatos inteiramente diversos são expressos por um mesmo enunciado.

A primeira parte da tese, por outro lado, enuncia uma indeterminação dos fatos pelos enunciados; o que pode ser expresso dizendo-se que "a um mesmo conjunto de fatos concretos pode-se fazer corresponder, em geral, não só um juízo simbólico, mas uma infinidade de juízos diferentes entre si e logicamente incompatíveis entre si" (1894, p.200).

Já vimos que a constatação experimental tem como um dos elementos que a compõem a constatação observacional de um fato. Em outras palavras, a constatação dos fenômenos produzidos num experimento físico depende do testemunho de nossos sentidos. Entretanto, ~~nossos~~ sentidos possuem uma sensibilidade limitada; isto quer dizer que aquilo que está para além de certo limite escapa aos nossos sentidos.

Neste ponto Duhem estabelece uma diferença essencial entre a linguagem ordinária e a linguagem matemática introduzida pelas teorias. Segundo ele, "a linguagem ordinária, moldada sobre os dados dos sentidos, deixa às palavras uma certa vaguedade que traduz as incertezas de nossas percepções" (1894,p.200). A linguagem ordinária permite, assim, traduzir facilmente os limites a que estão sujeitas as constatações observacionais. A linguagem simbólica criada pelas teorias é, por outro lado, uma linguagem matemática, cujos enunciados são suscetíveis de "um rigor e precisão ilimitados". Isto mostra, segundo ele (1894,p.200) , que "não pode existir equivalência exata entre um fato constatado pelos sentidos com a indecisão que comporta uma tal constatação e um juízo teórico enunciado numa forma matemática que exclui toda ambiguidade."

Como, então, traduzir a incerteza da constatação observacional de um fato experimentalmente produzido em um juízo matemático que corresponda o mais exatamente possível a esse resultado?

A resposta de Duhem é relativamente simples e consiste em afirmar que "para traduzir em sua linguagem a incerteza produzida pela sensibilidade limitada de nossas percepções, a teoria substitui o relato de um grupo de fatos não por um juízo abstrato único, mas por uma infinidade de juízos entre os quais ela nos deixa a liberdade de escolher; ou antes, entre os quais não devemos escolher, mas que devemos aceitar todos juntos." (1894, pp.200-201)

O primeiro aspecto a considerar na resposta de Duhem é que ela tem um caráter iminente metodológico. A indeterminação dos fatos pelos juízos abstratos, originada pela limitação a que está sujeita nossa sensibilidade, conduz ao problema de escolher entre os infinitos juízos abstratos que correspondem a um mesmo grupo de fatos. A solução de Duhem consiste em prescrever que não devemos escolher, isto é, que devemos aceitar todos os enunciados que caem dentro de um certo limite de aproximação.

Ora, essa decisão de aceitar todos os diferentes juízos como correspondendo a um mesmo fato não pode estar baseada em razões de ordem lógica. Do ponto de vista lógico, os enunciados que expressam esses juízos são diferentes e, mais ainda, incompatíveis. Deste ponto de vista, um não pode ser verdadeiro sem que os demais sejam falsos. Aceitar um, é rejeitar todos os outros.

Assim, a aceitação de todos os enunciados, prescrita pela regra acima, está baseada em razões metodológicas de ordem experimental. Essa razão está dada pela impossibilidade de elaborar experimentos que permitam discriminar entre essas várias proposições teoricamente interpretadas. Dadas duas dessas proposições, se lhes aplicarmos o procedimento usual de teste experimental, isto é, se delas juntamente com as teo

rias admitidas extraírmos conseqüências "que os instrumentos usuais permitirão traduzir em fatos sensíveis", veremos que "os sentidos não poderão distinguir entre as conseqüências deduzidas de uma e as conseqüências deduzidas da outra" (1894, p.201).

A correspondência de um mesmo grupo de fenômenos a uma infinidade de proposições teóricas diferentes é, para Duhem, "uma verdade essencial para o entendimento do método experimental". Essa verdade ele a expressa através da afirmação de que "o resultado de um experimento é aproximado". Eis porque "fixar a aproximação que comporta a experiência é marcar a indeterminação da proposição abstrata e simbólica com a qual o físico substitui os fatos concretos realmente observados, é precisar os limites que essa indeterminação não deve ultrapassar". (1894, p.201)

O enunciado (A) adquire, assim, uma forma mais precisa, que incorpora a indeterminação acima referida:

"Um aumento de pressão de 100 atmosferas faz crescer a força eletromotriz de uma pilha a gás $0,0845 \pm 0,0005$ volts".

Uma vez estabelecida a conseqüência da segunda parte da tese IV para a constatação dos fatos experimentais, que é expressa pela afirmação de que os juízos experimentais (isto é, os enunciados que expressam resultados de experimentos) são aproximados, Duhem passa a analisar o procedimento de correção e eliminação de erro com o qual se estabelece o grau de aproximação de um resultado experimental.

