

Antonio José Gomes Amaro

A Crítica de Pierre Duhem ao Experimento Crucial

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Filosofia, da Universidade São Judas Tadeu,
como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre
em Filosofia, sob a Orientação da Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Dion.

**São Paulo
2009**

Antonio José Gomes Amaro

A Crítica de Pierre Duhem ao Experimento Crucial

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Filosofia, da Universidade São Judas Tadeu,
como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre
em Filosofia, sob a Orientação da Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Dion.

**São Paulo
2009**

Amaro, Antonio José Gomes

A crítica de Pierre Duhem ao experimento crucial / Antonio José Gomes Amaro. - 2009.

100 f. ; 30 cm.

Orientador: Sonia Maria Dion.

Dissertação (mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2009.

1. Pesquisa científica. 2. Filosofia. I. Duhem, Pierre Maurice Marie, 1861-1916. II. Dion, Sonia Maria. III. Universidade São Judas Tadeu, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Filosofia. IV. Título

CDD - 100

À Daniela, com imenso amor e carinho!

Aos meus pais, Maria e Antonio.

Aos meus amigos Bia, Cibele, Corradini, Douglas, Dorinel, José Eduardo e Maurício.

AGRADECIMENTOS

Ofereço meu primeiro agradecimento a Deus, pois a atual jornada, que se iniciou com uma graduação e se encerrou com este trabalho, representa um pedido íntimo, elaborado no começo desta década.

Sem dúvida o meu segundo agradecimento não poderia recair se não na minha Orientadora, a Prof.^a Dr.^a Sonia Maria Dion, por sua imensa dedicação, paciência, carisma e entusiasmo, ingredientes que se mostraram necessários e fundamentais para a concretização desta dissertação.

Agradeço também a imensa contribuição dada pelos Prof.^a Dr.^a Regina Rebollo e Prof. Dr. Plínio Junqueira Smith, tanto pelas aulas ministradas na pós, quanto pelas ricas contribuições na pré-qualificação. Da mesma forma e com grande interesse, contribuíram no aprimoramento deste trabalho Prof.^a Dr.^a Luciana Zaterka e o Prof. Dr. Valter Alnis Bezerra por ocasião da defesa.

Agradeço à Goreti por sua prestimosa ajuda na análise do texto.

Como última citação, agradeço à Universidade São Judas Tadeu pela oportunidade proporcionada ao longo destes últimos anos, tanto pela graduação, quanto pelo mestrado.

RESUMO

Após o renascimento, mais precisamente no século XVI, temos o início de uma revolução silenciosa. De um lado tivemos um gradativo afastamento da religião cristã ocidental e, de outro, um aumento da importância da Ciência moderna. Nesse período agitado, de quebra de estruturas, de abertura a novas idéias e de crescente experimentação, surge Francis Bacon com uma nova proposta de metodologia que visa auxiliar o intelecto humano. Um dos seus legados, a instância crucial (posteriormente denominada “experimento crucial”) se constituiu, ao longo da história da Ciência, como um dos mais eficientes instrumentos de decisão diante de uma encruzilhada formada por hipóteses concorrentes.

Os experimentos cruciais, entretanto, muitas vezes tiveram um emprego notadamente retórico, quando utilizados para erigir verdades a partir do embate de teorias conflitantes. Dentre inúmeros exemplos, citamos aquele que foi um dos responsáveis por encerrar um dos maiores debates da física – a natureza corpuscular ou ondulatória da luz – ocorrido em 1850, por meio do experimento de Foucault-Fizeau.

Considerado como um dos maiores epistemólogos e historiadores da ciência, o físico francês Pierre Duhem se insurge contra essa última visão, afirmando, categoricamente, que os experimentos cruciais são impossíveis em física, ou seja, que tal compromisso quanto ao estabelecimento de verdades não tem sustentação no âmbito desse ramo do saber.

Sua argumentação se apóia em dois pontos-chave. O primeiro deles, diz respeito à indeterminação dessa metodologia quanto à possibilidade de se eleger, entre as hipóteses concorrentes, aquela que deve ser elevada à categoria de verdade. A seu ver, o que está em jogo, na realidade, são os diversos conjuntos teóricos, tomados em bloco, aos quais as diversas hipóteses pertencem (também conhecida como a “Tese de Duhem”). Em segundo lugar, Duhem afirma a impossibilidade de certeza quanto a terem sido esgotadas todas as possibilidades teóricas incidentes sobre um determinado fenômeno. E, ao fazer isso, Duhem se mantém permanentemente fiel aos fundamentos da sua epistemologia.

PALAVRAS-CHAVE: *Experimentum crucis*, Instancia crucial, Teoria física, Mecanicismo.

RÉSUMÉ

Après la renaissance, plus précisément dans le siècle XVI, nous avons le début d'une révolution calme. D'un côté nous avons eu un graduel éloignement de la religion chrétienne occidentale et, d'autre, une augmentation de l'importance de la Science moderne. Dans cette période agité, de faillite des structures, d'ouverture à des nouvelles idées et de croissante expérimentation, il apparaît Francis Bacon avec une nouvelle proposition de méthodologie que vise à assister l'intellect humain. Un des leurs legs, l'instance cruciale (ultérieurement nommée « expérience cruciale ») s'est constitué, le long de l'histoire de la Science, comme un des plus efficaces instruments de décision devant un carrefour formé par des hypothèses concurrentes.

Les expériences cruciales, néanmoins, beaucoup de fois ont eu un emploi notamment rhétoricien, quand utilisés pour ériger des vérités à partir du choc de théories conflictuelles. Parmi d'innombrables exemples nous citons celui qui a été un des responsables par fermer un des plus grands débats de la physique - la nature corpusculaire ou ondulatoire de la lumière - arrivé en 1850, à travers de l'expérience de Foucault-Fizeau.

Considéré comme un des plus grands épistémologues et historiens de la science, le physicien français Pierre Duhem s'insurge contre cette dernière vision, en affirmant, catégoriquement, que les expériences cruciales sont impossibles dans la physique, c'est à dire que tel engagement par rapport à l'établissement de vérités n'a pas de sustentation dans le contexte de cette branche du savoir.

Sa argumentation se soutient dans deux points clé, dont le premier d'eux dit respect à l'indétermination de cette méthodologie quant à la possibilité d'élire entre les hypothèses concurrentes, celle qui doit être élevée à la catégorie de vérité. À son avis, ce qui est en jeu, à vrai dire, sont les divers ensembles théoriques, pris dans bloc, auxquels les diverses hypothèses appartiennent (aussi connue avec « l'Thèse de Duhem »). Dans seconde place, Duhem affirme que jamais ne se peut pas avoir la certitude d'avoir été épuisée toutes les possibilités théoriques incidents sur un certain phénomène. Et, au faire cela, Duhem se maintient permanentement fidèle aux fondements de son épistémologie.

Mots-clés: *Experimentum Crucis*, Instances de la Croix, Théorie Physique, Mécanisme.

SUMÁRIO

RESUMO	04
RÉSUMÉ	05
SIMBOLOGIAS	07
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	08
INTRODUÇÃO	09
CAPÍTULO I - A CONCEPÇÃO DO EXPERIMENTO CRUCIAL ANTES DE DUHEM	12
I.1 Francis Bacon e o <i>Novum Organum</i>	12
I.2 As Instâncias Prerrogativas	28
I.3 O conceito de Instância Crucial em Bacon	31
I.4 De Instância Crucial para Experimento Crucial: o desenvolvimento da denominação e dos objetivos	35
CAPÍTULO II - A EPISTEMOLOGIA DE PIERRE DUHEM E SUA VISÃO DA TEORIA FÍSICA	45
II.1 Introdução	45
II.2 A teoria da ciência física	49
II.3 A avaliação, os limites e as modificações das teorias físicas	56
II.4 A crítica de Duhem às teorias mecânicas	60
II.5 A distinção entre Física e Metafísica	64
II.6 A física experimental	69
CAPÍTULO III - O <i>EXPERIMENTUM CRUCIS</i> É IMPOSSÍVEL NA FÍSICA	76
III.1 Introdução	76
III.2 A “verificação crucial” de Hempel	79
III.3 O experimento de Foucault	80
III.4 A “indução eliminadora” de Weber	85
III.5 Um <i>modus tollens</i> “ampliado”	86
CONCLUSÃO	91
BIBLIOGRAFIA	95

SIMBOLOGIAS

Foram adotadas as seguintes simbologias de conectivos lógicos nesta dissertação:

Símbolo	Nome	Exemplo	Significado
\neg	Negação	$\neg P$	Não P
\vee	Disjunção	$P \vee Q$	Ou P ou Q
\wedge	Conjunção	$P \wedge Q$	P e Q
\rightarrow	Condicional	$P \rightarrow Q$	Se P então Q

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O experimentum crucis de Newton.....	38
Figura 2: Experimento da interferência de Young	43
Figura 3: Estrutura do conhecimento da física segundo Duhem	52
Figura 4: O experimento do espelho rotativo de Foucault	81
Figura 5: Experiência de Foucault (visão da ocular)	82

INTRODUÇÃO

Pierre Duhem é considerado um dos maiores epistemólogos e historiadores da ciência. Foi um escritor profícuo: uma recente lista dos seus escritos compõe-se de quatrocentos itens.

No que se refere à Filosofia, sua principal obra intitula-se “O objeto e a estrutura da teoria física” (*La Theorie Physique: son objet – sa structure*), a qual contém parte substancial da concepção duhemiana de ciência. Já no campo da história da ciência, sua principal obra tem como título “O sistema do Mundo: História das doutrinas cosmológicas de Platão a Copérnico” (*Le Système du Monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic*). Composta por 10 volumes, está construída a partir da concepção de que não existem descontinuidades no trajeto entre a ciência medieval e a ciência moderna: para Duhem, a história da Física é eminentemente cumulativa.

Esta dissertação se refere ao trabalho filosófico de Pierre Duhem, e tem como objetivo principal, investigar os fundamentos de sua asserção acerca da impossibilidade do Experimento Crucial na Física. Essa afirmação está contida em um dos seus primeiros artigos, aquele denominado “Algumas reflexões acerca da física experimental”, publicado em 1894.

O estudo da crença na possibilidade, ou não, da existência de experimentos cruciais é um tema relevante em epistemologia e metodologia da Física, e suscita discussões que ainda não estão completamente esgotadas. Um exemplo clássico, foram as sucessivas realizações do famoso experimento de Michelson e Morley, relativo às relações entre a radiação eletromagnética e a luz e que, empreendido pela primeira vez no final do século XIX, teve seus resultados considerados como inconclusivos por cientistas de renome, inclusive por seu próprio autor.

Duhem se coloca frontalmente contra a eficácia desse tipo de experimento em Física.

Embora afirmada explicitamente, acreditamos que a defesa feita por ele dessa impossibilidade mereça ser mais bem estudada, visando a estabelecer os vínculos entre essa posição e sua filosofia da ciência como um todo, e também procurando examinar a sua coerência.

Nesse percurso, veremos que a concepção duhemiana do conhecimento teórico se confunde com um método para a construção de teorias físicas. Sendo assim, esta dissertação se ocupará de temas como a avaliação, os limites e as modificações das teorias físicas, as relações entre física teórica e experimental, mas dará destaque, também, à sua crítica à teoria mecânica, visto que essa crítica se dá em virtude de sua própria concepção da natureza e dos fins da teoria física.

Tem a teoria física como fim a explicação? Compete a ela nos dizer como é construído o mundo em sua essência? É possível, tomando-se por base seus instrumentos, decidir sobre a natureza íntima da matéria?

Investigar os fundamentos de sua crítica ao Experimento Crucial na Física envolve, seguramente, a discussão de questões como essas.

Um outro aspecto da investigação tem a ver com a afirmação de Duhem de que o *experimentum crucis* consiste no emprego da redução ao absurdo (RAA). No entanto, existem textos, que tratam de seu pensamento filosófico, que vinculam em suas teses, a inserção do *modus tollens* e de silogismos disjuntivos como meio de execução da redução ao absurdo.

Finalmente, não se pode ignorar que a própria expressão, Experimento Crucial, tem um sentido histórico. Embora não estejamos nos ocupando da obra de Pierre Duhem como historiador e sim como epistemólogo, esta dissertação está calcada na crença da existência de um vínculo intrínseco entre a História e a Filosofia da Ciência. Um dos aspectos dessa relação, que está presente aqui, é a necessidade do estudo do contexto em que um termo é utilizado, tanto do ponto de vista da própria obra do autor, como do período em que vive.

Sendo assim, nossa proposta de exposição desse tema não prescinde da necessidade de fazermos um apanhado histórico do Experimento Crucial, nas questões de seu significado, como também de sua própria denominação.

Nosso trajeto principiará com um breve estudo da obra de Francis Bacon, reconhecido como autor da denominação original do conceito, a saber, Instância Crucial. Abordaremos seu método de ciência de um modo gradativo, culminando com o aforismo XXXVI do Livro II do *Novum Organum*, onde o filósofo inglês discursa sobre esse termo, o qual, originalmente, recebeu a denominação de *Instantia Crucis*. Desse modo, poder-se-á buscar seu entendimento e discutir as dificuldades que suscita e, assim, levantar subsídios para uma avaliação das possíveis diferenças entre a sua definição inicial e o modo como Duhem o emprega.

Além de Bacon, nosso primeiro Capítulo, “A concepção do experimento crucial antes de Duhem”, tratará de algumas citações sobre os termos “instância” e “experimento crucial”, abrangendo um exemplo dos primeiros experimentos de Newton, denominado “crucial” pelo próprio autor, e um trecho do texto da *Micrographia* de Robert Hooke, texto esse referenciado como o possível marco transitório da mudança da denominação de “instância” para “experimento”.

Como segundo capítulo, consideraremos o modo como se configura a epistemologia de Duhem.

No terceiro capítulo, apresentaremos a crítica de Pierre Duhem ao Experimento Crucial, examinando-a do ponto de vista de sua estrutura. Incluiremos uma abordagem de raciocínios lógicos que são significativos para o entendimento dessa crítica: a redução ao absurdo e o *modus tollens*; em particular, veremos como a discussão promovida pelos comentadores ilumina essa questão.

Finalmente, como conclusão, apresentaremos uma síntese de nossos resultados e apontaremos para uma possível continuidade de estudos, no que se refere à possibilidade, ou não, da realização de experimentos cruciais em ciência.

CAPÍTULO I - A CONCEPÇÃO DO EXPERIMENTO CRUCIAL ANTES DE DUHEM

I.1 Francis Bacon e o *Novum Organum*

O filósofo e jurista inglês Francis Bacon é tido como o criador do termo *experimentum crucis*, ou experimento crucial. Porém, não se originou exatamente com essa denominação, mas como *instantia crucis*, um termo oriundo do jargão jurídico, o que certamente tem a ver com a sua formação original de advogado. A *instantia crucis*, como veremos ocupa um lugar não muito relevante na filosofia de Bacon, contudo, em função do que proporciona em termos de solução nas questões de decisão entre proposições concorrentes, acabou sendo uma herança muitas vezes resgatada de Bacon.

Bacon nasceu em Londres, em 22 de Janeiro de 1561 e morreu na mesma cidade 65 anos após, em 9 de abril de 1626. Estudou no *Trinity College*, em Cambridge, de 1573 a 1575, porém somente iniciou sua longa carreira após ter-se formado na *Gray's Inn*¹, em 1582, vindo a assumir sucessivamente os cargos, ou títulos, de jurista, parlamentar, guarda do Grande Selo², chanceler, cavaleiro, barão de *Verulam*³ (ou Lorde Verulâmio) e, por último, Visconde de Saint-Albans.

Durante certo período, houve muita controvérsia sobre sua efetiva contribuição à ciência moderna. Muito disso se deve ao modo como seus analistas associavam, com maior ou menor intensidade, a sua obra filosófica à sua vida pública o que, de certo modo, tornava reduzida a sua importância. Immanuel Kant (1724–1804) soube separar

¹ A *Gray's Inn* era um tipo de corporação, que tanto abrigava os advogados londrinos, como também era uma escola de direito.

² Na época em que Bacon tinha o título, isto é, de 1617 a 1621, seu descritivo em inglês era “Lord Keeper of the Great Seal of England” (Guardião Depositário do Grande Selo da Inglaterra). Atualmente o selo possui o título de “Great Seal of the Realm” (Grande Selo do Reino). Corresponhia a um cargo oficial da coroa inglesa, cujo titular é encarregado da custódia física do Grande Selo, o principal da coroa, cujo uso servia para mostrar a aprovação do monarca de documentos importantes do Estado. (<http://www.royal.gov.uk/MonarchUK/Symbols/Greatsealoftherealm.aspx>)

³ *Verulam*: referência ao título de nobreza - Baron Verulam – com que Bacon se autodenominou. *Verulam* deriva de *Verulamium*, antigo nome romano de uma cidade que hoje se denomina Saint-Albans (WEBSTER, 1996:34), localizada a noroeste de Londres, onde, na igreja de Saint Michael, se encontra a tumba de Bacon (LAROUSSE, 1998:5185).

bem esses aspectos ao denominar sua famosa obra *Crítica da Razão Pura* como sua *Instauratio*⁴, mas que, “quanto ao próprio autor [Bacon], preferimos guardar silêncio” (KANT, 2001, p.B2).

Bacon foi uma forte inspiração para Robert Hooke (1635–1703) e Robert Boyle (1627–1692), homens de ciência fundadores da *Royal Society*⁵ em Londres. Denis Diderot (1713–1784) afirmou que “ele traçou um mapa que eles [os homens] deveriam aprender” (ANDRADE, 1988:VII). Auguste Comte (1789–1857) chamava-o de “bom espírito” (1983, p.5) e que, juntamente com seus contemporâneos Galileu Galilei (1564–1642) e René Descartes (1596–1650), constituíram os formadores da filosofia positiva. Mas também houve detratores⁶, que não pouparam nem suas obras ao afirmarem, por exemplo, que Bacon nada compreendeu de ciência e, menos ainda, possuía senso crítico.

Enfim, a gama de adjetivos que seus críticos lhe impingiram oscilou entre charlatão a fundador da ciência moderna e experimental. Nesse cenário, há um acordo, aparente e frágil, em torno de se vincular o início da ciência moderna com a publicação do seu método no *Novum Organum*⁷ em 1620.

As divergentes opiniões acerca de Lorde Verulâmio são, possivelmente, fruto de um período de alta efervescência. Whitehead, a esse respeito, caracteriza:

O século XVI de nossa era assistiu à ruptura do cristianismo ocidental e à ascensão da ciência moderna. Foi um período agitado. Nada se achava estabelecido, entretanto muito se descortinava – novos mundos e novas idéias (2006, p.13).

Nesse contexto, Bacon se posicionava como um homem muito influente e dotado de uma visão bem ampla das circunstâncias à sua volta, vindo a ser um dos grandes

⁴ Alusão ao projeto filosófico maior de Bacon, que é dividido em seis partes, a *Instauratio Magna*, a qual trataremos na página seguinte.

⁵ A mais antiga sociedade científica britânica, sendo organizada por Carlos II em 1662 (LAROUSSE, 1998:5147).

⁶ Andrade (1988:VII) cita nominalmente na sua exposição os seguintes críticos: o historiador da filosofia Pierre Maxime Schuhl (1902-1984), o qual afirmou “que o esplendor da vida de Bacon tenha sido prejudicado por manchas de graves defeitos morais”; por sua vez o historiador Wilhelm Windelband (1848-1915) declarou “Bacon não foi um desses grandes homens dos quais se podem admirar igualmente o pensamento e a atividade”. Já para Peltonen (1999:1) cita que, mesmo mais recentemente, temos a Escola de Frankfurt criticando Bacon “por ser a própria síntese da moderna dominação científica da natureza e da humanidade”.

⁷ Obra que faz parte da *Instauratio Magna*.

atores da política inglesa circunscrita aos períodos de reinado de Elisabeth I (1533–1603) e Jaime I (1566–1625).

Mesmo durante o tempo em que esteve ocupando posições importantes no governo inglês, Bacon nunca abandonou a filosofia, elaborando e precisando seus pensamentos ao longo de trinta anos. Dessas reflexões, nasceu o projeto da sua principal obra filosófica, a *Grande Instauração*. Esse projeto pretendia estabelecer uma “grandiosa restauração do saber e da ciência” (BACON, 1988, p.9), ou seja, uma reforma total do conhecimento humano, e expor uma metodologia para conseguir o conhecimento correto da natureza e descobrir os meios de torná-la eficaz.

Sob o título *Instauratio Magna*, a Grande Instauração compunha-se de seis partes: inicialmente a “Divisão das Ciências”, era uma classificação completa das ciências existentes, que culminou no seu trabalho *De Dignitate et Augmentis Scientiarum* de 1623. A segunda, o *Novum Organum* ou “As Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza”, publicada em 1620, tratava de uma apresentação dos princípios de um novo método para conduzir a busca da verdade. A terceira parte, “O Fenômeno do Universo ou uma História Natural e Experimental para a Fundação da Filosofia”, referia-se à descrição de um sistema de coleta e de classificação de dados empíricos. A quarta, “A Escada do Intelecto”, tratava de exemplos de aplicação do método. A quinta etapa, “Os Precusores ou Antecipações da Nova Filosofia”, consistia numa ampla lista de generalizações. A sexta e última etapa, “A Nova Filosofia ou Ciência Ativa”, tinha a finalidade de apresentar, como resultado final, um organizado sistema completo de axiomas.

Bacon não pode ser considerado como um cientista, pois, em termos de fenômenos naturais, nada descobriu. Reconhecidamente, seu legado foi o de indicar um novo caminho para a ciência, na forma de uma nova metodologia. Do seu grande projeto de fôlego, grande parte do que foi escrito e publicado concentra-se em especial nas duas primeiras partes, a *De Dignitate et Augmentis Scientiarum* e o *Novum Organum*. Nosso trabalho se volta para essa segunda parte da sua “Grande Instauração”.

Nas obras de Bacon encontramos muito os termos “restauração” e “reconstrução”. A interpretação de tais termos é fundamental para o nosso

entendimento da filosofia de Lorde Verulâmio. Para tanto, recorreremos a Zaterka, que muito nos oferece para a elucidação do significado dessa terminologia. Para a autora, Bacon parte de pressupostos herdados do cristianismo para estruturar sua epistemologia que, mais precisamente, se centraliza em torno do pecado original.

Dentro desse contexto, quando da Criação, o homem “foi investido da soberania de todas as criaturas inferiores. Não havia a necessidade de poder ou de domínio”, pois conhecia plenamente a natureza e a sua mente tinha a capacidade de refletir o universo tal como um espelho plano, claro e liso, proporcionando, assim, permitir “que os raios das coisas” pudessem “refletir de acordo com a sua verdadeira incidência” (ZATERKA, 2004, p.96/97).

Porém, dada a sua pretensão em ter o conhecimento do bem e do mal, que lhe alçaria à condição de estar em igualdade com Deus, o homem cometeu o Pecado Original. Em função disso, teve como punição o afastamento e a separação da presença do Todo Poderoso.

Com a Queda, tanto o homem como a natureza transformam-se profundamente e passam a ser imperfeitos e sujeitos à corrupção. Abriu-se entre ambos um abismo. A mente humana passou a ser um espelho “encantado” que distorce a imagem da natureza, e essa “distorção” tornou-se a responsável por gerar superstições.

Esse abismo representou uma interdição, cujo entendimento é fundamental para o conhecimento da natureza. Logo, há a necessidade da mente ser liberada e corrigida por meio do conhecimento, restituindo e restaurando a soberania e poder que o homem possuía antes da “Queda”.

Essa restituição consiste na descoberta de todas as operações e possibilidades de operação, desde a imortalidade até a mais desprezada arte mecânica. As obras em si levam o homem a reconquistar o domínio perdido sobre a natureza. A produção de obras úteis leva a sociedade humana a controlar a natureza.

Porém, dentro desse processo de restituição muitas vezes se investiga as causas sensíveis e naturais, visando atingir a verdadeira natureza ou, vontade de Deus, o que, além de incorrer no mesmo erro inicial, significa para Bacon estar corrompido pela vã filosofia.

Conforme Zaterka nos apresenta, nas Escrituras encontramos a palavra divina, cujos desígnios misteriosos estão acima da razão natural. Já as obras de Deus mostram sua onipotência e sabedoria, mas não sua imagem. Delas podemos conhecer seus efeitos, ou seja, as causas secundárias, que estão presentes na ordem da natureza. A filosofia natural refere-se à obra de Deus. A religião refere-se à vontade de Deus.

Investigar as coisas sensíveis e naturais passa a ser o meio para se tentar aproximar não só a verdadeira natureza ou vontade de Deus, mas acima de tudo a nossa adoração pelo Ser Supremo. Paralelamente, o ato de se confundir teologia com filosofia, bem como no caminho oposto, é não só incorrer num grave erro, como também se perpetuar na vã filosofia.

Há dois momentos distintos a serem buscados: no primeiro deles, com a religião e fé, o homem pode recuperar o estado de justiça perdido com o pecado. E o segundo, mediante a contemplação das obras de Deus, pode-se adquirir o domínio sobre as coisas naturais. Essa separação entre filosofia e teologia é constitutiva da reforma baconiana dos saberes. Longe de conduzir ao ateísmo, a filosofia natural não pode, por não estar no seu domínio, julgar a religião, pois “não devemos fazer baixar ou submeter os mistérios de Deus à nossa razão, senão o inverso, elevar e avançar nossa razão até a verdade divina” (ZATERKA, 2004, p.100).

