

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

O LUGAR DA IMAGINAÇÃO NA CONSTRUÇÃO
DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

MARCIA REGINA SANTANA PEREIRA

2009

O LUGAR DA IMAGINAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

MARCIA REGINA SANTANA PEREIRA

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E
DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR
EM CIÊNCIA.

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ PINGUELLI ROSA

RIO DE JANEIRO
MAIO DE 2009

O LUGAR DA IMAGINAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

MARCIA REGINA SANTANA PEREIRA

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA
DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM CIÊNCIA.

APROVADA POR:

PROF. DR. LUIZ PINGUELLI ROSA
ORIENTADOR

PROF. DR. SAUL FULKS

PROF. DR. RICARDO SILVA KUBRUSLY

PROF. DR. CARLOS BENEVENUTO GUICARD KOEHLER

PROF. DR. LAÉRCIO EVANDRO FERRACIOLI DA SILVA

PROF. DR. LUIZ ALBERTO REZENDE DE OLIVEIRA

RIO DE JANEIRO
MAIO DE 2009

Pereira, Marcia Regina Santana

O lugar da imaginação na construção do conhecimento científico /
Marcia Regina Santana Pereira. - - Rio de Janeiro: UFRJ / IQ, 2009.

XIII, 172 f. : il. ; 31 cm.

Orientador: Luiz Pinguelli Rosa

Tese (Doutorado) – IQ / UFRJ / HCTE,

IQ/UFRJ, Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das
Técnicas e Epistemologia, 2009

Referência Bibliográfica: f. 160-172

1. História da Ciência. 2. Imaginação. 3. Experimentos Mentais.
4. Epistemologia – Tese. I. Rosa, Luiz Pinguelli. II. Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós-graduação em
História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia. III. Título.

Resumo da Tese apresentada ao Departamento de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência (D.Sc.)

O LUGAR DA IMAGINAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

MARCIA REGINA SANTANA PEREIRA

Maio/2009

Orientador: Prof. Dr. Luiz Pinguelli Rosa

Programa: História da Ciência das Técnicas e Epistemologia

O objetivo desta pesquisa é discutir a questão da imaginação como princípio ativo na construção do conhecimento científico. Considerando a visão de autores representativos, buscar-se-á mostrar que a imaginação assume papéis distintos nas diferentes abordagens epistemológicas. Serão abordados, também, a chamada 'Imaginação Científica', como agente do surgimento das idéias científicas, e o uso de 'Representações Imaginárias', como exemplos da aplicação da imaginação como parte do método da Ciência.

Abstract of Thesis present to Department of Chemistry of Federal University of Rio de Janeiro as a partial fulfillment of the requirement of degree of Doctor of Science (D.Sc.)

THE PLACE OF THE IMAGINATION IN THE CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

MARCIA REGINA SANTANA PEREIRA

May/2009

Advisor: D Sc. Luiz Pinguelli Rosa

Program: History of Science of Technicals and Epistemology

The objective of this research is to argue the question of the imagination as asset principle in the construction scientific knowledge. Considering the vision of representative authors, to search to show it that the imagination assumes diverse roles in different epistemological approaches. The call “Scientific Imagination”, as an agent of the emergence of scientific ideas and the use of 'Imaginary Representations', examples of the application of the imagination will be boarded as part of the method of Science.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por direcionar meus passos, colocar no meu caminho pessoas iluminadas e por me dar a oportunidade de iluminar outros caminhos.

A toda a equipe da Casa da Ciência da UFRJ, pelo apoio de amigo e pelo exemplo de competência profissional e ética. Aos professores e alunos do HCTE, em especial ao meu orientador, pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos e pela liberdade de expressar minhas opiniões. E, finalmente, à CAPES, agência cujo fomento me proporcionou tranquilidade para me dedicar exclusivamente a meu trabalho de pesquisa, nesses últimos anos.

DEDICATÓRIA

A toda minha família, meus pais, irmãos, sobrinhos, tios, minha avó e meus amigos. Todos os que deixei em Vitória, que, mesmo tristes com a minha ausência, nunca deixaram de me apoiar. A todos os amigos que fiz no Rio de Janeiro e que me ajudaram a superar as saudades.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
AGRADECIMENTOS	vii
DEDICATÓRIA	viii
SUMÁRIO	ix
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO I – A QUESTÃO DA IMAGINAÇÃO	20
1.1 – As Origens do Conceito	20
1.2 – A Imaginação na Filosofia Clássica	22
1.3 – Imaginação e Racionalismo	29
1.4 – Imaginação e Empirismo	38
1.5 – Imaginação em Kant	50
1.6 – Perspectivas da Moderna Epistemologia da Ciência	56
CAPÍTULO II – A IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA	70
2.1 – À Procura de uma Definição	70
2.2 – A Imaginação Impura	71
2.3 – A Imaginação Temática	83
2.3.1 – As Hipóteses de Newton	87
2.3.2 – Sub-elétrons, Pressupostos e a Polêmica Millikan-Ehrenhart	89
2.3.3 – Dois Ensaio sobre Einstein	91
2.3.4 – Os Critérios de Realidade de Kepler	95
2.3.5 – A Interdependência Temática e Estilística	97
2.4 – Leite Lopes: Um exemplo Concreto	99
CAPÍTULO III – REPRESENTAÇÕES IMAGINÁRIAS EM CIÊNCIA	108
3.1 – Os Experimentos Mentais	108
3.1.1 – A Controvérsia dos Experimentos de Galileu	109
3.1.2 – O Balde de Newton	112

3.1.3 – Um Arauto do Determinismo	114
3.1.4 – Um demônio desafiando a Entropia	115
3.1.5 – Os <i>Gedankenexperiment</i> de Einstein	116
3.1.6 – Um Gato Morto-vivo	119
3.2 – A Natureza dos Experimentos Mentais	120
3.3 – Outras Categorias de Representações	133
3.3.1 – Metáforas e Analogias	134
3.3.2 – Alegorias e Mitos	139
3.3.3 – Paradoxos	142
CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
4.1 - A imaginação é parte do método da Ciência?	147
4.2 - Qual o papel da Imaginação em diferentes Correntes Epistemológicas?	150
4.3 - É possível definir a Imaginação Científica?	151
BIBLIOGRAFIA	154

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 01</i> - Relação dos autores e obras analisados no primeiro capítulo	17
<i>Quadro 02</i> - As Faculdades Kantianas (Lincoln, 2006)	52

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 01</i> – Oroboros, figura mitológica que representa a ciclicidade	73
<i>Figura 02</i> – Representação da análise temática de Holton	86
<i>Figura 03</i> – Esquema de Einstein	93
<i>Figura 04</i> – Astrolábio de Kepler, <i>Mysterium Cosmographicum</i>	96
<i>Figura 05</i> – Esquema de unificação da forças fundamentais	101
<i>Figura 06</i> – Balde de Newton	113
<i>Figura 07</i> – EM do trem de Einstein	117
<i>Figura 08</i> – Elevador de Einstein e o Princípio de Equivalência	118
<i>Figura 09</i> – Elevador de Einstein e deflexão da luz	118
<i>Figura 10</i> – Taxonomia dos EM, Brown (1991)	126
<i>Figura 11</i> – Mapeamento da analogia Átomo/Sistema Planetário (Gentner,1982)	135
<i>Figura 12</i> – Modelo mecânico dos vórtices de éter de Maxwell	138

INTRODUÇÃO

Quando pensamos nas criações da imaginação, o que nos vem à cabeça são mundos fantásticos e personagens fictícios, em um primeiro momento, não as associamos a teorias ou modelos científicos sérios. No que diz respeito à ciência, a imaginação parece estar relacionada apenas à ficção científica ou às invenções mirabolantes de caricatos cientistas malucos. Esses, sim, 'soltam a imaginação' para criar as coisas mais incríveis e esdrúxulas. Os 'cientistas de verdade', comprometidos com a interpretação dos fatos, prezam seus critérios restritivos e métodos rigorosos e tentam suprimir de suas observações qualquer influência subjetiva. Se a ciência deve representar a 'realidade' e descrever o mundo com regras bem definidas, será que há nela espaço para a imaginação?

Somos capazes de entender e admitir que a imaginação seja algo indispensável no campo das Artes. Em uma obra literária, o autor pode criar um mundo distinto, com uma lógica própria. O escritor é admirado pela sua capacidade de descrever fatos que nunca ocorreram; ele deve ser capaz de construir uma realidade. O artista plástico deve trazer à tona a beleza do inusitado, usando diferentes cores e formas. Porém essa 'licença poética' para interpretar o mundo não é admitida no trabalho do cientista, pelo menos não explicitamente.

Tomemos o exemplo da Física. Quando um cientista interpreta um fenômeno natural, ele deve ser capaz de propor uma hipótese, baseada em dados observacionais e/ou na análise racional, que seja capaz de prever a reincidência de tal fenômeno, diante da repetição de circunstâncias idênticas. Também é possível lançar mão de experimentos para reproduzir situações controladas e coletar dados. Passos definidos em um *modus operandi* que chamamos Método Científico, mas, não é possível ignorar tudo o que há de subjetivo

nesse empreendimento.

Como surge uma ideia? De onde vêm as hipóteses? A interpretação dos dados é unívoca? Impessoal? Qual é o papel da imaginação na construção da ciência? Como ela é usada pelos cientistas?

O ato de imaginar está presente na interpretação do que podemos chamar de realidade. Até mesmo o que não é real, de certa forma é baseado nessa realidade, criado a partir de seus elementos. No reino das fadas, os palácios são construídos com as pedras do mundo da vida diária, palavras de Schlick, citado por Rosa (2006). Misturando elementos do concreto, são criadas novas possibilidades imaginárias. Pascal (1999) nos dá como exemplo a montanha de ouro, união da ideia de montanha e da ideia de ouro. Segundo Locke (1983), apenas as qualidades que afetam os sentidos são imagináveis. Sob esse ponto de vista, o poder criativo da imaginação é vasto, porém não ilimitado ou imprevisível.

A imaginação também está associada às transições causais. Agora mesmo você está lendo este texto, provavelmente impresso em uma folha de papel. Mas, se fechar os olhos, ainda saberá que o papel está diante deles, mesmo sem vê-lo ou tocá-lo. Você é capaz de imaginá-lo ali, e, como nunca viu uma folha de papel desaparecer, terá certeza de que ela ainda estará presente quando abrir os olhos. A imaginação nos dá o poder de reviver coisas passadas e conjecturar eventos futuros.

Pensar em algo é, de certa forma, imaginá-lo, pode ser algo factível, um objeto do mundo real, como uma bola de cor amarela, ou algo fictício, unindo diferentes ideias de uma nova maneira, como uma sereia com escamas prateadas e longos cabelos verdes. Dessa forma, a imaginação está sempre presente no processamento das ideias. Quando cessa o estímulo sensorial, de alguma forma, seu registro deve permanecer na mente e

sobre ele construímos um conhecimento mais concreto, unindo-o a outros semelhantes, analisando-o e sintetizando-o.

Podemos concluir que a imaginação é uma capacidade tão vital que permeia todos os nossos processos mentais. O processo imaginativo pode intervir tanto em fantasias como na criatividade artística e intelectual. A ciência e a arte são formas de representação e interpretação do mundo e, nessa perspectiva, podemos compreender o conhecimento como construção criativa do ser humano. Criar construções mentais que correspondem a uma realidade, seja ela existente e imediata ou mesmo inverossímil ou improvável, ajuda a ciência a extrapolar os limites materiais da experimentação, levar hipóteses ao extremo ou materializar possibilidades inatingíveis no mundo 'real'.

Diante de um assunto tão amplo quanto a imaginação e sua utilização na construção do conhecimento, é importante estabelecer os limites desta investigação para que não corramos o risco de perder o foco. A metodologia empregada nesta pesquisa consiste basicamente na revisão do trabalho de diversos autores em Filosofia e Epistemologia da Ciência e cientistas da área da Física.

No recorte deste estudo, o conceito de imaginação será abordado dentro da perspectiva da Filosofia e Epistemologia da Ciência, e não no sentido antropológico ou psicológico. Não é o objetivo deste trabalho questionar os processos mentais envolvidos no ato de imaginar ou mesmo o imaginário.

No capítulo inicial, buscaremos mostrar o papel da imaginação na visão de autores representativos de diferentes concepções de ciência. Embora a definição de imaginação não tenha mudado substancialmente, assumiu ao longo do desenvolvimento das ciências funções mais complexas, principalmente a partir dos estudos de psicologia e psicanálise.

Diferentes correntes epistemológicas enfatizam diferentes critérios de reconhecimento da verdade e métodos para sua obtenção. Neste trabalho, consideraremos as principais correntes que tratam da questão da origem do conhecimento, o Empirismo e o Racionalismo e algumas importantes posições intermediárias.

De acordo com certas considerações, a imaginação irá ocupar um lugar menor, perigoso e prejudicial ao entendimento, ou um lugar de destaque, propício, valioso e fomentador de ideias, através da autêntica espontaneidade criadora. Segundo Simões (1999), devido a seu caráter ambíguo, o valor e a posição assumidos pela função imaginativa nas diferentes teorias epistemológicas são bastante distintos.

Foram escolhidos autores expoentes das diferentes vertentes epistemológicas elencadas. O Quadro 01 mostra a lista desses autores, suas obras e datas de publicação. Alguns desses livros não abordam diretamente a questão da imaginação, mas foram importantes no entendimento do pensamento do autor.

Alguns autores consideram haver uma faceta característica da imaginação que é aplicada ao processo do fazer científico. Segundo esse pressuposto, existem alguns elementos que influenciam na criação de uma 'ideia', apesar de não haver regras explícitas para que surjam ideias originais e frutíferas. Porém podem-se descrever alguns dos mecanismos que levam à concepção de uma ideia produtiva. As hipóteses não se criam com o método, mas a partir da 'Imaginação Científica', questão que será discutida no segundo capítulo. No presente estudo, buscaremos lançar um novo olhar sobre o lugar da imaginação no trabalho do cientista, por meio das concepções de Gerald Holton e Jorge Wagensberg sobre a emergência das ideias em ciência. Dentro dessa perspectiva, analisaremos um episódio característico do aparecimento de uma ideia original no trabalho do cientista brasileiro José Leite Lopes.

Quadro 1 . Relação dos autores e obras analisados no primeiro capítulo.

<i>Autores</i>	<i>Obras Analisadas</i>
Platão	A república (3?? a.C.) Fedão (3?? a.C.)
Aristóteles	Tratado sobre a alma (35? a.C.)* Tratado sobre a memória e reminiscência (35? a.C.)*
Francis Bacon	<i>Novum organum</i> – aforismas sobre a interpretação da natureza e o reino do homem (1620) <i>De dignitate et augmentis scientiarum</i> (1623)**
René Descartes	Regras para a orientação do espírito (1628) Discurso sobre o método (1637) Meditações (1641)*
Gottfried Leibniz	Novos ensaios sobre o entendimento humano (1704)
Barouch de Spinoza	Tratado para a correção do intelecto (1662)
Blaise Pascal	Pensamentos (1670)
John Locke	Ensaio acerca do entendimento humano (1690)***
George Berkeley	Tratado sobre o conhecimento humano (1710)
David Hume	Tratado da natureza humana (1739)** Investigações sobre o entendimento humano (1748)
Emmanuel Kant	A crítica da razão pura (1781) A crítica do juízo (1790)
Thomas Kuhn	A estrutura das revoluções científicas (1970) A tensão essencial (1977)***
Imre Lakatos	A crítica e o desenvolvimento do conhecimento (1970) A metodologia dos programas de investigação científica (1972)*
Karl Popper	A lógica da descoberta científica (1934) Conjecturas e refutações (1963)
Hans Reichenbach	Experiência e predição: uma análise da fundamentação e da estrutura do conhecimento (1938)**
Gaston Bachelard	A formação do espírito científico (1938) A psicanálise do fogo (1938) A água e os sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria (1942) O ar e os sonhos: ensaio sobre a imaginação do movimento (1943)
Paul Feyrabend	Contra o método (1975)

* Edição em espanhol.

** Edição em inglês.

***Fragmentos do texto em português e edição completa em inglês.

No terceiro capítulo, analisaremos exemplos concretos para observar como de fato a imaginação se integra no fazer científico, abordando o uso explícito de construções hipotéticas que chamaremos 'Representações imaginárias'. Em determinadas ocasiões, o cientista lança mão da imaginação, através do uso de alegorias, analogias, metáforas e modelos. Em outros casos, vai além das possibilidades práticas, criando conjecturas e experimentos realizáveis apenas na mente humana, o que a literatura denomina 'Experimentos mentais'.

Muitas dessas Representações imaginárias são bastante conhecidas e sua utilização como ferramenta didática é indispensável. Torna-se mais fácil compreender o Idealismo de Platão quando pensamos no Mito da Caverna. Como seria possível entender a ideia de átomo e sua evolução sem os modelos atômicos? Das pequenas esferas rígidas dos gregos às atuais nuvens de densidade e probabilidade, passando pelo 'Pudim de passas' e o 'Modelo planetário'. Possivelmente Einstein não seria capaz de idealizar e comunicar suas Teorias da Relatividade Geral e Restrita sem seus famosos *gedankenexperiment*.

Na divulgação de suas pesquisas, antes de serem consolidadas como conteúdo científico, os cientistas devem ser não apenas criteriosos, mas também convincentes na sua argumentação. Na busca de novos adeptos e parceiros no interior da própria ciência, ou mesmo para atingir o público leigo, é preciso explicitar as ideias para torná-las mais acessíveis. Isso faz dos documentos históricos, como cartas, livros e artigos escritos pelos próprios cientistas, uma fonte importante para explorar exemplos da utilização da imaginação como ferramenta da ciência. Assim, nos estudos de caso mostrados, foram analisadas preferencialmente fontes primárias. A partir desse conteúdo, procuramos apresentar um panorama do entendimento sobre a imaginação como parte integrante do

processo de produção do conhecimento científico.

Na Física, cujos exemplos são explorados neste trabalho, utilizar 'simplificações' e situações 'ideais' é uma prática comum, tanto que já passam despercebidas como 'irreais'. Planos inclinados de comprimento infinito, ausência de atrito ou mesmo algo simples como o movimento retilíneo uniforme são situações que não correspondem à realidade, mas podem ser analisadas a partir de modelos matemáticos mais simples. Sem dúvida nenhuma, considerar todas as variáveis presentes na situação 'real' seria uma tarefa inatingível. É preciso então se questionar sobre até que ponto estamos representando a realidade e até que ponto a estamos construindo por meio de nossa imaginação.

O quarto capítulo sintetiza as discussões feitas ao longo do texto. De forma resumida, podemos delinear três questões principais de pesquisa:

- Qual o papel da Imaginação em diferentes Correntes Epistemológicas?
- É possível definir a Imaginação Científica?
- A imaginação é parte do método da Ciência?

Em torno dessas questões, serão desenvolvidas as conclusões deste estudo e sugestões para futuros desdobramentos. Vale ressaltar que esta é uma interpretação possível, construída a partir da escolha dos autores analisados e referenciais teóricos adotados, sem a pretensão de esgotar o assunto.

I

A QUESTÃO DA IMAGINAÇÃO NA CIÊNCIA

1.1 AS ORIGENS DO CONCEITO

Se desejarmos discutir a questão da imaginação seja qual for o contexto, um ponto de partida que parece válido é tomarmos o conceito por sua definição e pela etimologia da palavra para analisarmos a partir daí suas acepções. Segundo um dos dicionários mais utilizados no Brasil (FERRERA, 1999): “A imaginação é a faculdade de representar, conceber na fantasia ou na mente: seres, coisas, objetos da realidade. Faculdade de conceber o ideal. Fantasia. A própria figura mental das coisas reais. Criações próprias da fantasia”.

Em suas definições, a imaginação parece ser algo adicional à visão, unindo ambas

construímos o que vemos. Ela representa algo que não é visto, mas não significa que não possa ser visto. Representa o que não é visto formando imagens. Nesse sentido, pode ser interpretada como a habilidade de ver possibilidades no que vemos. Essa associação à visão mostra-se óbvia em uma análise etimológica do termo. A palavra imaginação é a tradução do latim *imaginatio* (FARIA, 1967), que por sua vez é uma tradução do grego φαντασία (*phantasia*). Este termo se refere ao processo mental através do qual concebemos uma imagem (*phantasma*). Sua origem está associada à φαίνω (*pháos*), palavra grega que significa brilhar, luzir, mostrar-se ou aparecer (PEREIRA, 1998). Outras palavras que possuem a mesma origem, como fantasia, fantasma e fantástico, evoluíram em outro sentido, passando a designar, quase invariavelmente, tudo o que escapa à realidade. Quando analisamos o papel da imaginação nas diferentes correntes epistemológicas, tal distinção aparece claramente, ora será valorizado um aspecto ora outro. Como exposto por Simões (1999):

A ambigüidade da função imaginativa vai redundar no valor e na posição que os sistemas filosóficos lhe dedicam na formação do conhecimento. Desse modo ora a imagem será considerada cópia fiel da sensação, inteiramente enraizada no corpo, apesar de poder nascer de uma ação voluntária do cérebro, ora a imagem será uma espécie de transposição da sensação para uma realidade trans-sensorial, embora conserve as relações de situação e qualidade do mundo sensível. A imagem, nesse ponto, distancia-se da percepção e intelectualiza-se. A depender destas considerações, a imaginação irá ocupar, um lugar inferior, perigoso, prejudicial ao entendimento, ou um lugar de destaque, propício, valioso, promotor de pensamento através da autêntica espontaneidade criadora.¹

O autor utiliza conceitos originalmente propostos por Kant, como veremos mais adiante, de um lado a chamada *Imaginação Reprodutora*, que é a faculdade mental de evocar, sob a forma de imagens, objetos conhecidos por uma sensação ou experiência

1 O texto e as traduções feitas pela autora estão conforme às novas regras estabelecidas no acordo ortográfico da língua portuguesa assinado em dezembro de 1990. Nos títulos de obras e nas citações em português a grafia foi mantida como nos originais.

anteriores. Por outro lado, a mente é capaz de criar imagens novas reorganizando ideias obtidas a partir das sensações e experiências. Essa é a chamada *Imaginação Produtora*, emancipada do sensível, essencialmente criadora, simbolizante, poetificante, inventora de *novas* imagens ou sínteses originais de imagens.