Com efeito, segundo Duhem (1894, p.202), o grau de aproximação de um experimento depende de dois elementos: de um lado, "da natureza e perfeição do instrumento empregado" e, de outro, "da interpretação teórica dos experimentos".

A primeira maneira de tornar mais preciso o grau de aproximação de um juízo experimental está baseada no fato óbvio de que juízos que não são distinguíveis - e que são, portanto, equivalentes - para certos tipos de instrumentos, podem ser distinguíveis para instrumentos mais sen

síveis. É nesse sentido que a determinação mais precisa dos limites de aproximação que consideramos aceitáveis nos juízos que expressam resultados de experimentos está, em parte, na dependência do aperfeiçoamento dos instrumentos experimentais.

A segunda maneira de tornar mais preciso o grau de aproximação de um resultado experimental consiste em submeter a interpretação teórica do experimento a um procedimento de correção, que visa eliminar as causas de erro originadas pela transposição dos fatos e instrumentos concretos ao mundo esquemático das teorias. As teorias fornecem regras cada vez mais precisas que permitem estabelecer a correspondência entre os fatos e as idéias esquemáticas que servem para representar esses fatos. Contudo, "essa precisão crescente é adquirida, na verdade, por uma complicação crescente, pela obrigação de observar, ao mesmo tempo que o fato principal, uma série de fatos acessórios, pela necessidade de submeter as constatações brutas da experiência a manipulações, a transformações cada vez mais numerosas e delicadas" (1894, pp.203-204). São exatamente essas transformações a que se submetem "os dados imediatos da experiência" que são chamadas de correção.

Vimos que, no mundo esquemático criado pelas teorias, os instrumentos reais transformam-se em instrumentos esquemáticos. Esta diferença é essencial. Se, por um lado, é o instrumento real, composto por corpos concretos, que é manipulado pelo físico, se é o instrumento real que é empregado pelo físico para fazer "as constatações sensíveis, as leituras, bases da experiência", por outro lado, "não é sobre esse instrumento que ele raciocina para interpretar a experiência; ele raciocina sobre um instrumento esquemático, que não é mais um conjunto de corpos concretos, mas um conjunto de noções matemáticas, que é formado de sólidos perfeitos ou de fluídos perfeitos..." (1894, p.204) O instrumento esquemático propicia, portanto, apenas uma imagem do instrumento concreto, que "não é e não pode ser o equivalente exato" deste último.

Assim, a operação de correção tem por fim aproximar o instrumento esquemático simples e afastado da realidade, sobre o qual o físico raciocina, do instrumento concreto com o qual ele constata os fatos. Essa aproximação é feita, segundo Duhem (1894,p.205), introduzindo correções que tornam mais complexo o instrumento esquemático, mas também mais semelhante ao instrumento concreto.

CAPÍTULO III

CONCLUSÃO

1. A Unidade do Pensamento de Pierre Duhem

É lugar comum dizer que o pensamento de um autor está marcado pelas vicissitudes e limitações de sua época, embora nem sempre seja possível determinar exatamente a situação cultural no interior da qual nascem as concepções defendidas por um autor. Entretanto, no caso de Pierre Duhem (1861-1916) não só é possível determinar, com razoável aproximação, as limitações impostas pela situação científica de sua época, como também é imprescindível que se avaliem suas concepções da natureza, estrutura e método do conhecimento científico contra esse contexto cultural mais amplo, pois o programa de pesquisa de Duhem só adquire plena significação quando contraposto aos diversos programas alternativos de pesquisa da física do final do século XIX.

A idéia central do programa de pesquisa de Duhem consistia em "trabalhar na criação de uma ciência que unificasse os princípios da Mecânica com os da Termodinâmica. Essa ciência, que poderia ser chamada Termodinâmica geral ou Energética, uniria sob leis comuns o estudo dos movimentos locais dos corpos ou a Mecânica propriamente dita, o estudo das mudanças de estado físicas ou químicas dos corpos ou a Mecânica física, e finalmente o estudo dos fenômenos elétricos e do magnetismo." (Duhem, Académie des Sciences, Comptes rendues, T.163, Nº12, 18 Septembre 1916)

Esse programa de pesquisa foi sugerido a Duhem pelos trabalhos de J. Willard Gibbs sobre os equilíbrios químicos e de Helmholtz sobre a termodinâmica dos compostos químicos e consistia em aplicar ao desenvolvimento da termodinâmica métodos similares na forma ao método usado por Lagrange na construção da estática mecânica.