Uma questão fundamental surge por conta dessa separação: qual será a competência da razão na religião? Para esta questão Zaterka recorre a Chauí, ao afirmar que à razão compete “conceber e aprender os mistérios revelados”, não sob uma ótica argumentativa ou demonstrativa, mas “opinativa e aconselhadora”, e “deles inferir doutrinas e regras para a melhor direção da nossa vida”. Nessa ação testemunha-se a “descida de Deus à nossa capacidade, oferecendo Seus mistérios para que compreendamos seu sentido, embora ignorado como pudessem ser realizados, porque não nos é dado conhecer seus princípios” (ZATERKA, 2004, p.100). Sobre tais princípios, se torna possível a produção dos contextos reguladores a serem aplicados às esferas, pública e privada dos homens.

Outra consequência decorrente dessa separação, identificada por Zaterka, é uma oposição – de um lado a teologia, tratando dos aspectos morais e, de outro, a

filosofia, tratando dos conhecimentos circunscritos à esfera da natureza (2004, p.100). O projeto baconiano, da restauração total dos saberes, trata de separar e proteger o âmbito religioso do âmbito do conhecimento das causas naturais. Enfim, tal empreendimento só tem sentido se tivermos em mente a necessidade de recuperarmos o domínio sobre a natureza, perdido com o pecado original. Dentro dessa visão, a natureza se torna um conjunto de causas necessárias operadas pelas causas eficientes, bastando ao homem buscar realizar esse ciclo causal para que possa conhecê-la.

Um segundo problema, herdado da tradição que Bacon enfrentou no *Novum Organum*, foi a reformulação da predominante concepção contemplativa de ciência. Na época de Bacon, as experimentações e as observações visavam basicamente auxiliar a ciência no que, por conta própria ela não tinha condições de fazê-lo, devido à noção vigente de separação entre a técnica e as especulações científicas. Bacon percebeu que não havia uma intenção transformadora nesse modo operativo de ciência, não havia ação propriamente dita. Em seu aspecto vinculado apenas à contemplação, a ciência se apoiava em escritos de autoridades escolásticas, como Aristóteles, Platão ou Plínio. O método de conhecimento era limitado simplesmente à leitura e reprodução, com o menor desvio possível, do conhecimento desses mestres.

Bacon acreditava que a filosofia antiga era um obstáculo para o avanço do conhecimento. A postura de subordinação, servidão, autoridade e falta de liberdade são empecilhos para o novo saber. Pensar em cultivar os antigos ao invés de Deus é heresia.

Bacon formulava críticas severas à tradição, porque, por um lado, não respeitavam a obra do Criador, o livro do mundo, cometendo heresias e obscurecendo a filosofia. Acreditavam que com vocábulos vazios poderiam substituir o minucioso exame de folhear as páginas da natureza. Quando descreve sua proposta de reforma, Bacon crítica as filosofias anteriores⁸, as quais "à maneira das aranhas, de si mesmos extraem o que lhes serve para a teia" (1988, p.63), isto é, cumpriam uma função perpetuadora de si mesmo, se qualquer abertura para algo que se situe fora do seu conteúdo.

⁸ Bacon se refere aos dogmáticos.

Bacon criticava, também, a forma como a ciência era tratada no seu tempo: observava-a doente, tomada por diversos sintomas típicos de uma infecção. Seguindo os ditames escolásticos, as atenções eram voltadas para a contemplação de uma ordem de coisas eternas e perfeitas, supostamente criadas por um Ser superior ou então, por conta dos alquimistas e empíricos, para o acúmulo desordenado e sem direcionamento: "são como as formigas, acumulam e usam as provisões" (1988, p.63).

Segundo Bacon, até sua época os filósofos não tinham concebido uma ciência operativa, que beneficiasse o homem. A ciência especulativa girava em torno de si mesma. As artes técnicas, isto é, aquelas que levaram ao desenvolvimento de coisas úteis, deviam também ser merecedoras de atenção. Bacon tinha em mente que o conhecimento deveria servir à humanidade em geral. Para tanto, apresentou uma proposta que visa substituir a concepção de ciência de sua época, representada pela filosofia de "autoridades", ou a escolástica tardia, por sua concepção de ciência operativa. Veremos isso mais adiante.

Para Bacon, ao contrário, o verdadeiro filósofo natural⁹ deve ser "como a abelha, que representa a posição intermediária: recolhe a matéria prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere" (1988, p.63).

Para o autor, o primeiro ato do filósofo natural deve ser opor-se ao desvio que fecha o entendimento em si mesmo. Essa sua crítica visava a Aristóteles ou, pelo menos, à leitura que se tinha feito de seu método; o próprio título da obra baconiana, *Novum Organum* representa uma crítica ao *Organon* de Aristóteles. Bacon, ao protestar contra o silogismo, afirma-o ser fraco e grosseiro, inadequado para penetrar as profundezas da natureza. Consiste num jogo de palavras, em que as pessoas se entregam à extravagância, edificando sistemas sobre noções erradas e confusas, noções vulgares de qualidade, paixão, etc.

Segundo Bacon, o método aristotélico de ciência é ruim, pois como se pode confiar numa filosofia que salta de particulares empíricos para os axiomas mais gerais, para os princípios, que seriam as verdades de fundamento, e acabam por se tornar as premissas de um raciocínio dedutivo. É uma antecipação julgada pelo filósofo inglês como fortuita e prematura, da qual se acredita tudo deduzir. Enfim, o que se critica é o

⁹ Modo como se denominava "cientista" na época de Bacon.

salto que o intelecto dá dos fatos particulares aos axiomas mais remotos e gerais, para depois se estabelecer e provar os axiomas médios.

Para Bacon, os axiomas mais gerais devem se formar no fim da inferência e não no início do processo. Ele preconiza a marcha gradual, prudente, que interprete a natureza segundo um caminho que se faz “por graus contínuos, sem interrupção, ou falhas”, partindo-se “dos fatos particulares aos axiomas menores, destes aos médios, os quais se elevam acima dos outros, e finalmente aos mais gerais” (ZATERKA, 2004, p.104).

Dessa forma, temos por um lado a “antecipação” da natureza, ou o modo de se fazer ciência segundo Aristóteles e, por outro, a “interpretação” da natureza, que é como veremos ser o modo de ciência de Bacon. Esse embate antecipação *versus* interpretação é um tema essencial do discurso baconiano.

Bacon pretende substituir a ciência contemplativa aristotélica por uma nova concepção voltada à vida prática, caracterizada como um empreendimento solitário. É uma proposta nova: “trocar os livros pelas coisas, a biblioteca pelo laboratório e reunir o mundo teórico com o universo prático, julgando que o homem deva desvencilhar-se da metafísica escolástica e se voltar para os fatos.” Mais ainda, “é a observação, associada à experimentação, que será o caminho para o conhecimento e, portanto, para a dominação da natureza” (ZATERKA, 2004, p.104/105).

O projeto de reforma e instauração das ciências está presente no *Novum Organum*: “não é mais que uma nova lógica, ensinando a inventar e julgar por indução (acreditando que o silogismo é incompetente para as ciências da natureza), e então, para tornar a filosofia e as ciências mais verdadeiras e mais ativas [...] objetivo alargar os limites da razão e dotar a condição do homem com novos valores” (2004, p.105). Em suma, o objeto do *Novum Organum* é a cura e o direcionamento do entendimento humano.

O *Novum Organum* é apresentado na forma de aforismos, distribuídos ao longo de dois livros, ambos detentores do título de “Aforismos Sobre a Interpretação da Natureza e o Reino do Homem”. Há nessa divisão em dois livros, que sob um modo mais usual, mais simplificado, trata uma similar divisão de contextos, mais propriamente dois momentos argumentativos, um primeiro, negativo, que representa a “parte

destrutiva” (*pars destruens*) e um segundo, positivo, que representa a “parte edificante” (*pars ædificans*), como Duhem (1997, p.94) o faz. Nessa segunda parte está contido o método indutivo baconiano.

Porém, para este trabalho, nos alinhamos mais com a divisão proposta por Malherbe (2004, p.12 e 13), que apresenta a mesma “parte destrutiva”, mas acrescenta uma intermediária, a “parte preparatória” (*pars præparans*), finalizando numa “parte informativa” (*pars informans*). As duas primeiras partes, contidas no primeiro livro, tem a seguinte divisão: exposição preliminar – aforismos 1 a 37, parte destrutiva – aforismos 38 a 115, parte preparatória – aforismos 116 a 128 e conclusão – aforismos 129 e 130.

O título de “parte destrutiva” se dá por conta da exposição de três refutações, todas correspondentes a dois tipos de “ídolos”, tema que veremos na página seguinte, mas que, pela sua importância muito se tem estudado a respeito e, ao qual “se tem reportado os estudiosos de ideologia e, mais recentemente, dos problemas de comunicação” (ANDRADE, 1988, p.XV). Uma das refutações, que diz respeito à razão humana natural, quando deixada a si mesma (ídolo da tribo - *idola tribus*); as outras tratam das demonstrações das teorias ou dos sistemas filosóficos e doutrinas aceitos. (ídolo do teatro - *idola theatri*).

Bacon visava, por meio dessas refutações, abrir caminho para um novo método e, para isso, era necessária uma preparação da mente:

Dos homens tanto para entender quanto para aceitar o que se seguirá, e estando já limpo, desbastado e igualado o terreno da mente, é de se esperar que ela se coloque em boa postura e em disposição benévola em relação ao que a ela iremos propor (BACON, 1988, p.75).

Já a nova proposta, disposta ao longo do seu segundo livro – a “parte informativa” – expõe os elementos de um novo método de investigação da natureza, o qual, a partir dos fatos concretos, permite chegar às “formas”, por meio do método indutivo.

Para Bacon, o entendimento humano é um espelho deformado, que desfigura as coisas, devido às formas irregulares de sua própria natureza. Ele deve ser limpo e retificado, assumindo assim uma via reta, via essa dada pelo método que propõe. Logo, todo projeto de ciência deve começar por uma retificação do entendimento humano,

para abrir caminho ao verdadeiro saber. Bacon percebeu que era preciso uma teoria do entendimento, que desse conta dos erros que buscava denunciar. Propôs, então, como uma das tarefas preliminares de seu projeto, liberar o espírito daquilo que denominou de “ídolos”.

Os “ídolos” são extraídos da noção mais comum da imagem física de um deus, a exemplo daqueles deuses muitas vezes adorados por culturas antigas, se constituindo nas idéias falsas da realidade, que acabam por bloquear o nosso intelecto. São deturpações e são erros que estão arraigados na mente e nas atitudes humanas, ou então “simulacros que tomamos como reais, impedindo o avanço do conhecimento” (ZATERKA, 2004, p.105). Apesar do interesse que desperta, como já caracterizamos, a teoria dos ídolos ocupa uma posição preliminar da *pars destruens* da “Grande Instauração”.

Bacon reúne os “ídolos da mente” em quatro categorias: os ídolos da tribo, os ídolos da caverna, os ídolos do foro e os ídolos do teatro. De alguma maneira, todos eles se relacionam com o modo como os homens buscam promover uma interpretação da natureza.

A primeira das categorias, os ídolos da tribo (*Idola tribus*), retrata os erros inerentes à natureza humana, e que nos induzem a pensar as coisas e suas relações em analogia ao homem. Os homens tomam o seu conhecimento pelos sentidos como verdadeiro, não percebendo que são parciais e dependentes da sua própria conformação, enquanto espécie, levando-os à apreensão do universo de um modo mais simples do que é na verdade.

O segundo tipo de ídolos, os da caverna (*Idola specus*), caracteriza os erros peculiares de cada indivíduo, e que são provenientes da sua formação, vindo a refletir na tendência de ver todas as coisas sob uma luz pessoal muito particular, à qual os indivíduos estão acostumados. Desse modo, restringem-se os julgamentos ao que é pessoalmente mais conveniente.

O terceiro tipo, os ídolos do foro (*Idola fori*), dizem respeito à comunicação entre os homens, derivando da ambigüidade das palavras e da sua própria relação social. Uma mesma palavra pode ser usada com sentidos diferentes, num mesmo diálogo

conduzido por vários interlocutores, mas para Bacon, em certas situações, muitas vezes esses erros não designam mais que abstrações.

Por último, vêm os ídolos do teatro (*Idola theatri*) que são aqueles erros que migram para o espírito dos homens por meio das diversas doutrinas filosóficas, dos numerosos princípios, axiomas, e regras falseadoras de demonstração. Tais tipos de ídolos assemelham-se a fábulas, que figuram em mundos fictícios e teatrais, e que têm sua origem nos sistemas filosóficos mais influentes.

Após a distinção dos quatro tipos de ídolos, Bacon nos adverte que a crítica dessa doutrina é inseparável da nova lógica da ciência, da verdadeira indução, cujo objetivo é o domínio das obras e não o domínio dos argumentos, “pois a doutrina dos ídolos está para a interpretação da natureza assim como a doutrina dos sofistas está para a lógica comum” (ZATERKA, 2004, p.106).

Segundo Zaterka, os sentidos parecem ter um duplo significado na filosofia baconiana: “são o fio condutor da parte positiva do novo empreendimento epistemológico” e, sob uma ótica negativa, são a “causa de nossos preconceitos” (2004, p.106). Bacon afirma que “os maiores embaraços e extravagâncias do intelecto provêm da obtusidade, da incompetência e das falácias dos sentidos” (BACON, 1988, p.25).

Com relação à superação dos ídolos, Bacon não é capaz de nos consolar. Segundo sua doutrina, de todos os ídolos que nos foram apresentados, apenas um pode ser eliminado. É um lado trágico com o qual temos que concordar:

Os ídolos do teatro adquiridos penetram na mente graças “as seitas dos filósofos ou às formas equivocadas de demonstração”. Este tipo de ídolo é difícil de eliminar, porém os outros – tribo, caverna, e fórum – não podem ser eliminados de modo algum, a única possibilidade que temos é de indicá-los, descrevê-los e tomar consciência destas insidiosas forças da mente humana (ROSSI, Paolo. Francis Bacon: de la magia a la ciência., p. 282, apud ZATERKA, Luciana. A filosofia experimental na Inglaterra do séc. XVII: Francis Bacon e Robert Boyle. Op. cit., p. 109)

Assim, com o foco nos seus aspectos negativos “como é possível nos livrarmos desses fantasmas e simulacros para atingirmos o verdadeiro conhecimento da natureza?” (ZATERKA, 2004, p.107). Como podemos fazer ciência se somos enganados pelos sentidos, palavras, livros, filosofias, opiniões e idéias estabelecidas?

De acordo com Zaterka, Bacon parece distinguir dois tipos de ídolos: “aqueles que são naturais e aqueles que são adquiridos”. Para os primeiros, a solução baconiana “será o de fornecer guias e apoios seguros para o conhecimento”. Aos segundos, “a crítica demolidora”. Apesar de não haver a eliminação dos “adquiridos”, a detecção das “principais fontes de erros humanos” nos proporcionará “acesso ao conhecimento verdadeiro e seguro”. Este é o “aspecto positivo de empreendimento baconiano” (2004, p.109).

Diante da questão dos ídolos, Zaterka propõe a seguinte pergunta: “como atribuir uma ou mais propriedades específicas?”. Sua resposta “o objeto do método baconiano é a investigação das propriedades de uma natureza dada”. O método é necessário porque, em vista de algumas propriedades observáveis da natureza dos corpos, deve-se, caso se pretenda ter um conhecimento verdadeiro, determinar a estrutura interna dos corpos. E isso se faz mediante a busca das formas.

Para Bacon, o único caminho para curar a mente é a adoção de um novo instrumental, que cumpra concomitantemente a função de excitar o intelecto e de regulá-lo permanentemente, desde o início. Assim, apresenta uma alegoria que, em sua visão, justifica o uso dessa nova metodologia: compara o auxílio do instrumental do seu método com o papel das ferramentas e dispositivos necessários para se erguer um obelisco. Em tal alegoria, por mais que se queira, se tivermos um grupo de trabalhadores e os fizermos trabalhar a mãos nuas, sem nenhum tipo de instrumento, nada poderão fazer. Mesmo se aumentarmos suas forças, retirando os mais fracos, ou ainda, mesmo se aumentarmos o seu número, nada conseguiremos. Diante da insistência de mantermos nossos trabalhadores sempre de mãos limpas e desprovidas dos instrumentos de trabalho corretos, o máximo que conseguiremos, é sermos acusados de loucura, em maior ou menor grau.

Segundo Bacon, no início, seu método se assemelha a *acatalepsia*¹⁰, ou seja, dúvida definitiva que “condenou os homens à perpétua ignorância” (1988, p.44), porém difere quanto aos resultados. Os discípulos de Arcesilau (316-241 a.C.) afirmavam que nada podemos saber e, diante disso, Bacon sentencia que, de fato, os procedimentos de seu tempo trazem poucas chances de se conhecer a fundo a natureza. Tais

¹⁰ *Acatalepsia* (ακαταληψια) é um termo usado pelos cétricos helênicos, em especial Arcesilau da Nova Academia, para designar a incompreensibilidade (falta de compreensão ou a incapacidade de compreensão) das coisas.

procedimentos destroem a autoridade dos sentidos e do intelecto. Seu método, ao invés disso, visa ser um instrumental adequado às nossas mentes, promovendo a invenção, e propiciando o auxílio ao intelecto. Visa promover a dúvida metódica, a “*eu catalepsia*, pois não pretendemos abdicar dos sentidos, mas ampará-los; nem desprezar o intelecto, mas dirigi-lo” (BACON, 1988, p.85).

Bacon afirma ser seu método de fácil exposição, mas, também, nos alerta sobre um alto grau de dificuldade com o qual nos depararemos quando formos aplicá-lo. O caminho necessário a esse intento passa pelo estabelecimento dos graus de certeza, e pela determinação do alcance exato dos sentidos; reafirma a primazia absoluta do fato, e da experiência, sobre qualquer outra consideração, em especial a formulação de idéias, que são suspeitas *a priori*. Para Malherbe, “o principal e mais característico traço da epistemologia de Bacon é que ela reside sobre um único método, que é a indução” (1999, p.76).

Para Bacon, seu método deve “servir para descobrir e demonstrar não apenas os princípios – como são corretamente chamados como também os axiomas menores, médios e todos, em suma” (BACON, 1988, p.68). O investigador deve, também, “analisar a natureza, procedendo às devidas rejeições e exclusões, e depois, então, de posse dos casos negativos necessários, concluir a respeito dos casos positivos” (1988, p.68). Segundo o autor, essa atividade requer um esforço intenso e inédito, devendo-se:

Cuidar de um sem-número de coisas que nunca ocorreram a qualquer mortal. Vai mesmo ser exigido mais esforço que o até agora despendido com o silogismo. E o auxílio dessa indução deve ser invocado, não apenas para o descobrimento de axiomas, mas também para definir as noções. E é nessa indução que estão depositadas as maiores esperanças (1988, p.68).

Quanto à indução reinante, denominada “vulgar”, Bacon considera como inadequada, por estabelecer “os princípios das ciências por simples enumeração, sem o cuidado de proceder àquelas exclusões, resoluções ou separações que são exigidas pela natureza” (1988, p.38). Chega a ser “uma coisa pueril”, e que “leva a conclusões precárias, expondo-se ao perigo de uma instância que a contradiga. Em geral, conclui tomando-se por base um número de fatos particulares muito menor que o necessário e que são também os de acesso mais fácil” (1988, p.69).

O método indutivo já era conhecido pelos gregos antigos, logo, é oportuna e adequada uma comparação com a indução praticada por Aristóteles, a qual se limitava a aspectos puramente formais. Partindo de uma coleção particular e controlável, isto é, delimitada em um número restrito de amostras, fenômenos ou mesmo coisas, extraía o que existia de geral e comum a todos, retornando depois a estes, via dedução. Desse modo, ao ver de Andrade (1988, p.XVI), o que se tinha era uma ordenação do que já era conhecido. Assim sendo, o método indutivo aristotélico seria tautológico. Segundo Bacon,

Aristóteles estabelecia antes as conclusões, não consultava devidamente a experiência para estabelecimento de suas resoluções e axiomas. E tendo, ao seu arbítrio, assim decidido, submetia a experiência como a uma escrava para conformá-la às suas opiniões. Eis por que está a merecer mais censuras que os seus seguidores modernos, os filósofos escolásticos, que abandonaram totalmente a experiência (1988, p.33).

O método indutivo proposto por Bacon difere de Aristóteles basicamente em três aspectos: primeiro, a necessidade de um número bem superior de fatos; segundo, esses fatos devem ser diversificados e, em terceiro lugar, opera por exclusão, ou seja, pela eliminação consecutiva de possibilidades concorrentes. Peltonen traz os seguintes comentários sobre a metodologia baconiana, em que destaca a presença da indução por exclusão¹¹,

Conforme a hierarquia metodológica de Bacon, o conhecimento surge dos axiomas ou proposições para aqueles mais gerais, tornando-se cada vez menos empírico e mais teórico. A indução por exclusão desempenha um papel chave nesse processo (PELTONEN, 1999, p.16).

Bacon pretende que seu método leve a atingir diretamente as leis mais gerais, após terem sido atingidos e superados os diversos estágios intermediários, pois assim, se aproximará o máximo possível das formas, o objetivo da indução baconiana.

Na obra de Bacon, o conceito de “forma” designa aquilo que mais se aproxima da natureza dos fenômenos, ou das qualidades indestrutíveis presentes nos objetos:

¹¹ Segundo Lucena (2005:41) a origem da indução por exclusão ou indução eliminativa tem sua origem nas tábuas de presença e de ausência (que veremos mais adiante) de Bacon. Lucena considera tal procedimento inferencial “especialmente útil na detecção de causas de um fenômeno” (2005:42).

por forma deve se entender “configuração não perceptível, que dá conta das propriedades fundamentais ou naturezas de um fenômeno” (PELTONEN, 1999, p.17) ou, também, “as relações entre propriedades físicas que têm o poder de produzir efeitos” (LOSEE, 2000, p.78). Segundo Losee, “ele aceitava o princípio atomístico de que efeitos macroscópicos devem ser explicados por interações sub-macroscópicas” e, assim, visava especificar formas “em termos das configurações e movimentos das partes invisíveis dos corpos” (2000, p.79).

A forma é a condição de produção de uma propriedade, de uma qualidade observável por um homem na natureza, de maneira imediata. Mas não é a causadora, sendo condição de existência e não essência da natureza. Ela manifesta uma mesma natureza inserida em matérias dessemelhantes.

Dada a complexidade da interpretação do conceito de “forma” na obra baconiana, para efeitos desta dissertação, adotaremos a concepção, considerada como a mais correta por Andrade (1988, p.XVII), de “lei e causa dos fenômenos naturais”.

A partir do conceito de forma, Bacon amplifica a ação da indução, pois o conhecimento desta permite que se estendam os fatos avaliados, observados nos indivíduos, fenômenos, ou mesmo aspectos participantes de suas avaliações indutivas, a todos os elementos pertencentes ao mesmo agrupamento, incluindo-se os que não foram considerados nos experimentos. É por esse motivo que Andrade (1988, p.XVI) caracteriza a indução baconiana como ampliadora do conhecimento.

Diante de múltiplas recomendações, apresentadas na exposição do método indutivo, Bacon estabelece a distinção entre “experiência vaga” e “experiência escriturada” (*literata*).

Por “experiência vaga”, deve-se entender o fruto da observação ao acaso, prática efetuada a seu tempo em ciência e que, segundo ele, era uma das diversas causas de seu insucesso: “Pois a experiência vaga, deixada a si mesma, como antes já se disse, é um mero tateio, e presta-se mais a confundir os homens que a informá-los.” (1988, p.66) A “experiência vaga” é aceita do modo como se manifesta, é um acidente. São noções recolhidas quando se opera ao acaso.

Já a “experiência escriturada” é aquela em que se pratica uma ação intencional e metódica, e que se dá quando o investigador, que já está preparado, observa

metodicamente e faz experimentos, de tal modo a abandonar a meditação e o exercício da memória; é uma experiência dirigida e transcrita continuamente.

Logo, partindo-se da experiência escriturada, e procedendo-se de modo ordenado, interpretando-se pacientemente a natureza e opondo-se a qualquer tipo de antecipação do saber, têm-se o caminho retificador do entendimento, que o vai guiar na interpretação da natureza. Essa via, dada pelo processo indutivo, deve ser gradual e interpretativa. Para isso, se faz necessário, após a obtenção da matéria da experiência, representada aqui por uma coleção de exemplos naturais, o uso de algum instrumento que promova sua coordenação. É para cumprir essa finalidade que Bacon instituiu as tábuas de investigação.

A primeira delas é a da “presença ou afirmação” (*tabulam essentiaë et præsentiaë*). É o registro de todas as instâncias de um fenômeno, que concorrem por apresentar as mesmas características que convergem a uma dada natureza, que se dá por objeto de investigação. Nela se arrolam os casos em que o fenômeno está presente, mesmo que em circunstâncias diversas. Num segundo momento, emprega-se a tabela das “ausências ou da negação” (*tabula absentiaë*), que investiga exemplos tirados de circunstâncias em que a natureza esteja ausente; no entanto, para limitar a tabela, devem ser arrolados os casos que apresentem analogia com os exemplos da tabela anterior. E, finalmente, temos a das “gradações ou comparações” (*tabula graduuum*), que consiste na anotação dos diferentes graus de variação ocorridos no fenômeno em questão.

Depois da organização prévia dos dados nas tabulações, a indução passa a operar sua análise da natureza, a princípio, por exclusão e rejeição:

A primeira obra da verdadeira indução, para a investigação das formas, é a rejeição ou exclusão das naturezas singulares que não são encontradas em nenhuma instância em que está presente a natureza dada, ou encontram-se em qualquer instância em cuja natureza dada não está presente, ou cresçam em qualquer instância em cuja natureza dada decresce, ou decrescem quando a natureza dada cresce (1988, p.123).