Alguns autores tendem, claramente, para uma ou outra acepção. Em alguns casos, a ambiguidade conceitual está presente na obra de um mesmo autor, como no caso do próprio Kant e de Hume. Em outros casos, o autor busca ultrapassar ambos os aspectos, criando um conceito novo, como em Bachelard. Nesta pesquisa, buscaremos compreender o lugar da imaginação na obra desses e de outros autores selecionados como representativos dentro do desenvolvimento da epistemologia da ciência.

1.2 A IMAGINAÇÃO NA FILOSOFIA CLÁSSICA

O início dessa discussão nos leva à filosofia da antiguidade clássica e ao surgimento da Epistemologia. Algumas das principais questões sobre a natureza da ciência, as quais dizem respeito à origem, à essência e à possibilidade do conhecimento nasceram da preocupação sistemática com a questão do conhecimento, por volta do Século VI a.C. Com o desenvolvimento do pensamento filosófico, nasce a preocupação com a questão do conhecer, da possibilidade do conhecimento e das formas de acessar esse conhecimento, seja pela razão ou pelos sentidos. Essa distinção irá persistir durante os séculos, originando as vertentes que ocuparão as posições extremas entre as principais correntes epistemológicas da ciência: o Racionalismo e o Empirismo.

Para **Epicuro de Samus (341-270 a.C.)**, influente filósofo do período helenístico, fundador do Epicurismo, o conhecimento se origina das sensações que são percebidas

independentemente da razão. Nesse sentido, o conhecimento é empírico. As sensações são irrefutáveis, por serem o efeito de causas conhecidas: o efluxo de átomos que emanam dos objetos externos e que produzem um movimento na mente. Dessa forma, o que conhecemos é o que existe para ser conhecido, pois o conhecimento está em contato com a réplica do original. No epicurismo, nossas sensações, pré-concepções e sentimentos são os padrões da verdade e as formas pelas quais podemos determinar o que é verdadeiro. Como vemos na compilação de Diogenes Laertius, o autor afirma que o erro do conhecimento ocorre quando fazemos um julgamento mal feito, é um erro de interpretação dos sentidos:

O erro não ocorreria se nós não tivéssemos experimentado algum outro movimento em nós, juntamente com, mas distinto da percepção do que é apresentado. E deste movimento, se não se confirmar nem for contradito, resulta a falsidade; quando se confirmar ou não for contradito, resulta a verdade². (*The lives and opinions of eminent philosophers*, Book X)

A obra de Epicuro aborda superficialmente a questão da imaginação, mas através das palavras de Lucrécio, grande divulgador de seu pensamento, citado por Smith (2007), podemos entender um pouco mais sobre sua função dentro da perspectiva do epicurismo. Segundo Lucrécio, representações imaginárias são objetos da imaginação, e não sensações, que resultam da ação do efluxo de átomos dos objetos externos que entram em nossa mente através do corpo; estes efluxos se misturam e formam objetos irrealis ou imaginários. Lucrécio dá como exemplo a ideia de centauro que resulta dos efluxos de um homem e de um cavalo colidindo e formando um ser que é parte homem e parte cavalo.

Outra importante escola filosófica desse período é o Estoicismo, fundada por **Zenão de Cítio (333-264 a.C.)**. Assim como os epicuristas, os estoicos consideravam válido somente o conhecimento que é originado e está contido nos sentidos. Todos os outros tipos

² *Error would not have occurred, if we had not experienced some other movement in ourselves, conjoined with, but distinct from, the perception of what is presented. And from this movement, if it be not confirmed or be contradicted, falsehood results; while, if it be confirmed or not contradicted, truth results.*

de cognição são o resultado das sensações e suas combinações. Mas, se, por um lado, para os epicuristas a sensação era o critério da verdade, os estoicos tinham uma visão diametralmente oposta de que só o julgamento pode distinguir o que é verdadeiro. Para estes, existem sensações que se apresentam de tal maneira que compelem a razão a concordar, e são verdadeiras, as que não têm esse poder são falsas.

O conceito de imaginação parece ter sido analisado como parte integrante na construção do conhecimento, primeiramente, por **Platão (428/27-347 a.C.)**. Em sua Gnosiolgia, há o mundo sensível e o inteligível. A verdadeira realidade não pode ser apreendida pelos sentidos, eles só nos permitem um conhecimento aparente do mundo e, portanto, não um verdadeiro conhecimento, o qual só pode ser intuído através da razão, e está no mundo das ideias. A dialética leva ao conhecimento das ideias:

(...) o método dialético é o único que, deitando abaixo as hipóteses, se encaminha para o princípio para pisar terreno firme (...) utilizando como auxiliares neste trabalho de atração as artes a pouco enumeradas, que ainda que por rotina as chamamos muitas vezes conhecimentos, necessitam de outro nome que se possa aplicar a algo mais claro que a opinião, porém mais obscuro que o conhecimento. Em algum momento anterior empregamos a palavra ‘pensamento’ (...) Bastará, pois – eu digo – chamar como antes, a primeira parte de conhecimento; a segunda, pensamento; a terceira crença, e imaginação a quarta. E a estas duas últimas juntas, opinião; e aquelas duas primeiras juntas, inteligência, a essência; e o que é a essência em relação à opinião, é o conhecimento em respeito à crença e o pensamento com respeito à imaginação. (PLATÃO. *A república*, VII, XIV)

Vemos nesse excerto que Platão distingue quatro graus de pensamento ou de conhecimento, que podemos sistematizar em duas classes fundamentais: Conhecimento Sensível, que está associado à *opinião* e possui caráter mutável; e Conhecimento Inteligível, associado à *inteligência* ou *essência*, de caráter imutável, pois seus objetos são na realidade o que são e não poderiam ser de outra maneira. Na obra *Fedão*, Platão expõe suas ideias sobre a aquisição do conhecimento através das palavras de Sócrates, prestes a

ser executado, em seu último diálogo com alguns de seus discípulos:

E com referência à aquisição do conhecimento? O corpo constitui ou não constitui obstáculo, quando chamado para participar da pesquisa? O que digo é o seguinte: a vista e o ouvido asseguram aos homens alguma verdade? Ou será certo o que os poetas não se cansam de afirmar, que nada vemos nem ouvimos com exatidão? Ora, se esses dois sentidos corpóreos não são nem exatos nem de confiança, que diremos dos demais, em tudo inferiores aos primeiros? Não pensas desse modo? (...) Ora, a alma pensa melhor quando não tem nada disso a perturbá-la, nem a vista nem o ouvido, nem dor nem prazer de espécie alguma, e concentrada ao máximo em si mesma, dispensa a companhia do corpo, evitando tanto quanto possível qualquer comércio com ele, e esforça-se por apreender a verdade (...) E não alcançará semelhante objetivo da maneira mais pura quem se aproximar de cada coisa só com o pensamento, sem arrastar para a reflexão a vista ou qualquer outro sentido, nem associá-los a seu raciocínio, porém valendo-se do pensamento puro, esforçar-se por apreender a realidade de cada coisa em sua maior pureza, apartado, quanto possível, da vista e do ouvido, e, por assim dizer, de todo o corpo, por ser o corpo fator de perturbação para a alma e impedi-la de alcançar a verdade e o pensamento, sempre que a ele se associa? Não será, Símbias, esse indivíduo, se houver alguém em tais condições, que alcançará o conhecimento do Ser? (...) E o que queremos, declaremo-lo de uma vez por todas, é a verdade. Não têm conta os embaraços que o corpo nos apresta, pela necessidade de alimentar-se, sem falarmos nas doenças intercorrentes, que são outros empecilhos na caça da verdade. Com amores, receios, cupidez, imaginações de toda a espécie e um sem número de banalidades, a tal ponto ele nos satura, que, de fato, como se diz, por sua causa jamais conseguiremos alcançar o conhecimento do que quer que seja. (*Fedão*, I, X e XI)

No sistema platônico, a imaginação está presa à sua metafísica e teoria do conhecimento. Platão classifica-a como a mais baixa das faculdades dando início a uma longa tradição de desconfiança contra a imaginação, que só se dissipará completamente a partir do pensamento moderno.

Em seu *Tratado sobre a alma*, **Aristóteles (384-322 a.C.)** também discute a imaginação. No terceiro livro, há um capítulo inteiro direcionado à questão, como o próprio título anuncia, se dedica ao estudo da imaginação indicando cuidadosamente as características que a distinguem do resto das atividades cognitivas. Segundo

Aristóteles, é evidente que perceber sensivelmente e pensar são coisas diferentes, já que todos os animais participam da percepção sensível, mas poucos são capazes de pensar. A imaginação, por sua vez, se distingue de ambos, apesar de também estar associada à faculdade primária da sensibilidade:

A imaginação³, por sua vez, é diferente tanto da sensação como do pensamento. É verdade que se não há sensação não haverá imaginação e sem a mesma não é possível a atividade de julgamento. No entanto, é evidente que a imaginação não consiste no julgamento nem é uma ação do intelecto. É que a imaginação depende de nós; podemos imaginar a vontade, é possível criar ficções e contemplá-las como fazem aqueles que ordenam as ideias através da mnemotecnica, criando imagens, por outro lado opinar não depende exclusivamente de nós⁴. (*Acerca del alma*, Livro III, Cap. 3, p. 94)

O autor define o conceito de imaginação não pelo que é, mas pelo que não é, introduz propositalmente uma definição para depois contestá-la e, finalmente, concluir:

Se a imaginação, como costumamos dizer, origina em nós uma imagem – exclusão feita de toda utilização metafórica da palavra – há de ser uma daquelas potencias ou disposições, por meio das quais discernimos e nos situamos ora na verdade ora no erro. E estas são sentido, opinião, intelecto e ciência.

(...) Que a imaginação não é um sentido deduz-se dos seguintes fatos. O sentido esta relacionado com o ato. (...) Além disso, o sentido está sempre presente e disponível, mas a imaginação não. (...) as sensações são sempre verdadeiras, mas as imagens são na sua maioria falsas⁵. (...)

Mas, a imaginação não pode ser nenhuma das disposições habituais ou potencias que sempre são acompanhadas pela verdade, como é a ciência

3 A palavra *phantasia* foi utilizada por Aristóteles no texto original, escrito em grego.

4 *La imaginación es, a su vez, algo distinto tanto de la sensación como del pensamiento. Es cierto que de no haber sensación no hay imaginación y sin ésta no es posible la actividad de enjuiciar. Es evidente, sin embargo, que la imaginación no consiste ni en inteligir ni en enjuiciar. Y es que aquélla depende de nosotros; podemos imaginar a voluntad – es posible, en efecto, crear ficciones y contemplarlas como hacen los que ordenan las ideas mnemotécnicamente creando imágenes – mientras que opinar no depende exclusivamente de nosotros...*

5 *Pues bien, si la imaginación es aquello en virtud de lo cual solemos decir que se origina em nosotros una imagen – exclusión hecha de todo el uso metafórico de la palabra – há de ser una de aquellas potencias o disposiciones, por medio de las cuales discernimos y nos situamos ya en la verdad ya en el error. Y éstas son sentido, opinión, intelecto y ciencia. (...) Que la imaginación no es sentido se deduce con evidencia en los hechos siguientes. El sentido está em potencia o en acto. (...) Además, el sentido está siempre presente y disponible pero no la imaginación. (...) las sensaciones son siempre verdaderas mientras que las imágenes son en su mayoría falsas.*

e o intelecto, pois a imaginação pode ser também falsa. Finalmente resta verificar se a imaginação é opinião, posto que a opinião pode ser verdadeira ou falsa. (...) Além disso, toda opinião implica convicção, a convicção implica ter sido persuadido e a persuasão implica na palavra. Mesmo algumas bestas possuem imaginação, no entanto não possuem palavras. Fica, pois, evidenciado que a imaginação não é nem uma opinião acompanhada de uma sensação, nem uma opinião produzida pela sensação, nem o conjunto de opinião e sensação⁶. (...)

Assim, se nenhuma faculdade possui as características expostas, excepto a imaginação e a mesma consiste no exposto, a imaginação será um movimento produzido pela sensação na ação. E como a vista é um sentido por excelência, a palavra imaginação (*phantasia*) deriva da palavra luz (*pháos*) posto que não é possível ver sem luz. E precisamente porque imagens perduram e são semelhantes às sensações⁷. (Cap. 3, pp. 95-97)

A mente humana, segundo Aristóteles, não é capaz de pensar sem imagens. Em sua concepção, não há intuição ou inatismo, os conceitos são abstraídos das coisas: *Nada está na mente que não tenha passado pelos sentidos*. Assim o conceito aristotélico de imaginação está ligado à representação inteligível, consiste no processo mental de representação das coisas que não estão imediatamente presentes aos sentidos. A imaginação de Aristóteles é a imaginação reprodutora. Esse procedimento mental faz parte da atividade de todas as formas de pensamento e não se confunde com o que se virá a designar por criatividade ou imaginação criativa. No livro *Sobre a memória e a reminiscência*, Aristóteles associa memória e imaginação:

Evidentemente, a memória corresponde àquela parte da alma à qual também pertence a imaginação: todas as coisas que são imagináveis são essencialmente objetos da memória e aquelas coisas que implicam

⁶ *Pero la imaginación no puede ser tampoco ninguna de las disposiciones habituales o potenciales a las que siempre acompañam la verdad, como es la ciencia y el intelecto: y es que la imaginación puede ser también falsa. Sólo queda ver, pues, si es opinión, puesto que la opinión puede ser verdadera o falsa. (...) Además, toda opinión implica convicción, la convicción implica haber sido persuadido y la persuasión implica la palabra. Y si bien algunas bestias poseen imaginación, sin embargo no poseen palabras. Queda, pues, evidenciado que la imaginación no es ni una opinión acompañada de una sensación, ni una opinión producida por una sensación, ni el conjunto de opinión e sensación.*

⁷ *Así, pues, se ninguna otra facultad posee las características expuestas excepto la imaginación y ésta consiste en lo dicho, la imaginación será un movimiento producido por la sensación en acto. Y como la vista es el sentido por excelencia, la palabra imaginación (*phantasia*) deriva de la palabra luz (*pháos*) puesto que no es posible ver sin luz. Y precisamente porque las imágenes perduram e son semejantes a las sensaciones...*

necessariamente na imaginação são objetos da memória apenas de uma forma acidental⁸. (...)

Desta forma, explicamos o que é a memória ou o recordar: dizemos que é um estado produzido por uma imagem mental, relacionada, como uma semelhança, àquilo de que é uma imagem: e explicamos também a que parte de nós pertence: pertence à faculdade sensitiva primária, ou seja, àquela com que percebemos o tempo⁹. (...)

Mas, a memória mesmo relacionada a objetos do pensamento, implica em uma pintura mental. Por isso parecerá pertencer acidentalmente a uma faculdade pensante, mas essencialmente pertence à faculdade sensitiva primária. Por isso a memória não se encontra apenas no homem e nos seres que são capazes de opinião e pensamento, mas também em alguns outros animais. Se ela é formasse parte da faculdade intelectual não pertenceria, como pertence, a muitos outros animais¹⁰. (Cap. I, pp. 45-47)

Memória e imaginação, no sentido da reprodução de imagens, são conceitos intrinsecamente ligados e que muitas vezes se confundem. Tal associação será retomada, posteriormente, por autores como Hume, em sua crítica à lógica da indução.

A Filosofia nascida na Grécia se espalharia pelo velho mundo. Durante a Idade Média, coexistiram ambos os termos, o latino *imaginatio* e o grego *phantasia*, sem haver, no entanto, uma distinção clara entre eles. O pensamento moderno do Século XVI surge com o processo de separação das ciências e pela degradação da filosofia escolástica criada a partir da herança aristotélica. Com a queda do prestígio de Aristóteles, o conceito de *phantasia* é definitivamente abandonado pela Filosofia. A imaginação passa a ser entendida como uma das principais atividades da mente humana, a despeito da

⁸ *Es, pues, evidente que la memoria corresponde a aquella parte del alma a que también pertenece la imaginación: todas las cosas que son imaginables son esencialmente objetos de la memoria, y aquellas cosas que implican necesariamente la imaginación son objetos de la memoria tan solo de una manera accidental.*

⁹ *Así pues, hemos explicado qué es la memoria o el recordar: hemos dicho que es un estado producido por una imagen mental, referida, como una semejanza, a aquello de que es una imagen: y hemos explicado también a qué parte de nosotros pertenece: a saber, que pertenece a la facultad sensitiva primaria, es decir, a aquella com que percibimos el tiempo.*

¹⁰ *Pero la memoria, aun la de los objetos del pensamiento, implica una pintura mental. Por eso parecerá pertencer accidentalmente a la facultad pensante, pero esencialmente pertenece a la facultad sensitiva primaria. De aquí que la memoria se halle no solamente en el hombre y en los seres que son capaces de opinión y pensamiento, sino también en algunos otros animales. Si ella formara parte de la facultad intelectual, no pertencería como pertenece, a muchos otros animales.*

desvalorização da qualidade imaginativa na busca do conhecimento, deixando apenas a arte como lugar da imaginação.

1.3 IMAGINAÇÃO E RACIONALISMO

O Racionalismo é a corrente epistemológica que defende a supremacia da razão sobre o empírico no estabelecimento de verdades científicas, segundo a qual o pensamento e a razão são as fontes do conhecimento.

O racionalismo pode consistir em considerar a razão como essência do real, tanto natural quanto histórico, sustenta a primazia da razão, da capacidade de pensar, de raciocinar, em relação ao sentimento e à vontade, pressupondo uma hierarquia de valores entre as faculdades psíquicas, ou a posição segundo a qual somente a análise lógica ou a razão pode propiciar desta forma o desenvolvimento da análise científica, do método matemático, que passa a ser considerado como instrumento puramente teórico e dedutivo, que prescinde de dados empíricos, aplicados às ciências físicas que levaram a uma crescente fé na capacidade do intelecto humano para isolar a essência no real e ao surgimento de uma série de sistemas metafísicos fundados na convicção de que a razão constitui o instrumento fundamental para a compreensão do mundo, cuja ordem interna, aliás, teria um caráter racional. (DESCARTES, 2007, p. 23)

Como vimos nesse excerto, o conhecimento matemático, por sua natureza dedutiva, baseado em conceitos e axiomas, serviu como modelo e não por acaso muitos racionalistas como Descartes e Leibniz também se destacaram na matemática. Nessa vertente, a experiência sensível é secundária; alguns racionalistas a consideram até mesmo prejudicial e veremos que a imaginação também será tida como indesejável.

René Descartes (1596-1626) é considerado um dos precursores do pensamento filosófico moderno pela introdução da dúvida como elemento primordial para a investigação filosófica e científica. Sua filosofia se recusava a aceitar as tradições aristotélicas e escolásticas que dominaram o pensamento durante toda a Idade Média.

Para Descartes, filosofar é buscar a verdade metodicamente. Baseado no que chamou de 'dúvida radical', resolveu duvidar, sistematicamente, de tudo, propondo-se a submeter todas as suas crenças a uma revisão para tentar encontrar aquelas incontestavelmente verdadeiras. Estabeleceria, assim, princípios fundamentais, derivando destes suas conseqüências, da mesma maneira que os teoremas são derivados de axiomas. O método cartesiano é descrito nas obras *Regras para a orientação do espírito* e *Discurso sobre o método para bem conduzir a razão na busca da verdade dentro da ciência*, ou simplesmente, *Discurso do método*. Segundo o próprio autor, ele propõe um modelo quase matemático para conduzir o pensamento humano, uma vez que a Matemática – Geometria e Aritmética – tem por característica a ausência de dúvidas. Descartes propõe uma abordagem dedutiva, focada no uso correto da razão para analisar as próprias crenças e no uso da intuição:

(...) vamos enumerar aqui todos os atos de nosso entendimento por meio dos quais podemos chegar ao conhecimento das coisas, sem receio de engano; não se admitem mais que dois, a saber, a intuição e a dedução. Entendo por **intuição**¹¹, não o testemunho flutuante dos sentidos, nem o juízo enganador de uma imaginação de composições inadequadas, mas o conceito do espírito puro atento, tão fácil e distinto, que não fique absolutamente dúvida alguma a respeito daquilo que compreendemos, ou o que é a mesma coisa, o conceito do espírito puro e atento, sem dúvida possível, que nasce a pensar da luz da razão... (Regra III, pp. 78-79)

Em Descartes, a imaginação está vinculada à sensibilidade e como tal é preciso ser cuidadoso. *Imaginar não é senão contemplar a figura ou imagem de uma coisa corpórea*. Porém, de acordo com ele próprio o entendimento pode ser ajudado pelas imagens desenhadas na fantasia. Na Regra XII ele afirma que só o entendimento é capaz de perceber a verdade, mas deve ser ajudado pela imaginação, os sentidos e a memória para não omitirmos nenhum dos meios postos ao nosso alcance.

(...) depois de ter examinado tudo o que vem imediatamente após o

¹¹ Grifo do autor.

conhecimento do entendimento puro, enumerará entre outras coisas todos os outros instrumentos que temos além do entendimento, e que não são mais que dois, a saber, a imaginação e os sentidos. Porá depois toda a sua habilidade em distinguir e examinar esses três modos de conhecimento, e ao ver que a verdade ou engano só podem estar propriamente no entendimento, embora derivem muitas vezes sua origem dos outros dois modos de conhecimento, prestará atenção a tudo que o possa enganar, a fim de precaver-se... (Regra VIII, p. 95)

Na verdade, observamos em nós que só o entendimento é capaz de ciência, porém três outras faculdades podem ajudar a criar-se o entendimento: a imaginação, os sentidos e a memória. Há de ver-se, pois, por ordem, em que pode prejudicar cada uma destas faculdades, para nos precaver, ou em que nos pode ser útil, para empregarmos todos os recursos. (Regra VIII, p. 97)

(...) é preciso conceber que o sentido comum desempenha também um papel de um selo para imprimir na fantasia ou imaginação, como na cera, as mesmas figuras ou ideias que vêm dos sentidos externos, puras e incorpóreas e que esta fantasia é uma verdadeira parte do corpo e de uma grandeza tal, que suas diversas partes podem revestir várias figuras distintas umas das outras e que costumam reter essas figuras bastante muito tempo; e então é a mesma que se chama memória. (Regra XII, p. 107)

No último excerto citado, podemos notar que o autor usa as palavras imaginação e fantasia como sinônimos; no texto original em latim¹², vemos a presença dos vocábulos *phantasia e imaginatione*. Segundo o filósofo, apesar da possibilidade de se enganar pela imaginação e pelos sentidos o entendimento tem seus próprios meios de se impor, já que todas as coisas que concebemos clara e distintamente são verdadeiras.