Como avaliar a importância desse novo programa de pesquisa? Em pri-

meio lugar, esse programa se opunha à Termodinâmica clássica. Segundo a concepção clássica, a termodinâmica era uma aplicação particular da dinâmica. As mudanças de estado físico-químicas eram entendidas como simples modificações dos elementos característicos dos movimentos ocultos das partículas microscópicas dos corpos. Além disso, o programa de Duhem estava em oposição a uma segunda corrente defendida por Clausius, Kirchhoff e G. Lippmann que procurava tornar a termodinâmica uma ciência independente baseada em princípios próprios. Por oposição afirma Duhem: "Fizemos da Dinâmica um caso particular da Termodinâmica, ou antes, construímos, com o nome de Termodinâmica, uma ciência que abarca sob princípios comuns todas as mudanças de estado dos corpos, assim como as mudanças ou relações nas variações de qualidades físicas." (cf. Lowinger, 1941, p.4)

O objeto designado pelo programa de pesquisa de Duhem para a teoria física a ser construída não é, assim, nada menos que o movimento no sentido mais amplo do termo, que inclui não apenas a mudança de lugar ou o "movimento local", segundo a terminologia escolástica, mas também todos os tipos de modificações físico-químicas: "...dilatações e contrações que alteram a densidade; fusões e evaporações que modificam o estado físico; soluções que misturam os corpos; reações que combinam os elementos ou dissociam os compostos; todos os tipos de fenômenos que alteram a eletricidade e o magnetismo." (Lowinger, 1941, p.4)

Contudo, para avaliar os vínculos culturais da obra de Duhem não é suficiente ficar restrito ao objeto proposto pelo programa de pesquisa. É preciso dar mais um passo e considerar o método pelo qual Duhem se propõe construir a teoria física da Energética. Passo importante, porque, enquanto se pode afirmar que a determinação do objeto da pesquisa é um empreendimento quase que exclusivamente determinado pelas condições científicas prevaletentes - como o estágio em que se encontram os experimentos realizados ou a possibilidade de adequar certos

fenômenos a esquemas teóricos interpretativos já dados -, a decisão concernente ao método pelo qual se construirá a teoria não pode ser fundamentada em razões empíricas e teóricas dessa ordem. É neste ponto . que as concepções filosóficas - tratadas nos dois primeiros capítulos deste trabalho - virão se juntar aos elementos estritamente científicos do programa de pesquisa de Duhem para compor a unidade característica de seu pensamento.

Assim, a Energética de Duhem apresenta clara e deliberadamente o caráter de um sistema lógico, construído de modo formal e destinado a representar os fenômenos. Na base do sistema estão as definições simbólicas e as hipóteses abstratas; por outro lado, a teoria é verificada apenas pela concordância de suas consequências com os fatos. Duas observações são suficientes para revelar como as teses filosóficas (epistemológicas e metodológicas) de Duhem se associam ao programa de pesquisa científica por ele proposto. De um lado, Duhem nunca se propõe justificar suas hipóteses abstratas. Como diz Jouguet ("L'Oeuvre Scientifique de Pierre Duhem", Révue Générale des Sciences Pures et Appliquées, V:XXXVIII p.42), ele "as postula com uma espécie de brutalidade sistemática", que só pode ser entendida com base em sua concepção filosófica da teoria física: ao invés de reduzir as qualidades físicas à figura e ao movimento, como faz o mecanicismo, a energética se limita a marcar por meio de uma escala numérica as várias intensidades dessas qualidades, criando assim um símbolo matemático que passa a representar uma qualidade sensível. De outro lado, como as hipóteses não são justificadas, mas postuladas convencionalmente, e como a única limitação imposta à escolha convencional das hipóteses é uma limitação de ordem lógica (originada principalmente no requisito de não-contradição), poderia parecer que a energética é construída sem um guia e está sujeita à escolha arbitrária do teórico . Contudo, a resposta de Duhem é que a história fornece a diretriz para essa escolha:

"A memória das tentativas passadas e de seu sucesso ou insucesso evita que a física aceite hipóteses que conduziram à ruína teorias mais velhas ou que adote idéias que já se mostraram improdutivas. Ela não é capaz de provar seus postulados e não precisa prová-los, mas o estudo das vicissitudes pelas quais passaram essas idéias, antes de assumir a forma sob a qual a física as apresenta, pode aumentar nossa confiança nelas até que suas conseqüências recebam a confirmação experimental esperada. Foi com o fim de concientizar a energética e de apresentar uma exposição da evolução de cada um de seus princípios fundamentais que empreendemos o estudo das grandes leis da estática e da dinâmica." ("Notice sur les titres et les travaux scientifiques de P.Duhem", Société des Sciences Physiques et Naturelles de Bordeaux, Mémoires, I, 159)

Vemos, portanto, que o trabalho científico de Duhem, empreendido com o fim de construir a Energética, o conduziu, de um lado, às considerações sobre o método científico em geral e, de outro lado, à história das doutrinas científicas.