Ao final, Bacon promete que “restará no fundo, como resíduo donde se evolaram como fumaça as opiniões, a forma afirmativa, sólida, verdadeira e bem determinada” (1988, p.124). É o que denomina “primeira vindima”.

Até aqui, o método se resume a essas três etapas: tabulação, rejeição, primeira vindima. Após isso, tencionando ajudar o entendimento, Bacon propõe uma série de instrumentos metodológicos, as instâncias prerrogativas (veremos o que são tais instâncias mais a frete).

Assim, a forma de um fenômeno consistirá na propriedade sempre presente na primeira tábua, sempre ausente na segunda, com variações de aumento ou diminuição na terceira. Não se tem ainda uma demonstração segura, mas pode-se formular uma hipótese provisória, a qual servirá de guia às experiências que irão confirmá-la.

Como já apontamos anteriormente, o ponto final da indução baconiana é a forma. Cumpre ao investigador encontrá-la entre as várias circunstâncias em que o próprio fenômeno se apresenta. Ao afirmar que as formas são os verdadeiros objetos do conhecimento, Bacon aproxima-se da teoria das idéias de Platão, porém diverge deste ao recusar a existência de um plano transcendental das idéias puras. As formas baconianas pertencem exclusivamente ao mundo empírico.

Na concepção de Bacon, os fenômenos naturais possuem duas fases diversas: certa disposição, conformação ou estrutura, que Bacon denomina “esquematismo latente”; possuem também um aspecto dinâmico de permanente transformação, que é o que Bacon denomina “processo latente”. Ambos são conexos e têm como princípio a forma.

Um aspecto que chama atenção, naquilo que foi tratado até aqui, é que, sendo essa uma concepção aceita da idéia da forma baconiana, e tendo em vista o autor colocar seu conhecimento como o fim da investigação indutiva, acaba-se por não distinguir a Física da Metafísica. Como veremos nos capítulos subseqüentes, este será um importante ponto na análise que Pierre Duhem fará do problema do experimento crucial em Física.

I.2 As Instâncias Prerrogativas

As instâncias prerrogativas estão situadas no Livro II do *Novum Organum*, estando presentes desde o aforismo XXII até o fim do livro. Dispostas em categorias,

apresentam como objetivo o auxílio às operações de rejeição, ou afirmação, necessárias à indução eliminativa de Bacon. Somam, ao todo, vinte e sete instâncias.

São dotadas de nomes muito peculiares: ostensivas, solitárias, de migração, liberdade, crepúsculo, conformidade, monódicas, etc. Várias delas desempenham um papel particular de retificação do entendimento, outras dão socorro aos sentidos, tornando visível aquilo que lhes escapa ao indicar as variações dissimuladas na matéria, e assim por diante.

Malherbe (2004, p.53) afirma que as instâncias são geralmente divididas por Bacon em dois grupos. As primeiras vinte instâncias prerrogativas correspondem à parte especulativa ou informativa da sua filosofia, e as sete últimas, à parte operativa ou prática.

Do grupo formado pelas vinte primeiras instâncias, citaremos algumas apenas para um breve conhecimento das suas possibilidades, mesmo porque a análise de todas fugiria dos objetivos deste trabalho.

A primeira que Bacon cita é a “solitária”. Esse nome se deve ao fato dessa instância evidenciar uma certa natureza exclusiva numa investigação. Só no objeto sob estudo é que se encontra essa natureza. A título de exemplo de investigação de natureza, no caso das cores, Bacon cita que prismas e cristais são instâncias solitárias que as fazem aparecer aos nossos olhos, como também em anteparos, como paredes. Mas alerta que não devem ser confundidas com as cores fixas dos objetos.

Essa instância é eliminatória, dentro do seu projeto indutivo, o filósofo inglês aponta uma vantagem junto ao ídolo do foro: a economia nas palavras, pois “estas instâncias eliminam palavras inúteis e aceleram e reforçam a exclusão; bem por isso algumas poucas valem por muitas” (BACON, 1988, p. 134)

A segunda instância é a “migrante”. Esse nome surge do ato migratório que a natureza investigada sofre em seu estado existencial, no sentido de passar a existir, caso não exista antes, ou indo à corrupção diante de uma existência prévia. Bacon as ovaciona por sua dupla função: aceleram a exclusão e circunscrevem a “própria forma investigada”.

Como exemplo de instância de migração, Bacon nos dispõe a investigação da natureza da brancura, que se desdobra em duas situações diferentes, no vidro e na

água. Uma placa de vidro intelra e a água tem em comum o fato de serem de aspecto transparente, porém ausentes de aspecto branco, ou da brancura. Por outro lado, o vidro pulverizado e a água sob forte agitação passam a apresentar um aspecto esbranquiçado. Essa mudança de aspecto foi ocasionada pelas partículas do vidro e pela presença de bolhas de ar na água, logo se observa um aspecto comum, que a brancura dos exemplos é inerente à refração não uniforme da luz.

Ainda junto às vinte primeiras instâncias, encontramos na décima quarta posição aquelas que são objeto deste capítulo, as chamadas “instâncias cruciais”, às quais serão aprofundadas logo a seguir. Por ora, dentre esta breve exposição, nos limitaremos a descrever que sis se sobressaíram de todas as instâncias citadas por Bacon, como também ousamos afirmar que, ao longo das nossas pesquisas não encontramos referências às outras instâncias. Sob uma ótica geral, muitos cientistas, físicos e pesquisadores teriam se utilizado do conceito, o empregado em casos que identificavam como decisivos e em que se viam obrigados e optar entre duas ou mais explicações distintas e concorrentes, na consecução de um mesmo fenômeno. Antecipamos que Duhem promove uma critica não exatamente voltada à aplicação decisória em si promovida pelas instâncias cruciais, mas pela construção de verdades em física à partir dessa decisão.

Para finalizar esta breve seqüência de exemplos de instâncias prerrogativas, citaremos mais uma, porém pertencente ao segundo grupo citado por Malherbe, isto é, uma das sete últimas, destinadas à parte denominada “prática”.

Citemos a vigésima segunda instância, a de “currículo” ou da “água”¹³. Sua finalidade é medir as naturezas em função do seu comportamento ao longo do tempo.

Em termos de exemplos da sua utilização, Bacon descreve uma sucessão de eventos que não nos soa tão pouco familiares, como os eventos que observamos se comportarem distintamente numa sucessão temporal, como as “revoluções dos corpos terrestres ocorrem segundo períodos fixos; assim como o fluxo e o refluxo do mar”. Também “a queda dos corpos pesados no sentido da terra e a subida e a subida dos corpos leves para o céu cumprem-se em termos determinados” (BACON, 1988, p. 192).

¹³Nota redigida pelo tradutor, André Koch Torres Assis.

I.3 O conceito de Instância Crucial em Bacon

No aforismo XXXVI do Livro II do *Novum Organum*, Bacon esclarece que a Instância Crucial (*Instantia Crucis*) teve seu nome “tomado às cruzes que se colocam nas estradas para indicar as bifurcações” (1988, p.161). O termo instância, por sua vez, tem origem judiciária, sendo compreendido nessa esfera geralmente como “caso”, “exemplo” ou os “atos” de um processo, existe, entretanto, no contexto da obra de Bacon, um vínculo constante com a realidade natural. Para Lalande, as instâncias “são os fatos típicos que servem de exemplo para o estudo de uma propriedade geral” (1999, p.572).

Em si, o termo “Instância Crucial” recebe de Bacon a seguinte explicação:

Quando, na investigação de uma natureza, o intelecto se acha inseguro e em vias de se decidir entre duas ou mais naturezas que se devem atribuir à causa da natureza examinada, em vista do concurso freqüente e comum de mais naturezas, em tais situações, as instâncias cruciais indicam que o vínculo de uma dessas naturezas com a natureza dada é constante e indissolúvel, enquanto o das outras é variável e dissociável. A questão é resolvida e é aceita como causa da primeira natureza, enquanto as demais são afastadas e repudiadas. Tais instâncias são muito esclarecedoras e têm uma significativa autoridade. Muitas vezes, nelas termina o curso da investigação ou em muitas outras este é por elas completada. Mas às vezes as instâncias cruciais aparecem entre as instâncias antes indicadas; mas, em sua maior parte, são buscadas, aplicadas intencionalmente e estabelecidas com trabalho árduo e diligente (1988, p.161).

Diante da explicação proposta, surgem as seguintes questões: primeira, como se deve entender o termo “natureza”, pois o mesmo se apresenta repetido ao longo do excerto, porém com significados que não são sempre os mesmos; segundo, como delimitamos a Instância Crucial, isto é, quais são as condições em que se efetiva: quando se inicia, como se elabora e como se conclui tal prerrogativa?

Para Andrade, a natureza, de acordo com Bacon, “tem o sentido amplo de aparência exterior e perceptível dos objetos, qualidades secundárias das coisas” (1988, p.57) e, também, “significa ou equivale à propriedade ou qualidade predicável de um corpo” (1988, p.93).

Bacon trata de “natureza” em muitos dos seus aforismos. Inicialmente, quando se refere a um mundo natural; nesse caso ela, a natureza, deve ser obedecida. O homem é o seu ministro e o intérprete. Ele a pode conhecer por via dos sentidos, mediante a observação dos fatos, e também pelo raciocínio, a partir do trabalho da mente, pois, reconhecidamente, a natureza é a matéria prima da filosofia. O que de fato Bacon faz é vincular a natureza ao seu conceito de “forma”, cujo conhecimento seria o objetivo último da indução verdadeira.

Para Bacon, as formas são as verdadeiras “diferenças das coisas”, são as “leis efetivas do ato puro”, que ele considera como possíveis de serem descobertas. É obra e o fito da ciência humana descobrir a forma (como condição essencial da existência de qualquer propriedade) de uma natureza dada, ou a sua verdadeira diferença ou “natureza naturante”, isto é, do processo ativo e dinâmico da natureza; as “formas” referem-se a uma estrutura invisível, fora, portanto, do alcance dos sentidos; tais formas explicariam as propriedades fundamentais dos fenômenos e só poderiam ser alcançadas através da indução legítima, a baconiana.

Mas o conhecimento das formas abarca a unidade da natureza nas suas mais distintas matérias e, em vista disso, pode levar a descobrir e provocar o que até agora não se produziu, nem pelas adversidades naturais, nem pela atividade experimental, nem pelo próprio acaso, e nem sequer chegou a ser cogitado pela mente humana. Assim é que, da descoberta das formas, resulta a verdade da investigação.

A forma de uma natureza dada é tal que, uma vez estabelecida, infalivelmente se segue a natureza. Está presente sempre que essa natureza também o esteja, universalmente a afirma, e é constantemente inerente a ela. E essa mesma forma é de tal ordem que, se se afasta, a natureza infalivelmente se desvanece; sempre que está ausente está ausente a natureza.

Do modo como se apresenta, podemos encerrar uma Instância Crucial quando for identificado um vínculo entre um fenômeno analisado e uma dada natureza, entre as várias que concorrem para esse mesmo fenômeno. Logo, dada a primeira vinculação entre a natureza investigada e a natureza como causa, temos o encerramento da Instância Crucial. Se dentro de uma série de hipóteses de natureza ocorrer logo na

primeira tentativa uma confirmação, encerramos a investigação e as outras hipóteses são automaticamente descartadas e excluídas.

De fato, a questão da escolha não fica muito clara em Bacon, pois podemos, por meio das instâncias, chegar a uma condição de exclusão de possibilidades concorrentes, restando apenas uma possibilidade restante, como, também, podemos atingir uma natureza logo nos primeiros momentos das nossas investigações, basicamente por confirmação. Esse é um aspecto que consideramos relevante, e que iremos retomar ao final desta exposição.

Dentro do nosso objetivo de identificar quando se inicia, como se executa e como se encerra uma Instância Crucial, tratamos desse tema, até aqui, com base em uma discussão conceitual; temos, ainda dentro do mesmo texto, o recurso de buscar evidências em algum dos muitos exemplos dispostos ao longo do mesmo aforismo XXXVI.

Vejamos, então, o exemplo que trata da investigação da natureza do peso e da gravidade. Bacon não é adepto da opinião, de fundo aristotélico, de que os lugares naturais tenham alguma força para atrair os corpos para cima ou para baixo. Apresenta duas possíveis causas para a tendência de subir ou descer: ou os corpos tendem, por sua natureza, seu esquematismo, ao centro da Terra, ou “são atraídos e arrastados pela força da própria massa terrestre, como por efeito de agregação dos corpos de igual natureza, e a ela levados pelo consenso” (1988, p.165), ou seja, uma espécie de “simpatia” entre os corpos.

Bacon inicia sua exposição, supondo a segunda hipótese como verdadeira, e apresenta como sua consequência que, “quanto mais os graves se aproximam da Terra tanto maiores serão a força e o ímpeto com que são impelidos para ela, ao passo que, quanto mais se distanciam tanto mais fraca e lenta torna-se essa força, exatamente como acontece com a atração magnética” (1988, p.165), fenômeno então já conhecido. Valendo-se certa distância, um corpo deveria deixar de ser atraído e ficaria suspenso como a própria Terra, sem nunca cair, justamente por conta de ter sido ultrapassado um ponto em que teria “fugido ao seu influxo”.

Como proposta de Instância Crucial, Bacon sugere que se utilizem dois relógios, um movido por contrapeso de chumbo e o outro por compressão de mola de ferro, e

que funcionem de modo sincrônico. O primeiro, o movido por contrapeso, sugere que seja colocado “no ápice de algum templo altíssimo” (1988, p.166), devendo o outro, o de mola, ficar embaixo, para servir como base de comparação. O objetivo é verificar se o que está acima se move mais devagar em virtude de estar mais longe e, assim, ser arrastado por uma “força” menor.

A experiência deve ser repetida em condições adicionais, colocando-se um relógio “nas profundezas de alguma mina situada muito abaixo da superfície da Terra” (1988, p.167), para que se verifique “se ele se move mais velozmente que antes, em função da maior força de atração” (1988, p.166).

Nesse caso, o elemento de prova seria a observação de diferenças nos tempos medidos pelos relógios, em função das diferentes “forças” com que seus componentes seriam atraídos pela massa terrestre: observadas diferenças, teríamos a indicação de que o peso dos corpos diminui com a sua colocação no alto e aumenta com sua proximidade da Terra. Teríamos assim finalizado a aplicação de uma Instância Crucial e “estabelecido que a causa do peso é a atração da massa terrestre” (1988, p.166).

Frisamos que não está em questão aqui a realização efetiva do experimento; trata-se de, ao ter como objetivo investigar a natureza do peso e da gravidade, oferecer, em termos didáticos, alternativas que nos permitam decidir entre duas causas, a partir do estabelecimento de um vínculo “constante e indissolúvel” entre fenômeno e causa. Bacon aponta, então, como solução, a investigação das diferenças dos tempos marcados pelo relógio e considera que, através desse dado de observação, seja possível atingir as causas, as explicações últimas da natureza.

Como já vimos, a finalidade do método baconiano é o de nos levar a atingir as formas. Esse é o objetivo que a ciência visa atingir, ao fazer uso da “verdadeira indução”. Assim, dentro da sua concepção de indução, as Instâncias Cruciais constituem um auxílio impar, ao permitir decidir entre duas ou mais explicações distintas e, concorrentes, na consecução de um mesmo fenômeno. No entanto, no exemplo que acabamos de considerar, são oferecidas somente duas hipóteses, sendo que o autor sugere condições de teste para apenas uma delas: tendo sido confirmada, estaria terminada a investigação.

Parece-nos, assim, que o que Bacon buscava com sua Instância Crucial era basicamente a confirmação de uma das hipóteses concorrentes, dando uma aura de verdade por demonstração ao que se põe em jogo. Isso é muito bem observado por Popper, ao confrontar a verificação com a falsificação, como se segue:

Por outras palavras, tentamos escolher para os nossos testes aqueles casos cruciais em que devemos esperar que a teoria falhe, se não for verdadeira. Esses casos são “cruciais” no sentido de Bacon – indicam as encruzilhadas entre *duas* (ou mais) teorias. Dizer que, sem a teoria em questão, teríamos esperado um resultado diferente significa, com efeito, que a nossa expectativa era consequência de alguma outra (e possivelmente mais antiga) teoria, por muito pouco conscientes que estivéssemos desse facto. Mas, enquanto Bacon acreditava que uma experiência crucial pode demonstrar ou verificar uma teoria, nós teremos antes de dizer que ela pode, no máximo, refutar ou falsificar uma teoria (2006, p.158).

Vemos aqui que, para Popper, o termo “crucial” tem apenas o sentido de indicar uma encruzilhada, uma situação de escolha; ao passo que ele valoriza a refutação, em seu entender Bacon valorizava a demonstração ou, a verificação.

Outro aspecto significativo que observamos é que, ao contribuírem para o alcance das formas, as Instâncias Cruciais agregam ao método baconiano um caráter metafísico e, com isso, torna-se impossível delimitar o que seja ciência e o que seja metafísica, segundo a metodologia baconiana.

I.4 De Instância Crucial para o Experimento Crucial: o desenvolvimento da denominação e dos objetivos

Um aspecto com o qual nos deparamos de imediato, ao iniciamos nosso percurso histórico, partindo de Bacon, e que ruma a Duhem, foi a mudança da denominação do termo *instantia crucis* para *experimentum crucis*.

Inicialmente, poderíamos considerar que tal alteração era decorrente de uma evolução natural do termo, sem haver, de fato, um ponto exato por onde ela tenha se imposto como tal. Porém, quando pesquisávamos um dos primeiros exemplos de

experimento crucial, cuja autoria se deve a Isaac Newton (1643-1727), nos deparamos com uma referência que traz uma boa indicação de onde possa ter ocorrido essa mudança de denominação. Tal conteúdo encontra-se na 22ª nota de rodapé da tradução brasileira da sua obra *Óptica*¹³, publicada em 6 de fevereiro de 1672.

Apresentamos, a seguir, um excerto da referida nota

O que Newton vai descrever agora constitui uma de suas principais experiências e é conhecido como *experimentum crucis* (experiência crucial). A experiência anterior (Fig. 17) e a posterior (Fig. 20) são variantes desta (Fig. 18¹⁴). [...] Na *Óptica* ele não usou o termo *experimentum crucis*, assim como não o havia utilizado em suas *Lições de Óptica* de 1672. Essa expressão parece que se deve a Francis Bacon (1561-1626), que utilizou o termo *experimentum crucis* em vez de *instantia crucis*. Provavelmente Newton foi influenciado pela leitura de *Micrographia* ao utilizar essa expressão. [...] O responsável por essa segunda edição, Varignon, pediu a Newton um desenho para colocá-lo na capa. Para representar seu trabalho sobre óptica, Newton escolheu o *experimentum crucis* (NEWTON, 2002, p.65).

Temos, neste texto, a sinalização de que a mudança de denominação pode ter ocorrido na obra *Micrographia* de Hooke, escrita em 1665, ou seja, 45 anos após o *Novum Organum*. Paralelamente, nele o tradutor comenta que Newton não usou esse termo nem na *Óptica* e nem em suas *Lições de Óptica* de 1672, mas, como veremos, Newton cita explicitamente o termo nas suas *Correspondências*.

No entanto, ao tomarmos contato com o texto da *Micrographia* (HOOKE, 2005) notamos uma discrepância relativamente à nota da *Óptica*, anteriormente citada, pois foram encontradas não uma, mas as duas denominações – *instantia* e *experimentum crucis* – ambas contidas na “Observação IX: Das Cores observáveis na Mica e outros Corpos finos” (*Observation IX: Of the Colours observable in Muscovy Glass, and other thin Bodies*).

O texto dessa “Observação” é constituído ao todo por 76 parágrafos, que foram por nós numerados. As ocorrências citadas acima ocorrem nos parágrafos 27 e 46.

A primeira referência (§27), Hooke inicia descrevendo um procedimento, ao que acrescenta:

¹⁴É a que representamos na página 38. Corresponde à nossa Figura 1.

Esta experiência conseqüentemente provará tal como nosso *triplamente excelente Verulam*¹⁵ chama *experimentum crucis*, servindo como guia ou marco pelo qual direciona nosso curso na busca da causa verdadeira das cores.

Já na segunda referência (§46), Hooke descreve situações sobre reflexão e refração que incidem num mesmo fenômeno:

O qual, por ser muito importante para o nosso presente propósito, e dispondo de recursos tais como uma *instancia crucis*, como ninguém que conheço tem até agora tomado nota, examinarei mais adiante.

Os trechos dos parágrafos citados não contêm em si qualquer conteúdo crítico sobre a metodologia da *instância* ou do *experimento crucial*, não apresentam discussões nesse sentido. Simplesmente sugerem sua realização como parte das escolhas metodológicas do cientista em questão. Tão pouco é questionada, ou alterada, a forma original como concebida por Bacon, pois o que se pretende é utilizá-la como “guia ou marco”, para a busca das causas de um determinado fenômeno. Fica claro o aspecto de autoridade dado a Bacon.

A nosso ver, após essa obra de Hooke, houve uma tendência generalizada de emprego do termo “*experimentum*” em detrimento da “*instantia*”, possivelmente pelo primeiro se encontrar muito mais próximo da linguagem científica. Mas isso não significa necessariamente que houve uma substituição definitiva de um termo pelo outro, pois muitas vezes são apresentados complementarmente tencionando um resgate autoral, como podemos identificar o seguinte excerto: “Este é o assim chamado *experimentum crucis*. Tais experimentos, ou ‘instâncias cruciais’ (em inglês: *instances of the fingerposts*; em francês: *instances de la croix*) como o Bacon as denominou” (CANTOR, 1989, p.176).

Após esse breve comentário acerca da transição da terminologia, retomaremos Newton, expondo embora não exaustivamente, as características daquele que foi denominado pelo gênio inglês de “*experimentum crucis*”.

Entre os inúmeros experimentos propostos na *Óptica*, encontra-se um que, segundo Newton, demonstrava notadamente que a luz solar, ou a luz branca, era

¹⁵ Vide nota 2.

composta por infinitos raios de cores distintas entre si. Complementava que as cores possuíam propriedades “originais” e “inatas”, e cada uma tinha um único e distinto grau de refração, que não se alterava quando submetido a outros processos refrativos, reflexivos ou difrativos.

Essa visão defendida por Newton era claramente divergente daquela de filósofos naturais já bem estabelecidos em seu meio, como Hooke. Este último postulava haver apenas dois raios próprios e particulares, cada um correspondendo a uma das cores básicas, o vermelho e o azul; as demais cores intermediárias seriam produzidas por meio da refração. Sua visão se respaldava pela teoria na qual a luz era constituída por pulsos que se propagam num meio elástico. Hooke empreendeu uma veemente crítica à idéia defendida pelo artigo de Newton, acusando-o de dar um estatuto de substância material à luz.

A experiência que é referenciada na 22ª Nota da *Óptica* é aquela que é considerada pelo próprio Newton como seu *experimentum crucis*. Está contida no Livro I, Proposição 2 e Teorema 2, cujo tema é “A luz do sol consiste em raios que se refratam diferentemente” e está associada à Experiência 6, cujo esquema simplificado está representado na Figura 1 a seguir:

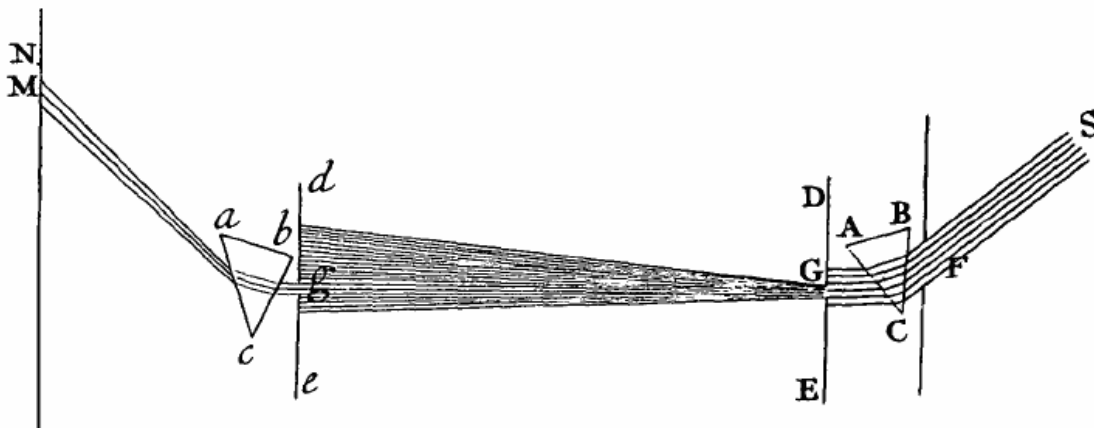


Figura 1: O *experimentum crucis* de Newton¹⁷

¹⁷ Extraída da *Óptica* de Newton, obtida em <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3362k.capture>.

Seguindo a descrição dada por Newton, um raio de luz “S” vindo do sol entra num recinto fechado e escuro, passa pelo orifício “F”, incide num primeiro prisma “ABC”, se refrata sobre a tábua “DE”, e uma parte sua atinge uma abertura “G”. Um segundo feixe, resultante da parte do original que passou por “G”, incide numa segunda tábua “de”, formando uma imagem oblonga. Outro feixe oriundo de um furo “g” existente na tábua “de” incide e é refratado por um segundo prisma “abc”, iluminando pontos que descrevem um percurso na parede oposta, iniciando-se em “M”, e indo até “N”. A rotação do primeiro prisma “ABC” faz com que o feixe de luz incidente na tábua “de” se mova para baixo ou para cima e, assim, que o feixe final, que sai do segundo prisma “abc” incida numa faixa de pontos que se inicia em “M” e termina em “N”.