(...) o entendimento não pode jamais ser enganado por nenhuma experiência, desde que unicamente tenha a intuição precisa do objeto, tal como o tem em si mesmo ou em uma imagem, sem julgar que a imaginação reproduz fielmente os objetos dos sentidos, nem que os sentidos recebem as verdadeiras figuras das coisas, nem, finalmente, que as coisas externas são sempre tais como aparecem, pois em todas estas coisas estamos sujeitos ao erro, como se alguém nos contar uma fábula e acreditarmos que uma coisa teve lugar; se o que padece de

¹²*Tertio concipiendum est, sensum communem fungi etiam vice sigilli ad easdem figuras vel ideas, a sensibus externis puras et sine corpore venientes in phantasia vel imaginatione veluti in cera formandas, atque hanc phantasia esse veram partem corporis et tantae magnitudinis, ut diversae ejus portiones plures figuras ab invicem distinctas induere possint, illasque diutius soleant retinere; tuncque eadem est quae memoria appellatu.*

icterícia julgar que tudo é amarelo porque tem os olhos de cor amarela; se enfim, por ter a imaginação transtornada, como acontece com os melancólicos, julgarmos que suas imagens perturbadas representam a verdadeira realidade. Mas todas essas coisas não enganarão o entendimento do sábio, porque julgará que tudo o que recebe da imaginação verdadeiramente está gravado nela, mas nunca afirmará que isso aconteceu mesmo, exatamente assim, e sem qualquer mudança das coisas externas aos sentidos, e dos sentidos à imaginação, a não ser que antes o tenha conhecido por outro meio qualquer. Compomos nós mesmos as coisas que entendemos, sempre que julgamos existir nelas alguma coisa que nenhuma experiência imediatamente mostrou ao nosso espírito: por exemplo, se o que padece de icterícia se persuade que as coisas que vê são amarelas, este seu pensamento será composto daquilo que sua imaginação lhe representa daquilo que toma da si, a saber, que aparece a cor amarela, não por defeito da vista, mas porque as coisas vistas são verdadeiramente amarelas. De onde se deduz que só podemos ser enganados compondo nós próprios as coisas em que acreditamos. (Regra XII, pp. 112-113)

Na obra *Meditações*, Descartes reforça sua tese da obtenção racional do conhecimento e faz uma distinção entre imaginação e puro intelecto com uma interessante analogia geométrica:

(...) quando imagino um triângulo, não o entendo somente como uma figura composta por três linhas, mas, além disso, considero estas três linhas como presentes em mim, em virtude da força interior do meu espírito, a isto chamo imaginar. Se quiser pensar em um quiliágono, entendo que é uma figura de mil lados tão facilmente, como entendo que um triângulo é uma figura que consta de três, mas não consigo imaginar os mil lados do quiliágono como faço com os três do triângulo, nem, por falar assim, contemplá-los como presentes com os olhos do espírito. Seguindo o hábito que tenho de usar sempre a imaginação, quando penso nas coisas físicas, é verdade que ao conceber um quiliágono represento confusamente certa figura, no entanto, evidentemente, dita figura não é um quiliágono, pois em nada difere daquela que me representaria se pensasse num miriágono, ou em qualquer outra figura com muitos lados e de nada serve para descobrir as propriedades pelas quais um quiliágono difere dos demais polígonos. Mas tratamos de um pentágono, é verdade que posso entender sua figura como a de um quiliágono, sem recorrer à imaginação, mas também posso imaginar aplicando a força do meu espírito aos seus cinco lados e ao mesmo tempo ao espaço e área que limitam. Assim conheço claramente que preciso, para imaginar, uma tensão de animo característica, da qual faço uso para entender ou conceber; e essa peculiar tensão de animo mostra claramente a diferença entre a imaginação e a pura ação da inteligência ou

concepção¹³. (*Meditaciones VI*, p. 26)

A questão da existência de Deus é um aspecto indissociável da obra de Descartes, como vemos no excerto abaixo. Esse Deus criou a natureza acessível ao entendimento do homem, é a fonte das ideias verdadeiras. Nele vemos como o autor associa fortemente a imaginação a uma extensão dos sentidos:

Mas o que leva tantos se persuadirem de que há dificuldades em conhecer Deus e em conhecer também a alma, é o fato de não elevarem nunca o espírito acima das coisas sensíveis, e estarem de tal forma acostumados a só considerar as coisas imaginando, o que é um modo de pensar particular às coisas materiais, que tudo o que não é imaginável lhe parece ininteligível. E isso é bastante manifesto pelo fato de os próprios filósofos terem por máxima, nas escolas, que no entendimento nada existe que não tenha estado antes nos sentidos, nos quais, entretanto, é certo que as ideias de Deus e da alma nunca estiveram. Parece-me que os que querem usar a imaginação para compreendê-las procedem exatamente como se, para ouvir os sons ou sentir o odor, quisessem servir-se dos olhos; sem falar da diferença que consiste no fato de o sentido da vista não nos garantir menos a verdade dos objetos do que os do olfato ou do ouvido, ao passo que nem a nossa imaginação nem os nossos sentidos poderiam jamais assegurar-nos de qualquer coisa de nosso entendimento não intervisse. (...)

(...) a razão não nos dita, em absoluto, que o que assim vemos ou imaginamos seja verdadeiro, mas, ao contrário, que todas as nossas ideias ou noções devem ter um fundamento de verdade, pois de outra forma não seria possível que Deus, sendo absolutamente perfeito e verdadeiro, as tivesse posto em nós. (*Discurso*, quarta parte, pp. 44-46)

Podemos concluir que na obra de Descartes, apesar das críticas, a imaginação é responsável por transpor para a razão as informações sobre o mundo externo, adquiridas a

13 (...) cuando imagino un triangulo, no lo entiendo sólo como una figura compuesta de tres líneas, sino que, además, considero estas tres líneas como presentes en mí, en virtud de la fuerza interior de mi espíritu, y a esto, propiamente, llamo imaginar. Se quiero pensar en un quiliógono, entiendo que es una figura de mil lados tan fácilmente como entiendo que un triangulo es una figura que consta de tres, pero no puedo imaginar los mil lados do quiliógono como hago con los tres del triangulo, ni, por decirlo así, contemplarlos como presentes con los ojos de mi espíritu. Y se bien, siguiendo el habito que tengo de usar siempre mi imaginacion, cuando penso en las cosas corpóreas, es cierto que ao concebir un quiliógono me represento confusamente cierta figura, es sin embargo evidente que dicha figura no es un quiliógono, puesto qui en nada difiere de la que me representaría se pensase en un miriógono, o en cualquier otra figura com muchos lados, y de nada sirve para descubrir las propiedades por las que el quiliógono difiere de los demás poligonos. Mas si se trata de um pentágono, es bien cierto que poso entendier su figura, como la de un quiliógono, sin recurrir a la imaginación, pero tambien poso imaginarla aplicando la fuerza de mi espíritu a sus cinco lados, y a un tiempo al espacio o área que encierran. Así conozco claramente que necesito, para imaginar, una peculiar tensión del ánimo, de la que no hago uso para entender o concebir; y esa peculiar tensión del animo muestra claramente la diferencia entre la imaginación y la pura intelección o concepción.

partir da percepção sensorial. A imagem do objeto é percebida pelos sentidos. É impressa na imaginação, como um selo imprime sua forma à cera, tornando-se uma ideia que pode então ser explorada pela razão.

Em *Tratado da correção do intelecto e do caminho pelo qual melhor se dirige ao verdadeiro conhecimento das coisas*, **Barouch de Spinoza (1632-1677)** expõe sua filosofia:

Como, pois, a verdade não necessita de nenhum sinal, mas basta ter as essências objetivas das coisas, ou o que da na mesma, as ideias, a fim de que se tire toda a dúvida, daí se segue que não é o verdadeiro método procurar o sinal da verdade depois de adquirir as ideias, mas o verdadeiro método e o caminho para que a própria verdade ou as essências objetivas das coisas ou as ideias sejam procuradas na devida ordem. (Parágrafo 36, p. 7)

Para ele o método é o estudo preliminar que nos possibilita desenvolver na ordem devida às ideias. É um instrumento, o estudo da norma e das regras do pensamento.

Começemos, pois, pela primeira parte do método, que é, como dissemos, distinguir e separar as outras percepções a ideia verdadeira e coibir a mente para que não confunda com as verdadeiras as falsas, as fictícias e as duvidosas... (Parágrafo 50, p. 9)

Spinoza assim define as chamadas ideias fictícias:

(...) tem sua origem na imaginação, isto é, em certas sensações fortuitas, por assim dizer soltas, que não nascem da própria potência da mente, mas de causas exteriores, conforme o corpo, em sonhos ou acordado, recebe vários movimentos. (Parágrafo 84, p. 16)

A imaginação encontra-se, em sua obra, no rol das coisas opostas ao intelecto, conseqüentemente inoportuna na busca do conhecimento verdadeiro:

(...) tome-se aqui por imaginação o que se quiser, contanto que seja algo diverso do intelecto e onde a alma seja paciente, tanto faz que tomes o que quiseres desde que saibamos que é alguma coisa vaga e da qual a alma sofre, sabendo ao mesmo tempo como, pelo intelecto, nos livramos dela. (Parágrafo 84, p. 16)

Evitamos, além disso, outra grande causa de confusão e que faz com que o intelecto não reflita sobre si mesmo, a saber, quando não fazemos

distinção entre a imaginação e a intelecção, cremos que aquilo que imaginamos mais facilmente é também mais claro para nós, e julgamos entender o que imaginamos. Por isso, antepomos o que se deve pospor, e assim se desfaz a verdadeira ordem do progresso e não se conclui nada legitimamente. (Parágrafo 90, p. 17)

O filósofo e matemático **Blasé Pascal (1629-1662)** integrou os primórdios do movimento racionalista europeu no século XVII; foi contemporâneo de Bacon, Descartes e Spinoza, também dedicou-se a busca pelo método científico. A verdade poderia ser obtida por meio de um método, que seria a verdadeira ferramenta do cientista. Era uma exceção entre os sábios de sua época, por ser profundamente comprometido com a fé, e reprovava nos cientistas e livre-pensadores o crescimento do agnosticismo e do ateísmo. Assim como Spinoza temia que a imaginação turvasse a razão a ponto de impedi-la de vislumbrar o tal método de se chegar à verdade.

É essa parte enganadora do homem, essa senhora de erro e falsidade, tanto mais velhaca quanto não o é sempre, pois seria regra falível da verdade, se o fosse infalível da mentira. Mas sendo o mais das vezes falsa, não dá nenhuma marca da sua qualidade, emprestando o mesmo caráter ao verdadeiro e o falso. (*Pensamentos*, II, 82)

Segundo Pascal, a imaginação tem o dom de persuadir os homens: “Eis, aproximadamente, os efeitos dessa faculdade enganosa que parece nos ser dada de propósito para induzir-nos a um erro necessário”. Via a imaginação não como uma das portas sensitivas pela qual a sabedoria pudesse entrar, mas como uma tática enganadora utilizada pelos sentidos em sua guerra contra a razão.

Os dois princípios das verdades, a razão e os sentidos, além de carecerem de sinceridade, iludem-se mutuamente. Os sentidos, com suas falsas aparências, enganam a razão; e essa mesma fraude que oferecem à razão recebem-na dela, por sua vez. Ela revida. As paixões da alma perturbam os sentidos e provocam falsas impressões. (*Pensamentos*, II, 83)

A imaginação é capaz de acentuar as nuances, disfarçar e exagerar, o que a faz

“soberba potência inimiga da razão, já que por mais que a razão grite, não pode valorizar as coisas. Entretanto a imaginação dispõe de tudo; faz a beleza, a justiça e a felicidade, que é tudo no mundo”. O autor conclui que a razão foi obrigada a ceder e quem quisesse seguir apenas a razão seria louco perante o juízo do homem comum.

Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) foi um dos grandes expoentes do Racionalismo. Um dos pontos principais da filosofia de Leibniz é o Deus cuja vontade está submetida à sua própria lógica e entendimento. Ele não pode romper com suas próprias regras, conseqüentemente o mundo está impregnado de racionalidade. “Só Deus tem o privilégio do conhecimento puramente intuitivo.”

A obra *Novos ensaios sobre o entendimento humano* é uma resposta ao *Ensaio sobre o entendimento humano* de Locke, que será analisado no próximo tópico. Escrito em forma de diálogo entre os personagens Teófilo, que representa o pensamento do autor, e Filaleto, que representa Locke, o texto critica fortemente o empirismo. Leibniz defende um certo inatismo, ponto em que concorda como Descartes, de quem sofreu influência direta. De Descartes incorporou a possibilidade da explicação matemática do mundo; a partir dela pretendia lançar as bases de uma combinatória universal, espécie de cálculo filosófico que permitiria encontrar o verdadeiro conhecimento e desvendar a natureza das coisas. De Aristóteles conservou a visão teleológica do mundo. Assim como Aristóteles, considerava certas qualidades inatas na alma, como o ser, o uno, o idêntico, a causa, a percepção e o raciocínio. Para Leibniz, a experiência só fornece a ocasião para o conhecimento dos princípios inatos ao intelecto. A alma pode reconhecer virtualmente tudo, nesse sentido, ele nos lembra Platão e sua teoria da reminiscência.

Teófilo: Nossa certeza seria pequena, ou mais que isso, inexistente, se não fosse fundada nas ideias simples exceto as decorrentes dos sentidos.

Você esqueceu como mostrei que ideias estão inerentemente em nossa mente, e que mesmo os nossos pensamentos provêm de nosso próprio âmago, e porque outras coisas criadas não podem ter qualquer influência imediata sobre a alma? Além disso, nossa certeza quanto às verdades universais e eternas se assenta nas ideias de si, independentemente dos sentidos, apenas como ideias puras – ideias do intelecto, tais como as ideias de ser, um, mesmo, etc. – são também independentes dos sentidos. Mas as ideias de qualidades sensíveis como a cor, sabor, etc. (que são realmente apenas imagens ilusórias) vêm para nós através dos sentidos, ou seja, nossas percepções confusas. E a verdade sobre as coisas singulares do contingente é baseada nos fenômenos sensoriais, vinculados como é exigido pelas verdades do intelecto. Esta – a distinção entre necessárias e contingentes – é a distinção que deveria ser estabelecida; considerando que delineamos aqui entre ideias simples e complexos e por último entre ideias de substâncias e acidentais, parece-me não ter nenhum fundamento, uma vez que todas as ideias do intelecto são inspiradas nos arquétipos na eterna possibilidade de coisas, i.e. são cópias das ideias da mente de Deus, a mente que é a fonte de todas a necessidade e possibilidade¹⁴. (*New Essay*, Book IV, Cap. IV, p. 186)

Filaleto: A evidência e a certeza de várias proposições que são tomadas como verdades inatas dependem de nossa capacidade para discernir ideias.

Teófilo: Compreendo que requer discernimento pensar nessas ideias inatas e para classificá-las, mas isto não as torna menos inatas.

Fil: Perspicácia de raciocínio consiste no pronto acesso às ideias, mas existe julgamento em estabelecê-las e separá-las precisamente.

Teo: Pode ser que cada um delas seja perspicácia da imaginação, e esse julgamento consiste no escrutínio das proposições em concordância com a razão...¹⁵ (*New Essay*, Book II, Cap. XI, p. 51)

Leibniz não rejeita completamente o apelo da imaginação, mas tudo o que pode ser

¹⁴**Theophilus:** *Our certainty would be small, or rather non-existent, if it had no foundation of simple ideas except the one deriving from the senses. Have you forgotten how I showed that ideas are inherently in our mind, and that even our thoughts come to us from our own depths because no other created things can have any immediate influence on the soul? Also, our certainty regarding universal and eternal truths is grounded in the ideas themselves, independently of the senses, just as pure ideas – ideas of the intellect, such as the ideas of being, one, same etc. – are also independent of the senses. But the ideas of sensible qualities such as colour, flavour, etc. (which are really only illusory images) do come to us through the senses, i.e. from our confused perceptions. And the truth about contingent singular things is based on the way sensory phenomena are linked together just as required by truths of the intellect. That – the distinction between necessary and contingent – is the distinction that ought to be drawn; whereas the one you draw here between simple ideas and complex ones, and within the latter between ideas of substances and those of accidents, appears to me to have no foundation, since all ideas of the intellect are modelled on archetypes in the eternal possibility of things, i.e. they are copies of ideas in God's mind, the mind that is the source of all necessity and possibility.*

¹⁵**Philalethes:** *The evidentness and certainty of various propositions that are taken to be innate truths depend on our ability to discern ideas.*

Theophilus: I grant that it requires discernment to think of these innate ideas and to sort them out, but that doesn't make them any less innate.

Phil: Quickness of wit consists in the ready recall of ideas, but there is judgment in setting them out precisely and separating them accurately.

Theo: It may be that each of those is quickness of imagination, and that judgment consists in the scrutiny of propositions in accordance with reason...

conhecido já existe da alguma forma. Nós vivemos no melhor dos mundos possíveis. Em uma harmonia pré-estabelecida, em um universo dinâmico no qual o equilíbrio das forças é sustentado por Deus.

1.4 IMAGINAÇÃO E EMPIRISMO

Empirismo é a corrente epistemológica que considera que todo o conhecimento é resultado de nossas experiências externas e todas as teorias científicas devem ser baseadas na investigação empírica aliada ao raciocínio dedutivo. O início da Idade Moderna é marcado pelo rompimento das instituições características do sistema vigente, entre elas a Escolástica. **Francis Bacon (1561-1626)** foi um dos críticos do sistema filosófico dominante, para ele a filosofia escolástica estava estagnada e deveria ser transformada em uma coisa fértil, iluminada e a favor do bem do homem. Era preciso uma filosofia a favor do avanço das ciências. A instauração de uma nova metodologia indutiva e exploratória faz de Bacon o grande mentor do experimentalismo da ciência moderna.

Para efeito de explanação chamamos à forma ordinária da razão humana voltar-se para o estudo da natureza de **antecipação da natureza** (por tratar-se de intento temerário e prematuro). E a que precede da forma devida, a partir dos fatos, designamos por **interpretação da natureza**. (*Novum organum*, Livro I, Aforisma XXVI)

A *Interpretação da Natureza*, como proposto pelo autor, ao contrário do método de *Antecipação Mental*, não é um produto da imaginação humana, mas um procedimento baseado em observações solidamente registradas e catalogadas por meio de exaustivas ações intelectuais e sensoriais sobre as múltiplas manifestações das leis da natureza.

Bacon idealizou o projeto de um grande trabalho científico, *A grande instauração*, em latim *Magna instauratio*, no entanto só parte dessa obra enciclopédica foi executada. Na obra

De dignitate et augmentis scientiarum, publicada em 1623, que é basicamente uma versão ampliada do livro *Proficiency and advancement of learning*, publicado em 1605, o autor propõe a classificação das ciências associando-as com três grandes faculdades humanas:

- Poesia ou ciência da Imaginação;
- História ou ciência da Memória (subdividida em natural e civil e a filosofia);
- Filosofia ou ciência da Razão (subdividida em filosofia da natureza e em antropologia).

Sua obra mais conhecida atualmente foi publicada em 1620, trata-se de uma crítica ao *Órganon*, de Aristóteles, o qual descreve seu método de pesquisa, além de constituir o primeiro tratado de Biologia descritiva. Em *Novum organum ou Verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza*, Bacon se propõe a fornecer, como o próprio nome diz, a explicação detalhada e a demonstração do procedimento correto para interpretar a natureza. Juntos, os dois trabalhos apresentam os elementos essenciais do pensamento de Bacon, incluindo a maior parte de suas ideias principais e os princípios fundamentais de sua filosofia. No *Novo organum*, o autor introduz seu sistema de *verdadeira e perfeita indução*, em oposição à *indução vulgar*, proposto como base essencial de seu método científico e ferramenta necessária para a interpretação da natureza.

Com efeito, que procede por simples enumeração é uma coisa pueril, leva a conclusões precárias expõe-se ao perigo de uma instância que a contradiga. Em geral conclui a partir de um número de fatos particulares muito menos que o necessário e que são também os de acesso mais fácil. Mas a indução que será útil para a descoberta e demonstração das ciências e das artes deve analisar a natureza, procedendo às devidas rejeições e exclusões, e depois, então, de posse dos casos negativos necessários, concluir a respeito dos casos positivos. Ora, é o que não foi até hoje feito, nem mesmo tentado, exceção feita, certa vez, de Platão, que usa essa forma de indução para tirar definições e ideias. (Livro I, Aforisma CV)

Bacon critica a indução por enumeração simples, pois esta corre o risco de estar

fomentando a *liberdade imaginativa* do investigador que lança mão do espírito criativo a fim de concluir seu trabalho, afastando-se da leitura fiel da natureza. Não é função do investigador, comprometido com a busca da verdade, criar ou imaginar coisa alguma, mas sim deixar que a realidade se revele por meio da investigação metódica e infatigável, desprovida de qualquer tipo de preconceito ou juízo antecipatório (VIEIRA, 2003).