Mas Duhem não foi o único cientista do final do século XIX e início do século XX a formular doutrinas metodológicas em defesa de sua concepção de teoria física. Assim, os programas científicos anteriormente citados não apenas conduziam a sistemas teóricos diferentes, mas também apresentavam fundamentações metodológicas inteiramente diversas. Abel Rey em La Théorie de la Physique chez les Physiciens Contemporains distinguiu três posições metodológicas: (1) a escola mecanicista à qual pertenciam a maioria dos físicos; (2) a escola anti-mecanicista, cujos principais representantes eram Rankine, Mach, Ostwald e o próprio Duhem; e (3) a escola mecanicista crítica representada principalmente por Poincaré. A estas Lowinger (cf., 1941, p.13) acrescenta um outro grupo, que ele denomina de (4) escola pragmática.

A escola mecanicista estava longe de ser uma escola unitária e subdividia-se basicamente em três grupos: (a) um primeiro grupo que defen-

dia a doutrina mecanicista estrita segundo a qual todos os fenômenos físicos devem ser explicados por sistemas em movimento governados pelas leis da dinâmica. Esta doutrina era representada por dois subgrupos: i) pela física mecanicista de Newton, Boscovich, Laplace e Poisson que reduzia os fenômenos à atração e repulsão exercida por corpos à distância; ii) pela física mecanicista de Heinrich Hertz que não admitia a existência de forças, a não ser de "forças de ligação" entre dois corpos contíguos.

Um segundo grupo, no interior da escola mecanicista estrita, era representado pela mecânica de J.J. Thomson e Jean Perrin que postulava sistemas que não eram governados pelas equações da dinâmica, mas pelas equações da eletrodinâmica (eletrodinamismo).

Finalmente, um terceiro grupo defendia uma concepção mecanicista ampla, segundo a qual os fenômenos físicos devem ser explicados por meio de corpos sólidos aptos a possuírem propriedades mecânicas, corpos como "moléculas", "átomos", "íons" e "elétrons".

A escola anti-mecanicista proibia todas as tentativas de reduzir os fenômenos físicos observáveis a movimentos ocultos de partículas microscópicas; restringia-se, assim, às qualidades observáveis, representando-as através de magnitudes simbólicas obtidas por meio de instrumentos de medida; estabelecia a seguir relações entre as diversas magnitudes assim obtidas, estabelecendo as leis experimentais; finalmente, representava o conjunto das leis experimentais num sistema teórico com vistas à economia intelectual (segundo a proposta de Mach, muitas vezes citada por Duhem).

A terceira escola, representada pela concepção mecanicista crítica de Poincaré, consistia em admitir que as hipóteses são meras convenções convenientes que têm como fim a coordenação dos fenômenos. Sua principal crítica ao mecanicismo consistia em negar realidade aos modelos mecânicos, sem contudo negar-lhes significação científica.

Finalmente, a escola pragmática defendia que as teorias possuem apenas valor prático ou estético. Negava, assim, qualquer valor cognitivo às teorias físicas.

É nesse contexto científico e metodológico que as posições filosóficas defendidas por Duhem ganham sua plêna significação.

2. A Natureza do Conhecimento Teórico segundo Duhem

A idéia central que está na base da concepção duhemiana das teorias físicas é a tese epistemológica observacionista segundo a qual o único que conhecemos diretamente são os fenômenos e a sucessão desses fenômenos. Essa idéia serve de pano de fundo para a nítida distinção que Duhem estabelece entre a física e a metafísica. Segundo a distinção, cabe à física "o estudo dos fenômenos que têm por fonte a matéria e das leis que os regem" e à metafísica "o conhecimento da natureza da matéria, considerada como causa dos fenômenos e como razão de ser das leis físicas". Já vimos que, segundo Duhem, essa distinção não depende da natureza das disciplinas consideradas, mas antes da natureza limitada de nosso intelecto, que está impossibilitado de conhecer diretamente as causas dos fenômenos. Em resumo, como diz Lowinger (1941, p.17), "a ciência física trata das aparências fenomênicas; a metafísica trata do substrato material que está além das aparências fenomênicas".

Associada à tese da autonomia da física encontra-se outra tese de Duhem, segundo a qual há uma distinção nítida entre a física experimental e a física teórica. Por um lado, todas as escolas de pensamento concordam que a física experimental trata dos fenômenos tal como percebidos pelos nossos sentidos. Por outro lado, a física teórica se origina e se fundamenta nos dados fornecidos pela física experimental. Esses dados são constituídos de sensações e de relações constantes e regulares estabelecidas pela razão entre essas sensações; o primeiro tipo constituem o que se denomina comumente de "fatos experimentais", o segundo, "as leis

experimentais".