Foi justamente essa variação da posição do último feixe de luz sobre a parede oposta que, segundo Newton, demonstrou a primeira e a segunda proposições do seu Livro I, respectivamente, “as luzes que diferem em cor diferem também em graus de refringência” e “a luz do sol consiste em raios que se refratam diferentemente”.

Uma descrição desse experimento foi enviada aos membros da Royal Society de Londres, argumentando de um modo definitivo que a luz solar, ou branca, não tinha um caráter puro, como se acreditava na época, mas que era composta por uma mistura de outros raios de diferentes cores. Imediatamente essa demonstração tornou-se um marco na história da ciência, e do método experimental. Toda vez que se referia ao seu experimento, Newton denominava-o *experimentum crucis*.

Segundo Crease, “o *experimentum crucis* de Newton foi o que os historiadores chamam de um experimento de descoberta, pois revelou um novo e inesperado aspecto do mundo em uma área na qual a teoria era fraca” (2006, p.82). Além disso, o fato desse experimento ser o definitivo, aquele que determina e coroa seu trabalho dentre uma longa jornada de tantos outros, levou Newton a considerá-lo como aquele que validava todo o seu caminho. Reproduzi-lo trazia, de imediato, uma economia de tempo e de recursos, indo direto ao ponto que se queria demonstrar, sem se ter a necessidade de passar obrigatoriamente por todos os outros experimentos intermediários, até chegar ao definitivo. Newton não via motivos para seguir todos esses passos novamente, logo a indicação imediata do caminho certo seria reduzir tudo a uma única atividade, um único experimento.

Crease (2006, p.82) afirma existir aqui um certo jogo retórico, cujo papel principal é representado pelo experimento crucial: era uma demonstração do que se tinha aprendido a fazer e, ao mesmo tempo, um instrumento de persuasão. Como tal, deveria ser simples de ser feito, com instrumentos acessíveis, e com resultados claros e indubitáveis. Nas palavras do próprio Newton, dirigidas a um interessado em executar seus experimentos, temos a seguinte confirmação dessa visão,

Em lugar de uma multiplicidade de coisas, tente apenas o *experimentum crucis*. Porque não é o número de experimentos, mas seu peso que deve ser considerado; e quando um é suficiente, qual a necessidade de muitos? (NEWTON. Correspondence, vol.II, p.79, apud CREASE, Robert P. Os mais dez belos experimentos científicos, Op. cit. p.67)

Comparando-se com a definição de *instantia crucis* de Bacon, notamos que há uma diferença, entre uma e outra concepção, quanto à finalidade. Ao passo que a *instantia crucis* baconiana nos fornece um meio de decisão entre uma ou mais proposições distintas, concorrentes entre si, e presentes num mesmo instante, Newton vai por outra via, a de utilização como um meio demonstrativo “chave”, “crucial”, que visa persuadir acerca de um determinado ponto de vista, via repetição de algo confiavelmente testado e conhecido. Por outro lado, nele está embutida toda uma trajetória, que resultou numa determinada “verdade” sobre as coisas.

Assim, Newton não tinha diante de si uma encruzilhada, que o obrigava a decidir por uma ou outra via. Ele buscava apresentar, fundamentar e resumir uma nova verdade em substituição a uma antiga. Não foi um episódio único, mas uma sucessão de descobertas teoricamente guiadas, que o remeteram a um único e significativo experimento.

Conquanto que a proposta de Bacon dirigia-se a buscar explicações que o conduzissem o mais próximo possível da verdade acerca da natureza das coisas, a princípio Newton, nesse seu *experimentum crucis*, aparentemente buscava apenas dar conta de um fenômeno físico, de apresentar a melhor maneira de que seja reproduzido por outros, e não necessariamente na busca da sua essência ou das causas, porém levou-o a refazer as idéias vigentes.

Nesse percurso histórico, que parte de Newton e chega até a crítica efetuada por Pierre Duhem, ou seja, entre os séculos XVII e XVIII, encontramos algumas referências a experimentos cruciais. Nosso intuito é a apresentação de algumas delas, dentro de uma linha cronológica preferivelmente ascendente, e tecer algumas considerações a respeito.

Encontramos uma de nossas primeiras citações, nas *Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral*, publicada em 1748, onde Hume, ao discursar sobre como os filósofos avaliam a presença do “amor de si mesmo” nas esferas de interesse público e privado, se utiliza do *experimentum crucis* como um instrumento decisório em certos aspectos referentes a questões sociais, tal como empregado nas ciências da natureza.

Para Hume, o *experimentum crucis* tem sua aplicação como um instrumento que auxilia disputas em que argumentos conflitantes estão postos em jogo, ou seja, segue a parcialmente a tradição baconiana, ao deixar de lado propósitos de busca das naturezas que estejam por trás das questões concorrentes:

Não obstante essa freqüente convergência de interesses, é fácil realizar o que os filósofos da natureza, seguindo Bacon, denominam um *experimentum crucis*, ou seja, um experimento que aponta o caminho correto em qualquer dúvida ou ambigüidade (2004, p.285).

Retomando a física, ao lado do *experimentum crucis* de Newton, historicamente a questão em torno da natureza da luz desde a polarização em torno das hipóteses corpuscular e ondulatória, pelo que veremos, nos parecem ser sempre assediadas por essa herança baconiana, pois:

Durante a revolução ótica do início do século XIX, quando as teorias da onda e da partícula da luz pareciam rivais ameaçadoras, *experimentum crucis* abundam. (CANTOR, 1989, p.176)

Para os objetivos da crítica de Duhem aos experimentos cruciais, convém citarmos Cantor e seu alinhamento em torno da mesma questão levantada por Crease, ao atestar um caráter retórico ao experimento crucial:

Por sua vez, os filósofos da ciência geralmente depreciam o significado de tais experimentos, negando-lhes um papel maior. Isso é em parte porque não os reconhecem como dispositivos retóricos, dramáticos. Para aqueles que buscam excitação na ciência, o registro histórico é revestido com esses episódios dramáticos, a história da ótica não foi uma exceção. (1989, p.176).

Cantor trata objetivamente da questão retórica nos experimentos em seu trabalho “A Retórica do Experimento”, (*The Rethoric of Experiment*) e, dentro do capítulo em que trata de experimentos cruciais, avalia as considerações de alguns historiadores da ciência quanto ao uso desse expediente.

Cantor referencia John Herschel, e sua obra *Discurso Preliminar ao Estudo da Filosofia Natura*, publicado em 1831, este cita a sua solução para a seleção entre duas teorias concorrentes “fortemente emparelhadas”, uma transcrição parcial de Bacon, como Hume o fez, porém aplicado a teorias:

Quando duas teorias funcionam paralelas entre si, e cada uma explica uma grande quantidade de fatos em comum com a outra, é de grande importância qualquer experimento que fornecer uma instância crucial para decidir entre elas ou pela qual uma ou outra deve falhar.¹⁸

Segundo Cantor, o conceito foi ponto de partida para a apresentação do experimento do Fresnel, o qual, por meio de franjas de interferência produzidas em chapas de vidro trouxeram uma interpretação a favor da teoria ondulatória. Herschel, referiu-se a esta experiência como um sendo um “*experimentum crucis*” (CANTOR, 1989, p. 177).

Na esteira de citações de experimentos, propomos a inserção nesse elenco, de um experimento citado ao lado do *experimentum crucis* de Newton com um dos mais belos da ciência¹⁹, a experiência do físico inglês Thomas Young (1773-1829). Levada a cabo no início do século XIX, pelas suas características, se faz merecedora do título de experimento crucial tanto quanto o de Newton, pois visava a demonstrar uma hipótese notadamente nas mesmas questões referentes à natureza da luz, só que ao invés de

¹⁸ HERSCHEL, John. *Discourse to the Study of Natural Philosophy*, 1831, p.206, in CANTOR, Geoffrey. *The rethoric of experiment*. Op. Cit, p.177.

¹⁹ Sobre Newton e Young ver: CREASE, Robert P. *Os mais dez belos experimentos científicos*. e Michel. *Os grandes experimentos científicos*.

trazer favorabilidade à teoria corpuscular [newtoniana], dirigia-se à concepção ondulatória como a verdadeira natureza da luz.

De modo similar à experiência de Newton, que era composta por duas etapas experimentais, também nesta experiência, datada de 1803, Young fez com que inicialmente um feixe de luz passasse por uma abertura estreita e, a seguir, constatou que, num anteparo instalado do outro lado, não surgia simplesmente uma faixa de luz nítida e contínua, na sua intensidade, mas sim uma faixa com intensidades variáveis. Isso mostrava o fenômeno da difração a que a luz era sujeita, tal como se observava com as ondas sonoras ou nas ondulações de um lago, quando se joga uma pedra. Caso a luz fosse constituída por partículas, esse comportamento seria impossível. Seu aspecto deveria ser homogêneo.

Porém, Young não se deu por satisfeito e logo desenvolveu um segundo experimento para confirmar seu resultado, o qual consistia em passar dois feixes de luz por orifícios separados. Ao incidir em um anteparo, a luz descreve um desenho que apresenta um conjunto de várias faixas luminosas, tendo como característica maior, a presença de intensidades diferentes entre si, na forma de áreas claras, entremeadas com outras totalmente escuras, que só podiam ser causadas pela interferência de ondas.

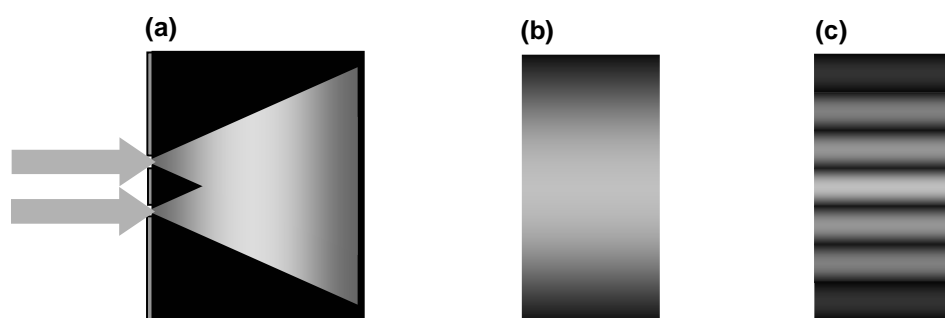


Figura 2: Experimento da interferência de Young, datado de 1803. (a) A luz solar incide numa superfície dotada de duas aberturas próximas entre si. Os feixes internos formados, por sua vez, incidem num anteparo. (b) Segundo a teoria corpuscular, a imagem que deveria se formar no anteparo se assemelharia a uma única mancha luminosa. Porém a imagem formada (c) se apresentou como uma série de listras paralelas alternadas claras e escuras. Eram as franjas de interferência.

Apesar dessas provas, que caracterizariam nitidamente seu trabalho como um experimento crucial, tais demonstrações foram, por muito tempo, consideradas insuficientes na Inglaterra, até serem complementadas, mais tarde, pelos trabalhos de outros pesquisadores europeus. O primeiro deles, realizado 13 anos mais tarde, caberia ao físico francês Augustin-Jean Fresnel (1788-1827), que viria a unificar os conceitos descritos na teoria de Huygens com o princípio da interferência. Agora, na esteira da adoção do experimento de Young como um experimento crucial, poderemos incluir outros, tais como as experiências que os físicos franceses Leon Foucault (1819-1868) e Armand Hyppolyte Louis Fizeau (1819-1896) efetuaram para a medição da velocidade da luz. Este último experimento será citado com mais detalhes no próximo capítulo.

E assim, ao final deste capítulo, levando-se em consideração o impacto que esses experimentos produziam no seu tempo, concluiremos que, apesar da não verbalização do termo, poderíamos levantar a hipótese de que o empirismo do século XIX tenha resgatado o termo “experimento crucial” o sentido de demonstração e não de descoberta ou invento, como vimos anteriormente em Bacon.

CAPÍTULO II - A EPISTEMOLOGIA DE PIERRE DUHEM E SUA VISÃO DA TEORIA FÍSICA

II.1 Introdução

Pierre Maurice Marie Duhem nasceu em Paris, em 10 de junho de 1861, e morreu em 14 de setembro de 1916, na cidade de Cabrespine, sul da França, aos 55 anos. Seu pai, Pierre-Joseph Duhem era de origem belga; sua mãe possuía origens francesas. Em 1890, Pierre Duhem casou-se com Adèle Chayet, que viria dois anos mais tarde a falecer no trabalho de parto da sua segunda gestação. Duhem jamais tornou a se casar novamente, vindo a passar o resto da sua vida com sua filha Hélène. Era um católico fervoroso, monarquista e conservador.

Consta no seu currículo escolar a passagem pelos melhores colégios de sua época, como a *École Saint. Roch* e o *Collège Stanislas*, e após os mesmos entrou em primeiro lugar, em 1882, numa ótima universidade, a seletiva *École Normale Supérieure*, vindo posteriormente a se formar em Física.

Em 1884, ainda na *École Normale Supérieure*, Duhem publicou seu primeiro artigo, que versava sobre pilhas eletroquímicas. Nessa mesma data, porém, antes de receber sua licença em matemática, submeteu sua tese de doutorado, “O Potencial Termodinâmico e suas Aplicações na Mecânica Química e ao Estudo dos Fenômenos Elétricos” (*Le Potentiel Thermodynamique et ses Applications à La Mécanique Chimique et à L'Étude des Phénomènes Électriques*), em que definia novos critérios para reações químicas em termos de energia livre. Foi rejeitada pela banca examinadora, provavelmente por “motivos políticos” (ARIEW e BARKER, 1996, p.viii). Aliado à precoce perda da esposa e filho, este foi outro marco significativo de sua vida, pois configurou o início da estagnação da sua brilhante carreira, em função de sua tese promover a obsolescência do critério anterior, proposto vinte anos antes por Marcellin Berthelot.

Em 1886, Berthelot se tornou ministro da educação na França, logo, bastante influente na comunidade científica de então; como resultado de sua crítica, Duhem foi

relegado ao ostracismo. Ariew e Barker relatam que Berthelot teria mencionado que “esse jovem nunca irá ensinar em Paris” (1996, p.viii). De fato, como professor, Duhem jamais lecionou na capital francesa, porém isto também se deve, em parte, ao seu caráter orgulhoso e inflexível.

Duhem finalmente recebeu seu doutorado em 1888, ao defender uma tese em matemática aplicada, cujo título era “Sobre a Imantação por Influência” (*Sur L’Aimantation par Influence*).

Duhem é considerado um dos maiores epistemólogos e historiadores da ciência. Foi um escritor profícuo: uma recente lista dos seus escritos compõe-se de quatrocentos itens, muitos formados por extensos conjuntos de livros (MARTIN,1991, p.1). Porém, apesar da quantidade de escritos, Ariew e Barker salientam que:

A principal dificuldade na interpretação do trabalho de Duhem não é a sua quantidade, mas o habito de Duhem de utilizar seus trabalhos antigos em novos contextos, às vezes modificando-os sutilmente. Esta prática tem passado despercebida por muitos leitores (1996, p.viii).

Sua principal obra filosófica é “O objeto e a estrutura da teoria física” (*La Theorie Physique: son objet - sa structure*), a qual contém parte substancial da concepção duhemiana de ciência. Não há tradução completa desse livro para o português²⁰. Já na história da ciência, sua principal obra é o “O Sistema do Mundo: História das doutrinas cosmológicas de Platão a Copérnico” (*Le Système du Monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic*), composto por exaustivos 10 volumes.

Em sua época, esse múltiplo aspecto, de atuar indistintamente nas áreas de física, filosofia e história, foi uma característica muito reconhecida por diversos de seus pares, como, por exemplo, o então Secretário Perpétuo da *Academie des Sciences* francesa, Émile Picard:

Nossas classificações acadêmicas gostam de colocar os cientistas dentro de quadros bem definidos. [...] A especialização, usualmente necessária nas pesquisas modernas, em geral torna útil nossa divisão em seções. Entretanto, às vezes é desejável que se entenda de uma maneira

²⁰ Alguns dos textos originais que foram agrupados posteriormente no *La Theorie Physique: son objet - sa structure* podem ser encontrados em português no CADERNO CIÊNCIA E FILOSOFIA N.º 4, com o título de “A filosofia da física de Pierre Duhem”, editado pelo professor Pablo Rubén Mariconda da FFLCH/USP.

mais ampla, corrigindo o que tal divisão tem de muito rígido. Esta reflexão me foi inspirada pela obra de um eminente confrade que não se encontra mais entre nós, Pierre Duhem. Se este teórico da mecânica, da física e da química tivesse morado em Paris, talvez três de nossas seções lhes fossem sucessivamente enviadas. Seu caso agravaria se contarmos seu cultivo simultâneo da história e filosofia da ciência (1922, p.1).

Apresentamos, neste capítulo, um esboço da teoria da ciência de Pierre Duhem, conforme se apresenta em sua primeira formulação, aquela que resulta de uma série de ensaios, publicada entre 1892 e 1894. Dentre estes, elegemos, para um estudo mais aprofundado, “Algumas Reflexões sobre as Teorias Físicas”²¹, “Física e Metafísica”²² e “Algumas Reflexões acerca da Física Experimental”²³, complementados pelo artigo “A Física do Crente”²⁴, de 1905. Este último, situado um pouco distante do período que delimitamos, cumpre um papel de nos apresentar a condensação de suas concepções iniciais de um modo mais sintético, numa visão evoluída em mais de 10 anos, além de conter elementos interessantes, que dizem respeito à formação do seu pensamento.

Embora a análise mais completa da natureza e do fim das teorias físicas esteja na obra de Duhem “O objeto e a estrutura da teoria física”, inicialmente publicada em 1906, em que esses ensaios se encontram reproduzidos com certas modificações, iremos nos ater aos artigos citados, na forma como apareceram originalmente. Essa escolha se deu, tendo em vista o fato de que o problema especial de que trata esta dissertação, ou seja, a análise de Duhem sobre o papel de o experimento crucial ter sido anterior à publicação dessa grande obra.

Começemos nossa exposição com alguns aspectos tratados na “Física do Crente” acerca da formação do pensamento de Duhem, através do qual se pode ter

²¹ “Algumas reflexões sobre as teorias físicas” foi publicada em 1892 na *Revue des Questions Scientifiques* (tomo XXXI, sob o título *Quelques Réflexions au sujet des Théories Physique*). Constitui a aula inaugural do Curso de Física Matemática e de Cristalografia da Faculdade de Ciência de Lille.

²² “Física e metafísica” foi publicado em 1893 na *Revue des Questions Scientifiques* (tomo XXXIV, sob o título *Physique et Metaphysique*). Cumpre o papel de uma resposta a um ataque direto ao seu primeiro texto de 1892. Tendo como autor o engenheiro Joseph Marie Hector Eugène Vicaire (1839-1901), foi publicado no mesmo ano e revista, sob o título *La Valeur Objective des Hypothèses Physiques*, tomo III.

²³ “Algumas reflexões acerca da física experimental” foi publicada em 1894 na *Revue des Questions Scientifiques* (Tomo XXXVI, sob o título “*Quelques Réflexions au sujet de la Physique Expérimentale*”).

²⁴ “Física do Crente” foi publicada nos *Annales de Philosophie Chrétienne* dos meses de outubro e novembro de 1905. Foi, também, uma resposta a um texto que critica sua concepção de ciência. Estamos nos referindo ao artigo A Filosofia Científica do Senhor Duhem (“*La philosophie Scientifique de M. Duhem*”) de Abel Rey (1873-1940), publicado na *Revue de Métaphysique et de Morale* de julho de 1904.

acesso a um breve resumo das suas teses e conceituações mais significativas. Nesse artigo tardio ele afirma que as raízes de sua concepção a respeito do objeto e da estrutura da teoria física remontam ao período em que estudou matemática no *Collège Stanislas*, germinadas pela sua “admiração pela teoria física, e o seu desejo de contribuir para o seu progresso” (DUHEM, 1989, p.123). Dentre as mais diversas influências a que foi submetido, influências estas que iam do mecanicismo ao agnosticismo, certamente a que obteve mais aceitabilidade foi considerar a experiência como fonte única do conhecimento sobre o mundo natural. Assim, qualquer teoria física só poderia ser aceita na proporção que se apoiasse sobre leis derivadas diretamente da observação. Também faz parte dessa herança adquirida durante esse período, a capacidade de distinguir os pontos fracos de muitos sistemas que eram aceitos sem qualquer tipo de contestação, bem como um intenso rigor diante das demonstrações.

Foi com base num modelo de física que agregava essas postulações iniciais que Duhem começou a ensinar na Faculdade de Ciências de Lille em 1887. Segundo esse modelo, uma teoria física deveria estar solidamente assentada na experiência, estando ao mesmo tempo isenta de hipóteses sobre a estrutura da matéria e sendo dotada de um consistente rigor lógico.

Porém, em pouco tempo de docência Duhem percebeu, por conta de críticas de seus alunos, “que o método indutivo, tal como Newton o definiu, não podia ser praticado” e “que a própria natureza, que o verdadeiro objeto da teoria física não tinham sido ainda postos em evidência com inteira clareza” (DUHEM, 1989, p.124).

Segundo Duhem, as incessantes pressões exercidas pelas necessidades de ensino levaram-no a rever gradativamente a concepção da teoria física “corrente até então” (1989, p.125), dando-lhe a confiança necessária para dar conta, e de modo coerente, dos mais diversos itens da ciência. Ele afirma que sua visão da natureza da teoria física, assim maturada, nasceu da prática da pesquisa científica e das exigências do ensino, não tendo qualquer relação com suas convicções religiosas, relação que o filósofo Abel Rey, um dos seus críticos, o acusava de praticar nos seus artigos.

Interessado em resolver as questões que trouxeram, como resultados, a percepção da impotência dos métodos existentes e a intuição de que a teoria física “não é uma explicação metafísica, nem um conjunto de leis gerais de que a experiência

e a indução estabeleceram a verdade” (DUHEM, 1989, p.125), Duhem compreendeu que uma nova forma de conceber a teoria física deveria considerar todos os seguintes aspectos: ser uma construção simbólica, elaborada por meio de grandezas matemáticas, que se relacionam com noções abstratas, construídas em correspondência com a experiência, para então se comportar como “uma espécie de quadro sinótico, de esquema” (DUHEM, 1989, p.12), que resume e classifica as leis da observação e ser desenvolvida com o mesmo rigor da álgebra.

Além dos diversos aspectos tratados, inerentes à concepção de teoria física, nossa apresentação da visão duhemiana da teoria física visa a podermos tratar, no capítulo III, da asserção de Pierre Duhem de que é impossível dissociar uma construção teórica e submeter isoladamente cada uma das partes à prova dos fatos, pois a menor verificação experimental põe em jogo todos os demais itens, quais sejam da teoria. Esta tese, também conhecida como a “Tese de Duhem” será exposta ainda no final deste capítulo.

II.2 A teoria da ciência física

Como todos os artigos de Duhem citados nesta dissertação têm como fundamento a Física, convém inicialmente compreendermos o que Duhem entende por Física. Porém, tal entendimento está intimamente vinculado ao de outra forma de conhecimento, a Metafísica. Assim sendo, isso nos levará à consideração do que se denomina o problema da demarcação entre a Física e a Metafísica.

Acreditamos que, para Duhem a delimitação de tais esferas do conhecimento, é fruto da sua concepção ontológica.

A ontologia de Duhem parte do princípio de que, no mundo no qual estamos inseridos, existem as “substâncias e suas modificações” (1989, p.42). As substâncias correspondem às essências ou às causas dos fenômenos.

O acesso direto às substâncias e suas modificações só seria possível a uma inteligência “angelical”, que seria capaz de conhecê-las simultaneamente. Esse tipo de

visão seria a “direta” ou “intuitiva”. O intelecto humano, porém, não tem essa capacidade. A inteligência do homem, por sua própria natureza, pode conhecer essas duas instâncias, porém não de modo simultâneo e direto. Conhecemos diretamente apenas os fenômenos e a sua sucessão, no “domínio dos fatos”, por meio das observações. Já quanto às substâncias, pelo fato de serem as causas eficientes dos fenômenos, o seu conhecimento se dá apenas por modo indireto, a partir da reflexão sobre os fenômenos, bem como o modo que se sucedem ao longo do tempo.

Contudo, Duhem nos diz que essa relação só nos permite obter algum conhecimento das próprias substâncias, ou seja, é parcial, pois as manifestações dos fenômenos, que captamos a partir dos nossos sentidos, não nos fornecem a totalidade, mas tão somente algumas poucas pistas acerca das características da substância ou, então, substâncias que poderiam tê-los causado. Justamente essa limitação indica haver um problema nessa dinâmica: dado que não é possível percebermos ou captarmos adequadamente a manifestação de todos os efeitos promovidos pela substância, então esse conhecimento nunca será pleno e nem totalmente adequado.

Historicamente, essa tentativa de possuir o mais completo conhecimento do mundo exterior acabou gerando dois tipos de ciências distintas, cada uma cuidando de uma das instâncias citadas e que Duhem dispõe alegórica e hierarquicamente na forma de degraus: o primeiro deles se caracterizando pelo estudo dos fenômenos e o estabelecimento das leis em virtude de sua ocorrência, e o segundo, pela ciência que induz desses fenômenos as propriedades das substâncias que lhes são causadoras. Se nos restringirmos, como Duhem nos propõe, apenas à matéria inanimada, o primeiro degrau denomina-se Física, e o segundo, Cosmologia²⁵.

Convém pontuar que, para Duhem, a Cosmologia somada ao seu equivalente ‘estudo das propriedades das substâncias da matéria viva’ constituem a Metafísica. Porém, observamos no decorrer dos seus textos que muitas vezes o físico francês

²⁵ A nossos ver, as acepções ditas por Duhem acerca do que vêm a ser Física e o que vem a ser Metafísica, praticamente dão conta de grande parte da discussão travada entre o físico francês e seu crítico Vicaire, pois se resume a uma questão de definições. O primeiro, segundo ele mesmo, estaria usando definições modernas e, o segundo, definições peripatéticas.

abandona a precisão dessa conceituação ao constituir uma dualidade “Física-Metafísica”, onde deveríamos dizer “Física-Cosmologia”²⁶.