Os ídolos e as noções falsas que hora ocupam o intelecto humano e nele se acham implantados não somente o obstruem a ponto de ser difícil o acesso da verdade, como, mesmo depois de seu pórtico logrado e descerrado poderão ressurgir como obstáculo à própria instauração das ciências, a não ser que os homens, já precavidos contra eles, se cuidem o mais que possam. (Livro I, Aforisma XXXVIII)

São de quatro gêneros os ídolos que bloqueiam a mente humana. Para melhor apresentá-los, lhes assinamos nomes, a saber: Ídolos da Tribo; Ídolos da Caverna; Ídolos do Foro e Ídolos do Teatro. (Livro I, Aforisma XXXIX)

No primeiro livro do *Advancement*, Bacon descreve três destemperos da aprendizagem e os identifica como:

- **Aprendizagem fantástica** ou imaginações vãs são aquilo que hoje chamamos de pseudociência, uma coleção de ideias que carecem de fundamentação real ou substância, o autor usa a expressão 'ciência imaginativa';
- **Aprendizagem contenciosa** ou discussões vãs referem-se a qualquer esforço intelectual cujo objetivo não é obter um novo conhecimento ou aprofundar-se no entendimento de algo, mas cuja razão é o debate sem fim. Bacon as associa principalmente à filosofia e à teologia aristotélica e à tradição escolástica;
- **Aprendizagem sensível** ou simulações vãs foi o rótulo dado por Bacon ao novo humanismo, preocupado não com a recuperação de antigos textos ou a restauração do conhecimento, mas com a reprodução do estilo clássico de prosa característico. Tal preocupação com as palavras mais do que com o conteúdo parece ao autor o

mais sedutor e decadente vício literário de sua época.

Para Bacon, a criatividade que não encontra total respaldo na experiência não traz nenhum progresso. É possível chegar às verdades universais sem lançar mão de conjecturas e teorias oriundas da imaginação fértil e fantasiosa do espírito humano, pois as leis da natureza estão na própria natureza e não no intelecto humano.

Como os seus predecessores **John Locke (1632-1704)** também buscava definir critérios para o conhecimento verdadeiro através de sua investigação sobre o conhecimento humano. A principal preocupação em sua teoria do conhecimento foi combater a doutrina da existência de ideias inatas na mente do homem, cujo principal expoente foi Descartes. Para ele, a mente humana é como uma folha em branco que receberia impressões através dos sentidos, a partir das experiências do indivíduo:

(...) a mente é, como dissemos, um papel em branco, desprovida de todos os caracteres, sem quaisquer ideias; como ela será suprida? De onde lhe provem este vasto estoque, que a ativa e que a ilimitada fantasia do homem pintou nela com uma variedade quase infinita? De onde apreende todos os materiais da razão e do conhecimento? A isso respondo, numa palavra, da experiência. (*Ensaio acerca do entendimento humano*, II, I, p. 2)

Todas as ideias têm origem ou da experiência de sensação ou da experiência de reflexão. As primeiras são as chamadas ideias simples:

Ideias simples são todas as reais aparências das coisas. Em primeiro lugar, nossas ideias simples são todas reais, todas de acordo com a realidade das coisas: elas não são todas as imagens ou representações do que existe; pelo contrário, mas são as qualidades primárias dos corpos, já tem sido demonstrado. Mas, apesar da brancura e do frio não serem mais do que a neve e o desconforto, essas ideias de brancura e frio, desconforto, etc., sendo em nós os efeitos do poder das coisas, ordenadas pelo nosso Criador para produzir em nós essas sensações; são ideias reais, que distinguem as qualidades que são realmente as coisas em si¹⁶. (II, XXX, p. 2)

¹⁶ *Simple ideas are all real appearances of things. First, Our simple ideas are all real, all agree to the reality of things: not that they are all of them the images or representations of what does exist; the contrary whereof, in all but the primary qualities of bodies, hath been already shown. But, though whiteness and coldness are no more in snow than pain is; yet those ideas of whiteness and coldness, pain, etc., being in us the effects of powers in things without us, ordained by our Maker to produce in us such sensations; they are real ideas in us, whereby we distinguish the qualities that are really in*

As ideias complexas realizadas através da *reflexão são consequências das operações* ou faculdades da mente quando estas atuam sobre as ideias simples:

Ideias complexas são combinações voluntárias. Embora a mente seja inteiramente passiva em relação às ideias simples; no entanto, penso, podemos dizer que não o é em relação às ideias complexas. Sendo essas combinações de ideias simples colocadas juntas e unidas sob um nome geral, é claro que a mente do homem usa uma espécie de liberdade para formar essas ideias complexas: como isso permite que a ideia de um homem de ouro, ou de justiça, seja diferente da de outro, apenas porque ele tenha colocado nela, ou excluído, uma ideia simples que o outro não o tenha feito? A questão, então é, quais destas são reais e quais combinações imaginárias? Quais coleções concordam com a realidade das coisas e quais não?¹⁷ (II, XXX, p. 3)

Por conseguinte, há três maneiras pelas quais obtemos estas ideias complexas mixando modos: (1) Por experiência e observação das próprias coisas: assim, por ver dois homens lutando ou duelando, recebemos a ideia de lutas ou Esgrima. (2) Por invenção, ou colocando voluntariamente juntas algumas ideias simples em nossas mentes: assim o primeiro que inventou a impressão ou a água-forte, teve uma ideia em sua mente antes que ela tivesse existido. (3) Que é a forma mais usual, explicando os nomes das ações que nunca vimos, ou emoções que não podemos ver; e por enumeração, e assim, por assim dizer, definindo antes em nossa imaginação todas essas ideias que irão construí-las e as partes constituintes delas. Pois, tendo através da sensação e da reflexão estocado nossas mentes com ideias simples, e por usar os nomes que se tem para elas, podemos por esse meio, representar qualquer outra ideia complexa que iremos conceber; que tenha em si ideias não simples, mas que nós conhecemos, e tem o mesmo nome. Pois todas as nossas ideias complexas são, em última análise, resolvidas em ideias simples, das quais elas são compostas e originalmente formadas, embora talvez seus ingredientes imediatos, como posso dizer, também sejam ideias complexas¹⁸. (II, XXII, p. 9)

things themselves.

¹⁷Complex ideas are voluntary combinations. Though the mind be wholly passive in respect of its simple ideas; yet, I think, we may say it is not so in respect of its complex ideas. For those being combinations of simple ideas put together, and united under one general name, it is plain that the mind of man uses some kind of liberty in forming those complex ideas: how else comes it to pass that one man's idea of gold, or justice, is different from another's, but because he has put in, or left out of his, some simple idea which the other has not? The question then is, Which of these are real, and which barely imaginary combinations? What collections agree to the reality of things, and what not?

¹⁸There are therefore three ways whereby we get these complex ideas of mixed modes: (1) By experience and observation of things themselves: thus, by seeing two men wrestle or fence, we get the idea of wrestling or fencing. (2) By invention, or voluntary putting together of several simple ideas in our own minds: so he that first invented printing or etching, had an idea of it in his mind before it ever existed. (3) Which is the most usual way, by explaining the names of actions we never saw, or motions we cannot see; and by enumerating, and thereby, as it were, setting before our imaginations all those ideas which go to the making them up, and are the constituent parts of them. For, having by sensation and reflection stored our minds with simple ideas, and by use got the names that stand for them, we can by those means represent to another any complex idea we would have him conceive; so that it has in it no simple ideas but what he knows, and has with us the same name for. For all our complex ideas are ultimately resolvable into simple ideas, of which they are

Para Locke, a experiência é a fonte e o limite do intelecto, este não pode criar nem destruir ideias, apenas combiná-las. As ideias, por sua vez, são o material do conhecimento, que nasce de sua percepção e atua sobre elas através de conexões, concordâncias, contrastes e discordâncias. Assim, o conceito de ideias inatas é dispensável já que o intelecto possui as ferramentas para adquirir todo o necessário para o entendimento. Finalmente, o conhecimento se trata da percepção do acordo ou do desacordo entre duas ideias.

(...) estas poucas ideias simples serão suficientes para empregar o mais rápido pensamento ou a mais ampla capacidade, e para fornecer os materiais de toda esta variedade de conhecimentos e variadas fantasias e opiniões de todos os homens... (I, VII, p. 10)

Tendo contudo, adquirido as ideias simples, a mente deixa de se limitar pela mera observação do que lhe é fornecido externamente, passando, mediante seu próprio poder, a reunir as ideias que possui para formar ideias complexas originais, pois jamais foram recebidas assim unidas. (I, XII, p. 2)

(...) o conhecimento nada mais é que a percepção da conexão e acordo, ou desacordo e rejeição, de quaisquer de nossas ideias. Apenas nisto ele consiste. Onde se manifesta esta percepção há conhecimento, e onde ela não se manifesta, embora possamos imaginar, adivinhar ou acreditar, nos encontramos distantes do conhecimento. (IV, I, p. 2)

Mas para que serve todo este conhecimento refinado das próprias imaginações dos homens que pesquisam a realidade das coisas? Não importa o que são as fantasias dos homens, trata-se apenas do conhecimento das coisas a ser capturado; unicamente valoriza os nossos raciocínios e mostra o predomínio do conhecimento de um homem sobre o outro, dizendo respeito às coisas como realmente são, e não de sonhos e fantasias. (IV, IV, p. 1)

(...) se nosso conhecimento de nossas ideias termina nelas, e não vai além disso, onde há algo mais para ser designado, nossos mais sérios pensamentos serão de pouco mais uso que os devaneios de um cérebro louco; e as verdades construídas deste modo não pesam mais que os discursos de um homem que vê coisas claramente num sonho e com grande segurança as expressa. Mas espero, antes de terminar, tornar evidente que este meio de certeza, mediante o conhecimento de nossas ideias, vai um pouco além da pura imaginação; e acredito que será mostrado que toda a certeza das verdades gerais pertencentes a um homem não se encontra em nada mais. (IV, IV, p. 2)

compounded and originally made up, though perhaps their immediate ingredients, as I may so say, are also complex ideas.

O filósofo irlandês **George Berkeley (1685-1753)** aceita o Empirismo de Locke, mas não admite a passagem dos conhecimentos fornecidos pelos dados da experiência para o conceito abstrato de substância material. Para alguns, Berkeley assume uma versão mais radical do empirismo. Sua filosofia propõe a inexistência da matéria; substância corpórea, fora do espírito; a substância material não pode ser conhecida em si mesma.

Na obra *Tratado sobre o conhecimento humano*, ele afirma que o que se conhece, na verdade, resume-se às qualidades reveladas durante o processo perceptivo: “se temos algum conhecimento das coisas externas, que tem de ser pela razão, inferindo a existência do imediatamente percebido pelos sentidos”.

Assim, o que existe realmente nada mais é que um *feixe de sensações* e é por isso que *ser é ser percebido*. A questão não é a negação do mundo exterior, mas a objeção ao conceito fundamental de uma *ideia de matéria* como constituinte de tudo o que é externo à substância pensante, vigente desde Descartes. Berkeley propõe a seguinte questão:

Se podes conceber possível para a substância móvel externa, ou em geral para qualquer ideia ou coisa semelhante a uma ideia, existir fora do espírito percipiente, dar-vos-ei plena razão, a afirmarei a existência de todos os corpos exteriores que pretenderdes, ainda que só possais dar-me como razão acreditar na sua existência ou indicar algum uso pra o que se supõe existir. Isto é, a simples possibilidade da verdade da vossa opinião passará por argumento demonstrativo. (*Tratado*, p. 20)

Como não há existência absoluta de objetos sensíveis, em si mesmos ou fora do espírito, o que existe para Berkeley são ideias impressas pelos sentidos ou excitadas pela imaginação:

As ideias impressas nos sentidos pelo Autor da natureza chamam-se objetos reais; e as excitadas na imaginação, por menos regulares vivas e constantes, designam-se mais propriamente por ideias ou imagens de coisas que copiam ou representam. (p. 33)

As ideias do sentido são mais fortes, vivas e distintas do que as da imaginação, têm estabilidade, ordem e coerência e não são produzidas

por acaso como freqüentemente as que são efeito da vontade humana (...) as regras ou métodos estabelecidos segundo os quais o espírito excita em nós ideias dos sentidos são as chamadas leis da natureza... (p. 30)

Outro importante empirista foi o escocês **David Hume (1711-1776)**. Serão analisados aspectos de sua filosofia, no que diz respeito à imaginação, através de duas de suas obras. No Livro I do *Tratado da natureza humana*, escrito em 1740, o autor descreve as percepções que constituem na mente humana. Ele as divide em duas classes ou espécies: as impressões, advindas dos sentidos, emoções e paixões, e as ideias ou pensamentos, que são cópias ou imagens das impressões, ou seja, são derivadas direta ou indiretamente das primeiras. Entre as ideias há aquelas associadas à memória e as que estão associadas à imaginação:

Nós sabemos por experiência, que quando uma impressão está presente na mente ela se apresenta como uma ideia; isso pode acontecer de duas maneiras: quando em sua aparência ela retém um grau considerável de sua vivacidade original, e é algo intermediário entre uma impressão e uma ideia, ou quando perde inteiramente sua vivacidade sendo uma ideia perfeita. A faculdade pela qual nos repetimos nossas impressões da primeira maneira é chamada de MEMÓRIA, e a outra de IMAGINAÇÃO. É evidente a primeira vista que as ideias da memória são muito mais vivas e fortes do que as da imaginação, é que a faculdade anterior pinta seus objetos em cores mais distintas, do que as que empregadas pela última. Quando nós lembramos de um evento passado a ideia disso flui na nossa mente de maneira potente; considerando que na imaginação a percepção é fraca e lânguida e não pode ser preservada, sem dificuldade, pela mente, firme e uniforme, por um tempo considerável. Existe então uma diferença sensível entre uma espécie de ideia e outra. (*Tratado*, I, I, III)

Na memória, as ideias são guardadas obedecendo à forma e à ordem original das impressões. De tal maneira que *a função primordial da memória não é preservar as ideias simples, mas sua ordem e posição*. De forma totalmente distinta na imaginação ideias originadas em diferentes situações podem ser reordenadas e recombinaadas. Hume expõe como um princípio *a liberdade da imaginação em reorganizar e mudar as ideias*. Por exemplo, se você já observou uma margarida branca, possui a ideia de margarida e a

da cor branca, associada à ideia da cor vermelha, adquirida em outra situação, pode-se criar na imaginação a ideia complexa da margarida vermelha, sem nunca tê-la visto. Podemos observar que a imaginação de Hume agrega, em um único conceito, várias das faculdades da mente propostas por Locke.

As ideias são associadas na imaginação a partir dos princípios de semelhança, de contigüidade – no tempo e espaço – e de causa ou efeito. Caso esses princípios não fossem obedecidos, nas palavras de Hume, nada seria mais inexplicável que as operações desta faculdade.

Como todas as ideias simples podem ser separadas pela imaginação e podem ser unidas novamente da forma que ela queira, nada seria mais impune do que as operações dessa faculdade, se não fossem guiadas por alguns princípios universais, que a torne, de certa maneira, uniforme em todos os tempos e lugares. Se as ideias fossem inteiramente soltas e desconectadas, só haveria uma oportunidade de uni-las; e é impossível que as mesmas ideias simples cairiam regularmente em complexas (como o fazem comumente) sem alguns limites da união entre elas, algumas qualidades de associação, pelas quais uma ideia, naturalmente, introduz outra¹⁹. (I, I, IV)

Apesar disso, a imaginação pode originar inferências equivocadas, devendo-se recorrer à reflexão pra evitá-las. Pela interpretação de Alves (2004), a imaginação assume também papel regulador, distinto de sua característica fantasiosa, o que este autor chama de razão experimental. O próprio Hume admite em diversas ocasiões a ambigüidade na definição desse termo:

Em geral podemos observar, como nosso consentimento favorável a todos os raciocínios prováveis baseia-se na vivacidade das ideias. Isso lembra muitos esses caprichos e preconceitos, que são rejeitados pelo caráter impróprio de ser da imaginação jovem. Por essa expressão parece que a palavra, imaginação, é comumente usada em dois sentidos diferentes; e nada é mais contrário à verdadeira filosofia, que esta imprecisão, ainda que seguindo o raciocínio eu tenha muitas vezes sido

¹⁹*As all simple ideas may be separated by the imagination, and may be united again in what form it pleases, nothing would be more unaccountable than the operations of that faculty, were it not guided by some universal principles, which render it, in some measure, uniform with itself in all times and places. Were ideas entirely loose and unconnected, chance alone would join them; and it is impossible the same simple ideas should fall regularly into complex ones (as they Commonly do) without some bond of union among them, some associating quality, by which one idea naturally introduces another.*

obrigado a cair nela. Quando oponho a imaginação à memória, refiro-me a faculdade, pela qual nós formar nossas ideias fracas. Quando oponho isso à razão, refiro-me à mesma faculdade, excluindo apenas nossos raciocínios demonstrativos e prováveis. Quando não oponho isso à nada, é indiferente se está limitado em maior ou mais amplo sentido, ou pelo menos o contexto irá explicar suficientemente o significado²⁰. (I, III, VII)

(...) que a imaginação, de acordo com minha própria colocação, sendo o juiz final de todos os sistemas de filosofia, sou injusto em culpar os antigos filósofos por usar essa faculdade permitindo que eles próprios fossem inteiramente guiados por ela em seus raciocínios. Para me justificar devo distinguir na imaginação entre os princípios que são permanentes, irresistível e universais; tais como a transição habitual das causas aos efeitos e dos efeitos às causas. E os princípios, que são alteráveis, fracos e irregulares; tais como os que a pouco mencionei. Os primeiros são a base de todos os nossos pensamentos e ações, assim, com sua remoção a natureza humana deve imediatamente perecer e se arruinar. Os últimos não são inevitáveis para a humanidade, nem necessários, nem tão úteis na condução da vida; mas ao contrário, são observados apenas em mentes fracas e sendo contrários a outros princípios de costume e raciocínio, podem ser facilmente subvertidos por um devido contraste e oposição. Por esse motivo os primeiros são recebidos pela filosofia, e os segundos rejeitados²¹. (I, IV, IV)

Na obra *Investigação sobre o entendimento humano*, escrita em 1748, Hume apresenta uma revisão dos pontos principais do Tratado, Livro I, além da discussão sobre a livre vontade, os milagres e o argumento teleológico. Uma questão interessante abordada por Hume são os limites do pensamento. A imaginação segundo ele não se restringe às formas das impressões originais, possuindo poder de variação, liberdade para transpor e mudar as ideias. No entanto

20 *In general we may observe, that as our assent to all probable reasonings is founded on the vivacity of ideas. It resembles many of those whimsies and prejudices, which are rejected under the opprobrious character of being the offspring of the imagination. By this expression it appears that the word, imagination, is commonly used in two different senses; and tho nothing be more contrary to true philosophy, than this inaccuracy, yet in the following reasonings I have often been obliged to fall into it. When I oppose the Imagination to the memory, I mean the faculty, by which we form our fainter ideas. When I oppose it to reason, I mean the same faculty, excluding only our demonstrative and probable reasonings. When I oppose it to neither, it is indifferent whether it be taken in the larger or more limited sense, or at least the context will sufficiently explain the meaning.*

21 *(...) that the imagination, according to my own confession, being the ultimate judge of all systems of philosophy, I am unjust in blaming the ancient philosophers for making use of that faculty, and allowing themselves to be entirely guided by it in their reasonings. In order to justify myself, I must distinguish in the imagination between the principles which are permanent, irresistible, and universal; such as the customary transition from causes to effects, and from effects to causes: And the principles, which are changeable, weak, and irregular; such as those I have just now taken notice of. The former are the foundation of all our thoughts and actions, so that upon their removal human nature must immediately perish and go to ruin. The latter are neither unavoidable to mankind, nor necessary, or so much as useful in the conduct of life; but on the contrary are observed only to take place in weak minds, and being opposite to the other principles of custom and reasoning, may easily be subverted by a due contrast and opposition. For this reason the former are received by philosophy, and the latter rejected.*

ela está restrita a operar com o material que é fornecido pelas impressões.

Embora nosso pensamento pareça possuir liberdade ilimitada examinando o assunto mais de perto vemos que em realidade ele se acha encerrado dentro de limites muito estreitos e que todo o poder criador da mente se reduz a simples faculdade de combinar, transpor, aumentar ou diminuir os materiais fornecidos pelos sentidos e pela experiência (...) Em resumo, todas as matérias do pensamento derivam da sensação interna ou externa; só a mistura e composição destas depende da mente e da vontade. Ou, para expressar-me em linguagem filosófica, todas as nossas ideias ou percepções mais fracas são cópias de nossas impressões, ou percepções mais vivas. (*Investigações*, II, 13)

Nada é mais livre do que a imaginação do homem, e, embora ela não ultrapasse o fundo original de ideias fornecidas pelos sentidos externos e internos, tem um poder ilimitado de misturar, unir, separar e dividir essas ideias em todas as modalidades de ficção e visão. Pode simular uma série de acontecimentos com toda a aparência de realidade, situá-los numa ocasião e lugar particulares, concebê-los como existentes e pintá-los a si mesma com todas as circunstâncias próprias de qualquer fato histórico em que ela acredite com a mais absoluta certeza. (*Investigações*, V, II, 39)

A imaginação está intimamente ligada à análise humana da causalidade, ela é a faculdade responsável pela formação da crença e, conseqüentemente, pela inferência causal. Segundo Hume, as causas e os efeitos não são descobertos pela razão, mas pela experiência.