Entretanto, quando se trata de precisar a natureza do conhecimento teórico, duas vias se abrem: de um lado, temos a tradição realista, segundo a qual "a teoria física...tem por fim a explicação de um conjunto de leis experimentalmente estabelecidas"; por outro lado, a concepção instrumentalista, formulada por Duhem da seguinte maneira: "a teoria física...é um sistema abstrato que tem por fim representar as leis experimentais, sem pretender explicar essas leis" (1914,p.5).

A crítica de Duhem à concepção realista consiste em mostrar que, ao propor que as teorias são explicações, ela subordina as teorias físicas à metafísica. Ora, ao fazer isso, introduz na esfera da física a luta entre escolas metafísicas rivais, afastando-a assim do "consentimento universal" ao qual deve tender toda teoria científica. Além disso, o conhecimento metafísico é altamente hipotético - já que não temos conhecimento direto das causas dos fenômenos - e é, portanto, inadequado como fundamento da teoria física.

Segundo Duhem (1914,p.26), "uma teoria física não é uma explicação. É um sistema de proposições matemáticas, deduzidas de um pequeno número de princípios, que possuem como fim representar de modo tão simples, completo e exato quanto possível, um grupo de leis experimentais."

Convém notar, entretanto, que mesmo para essa concepção "o acordo com a experiência é, para a teoria física, o único critério de verdade" (1914,p.28). Uma teoria é verdadeira se suas consequências correspondem à experiência; falsa, se não correspondem à experiência. Não pode haver correspondência entre uma teoria e uma realidade para além da experiência, pois a teoria só faz referência à experiência, sem pretender transcendê-la. A teoria é construída, assim, nos limites estritos da experiência e, analogamente, o critério de verdade e falsidade deve aí residir.

Contudo, se uma teoria é uma mera representação simbólica que nada

nos ensina sobre a estrutura da realidade subjacente aos fenômenos detectados pela experiência, para que ela serve?

Intervêm neste ponto outras duas teses epistemológicas de Duhem. A primeira é a tese de economia intelectual (cf. 1914, p.29). Segundo essa tese, "a constituição de toda teoria física resulta de um duplo trabalho de abstração e generalização" (1914, pp.85-86). Em primeiro lugar, pela formulação de uma lei a partir da multiplicidade dos fatos e, em seguida, pela escolha das propriedades primeiras (pela operação (1)) e formulação das hipóteses fundamentais - os princípios da teoria - a partir da multiplicidade das leis, obtemos uma "dupla economia intelectual". Ao substituir a multiplicidade dos fatos por uma lei única e ao substituir um vasto conjunto de leis por um pequeno número de hipóteses, estamos aliviando a memória e ajudando-a a reter mais facilmente a massa disparatada de dados científicos disponíveis.

Ligado ao princípio de economia intelectual está o requisito metodológico de simplicidade, segundo o qual uma teoria deve ser uma "representação simbólica simples" das leis experimentais.

A segunda tese epistemológica é a de que as teorias científicas tendem a uma classificação natural das leis. A teoria física, ao permitir a dedução do conjunto de leis naturais a partir de um pequeno número de definições e princípios estabelece entre as leis uma ordenação e uma classificação. Há leis que a teoria aproxima, reunindo-as num mesmo grupo; há outras que ela separa. Ora, uma vez introduzida essa idéia de uma ordem lógica das leis experimentais como consequência da operação (3), Duhem formula a idéia reguladora de classificação natural.

"A facilidade com que cada lei experimental encontra seu lugar na classificação criada pelo físico, a clareza fascinante que se expande sobre esse conjunto tão perfeitamente ordenado, nos persuadem de maneira irresistível que uma tal classificação não é puramente artificial, que tal ordem não resulta de um agrupamento puramente arbitrário impos

to às leis por um organizador engenhoso. Sem poder dar conta de nossa convicção, mas também sem poder evitá-la, vemos a ordenação desse sistema a marca pela qual se reconhece uma classificação natural. Sem pretender explicar a realidade que se esconde sob os fenômenos agrupados pelas leis, sentimos que os agrupamentos estabelecidos por nossa teoria correspondem às afinidades reais entre as próprias coisas" (1914, p.36)

Essa concepção de classificação natural que nasce de um ato de fé na correspondência entre a ordem lógica e a ordem ontológica admite como critério de fecundidade das teorias a predição de novos tipos de fenômenos: "Exigir de uma classificação que marque de antemão o lugar a seres que somente o futuro descobrirá, é pois declarar, no mais alto grau, que consideramos essa classificação como natural; e quando uma experiência vem confirmar as previsões de nossa teoria, sentimos fortalecer-se em nós essa convicção de que as relações estabelecidas por nossa razão entre as noções abstratas correspondem verdadeiramente a relações entre as coisas" (1914, p.41).