Isso posto, temos que é a nossa particularidade cognitiva a responsável pela constituição desses dois tipos de ciências, a Física e a Metafísica. Logo, a demarcação proposta por Duhem entre essa duas ciências decorre da natureza da nossa inteligência. Pela sua importância na discussão do experimento crucial, os aspectos concernentes à essa demarcação entre a Física e a Metafísica serão retomados mais adiante nesta dissertação, ainda neste capítulo, num trecho específico.

Do que expusemos, a Física à qual Duhem se reporta consiste no “estudo experimental dos fenômenos, cuja fonte é a matéria bruta, ou inanimada, e das leis que os regem” (DUHEM, 1989, p.42). Por sua vez, essa visão de Física pode ser subdividida em duas vertentes: uma que promove o estudo experimental dos fenômenos, também conhecida como física experimental, e outra que trata do estudo das leis que regem os fenômenos, também conhecida como física teórica. Esta distinção está presente nos três primeiros ensaios de Duhem, citados anteriormente e estudados nesta dissertação²⁷. Uma questão relevante é que pelo fato de terem sido propostos de forma independente, podem gerar a idéia de serem como que compartimentos estanques de uma mesma ciência.

Ainda dentro dessa questão da subdivisão das físicas, o autor não nega uma dependência entre ambas ao afirmar “que toda comparação entre a física teórica e a física experimental consiste em uma aproximação da teoria, tomada em sua integridade, ao ensinamento total da experiência” (1989, p.125).

Quando se trata da constituição da teoria física, a primeira das operações que o espírito humano executa é a constatação dos fatos, dos fenômenos. Os fatos são acessíveis por meio das observações, e a cada observação, ou experiência, surge um novo fato particular. Desse modo, quando dispusermos de um grande número de fatos particulares similares “confusamente aglomerados”, temos o que Duhem denomina de

²⁶ Estas duas ciências são tratadas com sendo únicas, contíguas e mutuamente excludentes. Deste ponto em diante adotaremos essa dualidade na nossa dissertação como Duhem a trata, ou seja, identificaremos “cosmologia” com “metafísica” apenas para tornar mais fácil o entendimento das idéias de Duhem. Essa postura menos rigorosa de Duhem se torna patente no artigo “Física e Metafísica” a partir do seu item 1.

²⁷ “Física e metafísica” trata da física teórica, no caso dos demais artigos os títulos indicam claramente o conteúdo.

“empirismo”. Este é, segundo o físico francês, o nosso primeiro grau de conhecimento do mundo exterior.

Os fatos particulares, quando transformados por meio da inferência indutiva, nos levam ao conhecimento das “leis experimentais” que, segundo o nosso entendimento, constituem o segundo grau de conhecimento do mundo exterior.

O estágio seguinte, que segundo nossa interpretação constitui o terceiro grau de conhecimento, parte de um aglomerado de leis experimentais para constituir a “ciência puramente experimental”. Duhem a situa acima do “empirismo”, tal como a “lei experimental” se encontra acima do fato.

A construção de teorias se coloca num quarto e último grau de conhecimento. Este é o terreno da “ciência teórica”. O processo que constitui a passagem das “leis experimentais” à “ciência teórica”, bem como a natureza desta última, são os objetos de estudo do primeiro artigo de Duhem sob nossa consideração..

Nosso autor, buscando o entendimento da sua idéia, leva em conta aquela que afirmou ser a ciência teórica mais próxima da perfeição, a “física matemática” ou “física teórica”.

Podemos resumir a estrutura hierárquica do conhecimento físico, segundo Duhem, como segue:

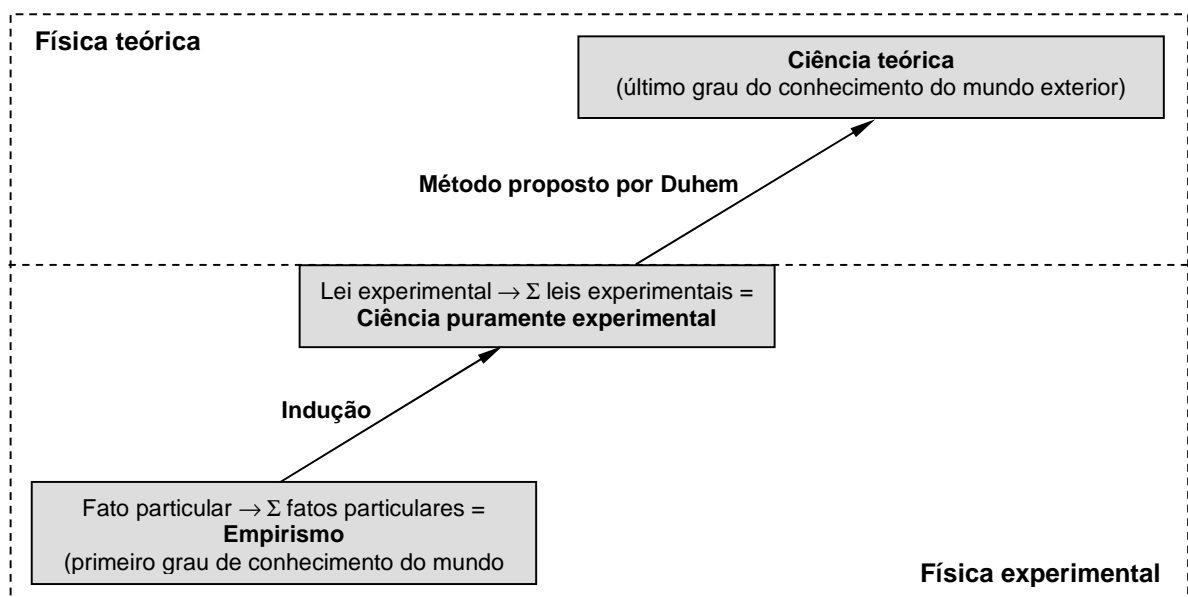


Figura 3: Estrutura do conhecimento da física segundo Duhem

Para Duhem, tanto a experiência, quanto a matemática, têm uma importância fundamental na constituição das teorias físicas. Em comparação com o método científico de Bacon, a que nos referimos no primeiro capítulo desta dissertação, temos que a experiência é algo presente em ambos os autores, mas quanto ao emprego da matemática, os dois se diferenciam profundamente. De fato, não poderia ser de outro modo, pois a inserção da matemática é relativamente recente, como o físico francês afirma:

A ciência da Natureza nos oferece, até o século XVII, pouquíssimas partes que tivessem progredido a ponto de constituírem teorias expressas em linguagem matemática, e cujas previsões, numericamente avaliadas, pudessem ser comparadas às medidas fornecidas por observações precisas (1984, p.5).

A concepção duhemiana do conhecimento teórico se confunde com o método teórico para a construção de teorias físicas. Esse método se divide em quatro etapas seqüenciais: inicia-se com a identificação das noções e o estabelecimento de sua correspondência com grandezas, de natureza matemática; a seguir, vem a escolha das hipóteses, também expressas em linguagem matemática; num terceiro momento, temos o desenvolvimento das conseqüências experimentalmente verificáveis da teoria e, por último, a comparação das conseqüências extraídas da teoria com os fatos.

Trataremos, a seguir, de cada uma dessas etapas.

Inicialmente devemos identificar quais são as *noções físicas*, antes de representá-las mediando-se grandezas matemáticas. As noções são constituídas a partir das percepções, quando identificamos certas propriedades através dos sentidos. Essas propriedades sensíveis permitem-nos fazer comparações diretas do tipo: “A” é maior que “B”, “B” é maior que “C”, “A” é igual a “D”, sendo “A”, “B”, “C” ou “D” representações de noções quaisquer, como quente ou frio, seco ou úmido, etc., ou seja, o corpo “A” é mais quente que “B”, “C” é menos úmido que “B” e assim por diante.

²⁹ Acreditamos que talvez se pudesse estabelecer aqui uma certa relação entre a visão de Duhem e o pensamento aristotélico: as noções físicas e as grandezas correspondem, respectivamente, às categorias aristotélicas da qualidade e da quantidade. Recordemos que a qualidade diferencia os seres por suas propriedades, por exemplo, preto ou branco, quente ou frio, enquanto a quantidade destaca os seres numericamente, por exemplo, singular ou plural, etc.

Podemos, então, confirmar que as noções possuem um caráter eminentemente qualitativo²⁹. O que lhes falta, para poderem ser quantitativas, é a propriedade da adição.

Dado que a concepção de teoria física de Duhem se apóia na matemática, faz-se necessário tornar a noção quantificável, para que se possam estabelecer as necessárias relações de quantidade e a mensuração. Conseguimos isso ao associarmos as noções a grandezas, de tal modo que todas as propriedades anteriores mais imediatas dessas noções não sejam afetadas ao acrescentamos essa nova propriedade da adição. Já o modo se define uma grandeza física, para Duhem, “implica um alto grau de arbitrariedade, logo para uma dada noção podemos ter uma variedade de grandezas extremamente diferentes” (1989, p.21).

Podemos perceber isso por meio do exemplo da noção de quente, que se mantém no nível da sensação, isto é, ela pode ser agradável ou desagradável. Já a grandeza temperatura sofre ações das operações da matemática, podendo ser somada, subtraída, dividida ou multiplicada. Apesar de que na linguagem do cotidiano seja comum o uso de expressões do tipo “duas vezes mais quente” ou a “temperatura está agradável”, o rigor do discurso duhemiano impede seu uso nas interpretações dos fenômenos que se aplicam à sua epistemologia. Assim, uma noção de calor não pode ser somada à outra, do mesmo modo que uma grandeza não pode ser associada a questões qualitativas.

Duhem identifica um aspecto importante nessa associação entre noções e grandezas, é que entre ambas não existe qualquer relação de natureza, isto é, não há vínculos estruturais. Este é um dos desvinculamentos que envolvem a natureza de certas partes componentes da epistemologia de Duhem que lhe conferem um caráter convencionalista.

Duhem passa a tratar da questão da correspondência: os vínculos estabelecidos entre a noção e a grandeza permitem que uma seja símbolo da outra. Desse modo, toda lei experimental, que contenha a noção de quente, pode ser traduzida simbolicamente por uma proposição matemática concernente à temperatura.

A segunda etapa do processo de constituição de uma teoria consiste na escolha das proposições matemáticas que relacionam entre si as diversas grandezas definidas.

Essas proposições são denominadas de hipóteses. As hipóteses, por sua vez, são asserções dispostas numa linguagem baseada na matemática. Tal escolha de relacionamento entre as diversas grandezas não pode ser feita ao acaso, tanto é que Duhem afirma existirem métodos gerais, segundo os quais são formuladas as hipóteses fundamentais da maior parte das teorias.

A primeira idéia de método recai naquilo que seria uma idealização de perfeição: a simples tradução simbólica, através da linguagem matemática, das leis experimentais cujo conjunto se quer representar. Sob essa ótica, são tomadas como princípios as leis experimentais que as hipóteses visam simbolizar, e seriam tomadas por conclusões as leis experimentais que as conseqüências da teoria simbolizam. Nesse método, a análise matemática teria como único papel a abreviação da linguagem. Todas as conseqüências da teoria apresentariam o mesmo grau de certeza e exatidão que as leis experimentais tomadas como hipóteses. As leis experimentais, assim obtidas, seriam uma seqüência lógica das leis experimentais tomadas como hipóteses, não havendo nada realmente de hipotético envolvido em sua elaboração.

No entanto, Duhem alerta que, na Física, existem teorias que se aproximam desse ideal, mas nenhuma o atende completamente. De fato, não é possível que as hipóteses sejam a simples tradução simbólica das leis experimentais. O procedimento geral empregado por todos os teóricos começa pela escolha de algumas das leis experimentais, agrupadas na sua teoria, para, em seguida, por vias de correção, generalização e analogia, compor uma proposição, que será sua hipótese fundamental, da qual essas leis sejam conseqüências exatas ou aproximadas.

Resumindo, as hipóteses nas quais se baseia uma teoria nunca podem se tornar as exatas traduções de leis experimentais, mas apenas o resultado de modificações impostas às leis experimentais, segundo Duhem, ao “espírito do teórico”.

As deduções a partir das hipóteses de uma teoria devem estar submetidas, em toda a sua extensão e rigor, às leis da lógica, tendo-se em mente, porém, que a lógica por si só, não interfere na escolha das hipóteses. A lógica somente exige que as diversas hipóteses sejam compatíveis e independentes entre si. Caso ocorra, durante a formulação das hipóteses, o surgimento de alguma lacuna, Duhem afirma que ou ela

deve ser preenchida ou, então, deve sofrer uma clara delimitação e ser assinalada sob a forma de um postulado.

Finalizando esta segunda etapa, Duhem traça para a teoria um compromisso econômico, segundo o qual a teoria não deve ter hipóteses inúteis. As hipóteses devem ser reduzidas a um número mínimo. Também uma segunda restrição é imposta, a de que a teoria também não tem o direito de reunir as conseqüências deduzidas de hipóteses incompatíveis.

Na terceira etapa do processo de constituição de uma teoria física devemos tomar as hipóteses como princípios e delas desenvolver, isto é, deduzir, as suas conseqüências lógicas. Nosso autor as nomeia como “conseqüências experimentalmente verificáveis da teoria”. Tais conseqüências se apresentam em duas classes: aquelas que descrevem exatamente uma lei experimental e as que contradizem uma lei experimental. Esta etapa se constitui num ponto crítico do processo de construção da teoria.

A quarta e última etapa consiste na comparação dessas conseqüências com os fatos. Embora a concepção da teoria tenha levado em conta um grau de aproximação suficiente, ainda assim sempre há algo de arbitrário na mesma e, desse modo, pode existir dentro do corpo teórico alguma conseqüência da teoria que esteja em contradição com alguma lei experimental. Caso isso ocorra, tal conseqüência experimental deve ser rejeitada ou, então, deve sofrer restrição, sobre o seu emprego, dentre as classes de leis que a teoria pretende abarcar.

II.3 A avaliação, os limites e as modificações das teorias físicas

Para Duhem, uma boa teoria é aquela cujas conseqüências experimentalmente verificáveis confirmam um conjunto extenso e variado de leis experimentais. Por sua vez, as teorias tidas como inadequadas são aquelas que fornecem um pequeno número de conseqüências experimentalmente verificáveis.

Nesse “confirmar” apontado por Duhem, está embutida a idéia de que não é possível que todas as conseqüências estejam em conformidade com a experiência, mesmo porque, se assim fosse “não haveria uma boa teoria e até mesmo é verossímil dizer que a criação de uma boa teoria sobrepujaria as forças do espírito humano” (DUHEM, 1989, p.20).

Dado que as hipóteses de uma teoria nunca são a tradução exata das leis experimentais, Duhem concebe a possibilidade da elaboração de uma infinidade de hipóteses, que vão desde esse ponto ideal – que, como já vimos, não é possível atingir – até aquelas que, de tão afastadas da experiência, constituem um conjunto simbólico muito extenso e confuso, a ponto de perder quase todo o sentido físico. Logo, sempre existirá uma espécie de resíduo, ou uma diferença originada desse acoplamento imperfeito entre as hipóteses de uma teoria e as leis experimentais. E essa diferença de conteúdo impede que a certeza e a exatidão dessas leis sejam encontradas integralmente nas conseqüências experimentalmente verificáveis da teoria.

Para o julgamento de uma teoria, Duhem exige que se levem em conta os limites do campo de aplicação, ou seja, para que não contradiga a experiência, uma lei física³⁰ deve ser limitada em sua ampliação, ficando contida num certo domínio.

Para Duhem,

Uma boa teoria é aquela que simboliza de maneira suficientemente aproximada um extenso conjunto de leis físicas; que não encontra contradições com a experiência a não ser quando se procura aplicá-la fora do domínio onde se deve utilizá-la (1989, p.20).

Isso faz com que o valor de uma teoria apresente um “caráter totalmente relativo” (1989, p.20), em função do conjunto de leis, cuja classificação sistemática a teoria emprega. Uma teoria pode ser considerada boa diante de um determinado conjunto de leis experimentais, porém é possível, caso deseje abarcar um conjunto mais extenso de leis, que deixe de sê-lo. Duhem cita o exemplo da teoria de Poisson, que trata dos corpos condutores homogêneos; se tentarmos aplicá-la a todos os tipos de corpos condutores, homogêneos e heterogêneos, esta deixa de ser uma boa teoria.

³⁰ Neste ponto do primeiro artigo de Duhem, surge inesperadamente o termo “lei física”, cujo significado, a nosso ver, nada mais é que uma conseqüência simbolizada de uma teoria.

O valor de uma teoria depende também do grau de precisão dos métodos experimentais, que servem para estabelecer ou aplicar essas leis. Segundo Duhem, se pede apenas que uma consequência da teoria, que traduza uma lei física, apresente desvios em relação à lei experimental que sejam inferiores ao limite dos erros de observação. Duhem cita um princípio que julga fundamental: em Física, duas leis, diferentes na forma, devem ser consideradas como idênticas se seus desvios não podem ser constatados pelos métodos de observação de que se dispõe.

Logo, dependendo dos meios de observação, certas consequências de uma teoria, que foram consideradas como conformes às leis experimentais, sob um determinado nível de precisão, podem deixar de sê-lo, ou seja, certos desvios que escapavam aos instrumentos anteriores menos precisos passam a ser detectados com outros mais “perfeitos”.

Nas palavras de Duhem, essa condição se coloca da seguinte forma:

Se qualquer uma de suas consequências compreendidas nos limites do campo para o qual a teoria se pretende válida, se desvia de uma lei experimental o suficiente para que o desvio possa ser apreciado pelos métodos de observação dos quais a teoria declara aceitar o controle, a teoria deve ser condenada, caso contrário, deve ser aprovada (1989, p.21).

Outro aspecto a considerar é o que diz respeito à aplicação prática que se faz da teoria. Um determinado nível de precisão dos procedimentos pode ser suficiente para uma aplicação e não para outra. Exemplificando: um nível inaceitável para o pesquisador pode ser suficiente para as considerações práticas de um engenheiro. As pesquisas podem abandonar um determinado nível de procedimentos que, no entanto, podem permanecer viáveis aos engenheiros. Em função disso, adicionando-se o quesito anterior, dos limites do campo, ao que se pretende aplicar uma teoria, na avaliação de seu valor deve-se levar em conta também o grau de precisão experimental que a teoria supõe.

Vejamos agora como Duhem trata o problema da substituição de teorias.

Para abordar esse ponto, o autor repete seu procedimento: inicia com uma determinada possibilidade, digamos “limite” e apresenta a seguir outro ponto, como se desenhasse um segmento de reta. Como ponto de partida, estabelece que a

substituição de uma teoria por outra mais perfeita nem sempre se caracteriza necessariamente pela aniquilação da anterior, mas, ao contrário, existe uma absorção, pela nova, das definições e hipóteses da anterior. Duhem revela, assim, uma visão continuísta do progresso da Ciência.

É preciso considerar, porém, que dada a arbitrariedade na definição de grandezas físicas, as definições, que estão em sua base, podem ser mudadas. Se mudarmos as definições teremos uma imediata e conseqüente alteração das hipóteses. Paralelo a isso, mantendo-se as mesmas noções de uma lei experimental, esta última pode ser simbolizada por dois enunciados matemáticos diferentes, se as suas respectivas grandezas forem distintas. Em princípio, isso poderia representar uma mudança mais profunda na teoria. No entanto, trata-se de uma mudança puramente formal, que não caracteriza uma verdadeira transformação na hipótese, pois podemos pô-la da seguinte maneira: é a tradução de uma mesma hipótese por meio de símbolos diferentes, produzindo dois enunciados distintos, mas que não constituem duas hipóteses distintas.

Se uma hipótese fosse a tradução simbólica exata de uma lei experimental ela só poderia ser modificada pela troca simbólica das grandezas constituintes dos enunciados, como descrevemos acima. Mas, a teoria física não é construída desse modo, ou seja, as hipóteses se constituem como o resultado de uma transformação imposta pelo espírito do físico à lei experimental; dessa forma, como aponta Duhem,

Dois físicos podem submeter uma mesma lei experimental a uma transformação diferente, e conseqüentemente enunciar duas hipóteses diferentes, construir duas teorias diferentes e chegar a diferentes conseqüências (1989, p.22).

É, portanto, pelo fato de as hipóteses não serem simplesmente a tradução simbólica de leis experimentais, mas de terem, em sua elaboração, a participação do “espírito do físico”, que elas são modificáveis. Logo, quanto mais próxima uma teoria física estiver da forma ideal, na qual suas hipóteses constituem traduções simbólicas de leis experimentais, mais dificilmente serão modificadas e a teoria poderá durar tanto quanto as leis experimentais que busca representar. E, dentro desse contexto, só poderão sofrer modificações que se dêem por meio do crescimento da sua extensão.

II.4 A crítica de Duhem às teorias mecânicas

O termo “mecanicismo” é muito amplo e historicamente mutável, assim sendo, antes de darmos início à descrição do posicionamento de Duhem em vista do mecanicismo, faremos uma breve digressão, apenas com o intuito de precisar um pouco mais tal termo.

Para isso, baseamo-nos num artigo de Bezerra (2006, p.179 e 180), em que o autor propõe uma classificação e comparação de “mecanicismos” bastante elucidativa, embora, como o próprio autor reconhece, não se proponha “dar a dimensão do que representou o mecanicismo para a ciência moderna ou a grandiosidade do programa mecanicista, a riqueza dos resultados que ele produziu e a profundidade dos debates que originou” (ibid.). Porém, a nosso ver, a taxonomia por ele construída cumpre um papel bastante esclarecedor junto a esse termo chave dentro da epistemologia duhemiana.

É a seguinte a classificação proposta pelo autor:

Inicialmente, temos o mecanicismo “clássico” ou “concepção mecanicista de natureza”, que possui o “ideal de reduzir todos os fenômenos físicos a um quadro conceitual cuja ontologia [...] inclui basicamente, como qualidades primárias, a matéria e o movimento”. Segundo Bezerra, sua adoção implica nas seguintes teses: (i) a matéria é essencialmente passiva; (ii) o mundo físico tem uma só natureza homogênea; (iii) toda ação se dá por contato; (iv) toda causalidade se reduz às causas eficientes e (v) toda ação que vise mover corpos materiais se dá por meio de agentes corpóreos.

A seguir temos o mecanicismo do tipo “metodológico”, que se comporta como “um projeto de formular explicações mecânicas para os fenômenos físicos, isto é, especificando causas eficientes e mecanismos internos pelos quais as ações são efetuadas”.

Um terceiro tipo é aquele que, numa de suas vertentes, atribui à mecânica um estatuto logicamente mais fundamental dentro do edifício do conhecimento científico: a mecânica “seria uma teoria mais fundamental do que as outras teorias físicas”. Desse modo, as outras teorias deveriam ser compatíveis ou [...] redutíveis a ela”. Segundo o autor, trata-se aqui, novamente, de um mecanicismo metodológico.

Uma outra vertente desse mesmo tipo é aquela que, segundo o autor, se caracteriza pela busca de “teorias que persigam o ‘exemplar’ da mecânica clássica, ou seja, procurar formular teorias dentro de base conceitual e/ou uma estrutura matemática que lembra ou segue o modelo da mecânica clássica”. Esse tipo o autor chama de “teórico ou estrutural”.

Por último, temos o mecanicismo “metafísico extremamente abrangente”, que é aquele que propõe uma imagem do universo, ou de um determinado sistema, semelhante a uma “máquina”.

A nosso ver, Duhem trata do mecanicismo que se aproxima mais daquela acepção que o autor identifica como “teórico” ou “estrutural”, se bem que no artigo *A Escola Inglesa e as Teorias Físicas* a sua conceituação de “modelo” esteja mais próxima do mecanicismo “metodológico”. Isso se deve à sua doutrina psicológica ao por de um lado o pensamento continental, isto é o francês e alemão, versus o insular (inglês). O primeiro estilo de pensamento é essencialmente abstrato, fruto de lógica rigorosa e base de conceitual firme e estruturada. A segunda estrutura de pensamento, inerente aos físicos ingleses, fugiria totalmente dessa dinâmica continental, ao se assentar firmemente na capacidade imaginativa de seus articuladores. Sem regras lógicas inibidoras, os pensadores ingleses buscariam nos modelos mecânicos as justificativas para as mais diversas asserções acerca das naturezas dos fenômenos. É nesse ponto que fazemos interpretação do termo mecanicismo por Duhem se aproximar da leitura “metodológica” descrita por Bezerra.

Voltemos à crítica de Pierre Duhem ao mecanicismo. Ela se dá em virtude de sua própria concepção da natureza e dos fins da teoria física; para ele, as teorias mecânicas buscam atingir um “falso ideal”.

Segundo Duhem, a diferença crucial é que a teoria mecânica impõe às grandezas físicas, além das já conhecidas exigências aplicáveis à teoria física,

A condição de serem compostas por meio de elementos geométricos e mecânicos, de certo sistema fictício, e a todas as hipóteses impõe-se a condição de serem o enunciado das propriedades dinâmicas desse sistema (1989, p.23).

Duhem exemplifica com o caso da Óptica, em que suas leis experimentais fundamentais, oriundas da “generalização conforme a necessidade” (DUHEM, 1989, p.23), dão conta de certos fenômenos observáveis, tais como a propagação da luz, as interferências, a reflexão, a refração e a dispersão.