Em uma palavra: todo efeito é um evento distinto de sua causa. Portanto, não poderia ser descoberto na causa e deve ser inteiramente arbitrário concebê-lo ou imaginá-lo a priori. E mesmo depois que o efeito tenha sido sugerido, a conjunção do efeito com sua causa deve parecer igualmente arbitrária, visto que há sempre outros efeitos que para a razão devem parecer igualmente coerentes e naturais. Em vão, portanto, pretendíamos determinar qualquer evento particular ou inferir alguma causa ou efeito sem a ajuda da observação e da experiência. (*Investigações*, VI, I, 23)

Esta deficiência em nossas ideias não é, com efeito, percebida na vida comum, nem somos sensíveis a ela, em conjunção de causa e efeito mais usuais, ignoramos o princípio final, que as une, como nas mais incomuns e extraordinárias. Mas isso prossegue apenas a partir de uma ilusão da imaginação; e a questão é, quanto devemos ceder a essas ilusões. Esta questão é muito difícil e se reduz a um dilema muito perigoso, seja qual for a resposta. Pois se nós concordarmos com cada sugestão trivial da fantasia; já que estas sugestões são muitas vezes contrárias umas as outras; elas nos levam a tais erros, disparates e obscuridades, devemos

finalmente ter vergonha de nossa credulidade. **Nada é mais perigoso à razão do que os vôos da imaginação, e nada tem ocasionado mais erros entre os filósofos.** Homens de brilhantes fantasias podem neste sentido ser comparados a anjos, cuja escultura representa cobrindo os olhos com suas asas²². (*Tratado*, I, VI, VII)

A causalidade é a única relação que, partindo de um elemento, é capaz de nos fazer afirmar algo acerca de um outro elemento que não vemos e, portanto, nos leva além daquilo que é presentemente percebido.

Vemos que a imaginação em Hume assume inicialmente o sentido clássico dado por Aristóteles, de imagens reproduzidas na mente. Mas esse sentido é ampliado. Se pensarmos a imaginação como origem da crença na causalidade, entenderemos por que esse conceito é tão relevante na obra desse autor, visto que uma das mais importantes contribuições do pensamento de Hume é a questão do 'Problema da Indução'. Como podemos justificar a transição de casos particulares para o geral, ou ainda, como podemos transmitir as relações dos casos observados para os não observados? Hume mostrou que independentemente do número de vezes que uma conjunção de eventos possa ser observada nada garante que esta conjunção, que supostamente configura um par causa-efeito, ocorrerá novamente.

Em Alves (2004), o autor ressalta que, para Hume, o fundamento da causalidade reside na faculdade de imaginar, na medida em que tal faculdade opera associando ideias segundo regras gerais fundadas na experiência, como vemos nas palavras do próprio Hume:

²²*This deficiency in our ideas is not, indeed, perceived in common life, nor are we sensible, that in the most usual conjunctions of cause and effect we are as ignorant of the ultimate principle, which binds them together, as in the most unusual and extraordinary. But this proceeds merely from an illusion of the imagination; and the question is, how far we ought to yield to these illusions. This question is very difficult, and reduces us to a very dangerous dilemma, whichever way we answer it. For if we assent to every trivial suggestion of the fancy; beside that these suggestions are often contrary to each other; they lead us into such errors, absurdities, and obscurities, that we must at last become ashamed of our credulity. Nothing is more dangerous to reason than the flights of the imagination, and nothing has been the occasion of more mistakes among philosophers. Men of bright fancies may in this respect be compared to those angels, whom the scripture represents as covering their eyes with their wings.*

Portanto, quando a mente passa da ideia ou impressão de um objeto à ideia de outro objeto, ou seja, à crença neste, ela não está sendo determinada pela razão, mas por certos princípios que associam as ideias desses objetos, produzindo uma união na imaginação. (*Tratado*, I, III, VII)

O hábito ou costume surge em consequência da repetição de eventos. Eles se originam da característica da imaginação de esperar a repetição de fatos de acordo com experiências passadas, que leva a mente a se sentir determinada a esperar certo efeito depois de um acontecimento. Essa não é uma opção racional, é parte da natureza humana realizar esse tipo de inferência baseada na repetição de conjunções. A causalidade é fruto do hábito de associar o que julgamos como causas de determinados efeitos. No entendimento de Hume, esse hábito pode ser altamente prejudicial ao conhecimento científico, quando o pesquisador estabelece prematuramente uma relação causa-efeito.

1.5 A IMAGINAÇÃO EM KANT

O Criticismo é uma ramificação do Racionalismo que alguns autores consideram autônoma, seu principal expoente foi **Immanuel Kant (1724-1804)**. Um dos principais diferenciais da filosofia crítica de Kant é que este autor analisa as condições necessárias para que o conhecimento puramente racional possa se concretizar, questão que para ele precede a busca do conhecimento verdadeiro. Em nosso intento, consideraremos apenas os livros *Crítica da razão pura* e *Crítica do juízo*.

A obra de Kant é apontada como um marco na filosofia moderna, sob vários aspectos. Para Frias (2006), o aspecto da produtividade é a contribuição original de Kant para o estudo da capacidade de imaginação, *aquela que o distancia de seus antecessores e chama atenção de seus sucessores*, embora o próprio autor faça uma ressalva à influência humana.

A requisição moderna da capacidade de imaginação se torna efetiva pela primeira vez, ao menos oficialmente, com Kant. Na primeira edição de sua *Crítica da Razão Pura*, publicada em 1781, esse pensador de Königsberg assustou seus contemporâneos ao anunciar que a capacidade de imaginação era a “raiz desconhecida” comum às duas ramas da cognição humana – entendimento e sensação. Esse reconhecimento extraordinário revirou de ponta cabeça toda a hierarquia da epistemologia tradicional. Afastando-se do saber herdado dos filósofos medievais e clássicos, Kant salvou a capacidade de imaginação de seu papel servil de faculdade intermediária entre nossas experiências sensível e inteligível, declarando-a a pré-condição primária e indispensável de todo conhecimento. Nada pode ser conhecido sobre o mundo a menos que seja primeiramente pré-formado e transformado pelo poder sintético da capacidade de imaginação (*Einbildungskraft*). (...) Depois de Kant, não se pode negar à capacidade de imaginação um lugar central nas teorias modernas do conhecimento (epistemologia), da arte (estética) e da existência (ontologia). (KEARNEY *apud* FRIAS, p. 7)

Há uma diferença considerável da função que a imaginação ocupa na 1ª e na 2ª edição da *Crítica da razão pura*. No segundo capítulo do primeiro livro, que trata da dedução dos conceitos puros do entendimento, anteriormente dedução transcendental, toda a 2ª seção foi reescrita. Esse capítulo trata dos conceitos que não podem ser extraídos da experiência, os conceitos *puros a priori*. As fontes subjetivas que constituem os fundamentos *a priori* da possibilidade da experiência, não na sua natureza empírica, mas na sua natureza transcendental, em oposição a empírico.

Na primeira edição, a imaginação pura deveria ser considerada a raiz comum à sensibilidade e ao entendimento, sendo uma das faculdades fundamentais.

(...) uma imaginação pura, como faculdade fundamental da alma humana, que serve a priori de **princípio a todo conhecimento**²³. Perante esta faculdade, ligamos a diversidade da intuição, por um lado, com a condição da unidade necessária da apercepção pura, por outro. Os dois termos extremos – sensibilidade e entendimento – devem necessariamente articular-se graças a uma função transcendental da imaginação, já que de outra maneira ambos dariam, indubitavelmente, fenômenos, mas nenhum objeto de conhecimento empírico e, portanto, nenhuma experiência. A Experiência real, que é a soma da apreensão, da associação (da reprodução) e, por fim, da reconhecimento dos fenômenos, contém neste momento último e supremo – reconhecimento dos elementos simplesmente empíricos da experiência – conceitos, que tornam possível a unidade formal da experiência, e com ela toda a validade objetiva – verdade – do conhecimento

23 Grifo nosso.

empírico. (*Crítica da razão pura*, 1ª ed., Livro I, Cap. II, p. 156)

A imaginação perderá seu lugar de destaque, mas manterá uma posição absolutamente distinta da que ocupara anteriormente no entendimento dos filósofos da ciência. A sensibilidade e o entendimento foram mantidos como faculdades fundamentais, mas a imaginação, de certa forma, foi camuflada sob a apreensão e posta ao nível da capacidade de julgar (quadro 02).

Segundo a terminologia kantiana, a análise da experiência envolve o reconhecimento de que possuímos as faculdades perceptivas necessárias à recepção dos dados do mundo. As formas *a priori* de nosso intelecto nos fornecem a capacidade de individuação dos dados no espaço, e a percepção sequencial dos dados no tempo. Nossas faculdades e nossa sensibilidade nos permitem a recepção dos dados do mundo (BORGES, 2008).

Quadro 02. As Faculdades Kantianas (FRIAS, 2006).

Faculdades	Produtos
Sensibilidade	Intuições
Entendimento	Conceitos
Razão	Ideias
Capacidade de Imaginação	Esquemas
Capacidade de Julgar	Juízos

A função da imaginação na primeira edição antecedia a *apercepção que é o fundamento da capacidade do conhecimento*. E a síntese da apercepção é responsável pelo entendimento.

A primeira coisa que nos é dada é o fenômeno que, se estiver ligado a uma consciência, se denomina percepção – em relação com uma consciência, pelo menos possível, o fenômeno nunca poderia ser para nós um objeto do conhecimento, não sendo, então, nada para nós e, porque não possui em si mesmo realidade objetiva alguma e apenas existe no conhecimento, não seria absolutamente nada. No entanto, como todo fenômeno contém uma diversidade e, portanto, se encontram no espírito

percepções diversas, disseminadas e isoladas, é necessário uma ligação entre elas, que elas não podem ter no próprio sentido. Neste sentido, há em nós uma faculdade ativa da síntese desta diversidade, que denominamos imaginação, e sua ação, que se exerce imediatamente nas percepções, designo por apreensão²⁴. (*Crítica da razão pura*, 1ª ed., Livro I, Cap. II, pp. 151-152)

Embora a imaginação tenha sido excluída, na segunda edição, do rol das faculdades anímicas, a caracterização do conceito não foi essencialmente modificada. Kant distingue, ainda, no conceito de imaginação, a imaginação reprodutiva ou reprodutora, que possui um caráter empírico, e a imaginação produtiva ou produtora, capaz de gerar representações originais, que não são fruto da experiência. Distinção que aparece em ambas as edições.

A imaginação é a faculdade de representar um objeto, mesmo sem a presença deste na intuição. Porém, tendo em vista que toda nossa intuição é sensível, a imaginação pertence à sensibilidade, porque a condição subjetiva é a única pela qual pode ser dada aos conceitos do entendimento uma intuição correspondente. Entretanto, na medida em que sua síntese é um exercício da espontaneidade, que é determinante, e não apenas, como o sentido determinável, pode determinar “a priori” o sentido, quanto a forma, de acordo com a unidade da apercepção. Portanto, é uma faculdade de determinar “a priori” a sensibilidade. Sua síntese das intuições, de conformidade com as categorias, tem que ser a síntese transcendental da imaginação, que um efeito do entendimento sobre a sensibilidade e que é a primeira aplicação do entendimento – e ao mesmo tempo o fundamento de todas as restantes – a objetos da intuição possível para nós. Por ser figurada distingue da síntese intelectual, que se realiza simplesmente pelo entendimento, **sem o auxílio da imaginação**²⁵. Conquanto, na medida em que a imaginação é espontânea, também por vezes lhe chamo imaginação produtiva, e assim a distingo da imaginação reprodutiva, cuja síntese está submetida a leis meramente empíricas, quer dizer, as da associação, e não contribui, todavia, para o esclarecimento da possibilidade do conhecimento “a priori”, pelo que não pertence a Filosofia transcendental, mas a Psicologia. (2ª ed., Livro I, Cap. II, seção 24)

O que liga a diversidade da intuição sensível é a imaginação, que depende do entendimento quanto à unidade de sua síntese intelectual, e da sensibilidade quanto à diversidade da apreensão. (2ª ed., Livro I, Cap. II, seção 26)

24 (comentário do autor) Se a imaginação é um ingrediente inerente à própria percepção, certamente ainda nenhum psicólogo pensou. De certa forma isso acontece porque essa faculdade se limitava apenas às reproduções, e em parte, porque se acreditava que os sentidos nos forneciam não apenas impressões, mas também as encadeavam e conseguiam formar imagens dos objetos, o que, sem dúvida, além da receptividade das impressões, ainda exige algo mais, ou seja, uma função que as sintetize.

25 Grifo nosso.

Vimos, no primeiro dos excertos, que a imaginação deixa de participar do *princípio a todo conhecimento* com a possibilidade da síntese intelectual, ela passa a ser parte do entendimento, e não uma faculdade à parte e com o mesmo *status*, porém sem perder a importância.

Conforme veremos mais adiante, geralmente a síntese é um simples efeito da imaginação, função cega, conquanto imprescindível, da alma, sem a qual nunca teríamos conhecimento algum, mas da qual muito raramente temos consciência. No entanto, reportar essa síntese a conceitos é uma função que compete ao entendimento. Essa síntese faz o entendimento nos proporcionar conhecimento, no sentido próprio da palavra, pela primeira vez.

(...) Representações diversas são reduzida, analiticamente, a um conceito – questão de que trata a lógica geral. Todavia a lógica transcendental ensina-nos a reduzir conceitos, não as representações, mas a síntese pura das representações. Inicialmente o que nos deve ser dado, para efeito do conhecimento total dos objetos “a priori”, é a diversidade da intuição pura. A síntese dessa diversidade pela imaginação e o segundo passo, que não proporciona ainda conhecimento. Conferindo unidade a esta síntese pura e consistindo unicamente na representação desta unidade sintética necessária, os conceitos são o terceiro passo para o conhecimento de um certo objeto e repousam no entendimento. (*Crítica da razão pura*, Livro I, Cap. I, terceira seção, §10)

É a faculdade da imaginação que, por exemplo, é capaz de produzir esquemas, unindo as imagens soltas em um conceito e dando a possibilidade do significado. No que consiste o grande qualitativo que Kant imprime à imaginação. Ela está muito além da capacidade de reprodução das imagens:

Por si mesmo, o esquema não é sempre mais do que um produto da imaginação; mas como a síntese desta não tem por fim nenhuma intuição particular, senão, unicamente, a unidade na determinação da sensibilidade, é preciso não confundir o esquema com a imagem. Quando eu coloco cinco pontos seguidos faço uma imagem do número cinco. Pelo contrário, quando penso um número em geral, seja cinco ou cem, este pensamento é antes a representação de um método que serve para representar em uma imagem uma qualidade (p.ex.: mil), de acordo com certo conceito que não é esta mesma imagem, o que, alias, não seria muito difícil de fazer se quiserem percorre-las com os olhos e compará-las com o meu conceito. Pois bem o que eu denomino esquema de um conceito é a representação de um processo geral da imaginação que serve para dar sua imagem a esse conceito. E, com efeito, nossos conceitos sensíveis puros não têm por fundamento imagens de objetos, mas esquemas. (*Crítica da razão pura*, Livro II, Cap. I)

Na *Crítica do juízo*, Kant introduz a capacidade de julgar como responsável pela harmonia entre as outras faculdades. *Na família das faculdades superiores de conhecer, existe um termo intermediário entre o entendimento e a razão: Esse termo intermediário é o Juízo.*

Kant aborda ainda a questão do belo, na qual a capacidade de imaginação está fortemente ligada ao juízo estético. Os valores de beleza, presentes na obra de arte, são a chance de reconciliação entre a razão e a imaginação.

Para decidir se uma coisa é bela ou não, não nos referimos à representação de um objeto através do entendimento, mas ao sujeito e ao sentimento de prazer ou de pena através da imaginação (talvez meio de união para o entendimento). O julgamento do gosto não é, portanto, um julgamento do conhecimento; não é, portanto, lógico, mas estético, isto é, o princípio que o determina é puramente subjetivo²⁶. (*La critica del juicio*, 1ª parte, 1ª seção, §I)

O conhecimento é construído através de relações subjetivas e harmoniosas entre a imaginação e o entendimento. Segundo Frias:

(...) a “amizade” entre entendimento e capacidade de imaginação só se dá com uma certa tensão, resultante do fato de que eles puxam em direções opostas: o entendimento para a universalidade e a capacidade de imaginação para a especificidade. Embora o entendimento requeira a capacidade de imaginação para exhibir intuitivamente o que é pensado no conceito, e a capacidade de imaginação presumivelmente precise do entendimento para lhe dar a direção (de modo que ela saiba o que exhibir), eles apesar disso trabalham com propósitos cruzados (e assim “irritam” um ao outro). Embora Kant não o explicita, isso presumivelmente ocorre tanto quando o entendimento, em sua busca por universalidade, produz um conceito que é muito geral e indeterminado para ser apresentado adequadamente in concreto por qualquer instância particular quanto quando o particular imaginativamente apreendido é muito idiossincrático ou atípico para representar adequadamente o que é pensado no conceito. (FRIAS, 2006, p. 30)

²⁶Para decidir si una cosa es bella o no lo es, no referimos la representación a un objeto por medio del entendimiento, sino al sujeto y al sentimiento de placer o de pena por medio de la imaginación (quizá medio de unión para el entendimiento). El juicio del gusto no es, pues, un juicio de conocimiento; no es por tanto lógico, sino estético, es decir, que el principio que lo determina es puramente subjetivo.

1.6 PERSPECTIVAS DA MODERNA EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA

A revolução científica ocorrida no século XVII trouxe uma onda de críticas ao Indutivismo e ao Positivismo dominantes. O foco da discussão epistemológica deixou de ser a questão da obtenção do conhecimento verdadeiro e deslocou-se para a questão da demarcação da ciência. É possível analisar a perspectiva de alguns dos principais filósofos da ciência, apesar da discordância existente entre eles em relação a diferentes aspectos de suas obras. Embora possuam diferentes noções sobre a demarcação da ciência, de seu progresso e do fazer científico, de modo geral concordam com a importância da imaginação como agente na construção da ciência.

Em seus trabalhos, **Karl Popper (1902-1994)** estabeleceu critérios de distinção entre ciência e não-ciência, práticas científicas e não-científicas. A falsificação, ao invés da verificação, é um conceito chave na epistemologia de Popper. Toda tentativa para testar uma teoria é uma tentativa para falsificá-la. Uma teoria que não é falsificável não é científica. O autor segue a linha crítica de Hume contra o Indutivismo. Para os indutivistas, a ciência parte da observação, e a partir dela as afirmações podem ser derivadas. Se observarmos um grande número de situações, poderemos generalizar essas observações criando uma afirmativa verdadeira. Nesse caso, a imaginação é irrelevante e até mesmo inoportuna, já que a generalização é feita a partir da observação imparcial e inequívoca dos fatos.

Segundo Popper, afirmações verdadeiras, mesmo numerosas, não são capazes de assegurar uma conclusão verdadeira. Basta que encontremos um único cisne não branco para que caia por terra a afirmação de que todos os cisnes são brancos. A solução de Popper foi o método hipotético-dedutivo. Uma hipótese é produzida por indução, com a ajuda de um salto imaginativo, dependente do conhecimento teórico anterior. Então, certas

conclusões são deduzidas e comparadas para testar a consistência interna do sistema. Verifica-se se a teoria possui um caráter dedutivo ou empírico indutivo. As hipóteses são testadas experimentalmente, quando as previsões são confirmadas, a hipótese é comprovada, senão, pode ser modificada ou substituída.

Para esse autor, as teorias são constituídas por “conjecturas e refutações”, produtos da livre imaginação humana e não sugeridas pelos fatos. A incerteza e o erro são inerentes ao progresso da ciência, que é criativo, que assenta na resolução de problemas e onde interagem a imaginação, o raciocínio lógico, a observação e a experimentação:

Nem a observação nem a razão são autoridades. A intuição intelectual e a imaginação são muito importantes, mas não são confiáveis: podem mostrar claramente as coisas e, no entanto, conduzir ao erro. São indispensáveis como fontes principais de nossas teorias; mas, de qualquer maneira, a maior parte de nossas teorias é falsa. A função mais importante da observação e do raciocínio e, ainda, da intuição e da imaginação, consiste em atribuir à análise crítica dessas audaciosas conjecturas que são os meios com os quais pesquisamos o desconhecido²⁷. (*Conjecturas e refutações*, Introdução)

A liberdade de pensamento e a livre discussão são valores liberais supremos que não precisam posterior justificativa. No entanto, pode-se justificá-los pragmaticamente considerando a função que desempenham na procura da verdade. A verdade não é manifestada e não é fácil chegar a ela. A procura da verdade exige, pelo menos:

- a) Imaginação;
- b) Tentativa e erro;
- c) O descobrimento gradual de nossos pré-conceitos através de (a), (b) e da discussão crítica²⁸. (*Conjecturas e refutações*, Refutação 17)

27 *Ni la observación ni la razón son autoridades. La intuición intelectual y la imaginación son muy importantes, pero no son confiables: pueden mostrarnos muy claramente las cosas y, sin embargo, conducirnos al error. Son indispensables como fuentes principales de nuestras teorías; pero la mayor parte de nuestras teorías son falsas, de todos modos. La función más importante de la observación y el razonamiento, y aun de la intuición y la imaginación, consiste en contribuir al examen crítico de esas audaces conjeturas que son los medios con los cuales sondeamos lo desconocido.*

28 *La libertad de pensamiento y la libre discusión son valores liberales supremos que no necesitan, realmente, ulterior justificación. Sin embargo, también se los puede justificar pragmáticamente sobre la base del papel que desempeñan en la búsqueda de la verdad. La verdad no es manifiesta, y no-es fácil llegar a ella. La búsqueda de la verdad exige, al menos,*
(a) *imaginación,*
(b) *ensayo y error,*
(c) *el descubrimiento gradual de nuestros prejuicios a través de*
(a), (b) *y de la discusión crítica.*

Outro importante nome da epistemologia moderna é **Thomas Kuhn (1922-1996)**, cuja obra ressalta o caráter sociológico da comunidade científica. Ele considera a atividade científica como atividade humana não neutra. A resolução de enigmas é um desafio às capacidades dos cientistas e não das teorias. No livro *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn afirma que a ciência evolui através de episódios revolucionários. Na maior parte do tempo, os cientistas trabalham na resolução de enigmas dentro da *ciência normal*:

(...) ‘ciência normal’ significa pesquisa baseada firmemente em uma ou mais realizações científicas anteriores, realizações que alguma comunidade científica particular reconhece, durante certo tempo, como fundamento para sua prática posterior. Na atualidade, essas realizações são relatadas, apesar de raramente na sua forma original, por livros de texto científicos, tanto elementares como avançados. Estes livros de texto expõem o corpo da teoria aceita, ilustram muitas ou todas suas aplicações apropriadas e comparam as mesmas com experimentos e observações de condição exemplar²⁹. (Cap. 2, p. 33)

Nos períodos de ciência normal, os cientistas permanecem fiéis aos pressupostos compartilhados pela comunidade científica, que Kuhn chama de *paradigmas*, no esforço de aumentar a exatidão e o alcance de conteúdos já aceitos ou testar sua aplicabilidade em novas situações.