Assim, não atingimos o real partindo de suposições acerca da natureza das coisas, mas o atingimos no final do processo de verificação de uma teoria, quando constatamos que a ordenação lógica produzida pela teoria espelha, de algum modo, a ordem real.

3. Teoria e Realidade: o Problema do Instrumentalismo de Duhem

A questão do objetivo da teoria física é um dos pontos mais controversos da teoria da ciência de Platão até nossos dias. Resumidamente, duas respostas foram apresentadas a essa questão. De um lado, estão aqueles que sustentam que o objetivo da teoria é explicar e compreender o mundo, reduzindo-o a certas entidades ontologicamente fundamentais; de outro, estão os que afirmam a impossibilidade da teoria revelar a verda

deira natureza dos objetos físicos, sendo seu objetivo unicamente a descoberta, a correlação e a predição.

Toulmin (Cf. L'Explication Scientifique, p.19) resume admiravelmente estas duas posições - comumente denominadas de realismo e instrumentalismo - através de duas fórmulas: "o fim que se propõe a ciência é a descoberta da realidade" para os defensores do realismo e "o fim da ciência é a enunciação de predições corretas" para os defensores do instrumentalismo.

É claro que o uso de rótulos genéricos e abrangentes para designar tradições de história complexa, como é o caso das mencionadas aqui, sempre acarreta distorções quando se tenta enquadrar os autores em uma ou outra posição. O enfoque que farei do problema consistirá precisamente na avaliação crítica da aplicação do rótulo "instrumentalismo" à teoria da ciência de Duhem.

Em primeiro lugar, é importante observar que não é minha intenção negar que Duhem defenda uma variante do instrumentalismo. Ninguém poderia fazer isso, pois Duhem é suficientemente claro quanto a sua preferência ao citar com aprovação duas passagens do Prefácio de Oslander ao De Revolutionibus de Copérnico, considerado como o locus classicus do instrumentalismo. Com o objetivo de deixar claramente assentado este ponto, cito as duas passagens:

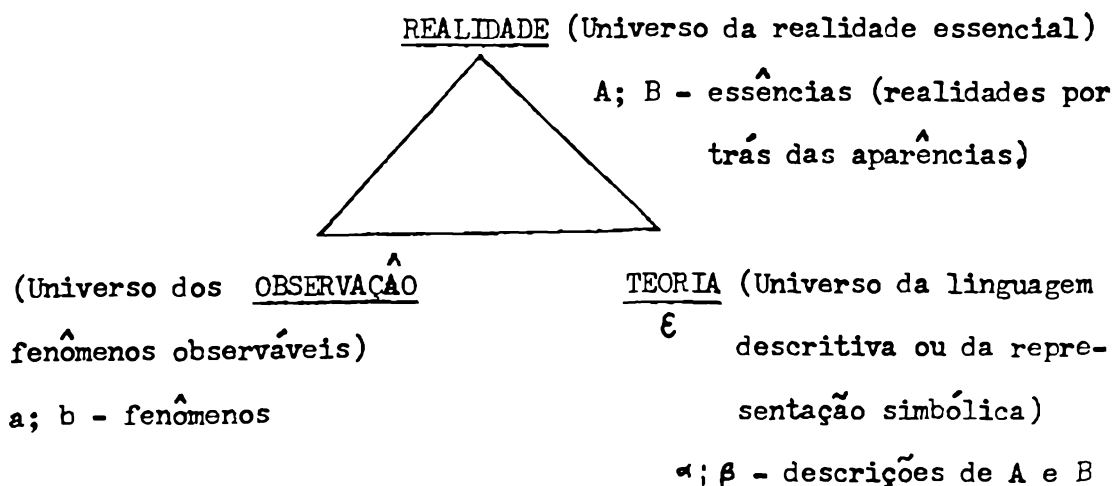
"Com efeito, é próprio do astrônomo compor, por meio de uma observação diligente e habilidosa, o registro dos movimentos celestes. E, em seguida, inventar e imaginar as causas dos mesmos, ou melhor, já que não se podem alcançar de modo algum as verdadeiras, quaisquer hipóteses, que, uma vez supostas, permitam que esses mesmos movimentos sejam corretamente calculados... Com efeito, não é necessário que essas hipóteses sejam verdadeiras, e nem mesmo verossímeis, bastando apenas que forneçam cálculos que concordam com as observações..." (1914, pp.57-58); e mais adiante:

"E que ninguém espere da astronomia algo de certo no que concerne a hipóteses, pois nada disso procura ela nos oferecer" (1914, p.58). ⁵⁶

A aceitação clara e firme destas afirmações não deixam margem para dúvidas quanto à adesão de Duhem à concepção da ciência como instrumento de cálculo e previsão. Apesar disso, procurarei mostrar que a simples rotulação de Duhem como instrumentalista não implica que críticas efetuadas a uma caracterização genérica do instrumentalismo se apliquem também a esse autor. Meu propósito será mostrar, em particular, que a crítica de Karl Popper em "Three Views Concerning Human Knowledge" esbarra em sérias dificuldades.