Para que se constitua uma teoria mecânica da luz, existe a necessidade da proposta adicional de certo “sistema fictício”, porém material – salientamos que essa “materialidade” é afirmada genericamente e não apenas no caso da luz – que constitua um substrato, ou um meio, onde se encontrarão elementos geométricos e mecânicos. Duhem está se referindo à concepção clássica do meio “éter”. O autor aponta para o fato de que é nele que ocorrerão fenômenos mecânicos, aos quais não temos acesso diretamente, que darão conta, com suas propriedades, de todas as leis da óptica que foram inicialmente tratadas. A noção de “cor”, por exemplo, deverá ser simbolizada pelo período de uma vibração aplicável a esse meio, como as ondas numa lâmina de água atingida por uma pedra. A noção de “intensidade” será simbolizada por uma “força viva média” do movimento dessa vibração. Já as leis da propagação da luz, das interferências, da reflexão, da refração e da dispersão serão o resultado dos teoremas da Elástica aplicados a esse meio “éter”. Para Duhem é relevante que, para a visão mecanicista, toda grandeza física deve-se curvar a um sistema material que a defina de modo mecânico.

Enfim, ao passo que na teoria física as grandezas definidas e as hipóteses enunciadas estão submetidas às condições impostas pelas leis experimentais e às regras da álgebra e da geometria, na teoria mecânica exige-se adicionalmente que as grandezas e as hipóteses sejam restritas a um número muito pequeno de noções de uma determinada natureza, o que diminui o campo de ação do físico, que se vê forçado a trabalhar apenas com esses elementos, já pré-determinados; dessa forma, não lhe resta senão “complicar as combinações que ele forma com esses elementos” (1989, p.24).

Os entraves que Duhem vê nas teorias mecânicas – estreitamento é a palavra chave – podem tornar seu desenvolvimento impossível. Ao passo que o ideal da teoria física, em termos de exatidão e duração, segundo a visão duhemiana, era que as hipóteses fossem o mais próximo possível das simples traduções das leis

experimentais, as hipóteses de uma teoria mecânica são oriundas de uma sofisticação descritiva sobre certo meio, muitas delas sem ter a experiência por origem. Para Duhem, as hipóteses sem lastro experimental são “o germe que mata todas as teorias mecânicas” (1989, p.24). Com isso as teorias mecânicas não cumprem a expectativa de absorção por outras melhores; ao contrário, tendem a ser substituídas. Simplesmente “desaparecem da ciência umas após as outras” (1989, p.24).

Mas, se a teoria mecânica é a mais afastada do ideal proposto por Duhem, então qual é o motivo de, em sua época, tantos³¹ a verem ainda como “o termo supremo da ciência” (DUHEM, 1989, p. 25).

Segundo sua visão notadamente psicológica, por conta de uma “tendência irresistível”, os pesquisadores se esforçam em pesquisar a natureza das coisas materiais, bem como sua razão de ser, identificando, desse modo, as leis que se escondem por trás dos fenômenos observáveis. Duhem também identifica uma segunda componente comportamental, inerente à natureza humana, na direção em que o pesquisador supervaloriza seu trabalho, aumentando-lhe a importância, pois, afinal, é um objeto que “ele há muito tempo e penosamente perseguiu” (DUHEM, 1989, p. 25).

Na concepção de Duhem, o próprio meio em que se insere o físico leva-o a agir desse modo. O ambiente científico só se permite compreender e aceitar a física por meio de “explicações imediatas, que satisfaçam suas necessidades materiais”, ou por intermédio de “uma explicação do mundo físico, que satisfaça sua ambição de compreender tudo”. Segundo o autor, físicos sábios e prudentes³², que definem com precisão o sentido e os limites das leis que propõe, são vistos com desconfiança, ao passo que aqueles que apresentam uma teoria mais ou menos extensa, como uma explicação metafísica do universo são recebidos com “confiança cega” (DUHEM, 1989, p. 25).

Para Duhem, longe de ser ter uma estrutura do mundo, com uma teoria mecânica ter-se-á uma estrutura frágil, uma visão ontológica particular, que poderá ser facilmente destruída por outras, visto não estar fundada na experiência, mas na escolha

³¹ Duhem não os cita nominalmente, porém são constantemente citados nessa parte do seu artigo em que crítica as teorias mecânicas os nomes de W. Thomson, Maxwell, Huygens, Descartes, Newton, Laplace, Poisson, Fresnel e Cauchy, dentre outros.

³² Duhem exemplifica com Carnot e o seu princípio de equivalência do calor e do trabalho..

de um modelo para algo que está além daquilo que temos acesso por intermédio de nossos sentidos. Duhem visa a uma teoria que seja permanente e isso se torna possível à proporção que se remover a subjetividade inserida na mesma pelos seus pesquisadores. Essa subjetividade diz respeito aos construtos que o pesquisador insere na sua própria teoria para que atinja o propósito de uma explicação acerca de um fenômeno observável. Se formos pensar em termos de sua epistemologia, fugir da regra rígida que Duhem propõe para as teorias físicas, traz consigo um grau de vulnerabilidade à inserção de conteúdos que sejam próprios ao “espírito do físico” que os estuda.

Há, para Duhem, um substrato que não depende de nós, que se encontra como parte do mundo. Podemos tateá-lo, nos aproximarmos dele, mas não inventar aparências e aspectos que não existem e pretender chegar às causas. Duhem condena a tendência de se ampliar, de se pretender ultrapassar o caráter puramente simbólico das grandezas e de tradução das hipóteses, para uma crença de se ter obtido uma explicação das leis que se buscou representar. Para ele, os mecanicistas não levam em conta que propriedades de seu mecanismo podem simbolizar certas leis do mundo, mas “seu mecanismo em si não representa o mundo” (1989, p.26).

Segundo a visão de Duhem, a teoria mecânica busca inventar, criar meios explicativos para dizer “como o mundo é feito” ou “esta é a explicação do universo” (1989, p.27). Diante desse empenho em desvendar as causas, Duhem acaba por comentar que, caso os defensores da teoria mecânica fossem acusados de empregar “qualidades ocultas”, não se sentiram atingidos diante de críticas do tipo “ele desejou classificar as leis e não desvendar as causas” (1989, p.27).

II.5 A distinção entre Física e Metafísica

A recepção do seu primeiro artigo de 1892 veio acompanhada de muitos protestos de seus pares. Duhem nos descreve resumidamente uma das críticas, de autoria do engenheiro Vicaire, publicada no ano seguinte àquele em que seu artigo foi

publicado. Segundo Vicaire, as teorias físicas tinham o “legítimo objeto da procura das causas” e, negar esse fato, é “sustentar uma doutrina suspeita de positivismo, capaz de conduzir ao ceticismo e de matar a atividade científica” (DUHEM, 1989, p.41).

Duhem principia sua resposta dirigindo nossa atenção a um fato relevante, o das definições, mais precisamente, que existe uma divergência acerca do entendimento dos significados dos termos física e metafísica. É nesse ponto que pode estar encerrada a discordância de posições quanto ao papel das teorias físicas, como veremos a seguir.

As definições que Duhem nos proporciona – as quais, diz ele, pertencem à linguagem de sua época (ele denomina “moderna”) – são perfeitamente condizentes com o seu ponto de vista, ou seja, que à física cabe a função de “estudo experimental das coisas inanimadas encarado em suas três fases: a constatação dos fatos, a descoberta das leis e a construção de teorias” (DUHEM, 1989, p.42) e que à cosmologia (a parte da metafísica que trata da matéria não viva, logo correspondente à física) a “procura da essência das coisas materiais ao passo que causa dos fenômenos físicos” (DUHEM, 1989, p.42). Logo, sua visão das teorias físicas, com a única finalidade de promover a classificação e coordenação de leis experimentais, estaria perfeitamente contida nessa definição de física, bem como a busca das causas pertenceria a outro domínio, no caso, o da cosmologia.

Já seus opositores, segundo Duhem, estariam se valendo de definições ultrapassadas, pertencentes às filosofias escolástica e peripatética. Nessa leitura, a física corresponde ao “estudo do movimento das coisas materiais, isto é, das modificações que a essência dessas coisas sofreu por qualquer passagem da potência ao ato” e à metafísica ao “estudo da essência das coisas”. A junção desses dois conceitos corresponde à noção “moderna” de metafísica que Duhem que apresentamos anteriormente (páginas 50 e 51). O físico francês acrescenta ainda que sua definição “moderna” de física não encontra equivalente direto na filosofia peripatética. O que mais se aproximaria dessa noção, em termos de estudo de leis experimentais e a sua junção em teorias, seria a Astronomia.

Dado o exposto, observamos que, sob um cunho epistemológico, a tese demarcatória entre a Física e a Metafísica, elaborada por Duhem, objetiva distinguir rigorosamente essas duas esferas do conhecimento, cabendo à física lidar com o

conhecimento dos fenômenos, e à metafísica o conhecimento ontológico do ser. Essa ótica é diferente da do positivismo, pois não visa eliminar a metafísica, mas ao invés disso, visa dar-lhe um alcance cognitivo, embora diferente daquele da física.

Apenas com o intuito de uma melhor comparação entre os pontos de vista do positivismo comteano e do ponto de vista duhemiano acerca da metafísica, resumiremos a doutrina do primeiro, como segue.

No seu Curso de Filosofia Positiva, publicado entre 1830 e 1842, Comte afirma que o espírito humano percorre uma marcha progressiva, historicamente estabelecida, que é permeada por uma grande “lei geral do desenvolvimento do espírito humano”. Segundo essa lei, não só cada uma das nossas concepções principais, como também cada ramo de nossos conhecimentos passa sucessivamente por três estados históricos diferentes, mutuamente excludentes e situados dentro de uma seqüência exata de ocorrência: o teológico ou fictício, o metafísico ou abstrato, e o científico ou positivo.

O primeiro deles, o teológico, é o ponto de partida da inteligência humana. Nele o “espírito humano dirige essencialmente suas investigações para a natureza íntima dos seres, as causas primeiras e finais de todos os efeitos, na direção dos conhecimentos absolutos”. Acredita-se nesta fase “que os fenômenos são produzidos pela ação direta e contínua de diversos agentes sobrenaturais, cuja intervenção arbitrária dá conta das anomalias aparentes do universo” (COMTE, 1983, p.4)

O estado metafísico é uma simples modificação geral do teológico, e destina-se unicamente a cumprir uma função de passagem. Nele, os agentes sobrenaturais são substituídos por forças abstratas ou entidades personificadas, inerentes aos diversos seres do mundo, e capazes de engendrar por si mesmas todos os fenômenos observáveis. A explicação dos fenômenos acaba se consistindo em determinar para cada um deles uma entidade correspondente.

O terceiro, o positivo, é o definitivo. Nele, segundo Comte, o

Espírito humano, reconhecendo a impossibilidade de obter noções absolutas, renuncia à procura da origem e do destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir [...] suas leis efetivas, [...] suas relações invariáveis de sucessão e de similitude, graças ao uso combinado do raciocínio e da observação. A explicação dos fatos, reduzida então a seus termos reais, se resume [...] na ligação estabelecida entre os

diversos fenômenos particulares e alguns fatos gerais, cujo número o progresso da ciência tende a diminuir cada vez mais (COMTE, 1983, p.4)

Para Comte, aquela que poderia ser a mais alta ambição da filosofia positiva se resume a descobrir unicamente as leis dos fenômenos, com o simples desejo de confirmar ou infirmar uma teoria, pois considera como algo necessariamente proibido à razão humana todos os “sublimes mistérios, que a filosofia teológica explica [...] com tão admirável facilidade, até em seus mínimos pormenores” (COMTE, 1983, p.4).

O sistema teológico ao chegar à sua mais alta perfeição, reduziu as numerosas divindades independentes primitivamente imaginadas pela ação providencial de um único ser. Do mesmo modo, o sistema metafísico, ao chegar à sua mais alta perfeição, reduziu as numerosas e diferentes entidades particulares a uma única grande entidade geral, a natureza, considerada como fonte exclusiva de todos os fenômenos. Em resumo, a transição ocorre quando se atinge uma entidade atinge um limite, se configurando como a última, a universal e a mais evoluída de uma determinada fase. Sob essa ótica, Comte proclama que a perfeição do sistema positivo tende incessantemente a poder representar todos os diversos fenômenos observáveis como casos particulares de um único fato geral, porém sem nunca provavelmente atingi-lo.

Segundo a exposição feita, temos que Comte considera que a metafísica se torna totalmente superada a partir do momento que a fase positivista se impõe, o que é manifestadamente contrário ao que afirma Duhem, pois, em sua concepção, a metafísica era uma forma de conhecimento perfeitamente válida.

Após sua demarcação, Duhem passa expor duas novas teses pertinentes aos saberes físico e metafísico: inicialmente, aquela que estabelece uma ordem lógica: “a física tem prioridade lógica sobre a metafísica”; esse estabelecimento se deve à limitação do intelecto humano. Em segundo lugar, a que estabelece uma ordem de excelência: “a metafísica é mais excelente que a física”. Tal excelência se dá em função da profundidade do conhecimento obtido.

A prioridade lógica da física sobre a metafísica condiz com uma interpretação apontada por Mariconda como essencialista da metafísica, pois só podemos “conhecer a essência das coisas ao passo que essa essência é a causa e a razão de ser dos

fenômenos e das leis que os regem”, que é complementado pelo “estudo dos fenômenos e das leis deve preceder à investigação das causas” (1989, p. 43).

Consideremos a questão da demarcação entre Física e Metafísica. Para Duhem, a Metafísica se constitui num conhecimento mais profundo, logo mais excelente. Em contrapartida, a Física se posiciona como primeira na ordem lógica. Como vimos, necessitamos conhecer inicialmente os fatos, para depois compormos teorias, e daí inferirmos asserções acerca da Metafísica.

Sobre essa questão da excelência, complementamos que, segundo Ariew e Barker, “Duhem adotou uma posição quasi-Tomista: a Metafísica é uma forma real de conhecimento, mais excelente que a física, porém separada desta por ter diferentes objetos e ser governada por diferentes métodos” (1996, p.x).

Se pudéssemos ter acesso direto às causas, poderíamos derivar uma física da Metafísica, que poderia, até, ser julgada como verdadeira. No entanto, já que isso não é possível, dada a nossa forma de conhecer, para Duhem o estudo dos fenômenos deve preceder a procura das causas.

Em síntese, Duhem não nega a Metafísica; propõe, entretanto, a independência entre Física e Metafísica, se dá por conta dos seus objetos. Segundo ele,

Pertence à metafísica inteirar-se dos fundamentos, evidentes em si mesmos, nos quais assenta a física; mas esse estudo não acrescenta nada a sua certeza e evidência no domínio da física (1989, p. 46).

Já 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 elas regem (1989, p. 47).

Essa conceituação irá sofrer uma mudança no seu objeto. No artigo de 1892, a princípio, as teorias físicas cumpririam um papel de economia mental ao “aliviar a memória e ajudá-la a reter mais facilmente o aglomerado das leis experimentais” (DUHEM, 1989, p. 14). Mas no seu artigo de 1905, temos um aprofundamento desse objeto, deixando de ser um puro instrumento de memória, para uma finalidade que trás

certas dificuldades quanto à sua interpretação: a “classificação natural” das leis seria o grau máximo de perfeição de uma teoria física:

A teoria física, por intermédio de seus sucessivos aperfeiçoamentos, tende a ordenar as leis experimentais numa ordem cada vez mais análoga à ordem transcendente, segundo a qual se classificam as realidades. Afirmará que, por isso, a teoria física se encaminha gradualmente para a forma limite que é a forma de uma classificação natural (1989, p.142).

Ao propor a existência de uma ordem transcendente, que determina os fenômenos, para Duhem, a teoria passa a ter um novo fim a ser atingido, o de “ordenar as leis experimentais numa ordem cada vez mais análoga” a essa ordem transcendente. É nesse sentido então que o físico, embora tenha liberdade para a escolha de hipóteses, deve orientar suas pesquisas.

A essa súbita incursão duhemiana no universo metafísico encontramos um comentário de Lucena: “com isso, Duhem se afasta do convencionalismo e se aproxima do realismo. Mas essa não é uma questão que se deixa demasiadamente clara e em muitos lugares da sua obra encontramos afirmações decididamente convencionalistas” (2005, p.56).

II.6 A física experimental

Vimos que, para Duhem, uma teoria física deve ter origem na experiência e que cabe a ela apenas classificar as leis experimentais. Vimos, também que, ao fazer isso, o “espírito do físico” desempenha um papel. Qual seria ele? Para podermos responder à questão devemos primeiramente entender como Duhem concebe sua teoria experimental.

Já no título do primeiro capítulo da primeira parte do seu texto *Algumas Reflexões acerca da Física Experimental*, Duhem nos passa uma das suas primeiras

considerações sobre a física experimental. Segundo ele, “uma experiência da física é a observação precisa de um grupo de fenômenos” (1989, p.88), porém essa observação não é isenta; para ele, a observação deve vir

Acompanhada da INTERPRETAÇÃO desses fenômenos. Essa interpretação substitui os dados concretos realmente recolhidos pela observação por representações abstratas e simbólicas que lhes correspondem em virtude das teorias físicas admitidas pelo observador (1989, p.89).

Para o físico francês, toda experiência na física comporta duas partes. A primeira, é dada pela ação que visa produzir um fenômeno físico dentro de condições controladas para uma observação atenta e minuciosa, utilizando-se do instrumental adequado. A segunda consiste na interpretação dos fatos observados. Entre ambas há uma diferença, que é a necessidade ou não de conhecimentos teóricos prévios sobre a física.

Na primeira parte não é necessário se ter um conhecimento teórico profundo, mas apenas o suficiente para lidar com a atividade em si. Deve-se conhecer apenas o necessário para a correta condução dos procedimentos definidos, que podem ter sido ditados por quem mesmo executa ou por outrem. A atividade se inicia, digamos, com a separação dos instrumentos adequados. Continua na preparação das amostras que serão utilizadas. Avança da realização do experimento em si, e finaliza na leitura e anotação dos dados obtidos. Em suma, é uma atividade basicamente executiva, a qual requer que pouco se saiba além do que se pratica para realizá-la. Logo, não há a necessidade de ser realizada por um físico.

A segunda parte consiste na interpretação dos fatos observados e dos dados colhidos. Aqui a necessidade de um aprofundamento teórico é fundamental. Deve-se saber quais as teorias empregadas na definição de todo o procedimento que foi executado. Tem-se que confrontar os fatos observados com as condições previamente esperadas quando da aplicação das teorias. Enfim, deve-se ser obrigatoriamente um físico.

Dentro da sua elaboração, Duhem promove uma nova direção na sua exposição, chamando nossa atenção para o volume de abstrações presentes nos discursos teóricos. Caso um leigo vá descrever o que um físico faz num experimento, se utilizará

de um vocabulário estranho ao meio físico. Ele irá descrever com base no seu vocabulário que, no máximo, poderá conter alguns elementos empregados na física que fazem parte do discurso, digamos, do senso comum. Poderá ter alguma assertividade em função da sua eventual inclinação ou admiração pela física, mas, como resultado geral, fatalmente deverá ter a condição de um discurso de leigo.

Já um discurso de um físico, ou de qualquer outro especialista, ou profissional dentro da área da sua compreensão, está sempre impregnado por um uma estrutura de conhecimentos que será cada vez mais complexa, quanto mais abstrata for a especialidade que estiver em curso.

Segundo Duhem, o vínculo das abstrações com os fatos observados se faz por correspondência. Em prol disso, emprega um exemplo referindo-se ao químico Regnault, ao descrever como este lê o volume ocupado por um certo gás, ele [Regnault]

Vê a imagem de uma certa superfície de mercúrio chegar até uma marca [dentro de um determinado tubo]. [...] Ele conclui que o gás ocupa um volume com um certo valor. [...] E para fazê-la [a abstração] corresponder ao fato observado, [...] é preciso aferir o tubo, isto é, fazer apelo não somente às noções abstratas da geometria e aritmética, aos princípios abstratos sobre os quais repousam estas ciências, mas, ainda, à noção abstrata de massa, às hipóteses da mecânica geral e da mecânica celeste que justificam o emprego da balança na comparação das massas (DUHEM, 1989, p.88)

Em suma, todo físico experimental, ao descrever os fenômenos que tem diante de si, transmite-nos relatos impregnados de dados abstratos e simbólicos, retirados das teorias físicas que admite, ao invés de efetuar descrições acerca dos dados concretos, efetivamente obtidos na observação dos fatos.

Essa interpretação, essa correspondência entre fatos observados e abstrações, é parte integrante de uma experiência na física e, como tal, Duhem nos assevera que é impossível separar um elemento do outro, dada a conexão existente entre ambos. Logo, para o físico francês não há uma física puramente experimental, isenta de qualquer pressuposto teórico quando da execução de um experimento.

Duhem admite, porém, exceções. Estas podem ser verificadas nas ciências que o físico francês caracteriza como “ainda próximas da sua origem”, tais “como a

fisiologia, ou certos ramos da química”. Nestes casos, o repertório teórico se situa numa linguagem que se aproxima decididamente das descrições numa linguagem pouco técnica, bem próxima dos discursos observacionais. São os “decalques brutos, fiéis e escrupulosamente exatos do fato, resultantes do ato de se deixar o experimentador face à face com os dados”, enfim, onde toda a descrição pormenorizada e isenta é condição de aceitação das observações. Não pode se utilizar de “causas secundárias”, isto é, conceber novas formulações ou idéias pré-concebidas, que não estejam vinculadas diretamente ao que está posto. Tudo por uma questão de confiabilidade na formulação dos resultados, dado que se produz uma reflexão “imediatamente sobre os fatos observados”.

Segundo Duhem, esse “método isento” não é aplicável às ciências mais avançadas ou mais desenvolvidas, dentre elas a física, que possuem um emprego fundamental da matemática nas suas formulações. Numa alusão ao positivismo comteano, Duhem cita a denominação dada a elas no início de seu século, como ciências pertencentes à fase “analítica” ou “racional” (DUHEM, 1989, p. 90).

O autor se debruça sobre a sua estruturação das teorias físicas, a qual abordamos anteriormente, para esmiuçar a complexidade do corpo teórico que se forma. Ela se faz necessária para dar conta de uma “massa de documentos” resultantes dos dados da experiência, que se transformam em leis, e que depois são classificadas e traduzidas em “linguagem clara e concisa” (DUHEM, 1989, p. 90).

Logo, a interpretação dos fatos por meio de teorias que são admitidas pelo observador é parte integrante da experiência física e, desse modo, “a constatação dos fatos não é dissociada da transformação que a teoria lhes faz sofrer” (1989, p.89), isto é, há sim uma influência, há uma inserção de conteúdos das crenças científicas admitidas por parte do espírito do pesquisador junto à experiência que realiza.

Duhem reconhece que esse princípio poderia ser criticado por aqueles que acreditam que os fatos devam ser observados “sem idéias preconcebidas”. Alguns de seus contemporâneos entendiam que, enquanto durar a experiência, a teoria deve se manter afastada, para que não influencie os resultados, mantendo-os independentes. Segundo ele, espera-se que o relato da experiência seja a mais fiel representação dos

fenômenos, não transparecendo as crenças do experimentador. As teorias ficam habilitadas a atuar antes e após o experimento, mas nunca durante o mesmo.

Para Duhem essa regra é adequada para certas “ciências que estão mais próximas da sua origem, como a fisiologia, ou certos ramos da química, ciências em que o pesquisador observa e raciocina diretamente sobre os fatos” (1989, p.90).

Caso tentássemos fazer uma descrição de um fenômeno observado sem o uso das expressões abstratas, mais assertivamente das grandezas, tais como pressão, força, temperatura, densidade, etc., acabaríamos gerando um enorme volume de descrições exclusivamente observacionais, extremamente confuso, quando não impossível de serem realizadas. Para o seu trabalho, um físico precisa fazer correspondências imediatas entre os fatos da experiência e as expressões abstratas e esquemáticas dadas pelas teorias físicas.

E teoria, para Duhem, é “o vocabulário que faz corresponder a cada propriedade física uma grandeza, a cada lei física uma equação” (1989, p.90).

A importância da teoria na interpretação dos fatos da experiência cresce à proporção que a ciência progride. Para Duhem, uma ciência começa como “um senso comum mais atento, como um decalque exato da realidade observada” (1989, p.91, p2). Partes da fisiologia estão nesse estado e, conforme evolui, a “espessura das considerações teóricas, que separa o fato concreto [...] e a tradução abstrata [...], torna-se mais considerável” (1989, p.91). Neste ponto encontramos o germe da tese historiográfica de Duhem, em que se parte de substratos iniciais ditados pelo senso comum, mas que à medida que temos a evolução científica, sua densidade, ou em termos duhemianos, “sua espessura” aumenta.

Duhem cita a química orgânica como exemplo de um desenvolvimento perfeito: “a experiência nos informa que substituindo um H da benzina pelo grupo ácido COOH, obtém-se o ácido benzóico” (1989, p.92). Ele se admira com o distanciamento que esse enunciado tem das observações concretas e resume sua idéia: “quanto mais uma ciência progride, mais a tradução simbólica que ela substitui pelos fatos da experiência é abstrata e distante dos fatos” (1989, p.92).

Uma outra tese, que Duhem lança na sua discussão sobre a física experimental, é a de que “uma experiência da física nunca pode condenar uma hipótese auxiliar, mas

somente todo um conjunto teórico” (1989, p.92). Vejamos como ele chegou a essa asserção.

A discussão se inicia com a distinção entre dois tipos de experiências: as de “aplicação”, que são aquelas que não visam avaliar se as teorias admitidas estão corretas, ou não, mas apenas tiram partido destas, repetindo experimentos já consolidados. O segundo tipo é a experiência de “prova”, que é aquela que promove a ciência, criando-a e desenvolvendo-a. É através destas que o físico demonstra se uma dada teoria está correta ou não.