A melhoria desse acordo e o descobrimento de novos campos nos quais o acordo possa ser demonstrado representam um desafio constante para a habilidade e a imaginação dos experimentadores e dos observadores. Esses aparelhos especiais e muitos outros como esses ilustram o esforço e o engenho imensos que foram necessários para fazer com que a natureza e a teoria cheguem num acordo cada vez mais estreito³⁰. (Cap. 3, pp. 55-56)

Finalmente, existe um terceiro tipo de experimento encaminhado para a

29 (...) ‘ciencia normal’ significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior. En la actualidad, esas realizaciones son relatadas, aunque raramente en su forma original, por los libros de texto científicos, tanto elementales como avanzados. Esos libros de texto exponen el cuerpo de la teoría aceptada, ilustran muchas o todas sus aplicaciones apropiadas y comparan éstas con experimentos y observaciones de condición ejemplar.

30 El mejoramiento de ese acuerdo o el descubrimiento de nuevos campos en los que el acuerdo pueda demostrarse, representan un desafío constante para la habilidad y la imaginación de los experimentadores y los observadores.

(...) esos aparatos especiales y muchos otros como ellos – ilustran el esfuerzo y el ingenio inmensos que han sido necesarios para hacer que la naturaleza y la teoría lleguen a un acuerdo cada vez más estrecho.

articulação de um paradigma. Estes experimentos, mais que outros, podem ser semelhantes à pesquisa e acima de tudo prevalecem nos períodos e nas ciências que se ocupam mais dos aspectos qualitativos que dos quantitativos relacionados à regularidade da natureza. Com freqüência um paradigma, desenvolvido para um conjunto de fenômenos, resulta ambíguo ao aplicá-lo a outro estreitamente relacionado. Então são necessários experimentos para escolher entre os métodos alternativos, com o objetivo de aplicar o paradigma ao novo campo de interesse³¹. (Cap. 3, p. 60)

Porém, quando o paradigma vigente é incapaz de explicar as *anomalias* que surgem, se estabelece uma tensão que pode culminar no rompimento.

O descobrimento inicia-se com a percepção da anormalidade; ou seja, com o reconhecimento de que, de certa forma, a natureza violou as expectativas, induzidas pelo paradigma, que regem a ciência normal. A seguir, se produz uma exploração mais ou menos prolongada da zona de anormalidade. E somente finaliza quando a teoria do paradigma é ajustada de tal forma que o anormal tenha se convertido no esperado. A assimilação de um fato do tipo novo exige um ajuste mais que aditivo da teoria e até que o ajuste não seja finalizado, até que a ciência aprenda a ver a natureza de uma maneira diferente, o novo fato não é completamente científico³². (Cap. 6, p. 93)

O abandono de um paradigma não é um processo simples, frequentemente haverá um período de convivência entre diferentes paradigmas incomensuráveis entre si, até que a crise culmine na substituição total do antigo paradigma que caracteriza uma *revolução científica*.

Os exemplos mais evidentes de revoluções científicas são os famosos episódios do desenvolvimento científico que, com freqüência, têm sido chamados anteriormente revoluções.

De uma forma mais clara que a maioria dos outros episódios da história,

31 Finalmente, existe un tercer tipo de experimento encaminado hacia la articulación de un paradigma. Estos experimentos, más que otros, pueden asemejarse a la exploración y sobre todo prevalecen en los periodos y en las ciencias que se ocupan más de los aspectos cualitativos que de los cuantitativos relativos a la regularidad de la naturaleza. Con frecuencia un paradigma, desarrollado para un conjunto de fenómenos, resulta ambiguo al aplicarse a otro estrechamente relacionado. Entonces son necesarios experimentos para escoger entre los métodos alternativos, a efecto de aplicar el paradigma al nuevo campo de interés.

32 El descubrimiento comienza con la percepción de la anomalía; o sea, con el reconocimiento de que en cierto modo la naturaleza ha violado las expectativas, inducidas por el paradigma, que rigen a la ciencia normal. A continuación, se produce una exploración más o menos prolongada de la zona de la anomalía. Y sólo concluye cuando la teoría del paradigma ha sido ajustada de tal modo que lo anormal se haya convertido en lo esperado. La asimilación de un hecho de tipo nuevo exige un ajuste más que aditivo de la teoría y en tanto no se ha llevado a cabo ese ajuste – hasta que la ciencia aprende a ver a la naturaleza de una manera diferente –, el nuevo hecho no es completamente científico.

as ciências físicas mostram o que significa todas as revoluções científicas. Cada uma delas precisava da rejeição por parte da comunidade e de uma teoria científica antes reconhecida, para adotar outra incompatível. Cada uma delas produzia uma mudança nos problemas disponíveis para a análise científica e nas normas que a profissão determinava que se deveria considerar em um problema admissível e como solução legítima de um problema. E cada uma delas transformava a imaginação científica na maneira que, eventualmente, devemos descrever como uma transformação do mundo em que se realiza o trabalho científico. Essas mudanças, junto com as controvérsias que os acompanham, em geral, são as características que definem as revoluções científicas³³. (Introdução, p. 27)

Paul Feyerabend (1924-1994) retoma, de certa maneira, a questão da metodologia de obtenção do conhecimento, negando a existência de um método científico objetivo. Segundo ele, todas as tentativas de caracterizar tal método são falhas e a história da ciência está repleta de exemplos disso. O autor também critica a educação científica, que insiste em reproduzir um modelo de ciência impessoal e acético, completamente irreal, em sua visão.

A educação científica, tal como hoje a conhecemos, tem precisamente esse objetivo. Simplifica a ciência, simplificando seus elementos: antes de tudo, define-se um campo de pesquisa; esse campo é desligado do resto da História (a Física, por exemplo, é separada da Metafísica e da Teologia) e recebe uma ‘lógica’ própria. Um treinamento completo, nesse tipo de ‘lógica’, leva ao condicionamento dos que trabalham no campo delimitado; isso torna mais uniformes as ações de tais pessoas, ao mesmo tempo em que congela grandes porções do procedimento histórico. ‘Fatos’ estáveis surgem e se mantêm, a despeito das vicissitudes da História. Parte essencial do treinamento, que faz com que fatos dessa espécie apareçam, consiste na tentativa de inibir intuições que possam implicar confusão de fronteiras. A religião da pessoa, por exemplo, ou sua metafísica ou seu senso de humor (seu senso de humor natural e não a jocosidade postiça e sempre desagradável que encontramos em profissões especializadas) devem manter-se inteiramente à parte de sua atividade científica. Sua imaginação vê-se restringida e até sua linguagem deixa de

33 *Los ejemplos más evidentes de revoluciones científicas son los episodios famosos del desarrollo científico que, con frecuencia, han sido llamados anteriormente revoluciones.*

De manera más clara que la mayoría de los demás episodios de la historia de, al menos, las ciencias físicas, éstos muestran lo que significan todas las revoluciones científicas. Cada una de ellas necesitaba el rechazo, por parte de la comunidad, de una teoría científica antes reconocida, para adoptar otra incompatible con ella. Cada una de ellas producía un cambio consiguiente en los problemas disponibles para el análisis científico y en las normas por las que la profesión determinaba qué debería considerarse como problema admisible o como solución legítima de un problema. Y cada una de ellas transformaba la imaginación científica en modos que, eventualmente, deberemos describir como una transformación del mundo en que se llevaba a cabo el trabajo científico. Esos cambios, junto con las controversias que los acompañan casi siempre, son las características que definen las revoluciones científicas.

ser própria. E isso penetra a natureza dos ‘fatos’ científicos, que passam a ser vistos como independentes de opinião, de crença ou de formação cultural. (Introdução, p. 21)

A ciência feyerabendiana é essencialmente anarquista, e muito menos comprometida com os fatos do que se pretende mostrar. Ele tenta sustentar suas colocações na análise histórica de episódios científicos. Galileu, segundo Feyerabend, é um exemplo desse *anarquismo metodológico*:

Galileu substitui uma interpretação natural por uma interpretação muito diferente e, até aquela data (1630), pelo menos parcialmente antinatural. Como procede ele? Como consegue introduzir asserções absurdas e contra-indutivas – tal como a asserção de que a Terra se move – conseguindo que mereçam consideração ponderada e atenta? De antemão cabe dizer que argumentos não bastam – interessante e importantíssima limitação do racionalismo – e, com efeito, os pronunciamentos de Galileu só têm a aparência de argumentos. Em verdade, Galileu recorre à propaganda. Usa artifícios psicológicos, além das eventuais razões que tenha a oferecer. Esses artifícios alcançam êxito: conduzem-no à vitória. Contudo, lançam obscuridade sobre a nova atitude em relação à experiência – atitude que está a tomar forma – e atrasam de séculos a possibilidade de uma filosofia apoiada na razão. Lançam obscuridade sobre o fato de que a experiência em que Galileu deseja fundamentar a concepção de Copérnico nada mais é que o resultado de sua fértil imaginação, ou seja, que essa experiência foi inventada. Lançam obscuridade sobre esse fato insinuando que os novos resultados surgidos são conhecidos e admitidos por todos, bastando que lhes prestemos atenção para que eles venham a aparecer como a mais óbvia expressão da verdade. (Cap. VII, pp. 121-122)

A imaginação é bastante valorizada na visão de Feyerabend. Como parte da expressão da subjetividade humana ela é um fator essencial, tanto na criação das ideias quanto na elaboração dos argumentos.

(...) se dois grupos que defendem diferentes programas de pesquisa entram em competição, aquele que disponha de maior talento criador [e, importa acrescentar, maior visão das condições sociais e da psique dos oponentes] terá mais probabilidade de vencer (...) o caminho da ciência é traçado antes de tudo pela imaginação criadora e não pelo universo de fatos, que nos cerca. (Cap. XVI, p. 298)

Imre Lakatos (1922-1974) foi aluno de Popper, na obra *A metodologia dos programas de investigação científica* apresenta sua versão melhorada do falseacionismo popperiano, que tenta conciliar as críticas sofridas pelo trabalho de seu mestre. Lakatos incorpora de Popper os ingredientes essenciais do racionalismo crítico: a) a crença de que o crescimento do conhecimento científico é racional e b) a convicção de que é precisamente a crítica que motiva o crescimento. De Kuhn incorpora a *tenacidade* dos cientistas e a importância de *contextualizar* a explicação do crescimento da ciência, embora discorde de seu relativismo. Para Lakatos, a ciência pode ser mais bem analisada, não em termos de teorias únicas, mas em termos de unidades mais amplas chamadas *programas de investigação*.

Em primeiro lugar defendo que a unidade descritiva típica dos grandes sucessos científicos não é uma hipótese isolada, mas um programa de pesquisa. A ciência não é apenas tentativas e erros, uma série de conjecturas e refutações. Todos os cisnes são brancos, pode ser falseada pelo descobrimento de um cisne preto. Mas tais casos triviais de tentativa e erro não se consideram como ciência. A ciência newtoniana, por exemplo, não é apenas conjunto de quatro conjecturas (as três leis da mecânica e a lei da gravitação). Essas quatro leis somente constituem o núcleo firme do programa newtoniano. Mas este núcleo firme está fortemente protegido contra as refutações através de um grande cinturão protetor de hipóteses auxiliares. E, o que é mais importante, o programa de pesquisa tem também uma heurística, isto é, uma poderosa maquinaria para a solução de problemas que, com ajuda de técnicas matemáticas sofisticadas, assimila as anomalias e inclusive as transforma em evidência positiva³⁴. (Introdução, p. 13)

Em Lakatos, a imaginação pode desempenhar um papel mais importante na formulação de teorias que na formulação de proposições fáticas.

³⁴ *En primer lugar defiendo que la unidad descriptiva típica de los grandes logros científicos no es una hipótesis aislada sino más bien un programa de investigación. La ciencia no es sólo ensayos y errores, una serie de conjeturas y refutaciones. 'Todos los cisnes son blancos' puede ser falsada por el descubrimiento de un cisne negro. Pero tales casos triviales de ensayo y error no se catalogan como ciencia. La ciencia newtoniana, por ejemplo, no es sólo un conjunto de cuatro conjeturas (las tres leyes de la mecánica y la ley de gravitación). Esas cuatro leyes sólo constituyen el «núcleo firme» del programa newtoniano. Pero este núcleo firme está tenazmente protegido contra las refutaciones mediante un gran 'cinturón protector' de hipótesis auxiliares. Y, lo que es más importante, el programa de investigación tiene también una heurística, esto es, una poderosa maquinaria para la solución de problemas que, con la ayuda de técnicas matemáticas sofisticadas, asimila las anomalías e incluso las convierte en evidencia positiva.*

A direção da ciência está determinada fundamentalmente pela imaginação humana criadora e não pelo universo de fatos que acontece ao nosso redor. A imaginação criadora provavelmente encontrará nova evidencia demonstrativa até para o mais absurdo programa se a procura tem a força suficiente. Esta busca de **nova evidência confirmadora** é inteiramente permissível. Os cientistas sonham fantasias e depois iniciam um caça muito seletiva de fatos novos que se ajustem a aquelas fantasias. Este processo pode ser descrito como a ciência criando seu próprio universo (lembramos que criar se utiliza aqui em um sentido provocador, idiossincrático). Uma escola de científicos brilhantes (apoiada por uma sociedade suficientemente rica para financiar algumas contradições bem planejadas) pode conseguir impulsionar qualquer programa fantasioso ou, alternativamente, se isto é o que desejam, pode conseguir destruir qualquer suporte arbitrariamente escolhido do conhecimento estabelecido³⁵. (Capítulo 1, p. 131)

O filósofo alemão **Hans Reichenbach (1891-1953)** aborda o problema da indução sob o ponto de vista probabilístico. Uma proposição só tem significado se é possível determinar um grau de probabilidade de sua ocorrência. Duas proposições possuem o mesmo significado se podemos demonstrar que têm o mesmo grau de probabilidade. As experiências prévias nos dão a base para expectativas de eventos futuros, pois nos permitem estimar sua possibilidade de ocorrência. O elemento principal da epistemologia de Reichenbach é o *postulado*, uma proposição com a máxima probabilidade possível que será considerada como verdadeira. A meta da indução consiste em encontrar uma série de eventos cuja frequência converge para um limite.

No livro *Experiência e predição: uma análise das fundamentações e da estrutura do conhecimento*, publicado em 1938, Reichenbach define as três tarefas da epistemologia: a

³⁵ *La dirección de la ciencia está determinada fundamentalmente por la imaginación humana creadora y no por el universo de hechos que nos rodea. La imaginación creadora probablemente hallará nueva evidencia corroboradora hasta para el más absurdo programa si la búsqueda tiene el ímpetu suficiente. Esta búsqueda de **nueva evidencia confirmadora** es enteramente permisible. Los científicos sueñan fantasías y después emprenden una caza muy selectiva de hechos nuevos que se ajusten a aquellas fantasías. Este proceso puede describirse como 'la ciencia reando su propio universo' (recordemos que 'crear' se usa aquí en un sentido provocador, ideosincrático). Una escuela de científicos brillantes (respaldada por una sociedad lo bastante rica como para financiar algunas contrastaciones bien planeadas) puede conseguir impulsar cualquier programa fantasioso o, alternativamente, si eso es lo que desean, puede conseguir destruir cualquier soporte arbitrariamente elegido del conocimiento establecido.*

tarefa descritiva, a crítica e a consultiva. Parte da tarefa descritiva consiste na *reconstituição racional* do conhecimento científico:

Se esperamos uma determinação mais conveniente do conceito de reconstrução racional, poderíamos dizer que ele corresponde à forma com a qual os processos de pensamento são transmitidos a outras pessoas em vez da forma como são realizados subjetivamente. Da forma, por exemplo, como um matemático publica uma nova manifestação, ou um físico seu raciocínio lógico fundamentando uma nova teoria, quase corresponderia à nossa concepção de reconstrução racional; e a bem conhecida diferença entre a maneira do pensador de encontrar um teorema e sua maneira de apresentá-lo em público pode ilustrar a diferença em questão. Introduzirei os termos **contexto da descoberta** e **contexto da justificação** para marcar esta distinção. Em seguida, temos de dizer que a epistemologia só se ocupa na construção do contexto de justificação. Mas mesmo a forma de apresentar teorias científicas é apenas uma aproximação daquilo que entendemos por contexto da justificação. Mesmo a forma escrita das exposições científicas nem sempre correspondem às exigências da lógica ou suprimem os vestígios da motivação subjectiva da qual partiram. Se a apresentação da teoria está sujeita a um escrutínio epistemológico exato, o veredicto se torna ainda mais desfavorável. Para linguagem científica, sendo destinada como a linguagem da vida quotidiana para fins práticos, contém tantas abreviaturas e inexatidões silenciosamente toleradas, um lógico jamais estaria totalmente satisfeito com a forma das publicações científicas. Nossa comparação, no entanto, pode, pelo menos, indicar a maneira como esperamos que o pensamento seja substituído por operações justificáveis; e isso possa também mostrar que a reconstrução racional do conhecimento pertence a tarefa descritiva da epistemologia. Isso está ligado ao conhecimento factual da mesma maneira que as exposições de uma teoria estão vinculadas aos pensamentos de seu autor³⁶. (REICHENBACH, *Experience and prediction*, Cap. 1, p. 06)

36 *If a more convenient determination of this concept of rational reconstruction is wanted, we might say that it corresponds to the form in which thinking processes are communicated to other persons instead of the form in which they are subjectively performed. The way, for instance, in which a mathematician publishes a new demonstration, or a physicist his logical reasoning in the foundation of a new theory, would almost correspond to our concept of rational reconstruction; and the well-known difference between the thinker's way of finding this theorem and his way of presenting it before a public may illustrate the difference in question. I shall introduce the terms context of discovery and context of justification to mark this distinction. Then we have to say that epistemology is only occupied in constructing the context of justification. But even the way of presenting scientific theories is only an approximation to what we mean by the context of justification. Even in the written form scientific expositions do not always correspond to the exigencies of logic or suppress the traces of subjective motivation from which they started. If the presentation of the theory is subjected to an exact epistemological scrutiny, the verdict becomes still more unfavorable. For scientific language, being destined like the language of daily life for practical purposes, contains so many abbreviations and silently tolerated inexactitudes that a logician will never be fully content with the form of scientific publications. Our comparison, however, may at least indicate the way in which we want to have thinking replaced by justifiable operations; and it may also show that the rational reconstruction of knowledge belongs to the descriptive task of epistemology. It is bound to factual knowledge in the same way that the exposition of a theory is bound to the actual thoughts of its author.*

Segundo Reichenbach, as experiências físicas são diferentes para cada um, as coisas que experimentamos são acessíveis somente a nós mesmos e tais impressões não podem ser comparadas. A limitação do poder da imaginação leva a ideia de que existe algo inexpressível em nossas experiências.

Aquilo que sabemos pode ser dito, e aquilo que não se pode dizer não pode ser conhecido. A ideia que sabemos mais do que podemos dizer tem sua origem psicológica, penso, em uma certa realidade psicológica sobre a capacidade de imaginação. Podemos imaginar coisas que não observamos anteriormente, mas há certos limites fixados para esse poder. Como para arranjos geométricos, existe, é o que parece, nenhum limite para a imaginação; mas há um limite para as cores, gostos e algumas outras qualidades. Podemos imaginar um elefante com seis pernas, embora nunca tenhamos visto um; mas não podemos imaginar uma cor fora do domínio conhecido de cores habituais³⁷. (REICHENBACH, *Experience and prediction*, Cap. 4, p. 255)

Na obra *A formação do espírito científico*, de 1938, **Gaston Bachelard (1884-1962)** faz uma análise que a princípio pode parecer negativa a respeito do papel da imaginação na busca do conhecimento objetivo. Ela é vista como obstáculo inconsciente à formulação de conceitos científicos.

Partindo do conhecimento vulgar ou primário, extraído das impressões primeiras ou da imaginação, se obtém o conhecimento científico, por meio da razão e da objetividade. Mas esse conhecimento primeiro deve ser o tempo todo negado. O espírito científico deve romper com o senso comum e transpor os obstáculos epistemológicos. Para Bachelard, a imagem não pode atrapalhar o conceito; quando se trata de ciência, não se deve cair na sedução da imagem.

Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso o espírito científico deve lutar sempre contra as

³⁷ *What we know can be said, and what cannot be said cannot be known. The idea that we know more than we can say has its psychological origin, I think, in a certain psychological fact concerning the capacity of imagination. We can imagine things we have not previously observed, but there are certain limits set to this power. As to geometrical arrangements, there is, it seems, no limit for imagination; but there is a limit as to colors, tastes, and some other qualities. We can imagine an elephant with six legs, though we never saw one; but we cannot imagine a color outside the well-known domain of usual colors.*

imagens, contra as analogias, contra as metáforas. (*A formação do espírito científico*, p. 48)

Em *A psicanálise do fogo*, seu posicionamento em relação à imaginação se torna mais claro.

Quando nos voltamos a nós mesmos, nos desviamos da verdade. Quando levamos a cabo experiências íntimas, contradizemos fatalmente a experiência objetiva. Neste livro onde fazemos confidências, enumeramos erros. Nossa obra se oferece, pois, como um exemplo dessa psicanálise especial que cremos útil baseado em todos os estudos objetivos. Ela é uma ilustração das teses gerais sustentadas em um recente livro sobre a Formação do espírito científico. A pedagogia do espírito científico ganharia explicitando assim as seduções que falseiam as induções³⁸. (*A psicanálise do fogo*, Introdução)

Para o autor, a subjetividade é inimiga do conhecimento objetivo. As substâncias materiais carregam em si valores subjetivos, sensações, percepções e sentimentos íntimos que se misturam e perturbam a real aparência das coisas.