Após incluir Duhem, sem qualquer ressalva, na corrente instrumentalista (1974, p.104), Popper caracteriza essa corrente como a concepção de que as teorias científicas nada mais são do que instrumentos e de que o progresso do conhecimento teórico consiste simplesmente no aperfeiçoamento dos instrumentos. Ora, segundo Popper, a admissão de que as teorias são instrumentos, faz com que elas não possam ser verdadeiras, mas somente convenientes, simples, econômicas, poderosas, etc.

Segundo Popper (1974, p.108) o atrativo da concepção instrumentalista reside em sua atraente simplicidade, fruto de uma aplicação radical da navalha de Occham. Para apreciar essa simplicidade, ele propõe uma comparação entre a posição instrumentalista e a posição essencialista através do seguinte triângulo:



Assim, segundo o essencialismo, de ϵ e α podemos deduzir β , o que significa que podemos explicar com o auxílio de nossa teoria porque a leva a b ou porque a é a causa de b. Isto supõe obviamente que ϵ descreve a realidade.

O instrumentalismo, por outro lado, omite o polo superior (a saber, a realidade) e postula que α , β descrevem diretamente a, b. ϵ não descreve nada - é simplesmente um instrumento que nos permite deduzir β de α . Segundo isto, a teoria e as leis universais, que a compõem, não são propriamente enunciados mas "regras, ou conjuntos de instruções, para a derivação de enunciados singulares a partir de outros enunciados singulares".

Ora, segundo Popper (1974, pp.117-118), a principal dificuldade do instrumentalismo se encontra na impossibilidade de estabelecer uma distinção fundamental para a questão da descoberta científica. Trata-se da distinção fundamental entre a predição de "eventos de tipo conhecido" e a predição de "novos tipos de eventos". Para Popper, o instrumentalismo só dá conta do primeiro tipo de predições: "se as teorias são instrumentos para a predição, então devemos assumir que seu propósito deve estar determinado de antemão, tal como ocorre com os outros instrumentos. As predições do segundo tipo somente podem ser completamente entendidas como descobertas."

Popper pretende que este argumento é conclusivo, pois se o instrumentalismo não consegue explicar o surgimento de novos efeitos e, conseqüentemente, a substituição de teorias, sua concepção das teorias como uma mera sistematização instrumental da experiência se mostra, no mínimo, impotente para conduzir metodologicamente ao avanço do conhecimento.

Apresentarei a seguir sumariamente dois resultados, obtidos pela análise efetuada neste trabalho, que mostram a improcedência desta crítica ao instrumentalismo em sua versão duhemiana.

O primeiro resultado que se opõe à crítica de Popper está ligado precisamente à idéia de classificação natural, introduzida por Duhem na segunda formulação de sua concepção da física, e que permite recuperar a noção de preditividade como marca característica de uma teoria física.

Se a posição de Duhem ficasse restrita, como é o caso da primeira formulação, à simples enunciação do caráter simbólico e econômico das teorias, a crítica de Popper seria certamente contundente. Vimos que nessa primeira formulação Duhem parece reconhecer a dificuldade de adequar ao fim de classificação das teorias físicas a predição de novos eventos: "a teoria, diz Duhem (1892,p.175), está destinada à coordenar as leis descobertas pela experiência; ela não está destinada a fazer descobrir novas leis" e se, por acaso, o físico prediz como consequência de suas teorias uma lei experimental até então desconhecida (isto é, um novo tipo de evento), isso apenas seria uma prova da fecundidade de um método "que produz além do que se deve exigir dele". De modo geral, Duhem defende em sua primeira formulação que a descoberta de novas leis experimentais é da competência do método experimental e não do método teórico, pois devido à complexidade inerente ao procedimento de verificação de uma teoria, frequentemente o físico experimental, para poder realizar o teste das consequências de uma teoria, é levado a "antecipar sobre as teorias que ainda estão por vir" (1894,p.196).

Contudo, na segunda formulação de sua teoria da física, Duhem desenvolve uma segunda característica das teorias físicas, que havia ficado até então subentendida na idéia de representação simbólica. A teoria, ao permitir a dedução do conjunto das leis experimentais a partir de um pequeno número de definições e princípios, estabelece entre essas leis uma ordenação e uma classificação. Há leis que a teoria aproxima, reunindo-as em um mesmo grupo; há leis que a teoria separa, colocando-as em grupos separados. Segundo Duhem (1914,p.33), "a teoria a-

presenta, por assim dizer, a tabela e o título dos itens nos quais se dividirá metodicamente a ciência a ser estudada, marcando as leis que devem ser classificadas sob cada um desses itens". Mas agora, além dessa ordenação lógica das leis experimentais, fruto apenas da cadeia dedutiva que vai das hipóteses fundamentais convencionalmente introduzidas às leis experimentais empiricamente constatadas, Duhem exige também que as teorias se conformem à idéia reguladora de classificação natural.