Para ilustrar em que consistiria uma experiência de prova, ou demonstração, Duhem considera a forma como foi tratada uma proposição feita pelo físico alemão Franz Ernst Neumann (1798–1895), segundo o qual, “em um raio de luz polarizada, a vibração era paralela ao plano de vibração” (1989, p.92). O também físico alemão Otto Wiener (1862–1927) refutou tal concepção com o uso de uma experiência de prova, utilizando-se do seguinte recurso: deduziu da proposição de Neuman uma determinada conseqüência e preparou as condições de laboratório necessárias para a sua realização experimental verificável. Tratava-se de uma experiência de ótica, em que se esperava a produção de franjas paralelas a uma superfície refletora. Wiener mostrou que tais franjas não se produziam; com isso concluiu que a proposição de Neuman era falsa, ou seja, “a vibração não é paralela ao plano de polarização” (1989, p.93).

Para Duhem, os físicos igualam a irrefutabilidade de uma demonstração desse tipo com a redução ao absurdo da matemática; afirma que é nesta redução que aquela demonstração está calcada. Nesse caso, a “contradição experimental faz o papel da contradição lógica” (DUHEM, 1989, p.93, p.1), isso significa a migração de um modo idealizado, teórico, invadindo um âmbito real, o que é em si um problema apreciável e ao qual Duhem irá dirigir fortes críticas.

Porém, segundo Duhem há, na realidade, algo mais significativo em jogo: ao usar esse tipo de demonstração, o físico:

Não se limita a fazer uso da proposição em litígio, ele emprega ainda todo um conjunto de teorias, admitidas por ele sem contestação. A previsão do fenômeno cuja produção deve resolver o debate não deriva da proposição litigiosa tomada isoladamente, mas da proposição litigiosa unida a todo esse conjunto de teorias. Se o fenômeno previsto não se produz, não é a proposição

litigiosa isoladamente que é considerada imperfeita, é toda a armação teórica de que o físico fez uso (1989, p.93).

Dessa questão surge uma das mais conhecidas asserções de Pierre Duhem, a de que o físico jamais pode submeter à experiência uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto de hipóteses. Diante da ocorrência de um desacordo de uma dada hipótese com a experiência, pelo menos uma das hipóteses admitidas deve estar errada e deve ser modificada, mas não se sabe qual delas efetivamente.

Na experiência de Wiener, nada garante que o erro esteja na asserção de Neuman que foi contraditada, e não em alguma outra hipótese contida na teoria ótica, que esteve por trás de sua realização. Ou seja, não se pode “condenar em bloco” um sistema, pois “a experiência não nos diz onde reside o erro” (1989, p.94).

Duhem assevera que o senso comum entende que cada uma das hipóteses da Física deve ser testada isoladamente e, na medida em que for sendo comprovada por variados e múltiplos experimentos, vai alçando um posto quase definitivo dentro do conjunto da ciência. Para ele essa visão está mais para um engano, pois que a Física não é uma “máquina que se permite desmontar”. “É um organismo que deve ser tomado por inteiro” (1989, p.95) e sobre o qual “não se pode fazer funcionar uma parte sem que as partes mais distantes desta entrem em jogo, umas mais, outras menos, mas todas em algum grau” (1989, p.95).

Em caso de falha, o físico deve descobrir qual é o “órgão” que deve ser corrigido ou modificado, sem que ocorra uma “visseção”, pois não lhe é dada essa opção. A teoria se comporta como um todo, como um organismo vivo. Deve, portanto, examiná-lo ali mesmo, no local onde se encontra. O autor nos apresenta um exemplo ilustra essa visão: um relojoeiro pode desmontar um relógio em todas as suas partes para achar o defeito e então consertá-lo, porém um médico não pode dissecar um doente para descobrir a sua cura. Assim, para Duhem, um físico está mais para um médico que um relojoeiro.

O que vimos até aqui constitui um dos aspectos que comporá a crítica de Duhem ao experimento crucial: “o físico jamais pode submeter ao controle da experiência uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto de hipóteses” (1989, p.95) e que será comentada mais profundamente no capítulo seguinte desta dissertação.

CAPÍTULO III – O *EXPERIMENTUM CRUCIS* É IMPOSSÍVEL NA FÍSICA

III.1 Introdução

Neste terceiro capítulo nos deteremos na análise da afirmação da impossibilidade do Experimento Crucial na Física, presente no ensaio “Algumas Reflexões Acerca da Física Experimental”, de Pierre Duhem, escrito em 1894. Temos nele, basicamente, o cientista francês identificando no *experimentum crucis* “um dos pontos essenciais do método experimental empregado na física” (DUHEM, 1989, p.95), porém seu objetivo maior é expor uma crítica dirigida a alguns de seus contemporâneos que, segundo ele, fazem uso da redução ao absurdo para a edificação de verdades no domínio da física.

Duhem identifica na redução ao absurdo a base da metodologia do *experimentum crucis*, porém, a seu ver, é empregada de modo não autorizado: na geometria é empregada na refutação, porém, quando aplicada à física, passa a ser utilizada como meio de demonstração. Assim, caso o pesquisador queira demonstrar a verdade de uma posição que defenda, seus esforços devem se concentrar numa atitude voltada a tornar absurda, contraditória, uma proposição adversária. O termo “encurrular” cumpre um papel essencial nessa ação, pois visa a uma abordagem direta ao defensor da proposição adversária:

A redução ao absurdo, que não parece ser mais que um instrumento de refutação, pode tornar-se um método de demonstração. Para demonstrar que uma proposição é verdadeira, é suficiente encurrular em uma consequência absurda aquele que admitisse a proposição contraditória àquela³⁴. Sabe-se o partido que os geômetras gregos tiraram deste modo de prova. [...] Aqueles que assimilam a contradição experimental à redução ao absurdo pensam que se pode seguir na física um método semelhante ao que Euclides usou na geometria. (DUHEM, 1989, p.96)

³⁴ Este excerto possui um erro de tradução... Correção (encurrular pessoas) “quem admite uma proposição em contradição com a mesma”.

Sob uma forma irônica – claramente se dirigindo aos seus pares mecanicistas, os maiores interessados em métodos que trouxessem verdades sobre a natureza dos fenômenos físicos – Duhem prescreve o modo como se pratica a redução ao absurdo em um *experimentum crucis*:

Queremos obter de um grupo de fenômenos uma explicação teórica certa e incontestável? Enumerem-se todas as hipóteses que é possível fazer-se para dar conta desse grupo de fenômenos; depois, pela contradição experimental, eliminem-se todas, salvo uma. Esta última deixará de ser uma hipótese para tornar-se uma certeza. Suponha-se, em particular, que apenas duas hipóteses estejam presentes. Procurem-se as condições experimentais tais que uma das hipóteses anuncie a produção de um fenômeno completamente diferente e realizem-se essas condições observando o que acontece. Conforme seja observado o primeiro dos fenômenos previstos ou o segundo, condenar-se-á a segunda hipótese ou a primeira; aquela que não for condenada será, de agora em diante, incontestável. O debate estará resolvido, uma verdade nova será adquirida pela física. Nisso consiste o *experimentum crucis*. (DUHEM, 1989, p.96)

Deter-nos-emos um pouco neste ponto para entender como se processa essa metodologia, que parte de uma refutação (a redução ao absurdo) e termina numa demonstração. Para tanto, adotaremos a seguinte definição de redução ao absurdo (*reductio ad absurdum* ou RAA) dada por Blackburn:

É um processo de raciocínio que deriva uma contradição de um conjunto de suposições, concluindo que o conjunto como um todo é insustentável, de maneira que pelo menos uma das suposições tem que ser rejeitada (BLACKBURN, 1997, p.338).

Como um exemplo de entendimento, Gersting nos apresenta a seguinte expressão formal para a redução ao absurdo: se $P \rightarrow Q$, então $(P \vee Q' \rightarrow F) \rightarrow (P \rightarrow Q)$, é uma tautologia. Logo, para provar uma hipótese $P \rightarrow Q$, basta provar que $P \vee Q' \rightarrow F$. Supondo que a hipótese e a negação da conclusão são ambas verdadeiras, para se reduzir ao absurdo, deve-se deduzir uma contradição dessas proposições.

Apesar da referência explícita de Duhem à redução ao absurdo, existem textos de comentadores que tratam do seu pensamento filosófico, e que vinculam suas teses ao termo *modus tollens*, porém, curiosamente, esse termo não é usado literalmente no artigo empregado neste capítulo, bem como na sua obra filosófica “O objeto e a

estrutura da teoria física” (*La Theorie Physique: son objet - sa structure*). Pelo fato do *modus tollens* ser um instrumento de refutação usado na lógica, entendemos que esteja alinhado com o objetivo refutativo do *experimentum crucis*, como caracterizado por Duhem.

Brenner (1990, p.219), um dos comentadores ao qual recorreremos, interpreta no seguinte trecho de *O objeto e a estrutura da teoria física* a presença implícita de um raciocínio em que há o esquema lógico do *modus tollens*:

Esse modo de demonstração parece tão convincente, tão irrefutável quanto a redução ao absurdo usual nas matemáticas. É, de resto, sobre essa redução ao absurdo que tal demonstração está calcada, a contradição experimental representando numa o papel que a contradição lógica representa na outra (DUHEM, 1997, p.280).

Esse trecho é interpretado por Brenner sob a seguinte linguagem lógica: “H é uma hipótese e P uma predição: $H \rightarrow P$, se $\neg P$, logo $\neg H$ ” (1990, p.219, Nota 1), ou seja, a do *modus tollens*.

Do mesmo modo, Harding (1976, p.X) efetua uma exposição que dá a entender que o termo *modus tollens* também estivera sendo implicitamente citado por Duhem. Segundo a comentadora, a crítica duhemiana argumenta que “duas condições devem ser satisfeitas simultaneamente” para que se possam erigir verdades na física a partir do *experimentum crucis*, e uma delas é a “existência de um procedimento não ambíguo de falsificação”. Assim, “argumentos com a estrutura do *modus tollens* são usualmente tomados para representar o procedimento apropriado de falsificação” (HARDING, 1976, P.X). A comentadora assevera, então, que no seguinte trecho “o físico jamais pode submeter ao controle da experiência uma hipótese isolada, mas somente todo um conjunto de hipóteses” (DUHEM, 1989, p.95), o físico francês estaria argumentando que:

O *modus tollens* é raramente, quando nunca, a estrutura do argumento nas ciências, desde que as predições do cientista estejam de fato baseadas não numa simples hipótese, mas, ao invés disso, ao menos em várias suposições e regras de inferência, algumas das quais são, freqüentemente, apenas consideradas tacitamente. É a partir da hipótese principal mais um conjunto de hipóteses auxiliares que as previsões são deduzidas. [...] Assim não há razão para escolher determinada hipótese particular como sendo a culpada para que outras hipóteses

isoladas fiquem imunes de refutação: Duhem nega que procedimentos de falsificação não ambíguos existam em ciência (HARDING, 1976, p.X).

Os comentários que expusemos ilustram nossa discussão com a finalidade de identificar o modo como Duhem concebe a redução ao absurdo. O passo seguinte consiste em entender o que é o *modus tollens*, bem como de que modo ele participa de um esquema lógico válido para o *experimentum crucis*.

Basicamente, o *modus tollens* (abreviação comum de *modus tollendo tollens*, ou MTT) é uma regra de inferência válida, na qual uma premissa categórica nega a proposição conseqüente da premissa condicional (ou hipotética) e a conclusão nega seu antecedente. Segue um exemplo nosso:

$H \rightarrow I$	Se a natureza da luz é corpuscular, ela viaja mais rápido na água.
$\neg I$	A luz não viaja mais rápido na água.
$\neg H$	A natureza da luz não é corpuscular.

Exemplo:

III.2 A “verificação crucial” de Hempel

Dentro do contexto de análise da presença do *modus tollens* ou da redução ao absurdo na discussão do experimento crucial em Duhem, cabe introduzir a seguinte argumentação, apresentada na tradução brasileira de *Philosophy of Natural Science* de Hempel, na qual temos o termo “verificação crucial”, ao invés de “experimento crucial”; este o define do seguinte modo:

Suponhamos que H_1 e H_2 sejam duas hipóteses rivais sobre o mesmo assunto, igualmente bem apoiadas até agora pela experiência, sem que se possa dizer portanto que a evidência disponível favoreça mais a uma que a outra. Uma decisão entre as duas poderá então ser obtida se se conceber uma situação para a qual H_1 e H_2 predigam resultados incompatíveis; i.e., se, para uma determinada condição C da experiência, decorrer da primeira hipótese a implicação ‘Se C então E_1 ’ e da segunda hipótese ‘Se C então E_2 ’, onde E_1 e E_2 sejam resultados que se excluem mutuamente. É de presumir que a realização da experiência refute uma das hipóteses e sustente a outra (HEMPEL, 1974, p.40).

O esquema formal simplificado da “verificação crucial”, segundo Hempel, é:

$$\begin{cases} H_1 \rightarrow (C \rightarrow E_1) \\ H_2 \rightarrow (C \rightarrow E_2) \end{cases}$$

E:

$$\begin{cases} E_1 \rightarrow \neg E_2 \\ E_2 \rightarrow \neg E_1 \end{cases}$$

III.3 O experimento de Foucault

Após a sua descrição, Hempel não desenvolve ou esclarece a argumentação, se limitando a descrever exemplos clássicos de “verificações cruciais”, como o experimento do Foucault, que em sua época foi “amplamente considerado como uma refutação definitiva da concepção corpuscular e uma justificação decisiva da concepção ondulatória” (1974, p.41). Curiosamente, esse é o mesmo exemplo empregado por Duhem no artigo ao qual nos referenciamos neste capítulo, cuja descrição do que está sendo avaliado e quais os resultados obtidos, é apresentada deste modo:

Duas hipóteses referentes à natureza da luz são apresentadas. Para Newton, Laplace e Biot, a luz consiste em projéteis lançados com uma velocidade extrema; para Huygens, Young e Fresnel, a luz consiste em vibrações cujas ondas se propagam num meio elástico. Estas duas hipóteses são as únicas cuja possibilidade se entrevê: ou o movimento é transportado pelo corpo que ele anima, ou ele passa de um corpo a outro. Siga-se a primeira hipótese; ela enuncia que a luz viaja mais velozmente na água que no ar. Construa-se o aparelho de Foucault e coloque-se em movimento o espelho rotatório; duas manchas se formarão, uma branca e outra esverdeada. A franja esverdeada está à esquerda da franja branca? É porque a luz viaja mais velozmente na água que no ar; é porque a hipótese das ondulações é falsa. A franja esverdeada está à direita da franja branca? É porque a luz viaja menos velozmente na água que no ar; é porque a hipótese da emissão está condenada. Compare-se a posição das duas franjas e se vê a franja esverdeada à direita da franja branca. O debate é julgado: a luz não é um corpo; é um movimento vibratório cujas ondas se propagam num meio elástico; a hipótese da emissão perdeu; a hipótese das ondulações deixou de ser duvidosa. Ela é um novo artigo do *Credo* científico. (DUHEM, 1989, p.96)

A nosso ver, a escolha desse exemplo de experimento por Duhem, justamente numa abordagem crítica do *experimentum crucis* não foi ao acaso. Cantor nos elucida esse aspecto, trazendo tal caracterização ao experimento de Foucault (e Fizeau) durante a segunda metade do século XIX, como segue;

Após 1850, para muitos escritores, um experimento conceitualmente simples, mas tecnologicamente sofisticado, ofereceu o teste crucial (embora, naquele momento, a escolha entre as teorias ondulatória e corpuscular já não era um tema controverso para a maioria de cientistas). [...] Embora houvesse tentativas anteriores de realizar este experimento, os resultados independentemente obtidos de Foucault e de Fizeau foram saudados como definitivos. (CANTOR, 1989, p.177)

As Figuras 4 e 5³⁵ cumprem a função de complementar o entendimento da experiência de Foucault:

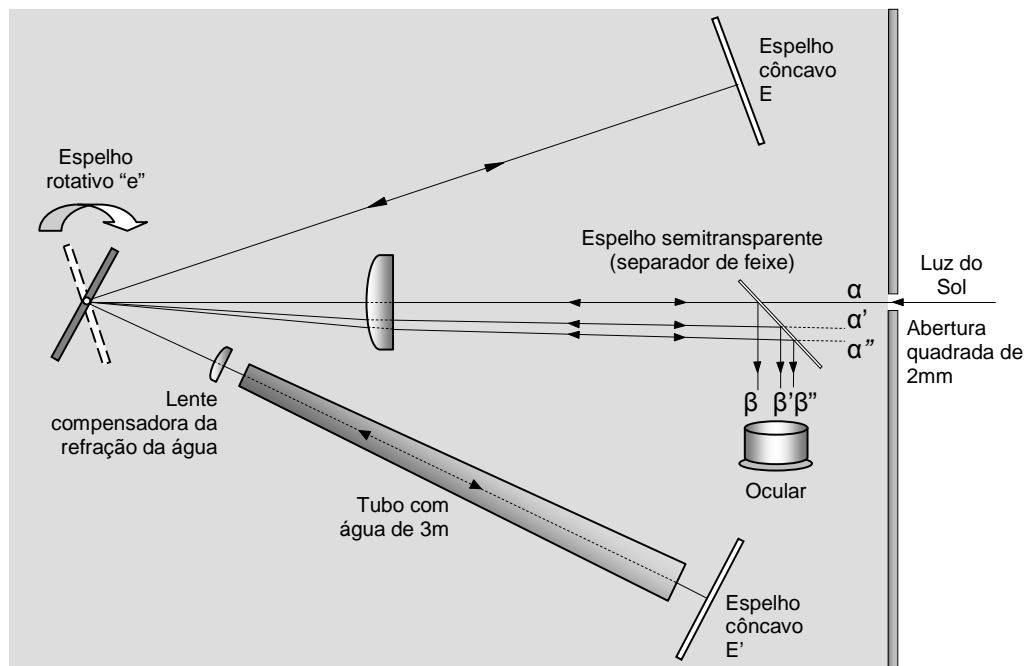


Figura 4: O experimento do espelho rotativo de Foucault, realizado em 1850. O sistema utiliza um fio de platina como traço que assinala o centro da abertura quadrada (Figura 5a, a seguir). Corresponde ao raio central “ α ” ao ser examinado na ocular. Estando o espelho parado, tanto o raio refletido no ar “ eE ”, quanto o refletido na água “ eE' ” correspondem ao raio “ β ”. Quando o espelho gira, os raios se desalinham de modo que “ eE ” se apresenta na ocular como “ β' ” e o “ eE' ” como “ β'' ”.

³⁵ Baseadas nas figuras 8.11 e 8.12 de TOBIN, William. The life and science of Léon Foucault: the man who proved the earth. Op. cit., p.125 e 126.

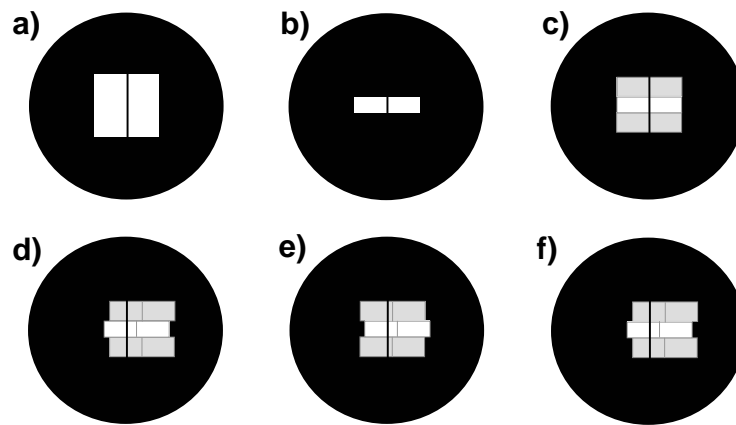


Figura 5: Experiência de Foucault (visão da ocular). a) Imagem apenas da franja branca, (passagem da luz no ar). Um traço referencial é ajustado para coincidir com o centro da abertura da entrada. b) Imagem da franja de ar estreitada. c) Imagem da franjas da água flanqueando a imagem da franja de ar estreitada (espelho giratório parado). d) Hipótese ondulatoria: a velocidade da luz no ar é maior que na água, logo, ao girar o espelho rotativo, a imagem se afasta para a direita da posição do traço referencial, porém as franjas esverdeadas apresentam um deslocamento maior, ficando mais à direita que a franja branca. e) Hipótese corpuscular: a velocidade da luz na água é maior que no ar, logo, ao girar o espelho rotativo, a imagem também se afasta para a direita da posição do traço referencial, porém as franjas esverdeadas apresentam um deslocamento menor, ficando mais à esquerda que a franja branca. f) O experimento de Foucault mostrou que a hipótese ondulatoria é a vencedora.

No exemplo apresentado por Hempel e Duhem são confrontadas a hipótese ondulatoria de Huygens, Young e Fresnel e a hipótese das emissões (corpularista) de Newton, Laplace e Biot sob a forma de um *experimentum crucis*. O próprio trecho “ou o movimento é transportado pelo corpo que ele anima, ou ele passa de um corpo a outro” reforça a clara intenção de se decidir sobre a natureza da luz.

A teoria corpuscular foi a primeira concebida para dar conta da natureza da luz. Já a teoria ondulatoria nasce com Hooke. O físico holandês Christiaan Huygens (1629-1695), um franco defensor dessa teoria, produziu estudos que geraram explicações satisfatórias das leis da reflexão e da refração. Assim, esses dois modos de interpretação da natureza da luz passaram a se tornar concorrentes e vinham sendo discutidos, e postos à prova, desde a concepção de Hooke e Huygens.

Segundo a concepção ondulatoria, a luz consistiria de vibrações de uma substância sutil, denominada “éter luminífero”.

Como já vimos no capítulo anterior, em 1803, a teoria ondulatória renasce nas mãos de Young, quando este realizou uma experiência procurando demonstrar que a luz possuía essa natureza.

Outro cientista que se tornou um aliado dessa concepção foi o físico francês François Arago (1786-1853). Seguindo sua teoria ondulatória, previu que a velocidade da luz deveria decrescer, caso adentrasse num meio mais denso e, em 1838, desenvolveu um teste, que comparava a velocidade da luz no ar e na água. Entretanto, dificuldades de ordem técnica impediram a execução desse experimento até a data de 6 de maio de 1850, quando Foucault anunciou perante a Academia de Ciências que a velocidade da luz na água era menor do que no ar³⁶.

Aos olhos da época, esse teste e sua posterior confirmação por Fizeau dois meses depois, fizeram por liquidar de vez a teoria corpuscular da luz de Newton, Laplace e Biot, e confirmaram a teoria ondulatória de Huygens, Young e Fresnel.

Retomando as expressões lógicas de Hempel, desenvolvemos deste modo a discussão da natureza da luz:

$$H_1 \rightarrow (C \rightarrow E_1) \text{ e } H_2 \rightarrow (C \rightarrow E_2)$$

Onde:

H_1 = Hipótese ondulatória

H_2 = Hipótese corpuscular

C = Experimento de Foucault

E_1 = A franja esverdeada está à direita da franja branca (velocidade maior no ar)

E_2 = A franja esverdeada está à esquerda da franja branca (velocidade maior na água)

A primeira asserção que se faz, é dizer que os resultados são mutuamente excludentes: $E_1 \rightarrow \neg E_2$ e $E_2 \rightarrow \neg E_1$

³⁶Isso foi obtido por intermédio de uma “roda de Fizeau”, modificada de tal modo a conseguir medir a velocidade da luz dentro de um longo tubo com água. A “roda de Fizeau” era um mecanismo simples, desenvolvido em 1849 por Fizeau, que permitia medir com sucesso a velocidade da luz.

O experimento de Foucault mostrou que a franja esverdeada está à direita da franja branca, ou seja, a velocidade da luz é maior no ar que na água, logo a concepção verdadeira acerca da natureza da luz é a ondulatória, pois:

$$\begin{array}{l} H_2 \rightarrow (C \rightarrow \neg E_1) \\ E_1 \\ \hline \neg H_2 \end{array}$$

No entanto, podemos afirmar o seguinte?

$$\begin{array}{l} H_1 \rightarrow (C \rightarrow \neg E_1) \\ E_1 \\ \hline H_1 \end{array}$$

O esquema lógico acima confirmaria o *experimentum crucis*, conforme Duhem caracteriza, porém não é possível de ser afirmado, porque essa é a expressão lógica da falácia da afirmação do conseqüente. Logo, a única afirmação possível desse modo demonstrativo, se efetivamente aceitarmos que ambas as conseqüências verificáveis (E_1 e E_2) são complementares e mutuamente excludentes, é que a concepção corpuscular da luz de Newton, Laplace e Biot não se mostrou verdadeira diante do experimento de Foucault e nada mais além disso. Comentamos que Hempel traça uma complementaridade entre as conseqüências verificáveis, porém nada afirma acerca de H_1 e H_2 nos mesmos termos de complementaridades, isto é: $H_1 \rightarrow \neg H_2$ e $H_2 \rightarrow \neg H_1$.