(...) desejar-se-ia que o reino dos valores fosse um reino fechado. Desejar-se-ia poder julgar valores sem preocupação pelos significados empíricos primários. Mas parece que muitos valores não fazem outra coisa senão perpetuar o privilégio de determinadas experiências objetivas, de maneira que há uma mistura inseparável de fatos e de valores. Tal mistura deve separar uma psicanálise do conhecimento objetivo. Quando a imaginação tiver precipitado os elementos materialistas irracionais, terá mais liberdade para a construção de novas experiências científicas³⁹. (*A psicanálise do fogo*, Cap. 7-3)

Não seria difícil fazer novamente para a água, o ar, a terra, o sal, o vinho, o sangue, o que nos temos planejado aqui para o fogo. Na verdade, estas substâncias imediatamente valorizadas, que comprometem o estudo objetivo sobre temas não gerais, são menos totalmente subjetivas e objetivas que o fogo; mas todas elas levam, da mesma forma que o fogo,

38 *Cuando nos volvemos a nosotros mismos, nos desviamos de la verdad. Cuando llevamos a cabo experiencias íntimas, contradecimos fatalmente la experiencia objetiva. En este libro donde hacemos confidencias, enumeramos errores. Nuestra obra se ofrece, pues, como un ejemplo de ese psicoanálisis especial que creemos útil en la base de todos los estudios objetivos. Ella es una ilustración de las tesis generales sostenidas en un reciente libro sobre La Formation de l'esprit scientifique. La pedagogía del espíritu científico ganaría explicitando así las seducciones que falsean las inducciones.*

39 (...) *se desearía que el reino de los valores fuese un reino cerrado. Se desearía poder juzgar valores sin preocupación por las significaciones empíricas primeras. Pero parece que muchos valores no hacen sino perpetuar el privilegio de determinadas experiencias objetivas, de manera que hay una mezcla inextricable de hechos y de valores. Es tal mezcla la que debe separar un psicoanálisis del conocimiento objetivo. Cuando la imaginación haya «precipitado» los elementos materialistas irrazonados, tendrá más libertad para la construcción de experiencias científicas nuevas.*

a uma marca falsa, o falso peso dos valores não discutidos. Seria mais difícil, mas também mais fecundo, levar a psicanálise com base nas evidências mais analisadas, menos imediatas e portanto, menos efetivas que as experiências substanciais. Se merecêssemos encontrar êmulos, os comprometeríamos a estudar, do mesmo ponto de vista da psicanálise do conhecimento objetivo, as noções de totalidade, de sistema, de elemento, de evolução, de desenvolvimento. Não haveria dificuldade de aprender, na base de tais noções, valorizações heterogêneas e indiretas, mas cujo tom efetivo é inegável. Em todos esses exemplos se encontrariam, sob as teorias mais ou menos facilmente aceitas por sábios ou filósofos, convicções com frequência bastante ingênuas. Estas convicções não discutidas são outra tantas luzes parasitas que obscurecem as legítimas claridades que o espírito deve acumular em um esforço discursivo. É necessário que cada um se ocupe em destruir nele mesmo essas convicções não discutidas. É preciso que cada um se apresse a fugir da rigidez dos hábitos contraídos pelo espírito em contato com as experiências familiares. É necessário que cada um destrua cuidadosamente suas fobias, suas filias, suas complacências pelas intuições primárias. Em resumo, sem pretender instruir ao leitor, consideraríamos nosso esforço recompensado se pudéssemos convencê-lo de praticar um exercício no qual somos mestres: burlar-se de si mesmo. Nenhum progresso é possível no conhecimento objetivo sem a ironia autocrítica. Digamos, para finalizar, que não damos mais do que uma pequena parcela dos documentos que acumulamos ao longo de intermináveis leituras de velhos livros científicos dos séculos XVII e XVIII, de modo que este livrinho não é senão um esboço. Quando se trata de escrever bobagens é verdadeiramente muito fácil fazer um grande livro⁴⁰. (*A psicanálise do fogo*, Introdução)

A imaginação, no entanto, possui um lugar de destaque dentro do contexto da

⁴⁰ *No sería difícil volver a hacer para el agua, el aire, la tierra, la sal, el vino, la sangre, lo que nosotros hemos bosquejado aquí para el fuego. A decir verdad, estas sustancias inmediatamente valorizadas, que comprometen el estudio objetivo sobre temas no generales, son menos netamente dobles – menos netamente subjetivas y objetivas – que el fuego; pero todas ellas llevan, igual que él, una marca falsa, el falso peso de los valores no discutidos. Sería más difícil, pero también más fecundo, llevar el psicoanálisis a la base de las evidencias más razonadas, menos inmediatas y, por tanto, menos afectivas que las experiencias sustancialistas. Si mereciésemos encontrar êmulos, les comprometeríamos a estudiar, desde el mismo punto de vista de un psicoanálisis del conocimiento objetivo, las nociones de totalidad, de sistema, de elemento, de evolución, de desarrollo (...) No habría dificultad de aprehender, en la base de tales nociones, valorizaciones heterogéneas e indirectas, pero cuyo tono afectivo es innegable. En todos esos ejemplos se hallarian, bajo las teorías más o menos fácilmente aceptadas por los sabios o los filósofos, convicciones con frecuencia bastante ingenuas. Estas convicciones no discutidas son otras tantas luces parásitas que enturbian las legítimas claridades que el espíritu debe acumular en un esfuerzo discursivo. Es necesario que cada cual se ocupe en destruir en sí mismo esas convicciones no discutidas. Es preciso que cada cual se apresure a escapar de la rigidez de los hábitos contraídos por el espíritu al contacto de las experiencias familiares. Es necesario que cada cual destruya más cuidadosamente aún que sus fobias, sus «filias», sus complacencias por las intuiciones primeras. En resumen, sin pretender instruir al lector, nos consideraríamos pagados en nuestro esfuerzo si pudiéramos convencerle de practicar un ejercicio en el que somos maestros: burlarse de sí mismo. Ningún progreso es posible en el conocimiento objetivo sin esta ironía autocrítica. Digamos, para terminar, que no damos más que una débil porción de los documentos que hemos acumulado a lo largo de interminables lecturas de viejos libros científicos de los siglos XVII y XVIII, de modo que este librito no es sino un esbozo. Cuando se trata de escribir tonterías es verdaderamente demasiado fácil hacer un gran libro.*

construção do psiquismo. Posição que será fortalecida em trabalhos posteriores.

(...) mais que a vontade, mais que o impulso vital, a imaginação é a força própria da produção psíquica. Psiquicamente, somos criados pela nossa fantasia. Criados e limitados por nossa fantasia, pois é a fantasia que traça os últimos limites de nosso espírito⁴¹. (*A psicanálise do fogo*, Conclusão)

Seu enfoque muda a partir do momento em que sua obra epistemológica passa a ser permeada por suas obras poéticas. O autor escreveu quatro obras sobre a imaginação e os elementos: *A água e os sonhos* (1942), *O ar e os sonhos* (1943), *A terra e os devaneios da vontade* (1948) e *A terra e os devaneios do repouso* (1948). O autor faz as pazes com a imaginação e propõe a existência de uma ligação entre razão e experiência com o chamado Racionalismo Aplicado. Enquanto antes se entendia que o conhecimento científico deveria ser aplicado, experimentado, havendo validade somente se isso ocorresse; para ele, aplicação tem um significado diferente, já que os conceitos devem ter todas as condições de aplicabilidade, mesmo anteriormente à sua experimentação.

Para uma imaginação bem dualizada, os conceitos não são centros de imagens que se acumulam por semelhança; os conceitos são pontos de cruzamentos de imagens, cruzamentos em ângulos reto, incisivo, decisivo. Após o cruzamento o conceito tem uma característica a mais: o peixe voa e nada. (*A água e o sonho*, Introdução, III)

Segundo Bachelard, citado por Paiva, razão e imaginação não se apresentam como pares radicalmente antagônicos, pois a imaginação é uma forma de aprender e recriar o mundo. Para criar, é preciso imaginar e, também, desejar. A fonte que alimenta essa ciência realizadora de novos mundos não pode ser outra que não a mesma que engendra as criações artísticas, a poética, os devaneios. Sua contribuição original à questão da imaginação rompe com as definições anteriores:

41 (...) más que la voluntad, más que el impulso vital, la Imaginación es la fuerza propia de la producción psíquica. Psíquicamente, somos creados por nuestra ensoñación. Creados y limitados por nuestra ensoñación, pues es la ensoñación quien traza los últimos confines de nuestro espíritu.

A imaginação não é, como sugere a etimologia, a faculdade, de formar imagens da realidade; é a faculdade de formar imagens que sobrepõem a realidade, que cantam a realidade. É uma faculdade de sobre-humanidade. Um homem é um homem na proporção em que é um super-homem. Um homem deve ser definido pelo conjunto das tendências que o impulsionam a sobrepassar a condição humana. (*A água e o sonho*, Introdução, VII)

Segundo Vieyra (2000), quando Bachelard fala em imaginação, ele se refere à faculdade criadora do espírito. O conceito bachelariano se opõe à definição clássica em quatro aspectos principais: (1) por seu caráter meta-perceptual: é uma potência anterior e posterior à percepção; (2) por seu dinamismo transformador: seu devir não se detém às imagens ilhadas, mas constitui um jogo ou deformações delas; (3) por sua aderência material: está ligada a 'fluxos de substâncias' e (4) por seu sentido “irrealizante”: excede a “função da realidade” da consciência, permitindo alcançar “universos alternativos” a partir de “objetos do sonho”.

II

A IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA

2.1 À PROCURA DE UMA DEFINIÇÃO

Há muitos livros que falam sobre episódios de descobertas científicas ou destacam a genialidade dos cientistas descrevendo a maneira inusitada com que encontraram a solução de alguns problemas. Nessa história da ciência de carácter factual, os textos descrevem ideias geniais e seus protagonistas, mas, em pouquíssimas ocasiões, discutem a questão do nascimento da ideia científica de maneira sistemática. E esse é o nó górdio que, se não pretendemos desatar, pelo menos gostaríamos de encontrar as pontas.

Falamos sobre a imaginação na busca da verdade e do conhecimento, sob o ponto de vista de diferentes autores, ora vilã ora heroína. Mas será que há uma maneira de direccionar a

imaginação para a busca do conhecimento científico? Neste capítulo, analisaremos essa perspectiva. Descreveremos duas diferentes abordagens do que os autores chamam de Imaginação Científica. O critério para a escolha dos autores envolveu exatamente o uso explícito dessa expressão. O objetivo deste capítulo é caracterizar o objeto de nossa pesquisa dentro do panorama já existente, as tentativas de discutir e conceituar a imaginação científica.

2.2 A IMAGINAÇÃO IMPURA

O físico espanhol Jorge Wagensberg Lubinski é professor de Teoria dos Processos Irreversíveis e diretor do grupo de Biofísica na Faculdade de Física da Universidade de Barcelona. É um dos divulgadores científicos de maior destaque na Espanha, como editor, conferencista, escritor e museólogo. Atualmente é diretor do Museu de Ciências CosmoCaixa, em Barcelona. Publicou diversos livros e investigações em diferentes ramos do conhecimento: termodinâmica, matemática, biofísica, microbiologia, paleontologia, entomologia, museologia científica e filosofia da ciência. Nesta investigação, analisaremos dois de seus livros.

Em maio de 1987, foi realizado, no Museu de Ciências de Barcelona, o encontro que gerou a publicação do livro *Sobre la imaginacion científica: una convocatòria de Jorge Wagensberg*. O objetivo do encontro era gerar uma discussão sobre a questão da imaginação entre os cientistas, seus verdadeiros usuários. A obra reúne textos escritos pelos participantes, escolhidos em função do caráter diferencial das ideias aplicadas em suas pesquisas e sua atuação em campos científicos emergentes. Cada um deles foi convocado a escrever um ensaio sobre o conceito de ideia, como afirma o próprio Wagensberg:

Nós os convocamos, isso sim, porque tiveram boas ideias em seu trabalho, ideias que transcenderam e que geraram, por sua vez outras ideias. Os pedimos simplesmente que nos levem a uma reflexão geral, tácita ou explícita, sobre a imaginação na ciência e em outras formas de

conhecimento. O que é uma ideia científica? Como triunfa? Como cai em desgraça? Como favorece a emergência de ideias? Por que nos empenhamos em fazer ciência?¹ (*Sobre la imaginación científica*, p. 09)

Na apresentação, intitulada *La ciencia, esa ficción de la realidad*, Wagensberg introduz o debate com uma definição bastante provocativa, a ciência como consequência da imaginação científica:

Não há inconvenientes em admitir que a ciência é uma ficção da realidade, que fazer ciência consiste em propor à natureza uma ficção por si ela pode ser compatível com tal ficção. E para provarmos imagens temos que apelar à imaginação. É a imaginação científica?². (*Sobre la imaginación científica*, p. 10)

Para o autor, fazer ciência é nossa resposta ao estranhamento diante do fato da existência de um mundo inteligível, entre tantos mundos possíveis. “A mente humana se precipita imediatamente em uma espécie de contradição, que é, a essência da investigação e da imaginação científica”.

Sobre a emergência das ideias, ele enuncia alguns dos muitos modos de apelar à Imaginação Científica:

ROMPER – Toda investigação parte de alguma coisa, de um esquema conceitual e de um método. Uma ideia que tem dado frutos consiste em listar os pré-julgamentos ou as hipóteses de trabalho e romper com alguns deles, por mais sólidos que possam parecer, e ver o que acontece. Para Wagensberg, considerar ideias absurdas pode levar a surpresas, ideias que propõem um rompimento brusco com o já estabelecido conduzem em geral ao

¹ *Les hemos convocado, eso si, porque han tenido buenas ideas en su trabajo, ideas que han trascendido y que han generado, a su vez, otras ideas. Les hemos pedido simplemente que nos hablen de sus mejores ideas. La intención es que las exposiciones nos lleven luego a una reflexión general, tácita o explícita, sobre la imaginación en la ciencia y en otras formas de conocimiento. ¿Qué es una idea científica? ¿Cómo triunfa? ¿Cómo cae en desgracia? ¿Cómo favorece la emergencia de ideas? ¿Por qué nos empeñamos hacer ciencia?*

² *No hay inconveniente en admitir que la ciencia es una ficción de la realidad, que hacer ciencia consiste en proponer a la naturaleza una ficción por si ésta tiene bien ser compatible con tal ficción. Y para proveernos imágenes hay que apelar a la imaginación. Es la imaginación científica.*

fracasso, mas quando triunfam são reconhecidas como ideias de compreensão súbita.

Como exemplo, podemos pensar na Relatividade Restrita; Einstein rompeu com a física newtoniana, intocável e soberana durante séculos, para manter intactas as equações do eletromagnetismo de Maxwell, elaboradas apenas quatro décadas antes. Esse processo nos remete à ideia kuhniana de ruptura, o abandono do paradigma vigente em função de um novo, aparentemente mais frutífero.

INCONSCIENTE – Consiste em por a mente em um estado especial, no qual a consciência e a experiência cotidiana perturbam menos. Segundo Wagensberg, essa técnica tem o inconveniente de sugerir uma espécie de apologia ao *doping científico*. Ele usa o exemplo clássico dos sonhos de Friedrich Kekulé. O cientista alemão, considerado o pai da química orgânica, determinou as múltiplas possibilidades de ligação do carbono e a estrutura da molécula de benzeno, depois de sonhar com uma dança de átomos e uma cobra mordendo a própria cauda.

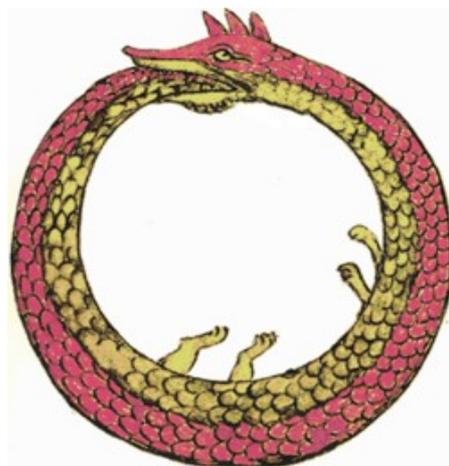


Figura 01. Ouroboros, figura mitológica que representa a ciclicidade.

Há numerosos exemplos de sonhos e *insights* cientificamente produtivos. Frequentemente os cientistas relatam que, após anos debruçados em uma questão, a

solução lhes vem de repente, como um súbito flash de luz.

COMBINAÇÃO – Parte da perspectiva de que, a rigor, nada é novo e consiste em remover, selecionar e combinar ideias preexistentes para usá-las em uma nova interpretação do mundo. Para Wagensberg, muitas das chamadas grandes revoluções científicas se consumaram por esse procedimento. Ele cita Darwin, Einstein e Schrödinger, protagonistas de importantes sínteses, todos os elementos já haviam sido determinados, porém separados e desconectados, a genialidade estava em unir certos elementos e reler o universo como uma combinação particular. Para o autor, o método de combinação de ideias sugere no mínimo uma coisa: não é nada mal que o investigador seja uma pessoa cientificamente culta.

ANALOGIA – Consiste na consideração de ideias alheias à disciplina em questão, incluindo alheias à ciência e à construção do conhecimento propriamente dito. Baseia-se na possível fecundidade do inócuo que ingressa fresco e inocente, venha de onde venha. Novamente o autor reforça a importância da cultura geral do cientista. Como exemplo, podemos citar as analogias mecânicas de Maxwell.

PARADOXO – Paradoxos de contradição (A é A e não A) e paradoxos de incompletude (A não é A nem não A) estimulam fortemente a imaginação científica. Para o autor, essa é uma vertente dialética da imaginação científica. Segundo Wagensberg, os paradoxos dos antigos gregos (Demócrito, Zenão, Epiménides, etc.) suscitaram o desenvolvimento de muitas questões em física, matemática e filosofia.

Além dos artigos escritos por cada um dos convidados, nos quais não nos aprofundaremos, o texto traz também a transcrição dos debates que se seguiram a cada uma das apresentações, e que contaram com a participação de todos os convocados e ouvintes. Foram propostos dois grandes debates, no intervalo e ao final do encontro, com temas

específicos. Algumas ideias que emergiram principalmente no primeiro debate podem ser úteis a nossa discussão futura. O tema do debate foi *A imaginação científica contada por eles mesmos*, em uma referência aos convidados. A provocação era que os convidados discutissem casos concretos que em sua avaliação pessoal envolvem um alto grau de imaginação.

Ramón Margalef: (...) A **imaginação** seria então, de certo modo, uma certa habilidade para **mariposear** em torno da visão concreta do mundo como sistema histórico dentro do grande marco de referência que chamados de universo matemático. Quer dizer, dentro do enorme mundo que contém todo o que consideramos possível, existe uma realidade condicionada pela história e nos condiciona a nos mesmos. Por isso creio que a imaginação não pode separar-se da história (...)

Benoît Mandelbrot: (...) Para mim o aspecto central da imaginação científica é o **caos**. A disciplina **mata**, sensivelmente, a imaginação. O essencial é justamente como mover-se entre esses dois extremos. (...) outro aspecto central da imaginação: a importância das ferramentas novas (...) na realidade nossa imaginação previa está associada à coleção de ferramentas, técnicas e métodos vigente em cada momento. (...) A imaginação sempre pode ser realimentada porque as coisas mudam ou pelo advento de novas ferramentas (...)

Carles Ulises Moulines: (...) creio que se trata de uma antecipação sintetizadora de uma unidade global em que se podem introduzir certos elementos e experiências aparentemente dispersos. (...) Imaginar é transcender as aparências imediatas, e esta operação pode ser perfeitamente (de fato é) irracional tanto em ciência como em filosofia e em metaciência. (...) Imaginar é pois, também inventar um sistema de conceitos (com suas relações conceituais) que nos permitam integrar coisas que parecem muito distantes. (...)

Douglas Hofstadter: (...) Quando dois conceitos se superpõem em grande extensão, então é quando se produz o deslizamento até outra coisa dando lugar a uma analogia de certo valor. Esta é a origem, creio, do que Mandelbrot chama de imaginação potente ou selvagem. (...)

Arne Wunderlin: (...) quais são, em minha opinião, os sonhos de um imaginador teórico. O primeiro é encontrar uma inconsistência entre a teoria e a observação. Esta primeira fase pode cumprir-se através de um trabalho sistemático. O segundo sonho é encontrar a ideia básica que permita resolver o problema. O terceiro sonho consiste em dar a esta ideia uma formulação e uma base matemática. E si tudo culmina com o êxito até este ponto, então ainda falta uma etapa não menos importante que as anteriores. Trata-se de encontrar o problema mais simples que pode resolver-se exatamente. Considero que este último, tantas vezes omitido, é absolutamente essencial em relação à imaginação científica. (...)

Jorge Wagensberg: (...) a beleza, as novas ferramentas, a naturalidade ou simplicidade, o selvagem, o absurdo, os paradoxos, as analogias... Mas uma coisa é a imaginação e outra coisa é o que pode fazer um criador para estimular a sua. De que se nutre a imaginação? Como se estimula? Está claro que a principio se nutre da percepção, do que nos entra pelos sentidos. Mas, também é verdade que é muito pequena a parte do mundo que percebemos

por esta via (uma via que às vezes nos engana um pouco). Assim que eu, particularmente me interesse pelos elementos que podem favorecer a imaginação (...)

Jesús Mosterín: (...) A imaginação selvagem pode conduzir também a resultados absurdos e inclusive ridículos. E creio que o medo do ridículo é um importante fator limitante da criatividade e da imaginação. (...)

Ramón Margalef: (...) De todos os modos talvez valha a pena comentar o que pode ser a imaginação em biologia. Não podemos esquecer que a imaginação é um atributo particular da vida e que nós somos representantes da vida. A vida mesmo emprega tal imaginação em torno de nós, que muitas vezes nos sentimos incapazes de sintetizá-la ou de manipulá-la. Emprego, claro, o termo imaginação como essa capacidade de fazer infinitas combinações. (...)