Com a introdução da idéia de classificação natural se instaura por um ato de fé uma correspondência entre a ordem lógica das leis experimentais e a ordem ontológica dos fenômenos. Assim, embora Duhem prescindisse do real no estabelecimento dessa ordenação lógica, uma vez que ela é estabelecida, não há como justificar, nem como refrear, a admissão de que, afinal de contas, essa ordenação é o reflexo de uma ordenação real entre os seres.

Ora, a introdução da idéia de classificação natural como o fim a que deve tender uma teoria física construída segundo padrões metodológicos rigidamente instrumentalistas recoloca a questão da predição de novos tipos de eventos em bases inteiramente novas. A predição passa agora a ser um critério da fecundidade das teorias, uma marca de seu caráter de classificação natural: "Exigir de uma classificação que marque de antemão o lugar a seres que somente o futuro descobrirá, é pois declarar, no mais elevado grau, que consideramos essa classificação como natural; e quando uma experiência vem confirmar as previsões de nossa teoria, sentimos fortalecer-se em nós essa convicção de que as relações estabelecidas por nossa razão entre as noções abstratas correspondem verdadeiramente a relações entre as coisas" (1914, p.41)

Não atingimos o real partindo de suposições acerca da natureza das coisas, mas o atingimos no final do processo pela produção de uma ordem que, de algum modo, espelha a ordem real. Este resultado é suficiente para mostrar que a objeção de Popper ao instrumentalismo não se aplica di

retamente a Duhem e que é necessário formular a questão do instrumentalismo nesse autor em novos termos.

O segundo resultado de nossa análise permite exatamente mostrar que o instrumentalismo de Duhem corresponde antes a uma tática metodológica, tendente a facilitar o processo de matematização da natureza, do que a uma recusa metafísica de que o conhecimento teórico tenha alcance ontológico.

BIBLIOGRAFIA

- Cavell, Stanley, "Hemos de significar lo que decimos?" in Chappell, V.C., (ed.), El Lenguaje Común, Madrid, Editorial Tecnos, 1971, 99-141.
- Duhem, Pierre, "Quelques Réflexions au Sujet des Théories Physiques", Révue des Questions Scientifiques, Vol. XXXI, 1892, 139-177.
- Duhem, Pierre, "Notation Atomique et Hypothèses Atomistiques", Révue des Questions Scientifiques, Vol. XXXI, 1892, 391-454.
- Duhem, Pierre, "Physique et Métaphysique", Révue des Questions Scientifiques, Vol. XXXIV, 1893, 55-83.
- Duhem, Pierre, "Quelques Réflexions au Sujet de la Physique Expérimentale", Révue des Questions Scientifiques, Vol. XXXVI, 1894, 179-229.
- Duhem, Pierre, La Théorie Physique: son Objet et sa Structure, Paris, Marcel Rivière, 1914.
- Feyerabend, Paul, Contra o Método, Rio de Janeiro, Livraria Francisco Alves Editora S.A., 1977.
- Frank, Philipp, Modern Science and Its Philosophy, New York, Collier Books, 1961.
- Hume, David, A Treatise of Human Nature, London, Oxford Univ. Press, Clarendon Press, 1967.
- Kolakowski, Leszek, Positivist Philosophy (From Hume to Vienna Circle), London, Pelican Books, 1972.
- Landan, Laurens, "Teorias do Método Científico de Platão a Mach", CADERNOS de História e Filosofia da Ciência, Campinas, CLE-Unicamp, Suplemento 1, 1980.
- Losee, John, Introdução Histórica à Filosofia da Ciência, Belo Horizonte, Editora Itatiaia Ltda.-EDUSP, 1979.
- Lowinger, Armand, The Methodology of Pierre Duhem, N. York, Columbia Univ. Press, 1941.

- Nagel, Ernest, La Estructura de la Ciencia, Buenos Aires, Paidós, 1968.
- Popper, Karl R., The Logic of Scientific Discovery. N.York, Harper & Row, 1965.
- Popper, Karl R., Conjectures and Refutations, London, Routledge and Kegan Paul, 1974.
- Putnam, Hilary, Reason, Truth and History, Cambridge Univ. Press, 1981.
- Rey, Abel, La Théorie de la Physique chez les Physiciens Contemporains, Paris, Librairie Félix Alcan, 1930.