O que demonstramos acima indica que as “verificações cruciais” de Hempel não são suficientemente amplas de modo a descrever completamente o esquema lógico que Duhem descreve do *experimentum crucis*. cremos que Hempel atentou para a seguinte questão descrita pelo físico francês:

O que dissemos no parágrafo precedente mostra como nos enganamos ao atribuir à experiência de Foucault uma significação tão simples e um alcance tão decisivo. A experiência de Foucault não decide entre duas hipóteses – a hipótese da emissão e a hipótese ondulatória – mas entre dois sistemas, entre a ótica de Newton e a ótica de Huygens. (DUHEM, 1989, p.96)

III.4 A “indução eliminadora” de Weber

Mais recentemente, Marcel Weber, no seu artigo “O Ponto Crucial dos Experimentos Cruciais: Confirmação em Biologia Molecular” (*The Crux of Crucial Experiments: Confirmation in Molecular Biology*), defende a visão de que “experimentos simples [cruciais] podem prover razões suficientes para se preferir uma entre um grupo de hipóteses” e, além disso, de que “algumas das maiores descobertas na história da biologia molecular estão associadas com um experimento crucial” (2009, p.20). Nosso objetivo, ao citar esse artigo, não é o de analisar a crítica que Weber aplica a Duhem, mas tão somente expor o esquema lógico que emprega no texto, o que Weber (2009, p.24) denomina de “indução eliminadora”. Vejamos:

- (1) $H_1 \vee H_2$
- (2) $H_1 \rightarrow e$
- (3) $H_2 \rightarrow \neg e$
- (4) e
- (5) De (3), (4): $\neg H_2$ [por *modus tollens*]
- (6) De (1), (5): H_1 [por silogismo disjuntivo]

Se empregarmos o exemplo do experimento de Foucault no esquema lógico de Weber, conseguiremos ter um resultado compatível com a descrição dada por Duhem. Vejamos³⁷:

- (1) H_1 (Hipótese ondulatória) \vee H_2 (Hipótese corpuscular)
- (2) H_1 (Hipótese ondulatória) $\rightarrow e$ (franja verde à direita no aparelho de Foucault)
- (3) H_2 (Hipótese corpuscular) $\rightarrow \neg e$ (franja verde à esquerda no aparelho de Foucault)
- (4) e
- (5) De (3), (4): $\neg H_2$ [por *modus tollens*]
- (6) De (1), (5): H_1 [por silogismo disjuntivo]

³⁷ As duas hipóteses conflitantes “ H_1 ” e “ H_2 ” e o experimento “ e ” são interpretações nossas, pois o artigo não os define.

Em função da demonstração acima, o esquema lógico de Weber se mostrou apto a descrever até este ponto a exposição do *experimentum crucis* de Duhem. O sucesso da sua proposta foi o vínculo direto que efetuou entre as hipóteses e as conseqüências verificáveis – exatamente o que Hempel não fez.

Segundo Weber (2009, p.24), nas inferências acima enfrentamos dois graves problemas: o primeiro deles é aquele que se conhece atualmente como a “tese de Duhem”³⁸. Segundo essa tese, as suposições auxiliares são necessárias para assegurar a relação dedutiva entre a hipótese e a evidência. Essa conceituação duhemiana está exposta no final do capítulo anterior desta dissertação. Conseqüentemente, o item (5) do esquema lógico anterior nunca envolverá uma hipótese única; será sempre uma junção das hipóteses que podem ser falsificadas. Assim,

Quando a experiência está em desacordo com suas previsões, ela lhe informa que pelo menos uma das hipóteses que constituem esse conjunto está errada e deve ser modificada, mas ela não lhe indica aquela que deve ser mudada (DUHEM, 1989, p. 95).

III.5 Um *modus tollens* “ampliado”

Essa questão de associação de uma hipótese com suposições auxiliares é tratada por Hempel (1974, p.40) sob a forma de um *modus tollens* “ampliado”.³⁹ Para Hempel, em alguns casos o enunciado não decorre dedutivamente apenas da hipótese, pois pressupõe outras premissas, que concorrem na experiência. Tais premissas, tacitamente admitidas no argumento, desempenham o papel de suposição auxiliar ou hipótese auxiliar, justamente porque auxiliam no estabelecimento de situações de teste. A introdução das hipóteses auxiliares torna o *modus tollens* mais complexo, quando temos a junção da hipótese auxiliar “A” à hipótese principal “H”, como segue:

³⁸ Esse termo “tese de Duhem” é utilizado por vários estudiosos, dentre eles destacamos Donald Gilles (cujo conteúdo exposto numa de suas obras, estaremos reproduzindo a seguir) e Roger Ariew, claramente evidenciado por seu artigo “*The Duhem Thesis*”, publicado no *The British Journal for the Philosophy of Science* n.º 35, de dez/1984.

³⁹ Frisamos que essa denominação foi dada por Hempel.

$$\begin{array}{l} (H \vee A) \rightarrow I \\ \neg I \\ \hline \neg (H \vee A) \end{array}$$

Onde: $\neg (H \vee A) \rightarrow \neg H \vee \neg A$

No último argumento da inferência, a conclusão é de que a conjunção de “H” e “A” é falsa. Isso é certo, dada a verdade das premissas. Mas uma conjunção pode ser falsa por causa da falsidade de qualquer uma das proposições que a compõem, ou de diversas delas. Portanto, o argumento não permite inferir com certeza que “H” é falsa. O teste não funciona como uma falseação conclusiva: alguém que queira manter que “H” é verdadeira, pode atribuir a falsidade de “(H ∨ A)” à falsidade de “A”.

Encontramos essa mesma forma de exposição de um “*modus tollens* ampliado” em Gilles, quando este, ao expor sua posição sobre aquilo que denomina tese de Duhem, se utiliza de um exemplo baseado nas leis de Newton. Senão vejamos:

Seja T o conjunto da teoria de Newton, que consiste em três leis do movimento (T_1 , T_2 e T_3) e na lei da gravidade (T_4). Deste modo, T é uma conjunção destas quatro leis ($T = T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4$). De T em si, no entanto, não podemos derivar quaisquer conseqüências observáveis que digam respeito ao sistema solar. Para fazer isso, precisamos acrescentar a T diversas hipóteses auxiliares: por exemplo, que nenhuma força além das gravitacionais age sobre os planetas, que as atrações interplanetárias são pequenas relativamente às que existem entre o Sol e os planetas, que a massa do Sol é muito maior que a dos planetas e assim por diante. Seja “A” a conjunção de tais hipóteses auxiliares apropriadas para certo caso. Temos agora o seguinte esquema:

$$\begin{array}{l} (T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee A) \rightarrow O \\ \neg O \\ \hline \neg (T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee A) \end{array}$$

[...] de $\neg (T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee A)$ segue-se que pelo menos um elemento do conjunto ($T_1 \vee T_2 \vee T_3 \vee T_4 \vee A$) é falso, mas não podemos dizer qual ou quais deles são falsos”. (GILLES, 1993, p.100)

Se adicionarmos a idéia do *modus tollens* “ampliado” ao esquema lógico de Weber, teremos a seguinte exposição do *experimentum crucis* de Duhem:

- (1) $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n) \vee (H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n)$
- (2) $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n) \rightarrow e$
- (3) $(H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n) \rightarrow \neg e$
- (4) e
- (5) De (3), (4): $\neg (H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n)$ [por *modus tollens*]
- (6) De (1), (5): $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n)$ [por silogismo disjuntivo]

Retomando o texto de Duhem, além da questão das hipóteses auxiliares, encontramos um segundo problema, que diz respeito ao item (1) do nosso esquema lógico. Duhem propõe não se poder inferir que exista na física um número limitado de hipóteses em jogo. É inerente à ciência nunca se atingir todo o conhecimento possível, logo, pode haver sempre novas possibilidades de inferências. Vejamos:

Mas admitamos por um instante que, em cada um destes dois sistemas, tudo seja forçoso, tudo seja logicamente necessário, exceto uma única hipótese. Admitamos, por conseguinte, que os fatos, condenando um dos dois sistemas, condenem num golpe seguro a única suposição duvidosa que encerra. Resulta disso que se pode encontrar no *experimentum crucis* um meio irrefutável de transformar em verdade certa uma das duas hipóteses presentes, do mesmo modo que a redução ao absurdo de um teorema assegura a verdade do teorema contraditório? Entre duas proposições contraditórias da geometria, não há lugar para um terceiro juízo. Se uma é falsa, a outra é necessariamente verdadeira. Acontece o mesmo com duas hipóteses da física? Ousaremos afirmar que nenhuma outra hipótese é imaginável? (DUHEM, 1989, p.97).

Logo nosso esquema lógico deve receber mais um componente, levando em conta esse segundo problema estabelecido por Duhem:

- (1) $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n) \vee (H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n) \vee \dots \vee (H_m \wedge A^{m_1} \wedge A^{m_2} \dots A^{m_n})$
- (2) $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n) \rightarrow e$
- (3) $(H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n) \rightarrow \neg e$
- ...
- (?) e
- ...
- (?) De (3), (4): $\neg (H_2 \wedge A'_1 \wedge A'_2 \dots A'_n)$ [por *modus tollens*]
- ...
- (?) De (1), (5): $(H_1 \wedge A_1 \wedge A_2 \dots A_n)$ [por silogismo disjuntivo]

A resposta para a última questão é bem clara: ao contrário dos matemáticos, os físicos nunca podem ter certeza em assumir que esgotaram todo o leque de opções possíveis, ou seja, não existe garantia para a premissa (1) de que ela seja efetivamente limitada a um número finito de possibilidades.

Essa construção também acaba por se mostrar inviável, pois da inferência (2) em diante se torna impossível determinar-se o número de inferências seguintes, pois desconhecemos o valor numérico de “m”. A última inferência não se completa.

Deveremos efetuar, digamos, um número extremamente alto de *experimentum crucis* para que seja possível definir-se por uma das hipóteses postas em jogo. Esses experimentos poderão ser feitos para cada duas hipóteses, tendo como resultado a eliminação de uma delas. Porém, independente disso, percebemos, a partir do esquema proposto, haver uma impossibilidade formal de se chegar a alguma verdade sobre um fenômeno cuja natureza se busca conhece. Temos, portanto, a partir da nossa proposição, uma prova formal sobre a crítica de Duhem ao *experimentum crucis*. Rosa corrobora conosco: “o experimento crucial [...] só pode refutá-la [a teoria] ou não refutá-la, não podendo jamais confirmá-la e dar-lhe o valor de verdadeira” (2005, p.219).

Sob a ótica de Duhem, além da experiência de Foucault, que citamos há pouco, não ter decidido entre as hipóteses corpuscular e ondulatória, mas entre dois conjuntos teóricos tomados em bloco, vemos que o autor tinha razão na sua crítica sobre o esgotamento das possibilidades da natureza da luz. De fato, posteriormente os trabalhos dos físicos alemães Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) e Albert

Einstein (1879-1955), iriam atribuir à natureza da luz um comportamento tanto corpuscular quanto ondulatório. Duhem predisse:

A luz pode ser um enxame de projéteis; pode ser um movimento vibratório cujas ondas são propagadas por um meio elástico; não pode ser ela nada além de uma ou outra destas duas coisas? Arago pensava que sim, mas nos seria difícil compartilhar sua convicção, desde que Maxwell propôs atribuir a luz a correntes elétricas periódicas transmitidas no seio de um meio dielétrico (DUHEM, 1989, p.97).

Em resumo, para Duhem o método experimental não tem a incumbência de atribuir um estatuto de verdade a uma hipótese física, afinal:

O método experimental não pode transformar uma hipótese física em uma verdade incontestável, pois jamais se estará seguro de haver esgotado todas as hipóteses imagináveis referentes a um grupo de fenômenos. O *experimentum crucis* é impossível. A verdade de uma teoria física não se decide num jogo de cara ou coroa. (DUHEM, 1989, p.97)

Portanto, sob uma ótica formal, para Duhem, o *experimentum crucis* é impossível pelas seguintes razões: a) a metodologia não decide entre as hipóteses levantadas, mas entre os diversos conjuntos teóricos tomados em bloco, aos quais as diversas hipóteses pertencem e, b) nunca se pode ter a certeza de se ter esgotado todas as possibilidades de hipóteses (conjuntos teóricos) que incidem sobre um determinado fenômeno.

CONCLUSÃO

Como caracterizamos inicialmente, o objetivo desta dissertação era tratar objetivamente do trabalho filosófico de Pierre Duhem em especial na sua asserção acerca da impossibilidade do Experimento Crucial na Física. Para tanto discorreremos sobre suas origens, alguns aspectos referentes à sua evolução, sem termos a pretensão de sermos exaustivos no assunto, para então adentrarmos na epistemologia duhemiana, assim, ao final, apresentamos sua crítica ao experimento crucial.

Da leitura e estudo de Bacon extraímos que as instâncias cruciais, como denominação original dos experimentos cruciais, acabaram sendo um dos objetos mais lembrados e praticados de sua metodologia na área das ciências físicas. Isso se deve ao fato de acabarem representando, para os seus seguidores, uma maneira eficaz de decisão entre propostas, ou hipóteses concorrentes, que levavam à compreensão da natureza dos objetos sob estudo.

Na linha do tempo que une Bacon a Duhem, temos na *Micrographia* de Hooke o ponto de inflexão entre as denominações “instância” e “experimento”, mas caracterizamos que não houve em si uma substituição, mas mais uma preferência pelo “experimento” por ser termo mais afeto ao ambiente de experimentação que caracteriza as pesquisas em ciência. Em alguns casos, onde se busca citar uma referência histórica do *experimentum crucis*, recorre-se à denominação latinizada de Bacon ou suas traduções consagradas.

Em termos de aplicação da conceituação da instância de Bacon, notamos que sua idéia original é mantida, ou seja, permanece com instrumento decisório na busca de naturezas diversas. Um campo muito fértil de disputas cruciais é nas teorias da luz. Duas históricas rivais, a teoria corpuscular e a teoria ondulatória foram diversas vezes submetidas à experimentos que se pretenderam ser os definitivos, os cruciais, junto a Newton, Young, Fresnel, até supostamente serem encerrados por Foucault-Fizeau, mas que, por ironia do destino e em cima de uma das possibilidades antevistas ironicamente por Duhem e que se perpetua até hoje, a aceitação corrente científica corresponde à

junção das duas teorias. A luz tem um comportamento duo, isto é, corpuscular e ondulatório. Não que Duhem defendesse essa possibilidade, mas sim visava expor um frágil aspecto do experimento crucial praticado a sua época.

Ainda dentro desse intervalo entre nossos filósofo inglês e o físico francês, dois pesquisadores da história da ciência, Cantor e Crease se alinham numa mesma visão de fomento do experimento crucial, a sua dimensão retórica. Dentro dessa proposta, identificamos um aspecto psicologizante que se aproxima de algumas citações comportamentais do meio científico em que Duhem vive e que trava em seus artigos e que fundamentam muitas vezes a defesa de teorias: as expectativas de pertencimento a um grupo ou aceitação do seu trabalho, o poder de estar “contemplando a própria estrutura do mundo” (DUHEM, 1989, p. 26). Neste ponto vemos elementos que bem mais tarde Khun irá tratar na sua Teoria das Revoluções Científicas.

De Duhem extraímos que o *experimentum crucis* é impossível na física por conta da sua operação não se dar pela decisão de hipóteses isoladas postas em choque mútuo direto, mas o real entre os conjuntos teóricos, tratados cada um como um único bloco, ao qual cada uma dessas hipóteses pertence. Uma segunda justificação se dá pela impossibilidade de se esgotar todas as possibilidades existenciais que participam da consecução dos fenômenos estudados e que foram postos à prova. Uma vez que a ciência é, sob a ótica duhemiana, crescente, jamais podemos estar certos que todo o conhecimento sobre um determinado fato foi totalmente alcançado.

Quanto à sua epistemologia, notamos claramente que ela se posiciona coerentemente com sua crítica ao experimento crucial. Verdades acerca das naturezas dos objetos, como aquelas que os físicos buscam avidamente em seus experimentos, para Duhem encontram dois empecilhos: um primeiro diz respeito às teorias mecânicas, É típico dos adeptos dessas teorias, isto é, se afirma coerente na conduta da pesquisa da teoria mecânica a busca das causas. Duhem as obsoletiza. Assim como Comte estabeleceu uma sucessão dada por uma lei universal à qual a razão humana está sujeita e que percorre uma sucessão de fases (teológica, metafísica e racional), Duhem diz o mesmo das teorias mecânicas e físicas. A primeira corresponderia à nossa possibilidade de entendimento dos fenômenos dado o nosso aparato cognitivo inicial, mas à medida que sofisticamos nossos conhecimentos, nossas observações, mais e

mais estaremos rumando a níveis cada vez mais abstratos e complexos, e aí, as teorias mecânicas, com seus construtos imaginativos ou seus modelos, já não conseguem mais dar conta dos ganhos abstratos obtidos. A Física duhemiana, tal como as ciências positivas de Comte, abdicam da sua pretensão de explicar os fenômenos ou revelar suas causas.

Apesar de sua crítica, para Duhem algumas das teorias mecânicas desenvolvidas não deixam de ser belas criações dos intelectos brilhantes, como o exemplo de um dos experimentos cruciais que aqui citamos, o de Fresnel. Duhem valoriza a genialidade do físico francês, elogiando também sua teoria, “a mais fecunda das teorias”, mas não deixa de mencionar o fato que é uma teoria mecânica (DUHEM, 1989, p. 28).

Paralelo a isso, fruto da concepção duhemiana da delimitação entre Física e Metafísica, o ambiente onde se busca a essência dos fenômenos é reservado única e exclusivamente à Metafísica, do mesmo modo que a idéia de verdade como causas dos fenômenos só se aplica a ela. Para a Física duhemiana, as teorias se posicionam apenas como boas ou inadequadas.

Cabe frisar que neste ponto cai por terra a similaridade entre Comte e Duhem. Enquanto para o primeiro a Metafísica é superada pela ciência positiva (cujo conteúdo ampara a Física), para o segundo ela, a Metafísica, não é só mantida, como também elevada a um grau de excelência, se posicionando acima da Física.

Com relação à crítica de Duhem ao experimento crucial encontramos vários críticos, como Adolf Grünbaum, Karl Popper e também um mecanicista atual, Marcel Weber, o qual tratamos da sua descrição formal do experimento crucial. Este último, em especial por sua modernidade, reconhece que a argumentação de Duhem é impecável nas suas inferências dedutivas, mas, apesar disso defende a visão de que experimentos simples podem prover razões suficientes para se preferir uma entre um grupo de hipóteses contra a crença amplamente considerada que o *experimentum crucis* é impossível (WEBER, 2009, p.20).

Weber alega que algumas das maiores descobertas na história de biologia molecular estão associadas diretamente com o emprego de *experimentum crucis*, de tal modo que proveram as decisivas evidências para seleção de uma entre um grupo de

hipóteses competidoras. Em seu artigo “O Ponto Crucial dos Experimentos Cruciais: Confirmação em Biologia Molecular” (*The Crux of Crucial Experiments: Confirmation in Molecular Biology*), Weber busca demonstrar a possibilidade de experimentos cruciais num concreto exemplo histórico, denominado experimento Meselson-Stahl (1957). Segundo o autor, esse experimento é conhecido como “o mais belo experimento em biologia”, em virtude de disponibilizar a primeira evidência experimental para a operação de um mecanismo semiconservativo da replicação do DNA.

Para Weber, os filósofos da ciência estão entre os menos entusiastas sobre as possibilidades de experimentos cruciais. A seu ver, Duhem fez asserções consistentemente fortes acerca do tipo de inferências que são permitidas, permitindo apenas o uso de inferências dedutivas. Weber defende no seu artigo que quando experimentos cruciais são construídos com inferências indutivas, ou ampliativas, os argumentos de Duhem não podem ser aplicados.

Sobre a questão exposta acerca da inferência indutiva aplicada aos experimentos cruciais, nosso objetivo é o de indicar possíveis continuidades deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, J.A.R. **Vida e Obra**. In: BACON, Francis. *Novum Organum*. Trad. e notas de José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural, 1988 (Coleção os Pensadores).

ANDRADE, Maria Margarida de. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação : noções práticas**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

ARIEW, Roger e BARKER, Peter. In: DUHEM, Pierre Maurice Marie. **Essays in history and philosophy of science**. Intr. Roger Ariew e Peter Barker. 1. ed. Indianapolis: Hackett Publishing, 1996.

BACON, Francis. **Novum Organum**. Trad. e notas de José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural, 1988 (Coleção os Pensadores).

BACON, Francis. **Novum Organum**. Introd., trad et notes par Michel Malherbe et Jean-Marie Pousseur. Paris: PUF, 2004.

BEZERRA, Valter Alnis. **Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física**. *.Scientiæ Studia*, São Paulo, v. 4, n. 2, 2006

BLACKBURN, Simon. **Dicionário Oxford de filosofia**. Trad. Desidério Murcho... et al. Rio de Janeiro : Jorge Zahar, 1997.

BRENNER, Anastasios. **Duhem science, réalité et apparence: la relation entre philosophie et histoire dans l'œuvre de Pierre Duhem**. Paris: Vrin, 1990.

CANTOR, Geoffrey. The rethoric of experiment. In GOODING David, PINCH, Trevor J., SCHAFFER, Simon. **The Uses of experiment: studies in the natural sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 159-180

COHEN, I. Bernard; WESTFALL, Richard S. **Newton: textos, antecedentes, comentários**. Rio de Janeiro: Contraponto: EDUERJ, 2002.

COMTE, Auguste. **Curso de Filosofia Positiva**. Trad. José Arthur Giannotti e Miguel Lemos. São Paulo: Nova Cultural, 1983 (Coleção os Pensadores).

COPI, Irving M. **Introdução a lógica**. Trad. Álvaro Cabral. 2. ed. São Paulo, SP: Mestre Jou, 1979.

CREASE, Robert P. **Os mais dez belos experimentos científicos**. Trad. Maria Inês Duque Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

DUHEM, Pierre Maurice Marie. **Essays in history and philosophy of science**. Intr. Roger Ariew e Peter Barker. 1. ed. Indianapolis: Hackett Publishing, 1996.

_____. **La theorie physique : son objet - sa structure**. Paris: J. Vrin, 1997.

_____. **Salvar os fenômenos. Ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileu**. Cadernos de História e Filosofia da Ciência. Suplemento 3/1984.

Grande Enciclopédia **Larousse Cultural**. São Paulo: Nova Cultural, 1998.

GERSTING, Judith L. **Fundamentos matemáticos para a ciência da computação**. Trad. Valéria de Magalhães Iorio. 4. ed. São Paulo: LTC, 2001.

GILLES, Donald. **Philosophy of Science in the Twentieth Century: Four Central Themes**. Oxford: Blackwell, 1993.

HARDING, Sandra G. **Can theories be refuted?: essays on the Duhem-Quine thesis**. Dordrecht; Boston: Reidel, 1976.

HECHT, Eugene. **Óptica**. Trad. José Manuel N. V. Rebordão. 2. ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2002.

HEMPEL, Carl Gustav. **Filosofia da ciência natural**. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1974.

HOOKE, Robert. **Micrographia - Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon**. www.gutenberg.net, release date: March 29, 2005.

HUISMAN, Denis. **Dicionário dos filósofos**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2001.

HUME, David. **Investigações sobre o entendimento humano e sobre os princípios da moral**. Trad. José Oscar da Almeida Marques. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

JAKI, Stanley L. **Pierre Duhem, homme de science et de foi**. Paris: Beauchesne, 1990.

KANT, Immanuel. **A crítica da razão pura**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2001.

LALANDE, Andre. **Vocabulário técnico e crítico da filosofia**. 2ª ed. São Paulo, SP: Martins Fontes, 1999.

LOSEE, John. **Introdução à filosofia da ciência**. Trad. Borisas Cimbleis. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000.

LUCENA, Antonio Diéguez. **Filosofia de la ciência**. Madrid: Biblioteca Nueva Universidad, 2005.

MALHERBE, Michel. Bacon's method of science. In PELTONEN, Markku (Org.). **The Cambridge Companion to BACON**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 75-98.

MALHERBE, Michel et POUSSEUR, Jean-Marie. In: BACON, Francis. **Novum Organum**. Introd., trad et notes par Michel Malherbe et Jean-Marie Pousseur. Paris: PUF, 2004.

MARICONDA, Pablo Rubén. **A Teoria da Ciência em Pierre Duhem**. Tese de doutoramento defendida junto ao Departamento de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Orientador Prof. Dr. João Paulo Monteiro. FFLCH, São Paulo – 1985.

_____ (Org.). **Ciência e Filosofia (Ed. especial Pierre Duhem)**. São Paulo: FFLCH, USP. 1989, N. 4.

MARTIN, R. N. D. **Pierre Duhem: philosophy and history in the work of a believing physicist**. La Salle: Open Court, 1991.

NEWTON, Isaac. **Óptica**. Tradução, introdução e notas de André Koch Torres Assis. São Paulo: EDUSP, 2002.

PELTONEN, Markku. Introduction. In PELTONEN, Markku (Org.). **The Cambridge Companion to BACON**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 1-24

PICARD, Emile. **La vie et l'oeuvre de Pierre Duhem**. Paris: Gauthier-Villars, 1922.

POPPER, Karl. **Conjeturas e Refutações**. Trad. Benedita Bettencourt. Coimbra: Almedina, 2006.

RIVAL, Michel. **Os grandes experimentos científicos**. Trad. Lucy Magalhães. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

ROSA, Luiz Pinguelli. **Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões**. Vol 1. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

Tobin, William. **The life and science of Léon Foucault: the man who proved the earth**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003

WEBER, Marcel. The Crux of Crucial Experiments: Confirmation in Molecular Biology. **The British Journal for the Philosophy of Science**, n. ° 60, 2009, p19-49.

WEBSTER'S Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language. New York: **Gramercy**, 1996.

WESTFALL, Richard S. **A Vida de Isaac Newton**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

WHITEHEAD, Alfred North. **A ciência e o mundo moderno**. Trad. Hermann Herbert Watzlawick. São Paulo: Paulus, 2006 (Coleção philosophica).

ZATERKA, Luciana. **A filosofia experimental na Inglaterra do séc. XVII: Francis Bacon e Robert Boyle**. São Paulo: Associação Editorial Humanitas: Fapesp, 2004 (Estudos Seiscentistas).