Luis Navarro: (...) A questão é: por que imagina o imaginador científico? quais são as motivações que tendem a estimulá-las e quais são as que tendem a freá-las? Está claro que também aqui a diversidade é muito grande. Alguns pensarão que imagina simplesmente porque é seu ofício, outros que seja pela relevância social ou pela competitividade que se dá em qualquer atividade humana, outros que seja por mera vontade de compreender, e outros que seja pelo simples fato de fazê-lo bem.

Benoît Mandelbrot: Bem, eu não sei muito bem como estimular a imaginação, mas sei como desestimulá-la. Tem-se feito de muitas maneiras em muitos momentos, em muitos lugares e por muita gente. A sobre organização não ensino e na educação é parte clara deste aspecto negativo.

Akira Okubo: com isto chegamos a uma questão importante de verdade: o papel do ensino. (...) E a comunicação ensina a imaginar. (...)

Carles Ulises Moulines: (...) creio que neste aspecto temos que comparar a imaginação científica com a imaginação artística. O que impulsiona a imaginação no cinema ou na literatura é o desejo de contarmos uma história coerente e plausível sobre o mundo, para lograr uma unidade que não existe em nossa experiência imediata. Esta sensação de unidade global é o que de fato fica de um bom filme ou de uma boa novela. Exatamente o mesmo ocorre, creio, com uma teoria científica. Nisso reside o valor e o risco da imaginação. (...) E a motivação não a vejo então condicionada por assuntos profissionais ou sociais, senão que surge desse impulso natural humano de contar-se algo a si mesmo, algo plausível, coerente e unitário. Esse é por outro lado a origem dos mitos: um filme bem contado do mundo, de sua origem e de sua evolução. O mesmo desejo que cria os mitos, cria a obra de Darwin ou a de Newton³. (*Sobre la imaginación científica*, pp. 99-117)

³**Ramón Margalef:** (...) *La imaginación sería entonces, en cierta manera, una cierta habilidad para mariposar en torno de la visión concreta del mundo como sistema histórico dentro de aquel gran marco de referencia que hemos llamado universo matemático. Es decir, dentro del enorme mundo que contiene todo lo que consideramos posible, existe una realidad condicionada por la historia y nos condiciona a nosotros mismos. Por eso creo que la imaginación no puede separar se de la historia (...)*

Benoît Mandelbrot: (...) *Para mi el aspecto central de la imaginación científica es el caos. La disciplina mata, sencillamente, la imaginación. Lo esencial es justamente cómo moverse entre esos dos extremos. (...) otro aspecto central de la imaginación: la importancia de las herramientas nuevas (...) en realidad nuestra imaginación previa está asociada a la colección de herramientas, técnicas y métodos vigente en cada momento. (...) La imaginación siempre puede ser realimentada porque las cosas cambian o por el advenio de nuevas herramientas (...)*

Carles Ulises Moulines: (...) *Creo que se trata de una anticipación sintetizadora de una unidad global en la que se pueden introducir ciertos elementos y experiencias aparentemente dispersos. (...) Imaginar es*

Em *Ideas para la imaginación impura: 53 reflexiones en su propia substancia*, Wagensberg seleccionou textos, escritos ao longo de 10 anos. Segundo ele próprio, são ideias sobre o conhecimento, sobre a criação e a transmissão de conhecimento. Os contos se reportam a episódios de seu cotidiano como pesquisador, divulgador da ciência e homem comum. O termo imaginação impura reforça a posição do autor de que as ideias podem surgir de diferentes fontes, mesmo fontes totalmente alheias ao conhecimento e aos métodos da ciência.

transcender las apariencias inmediatas, y esta operación puede ser perfectamente (de hecho lo es) irracional tanto en ciencia como en filosofía e en metaciencia. (...) Imaginar es pues también inventar un sistema de conceptos (con sus relaciones conceptuales) que nos permitan integrar cosas que parecen muy distantes. (...)

Douglas Hofstadter: (...) Cuando dos conceptos se superponen en gran medida, entonces es cuando se produce el deslizamiento hacia otra casa dando lugar a una analogía de cierto valor. Este es el origen, creo, de lo que Mandelbrot imaginación potente o salvaje. (...)

Arne Wunderlin: (...) cuáles son, a mi juicio, los sueños de un imaginador teórico. El primero es encontrar una inconsistencia entre la teoría e la observación. Esta primera fase puede cumplirse a través de un trabajo sistemático. El segundo sueño es dar con la idea básica que permita resolver el problema. El tercer sueño consiste en dar a esta idea una formulación y una base matemática. Y si todo se ve coronado con el éxito hasta este punto, entonces aún queda una etapa no menos importante que las anteriores. Se trata de encontrar el problema más simple que pueda resolverse exactamente. Considero que este último, tantas veces omitido, es absolutamente esencial en relación a la imaginación científica. (...)

Jorge Wagensberg: (...) la belleza, las nuevas herramientas, la naturalidad o simplicidad, el salvajismo, el absurdo, las paradojas, las analogías... Pero una cosa es la imaginación y otra cosa es lo que puede hacer un creador para estimular la suya. ¿De qué se nutre la imaginación? ¿Cómo se estimula? Esta claro que en principio se nutre de la percepción, de lo que nos entra por los sentidos. Pero también es verdad que es muy pequeña la parte del mundo que percibimos por esta vía (una vía que por lo demás nos engaña a menudo). Así que yo, particularmente me intereso por aquellos elementos que pueden favorecer la imaginación (...)

Jesús Mosterín: (...) La imaginación salvaje puede conducir también a resultados absurdos e incluso ridículos. Y creo que el miedo al ridículo es un importante factor limitante de la creatividad y de la imaginación. (...)

Ramón Margalef: (...) De todos os modos quizá valga la pena comentar lo que puede ser la imaginación en biología. No hay que olvidar que la imaginación es un atributo particular de la vida y que nosotros somos representantes de la vida. La vida misma despliega tal imaginación en torno nuestro, que muchas veces nos sentimos incapaces de sintetizarla o de manipularla. Empleo, claro, el término imaginación como esa capacidad de hacer infinitas combinaciones. (...)

Luis Navarro: (...) La cuestión es: ¿por qué imagina el imaginador científico? ¿Cuáles son las motivaciones que tienden a estimularlas y cuáles son las que tienden a frenarlas? Está claro que también aquí la diversidad es muy grande. Algunos pensarán que uno imagina simplemente porque es su oficio, otros que por la relevancia social o por la competitividad que se da en cualquier actividad humana, otros que por la mera voluntad de comprender, y otros que por el simple hecho de pasárselo bien.

Benoît Mandelbrot: Bien, yo no sé demasiado cómo estimular la imaginación, pero si sé cómo desestimularla. Se ha hecho de muchas maneras en muchos momentos, en muchos lugares y por mucha gente. La sobreorganización en la enseñanza y en la educación es parte clara de este aspecto negativo. (...)

Akira Okubo: con esto llegamos a una cuestión importante de verdad: el papel de la enseñanza. (...) Y la comunicación enseña a imaginar. (...)

Carles Ulises Moulines: (...) Creo que en este aspecto hay que comparar la imaginación científica con la imaginación artística. Lo que impulsa la imaginación en el cine o la literatura es el deseo de contarnos una historia coherente y plausible sobre el mundo, para lograr una unidad que no tiene nuestra experiencia inmediata. Esta sensación de unidad global es lo que de hecho queda de una buena película o de una buena novela. Exactamente lo mismo ocurre, creo, con una teoría científica. en eso radica el valor y el riesgo de l imaginación. (...) Y la motivación no la veo entonces condicionada por asuntos profesionales o sociales, sino

O texto reúne reflexões sobre epistemologia, ética, método científico, entendimento público da ciência, inteligibilidade, entre outras, desencadeadas por situações comuns, encontros, viagens, fatos históricos ou até uma partida de futebol. Vamos nos deter em trechos que nos ajudem a compreender o ponto de vista do autor a respeito de nosso objeto de estudo, a imaginação científica.

Wagensberg propõe uma reflexão sobre o conhecimento, partindo de duas fortes hipóteses de trabalho iniciais:

- (1) Existe a realidade.
- (2) Existe(m) a(s) mente(s).

Então, Conhecimento é tudo aquilo que:

- (1) É uma representação mental (mais ou menos fiel) da realidade.
- (2) É possível sua transmissão (mais ou menos fiel) a outras mentes por via não genética.

Ele define três formas de conhecimento os quais se combinam formando um número indefinido de possibilidades de conhecimento, mas qualquer conhecimento é resultado da combinação ponderada da utilização de três métodos, puros:

1. **O conhecimento científico**, baseado na exigência do máximo grau possível de três incômodos princípios: (a) objetividade, (b) inteligibilidade e (c) dialética experimental. O conhecimento científico serve para prever a trajetória de um cometa, para construir uma ferradura...
2. **O conhecimento artístico**, baseado no assombroso e único princípio de que certas complexidades infinitas, não necessariamente inteligíveis, são transmissíveis através de uma representação finita (uma partitura, um quadro, uma expressão).
3. **O conhecimento revelado**, baseado em dois princípios eficazes: (a) existe um ente proprietário do conhecimento de toda a realidade e (b) tal ente decide (às vezes) revelar-nos (parte) de seu conhecimento. É a religião, essa rara inspiração, a superstição...⁴ (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 14)

que surge de ese impulso natural humano de contarse algo a sí mismo, algo plausible, coherente y unitario. Ese es por otra parte el origen de los mitos: una película bien contada del mundo, de su origen y de su evolución. El mismo deseo que crea los mitos, crea la obra de Darwin o la de Newton.

⁴ 1. *El conocimiento científico, basado en la exigencia del máximo grado posible de tres incómodos principios: (a) objetividad, (b) inteligibilidad y (c) dialéctica experimental. El conocimiento científico sirve para prever el*

Esses conhecimentos formam um espaço tridimensional onde se colocam todos os conhecimentos possíveis. Em uma ilustração dita informal, o autor afirma que o chamado conhecimento político movendo-se próximo ao plano 1-3, na região *científico-divina*. Picasso e Darwin próximos ao plano 2-1 nas imediações da região *artístico-científica* e que Van Gogh e Kafka se colocariam não muito longe do plano *artístico-divino* 2-3.

Ele compara o conhecimento com outras funções básicas (alimentação e reprodução), consagradas pela seleção natural, as quais possuem estímulos (fome, sede e estímulo sexual) para serem executados. O conhecimento nesta perspectiva tornou-se uma função útil para a sobrevivência:

Graças ao conhecimento conquistamos o planeta em uma velocidade vertiginosa: não faz nem cem mil anos que ascendemos a ele. Atenção: cem mil anos de **conhecimento** frente a centenas de milhões de anos de **respiração aérea** e frente a milhares de milhões de anos de **sexo e alimentação**. O que aconteceu? Pois é que a seleção natural ainda não teve tempo de trabalhar a favor do conhecimento para consagrá-lo com algum estímulo urgente e agradável. Chegamos ao centro da questão: **todavía não se consolidou, a nível de toda a espécie humana, nada que mereça chamar-se sede de conhecimento**⁵. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 14)

O conhecimento é talvez a última grande função da vida. Entre a primeira célula procarionte e Shakespeare não transcorreram nada menos que 3800 milhões de anos. A fome . Por exemplo, foi por sua vez o estímulo de grandes progressos metabólicos: a fermentação, a fotossíntese, a respiração aeróbica, a mitocôndria e a célula eucarionte. (...) Porém o conhecimento científico, outro exemplo, só existe há poucos milhares de anos, talvez só desde três ou quatro séculos. Se trata

paso de un cometa, para construir una herradura...

2. *El conocimiento artístico, basado en el asombroso único principio de que ciertas complejidades infinitas, no necesariamente inteligibles, son transmisibles a través de una representación finita (una partitura, un cuadro, una mueca).*

1. *El conocimiento revelado, basado en dos eficaces principios: (a) existe un ente propietario del conocimiento de toda la realidad y (b) tal ente tiene a bien (a veces) revelarnos (parte de) su conocimiento. Es la religión, esa rara inspiración, la superstición...*

5 *Gracias al conocimiento hemos conquistado el planeta a una velocidad de vértigo: no hace ni cien mil años que hemos accedido a él. Atención: cien mil años de **conocimiento** frente a cientos de millones de años de **respiración aérea** y frente a miles de millones de años de **sexo y alimentación**. ¿Qué ha ocurrido? Pues que la selección natural aún no ha tenido tiempo de trabajar a favor del conocimiento para consagrarlo con algún estímulo a la vez urgente y placentero. Hemos llegado al centro de la cuestión: **todavía no se ha consolidado, a nivel de toda la especie humana, nada que merezca llamarse sed de conocimiento.***

sem dúvida de uma grande função vital já que, graças a ela, o ser humano considera a si mesmo como o mais notável desta parte da galáxia. O conhecimento passou com nota máxima no exame da seleção natural, mas é tão recente que ainda não houve tempo para que se consagre algo que mereça chamar-se **sede de conhecimento**⁶. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 39)

Quanto a esse estímulo ao conhecimento, o autor ainda pondera:

Existe sim, certo estímulo forte e inato para com o conhecimento do tipo revelado. Como se não é difícil encontrar vestígios de um grupo humano que não exiba um culto a alguma divindade? Existe também, certo, não tão forte, estímulo para com a arte. Isto permite situar a questão na sua justa medida: o que não existe é, sobre tudo, um estímulo que favoreça a prática espontânea do método científico⁷. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 14)

Mas, segundo o autor, isso se deve a pouca idade do conhecimento científico em relação às outras formas de conhecimento e funções vitais. Ele propõe, então, que a motivação do cientista e a motivação do artista sejam a emoção:

A ciência se distingue de outras formas de conhecimento somente pelo método empregado para produzir tal conhecimento: o método científico. Há algo neste método que estimule o trabalho do investigador? O método científico tem um protagonista: o **experimento**. Experimentar é uma tentativa de diálogo com a natureza. Nem todas as perguntas são boas, nem sequer está claro que se deva fazer uma pergunta concreta. Por ele nem sempre há respostas ou, pelo menos, nem sempre a uma resposta que sirva para produzir conhecimento. Mas, quando há uma resposta, quando a natureza, de repente responde com algo inteligível, então é a hora da verdade do cientista. É o momento em que se consuma a comunicação homem-natureza, é a **emoção** do cientista, comparável, por outro lado, com o momento da emoção em arte, que dizer, quando o criador de uma obra se comunica com certo contemplador através de tal obra. Estas emoções

⁶ *El conocimiento es quizá la última gran función de la vida. Entre la primera célula procariota y Shakespeare han transcurrido nada menos que 3800 millones de años. El hambre, por ejemplo, fue en su día el estímulo de grandes progresos metabólicos: la fermentación, la fotosíntesis, la respiración aerobia, la mitocondria y la célula eucariota. (...) Pero el conocimiento científico, otro ejemplo, sólo existe desde hace pocos miles de años, quizá sólo desde hace tres o cuatro siglos. Se trata sin duda de una gran función vital ya que, gracias a ella, el ser humano se considera a sí mismo como lo más notable de esta parte de la galaxia. El conocimiento ha pasado con notable alto el examen de la selección natural, pero es tan reciente que aún no ha habido tiempo para que se consagre nada que merezca llamarse **sed de conocimiento**.*

⁷ *Existe, sí, cierto fuerte estímulo innato para con el conocimiento de tipo revelado. ¿Cómo si no resulta tan difícil encontrar rastros de un grupo humano que no exhiba un culto a cierta divinidad? Existe, también, un cierto, no tan fuerte, estímulo para con el arte. Esto permite situar la cuestión en su justa medida: lo que no existe es, sobre todo, un estímulo que favorezca la práctica espontánea del método científico.*

são, eu creio, verdadeiros motores do conhecimento (científico ou artístico)⁸. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 18)

Na reflexão *¿Qué es la ciencia?*, ele descreve sua definição sobre o método científico, que deve representar a realidade, obedecendo aos princípios de objetividade, inteligibilidade e dialética, mas essa é, segundo Wagensberg, a parte mais previsível e planificável do ofício. A questão é o ponto de partida, a ideia:

Resulta que o método se aplica sempre a uma ideia. E não há um método para caçar ideias. Ou o que é o mesmo, tudo vale com as ideias: a analogia, o plágio, a inspiração, o seqüestro, o contraste, a contradição, a especulação, o sonho, o absurdo... Um plano para aquisição de ideias só é bom se nos tenta continuamente a abandoná-lo, se nos convida a desviarmos dele, a cheirar a direita e a esquerda, e distanciarmos-nos, a girar ao redor, a divagar, a nos deixar levar pela contingência... O célebre rigor científico não se refere à obtenção de ideias, mas com o tratamento destas⁹. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 01)

Wagensberg reforça a ideias da ciência como uma das formas de representação da interpretação da realidade, como a arte:

Imaginar, representar e interpretar. São as três fases da criação. (...) A imaginação produz objetos mentais. Mas para que estes sejam comunicáveis a outras mentes temos que transformá-los em objetos reais. É a representação. E, em alguns casos, ainda se recomenda uma fase mais, a terceira, a interpretação, que serve para consumir a inserção do novo objeto, real e finito, na realidade pré-existente. O criador, o compositor e o arquiteto, também interpretam, sobre tudo imagina e representa. E o interprete, o violinista, o mestre de obras, embora

⁸ *La ciencia se distingue de otras formas de conocimiento solamente por el método empleado para producir tal conocimiento: el método científico. ¿Hay algo en ese método que estimule la labor del investigador? El método científico tiene un protagonista: el experimento. Experimentar es un intento de diálogo con la naturaleza. No todas las preguntas son buenas, ni siquiera suele estar claro que deba hacerse una pregunta en concreto. Por ello no siempre hay respuesta o, al menos, no siempre hay una respuesta que sirva para producir conocimiento. Pero cuando la hay, cuando la naturaleza, de repente, responde con algo inteligible, entonces es la hora de la verdad del científico. Es el momento en el que se consuma la comunicación hombre-naturaleza, es la emoción del científico, comparable, por otro lado, con el momento de la emoción en arte, es decir, cuando el creador de una obra se comunica con cierto contemplador a través de tal obra. Estas emociones son, creo, los verdaderos motores del conocimiento (científico o artístico).*

⁹ *Pero resulta que el método se aplica siempre a una idea. Y no hay un método para cazar ideas. O, lo que es lo mismo, todo vale con las ideas: la analogía, el plagio, la inspiración, el secuestro, el contraste, la contradicción, la especulación, el sueño, el absurdo... Un plan para la adquisición de ideas sólo es bueno si nos tienta continuamente a abandonarlo, si nos invita a desviarnos de él, a olfatear a derecha e izquierda, a alejarnos, a girar en redondo, a divagar, a dejarnos llevar por la contingencia... El célebre rigor científico no se refiere a la obtención de ideas sino al tratamiento de éstas.*

também crie e represente, sobre tudo executa¹⁰. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 17)

Wagensberg propõe uma perspectiva que de certa forma inverte tudo o que já analisamos até este ponto. Até aqui pensamos a imaginação como parte do processo de construção do conhecimento. Mas nessa abordagem o conhecimento científico é parte do conjunto do imaginável.

O primeiro princípio do conhecimento científico é: **tudo o que real é imaginável**... Não é falseável. Mas o cientista vive assim o seu fazer diário, como se todo o real fosse imaginável. Necessita disto para começar, com bom ânimo, qualquer projeto de investigação.

...A afirmação inversa é outra coisa: **tudo o que é imaginado é realizável**. Esta sim é falseável. E não só isso. Além do mais é falsa. Mas dá muito de si. A mente pode, em efeito, representar objetos impossíveis. Existem impossíveis de duas famílias: os impossíveis lógicos e os físicos. Os impossíveis lógicos são os que têm contradições internas, quer dizer, são incoerentes. Imaginar impossíveis lógicos é a paixão de matemáticos e de psicólogos.

(...) Por outro lado, os impossíveis físicos são coerentes, mas tem contradições externas, quer dizer, são incompatíveis com as coisas e as leis que governam o mundo do que já existe. Imaginar impossíveis físicos é cortesia (ou risco) dos escritores de ficção e risco (ou cortesia) dos cientistas. (...) o mundo do possível. É o dos objetos coerentes e compatíveis que, embora não existam, poderiam fazê-lo ou ter-lo feito com maior ou menor verossimilhança. Imaginar objetos deste mundo se chama (atenção) fazer predições científicas. Muitos habitantes deste mundo nunca escaparão dele, ou seja, jamais ascenderão ao mundo seguinte: o da realidade. Só quando os caprichos do azar e as ligações do preexistente se aliam em um raríssimo pacto, então ocorre que um verossímil nasce à existência. (...) A **idealidade** (1) é o mundo de tudo o que a mente **pode representar**. Nela estão todas as partidas de xadrez, inclusive as ilegais, as que nem são xadrez, como as infinitamente longas. A idealidade é, dir-se-ia, infinita. A **possibilidade** (2) é o mundo de todos os objetos e sucessos que **podem ocorrer** em uma realidade determinada. Nela estão todas as partidas de xadrez jogáveis, quer dizer, as que respeitam o regulamento. A possibilidade é, digamos, indefinidamente grande. E a realidade (3) é o que sobra, é o mundo dos objetos e sucessos que **ocorrem** no espaço e no tempo. Nela estão todas as partidas de xadrez que foram jogadas alguma vez. A realidade é, digamos, pequena. Ocorrem menos coisas das que

¹⁰*Imaginar, representar e interpretar. Son las tres fases de la creación. (...) La imaginación produce objetos mentales. Pero para que éstos sean comunicables a otras mentes hay que transformarlos en objetos reales. Es la representación. Y, en algunos casos, aún se recomienda una fase más, la tercera, la interpretación, que sirve para consumir la inserción del nuevo objeto, real y finito, en la realidad preexistente. El creador, el compositor o el arquitecto, aunque también interpreta, sobre todo imagina y representa. Y el intérprete, el violinista o el maestro de obras, aunque también crea y representa, sobre todo ejecuta.*

podem ocorrer e podem ocorrer menos coisas das que se pode imaginar. A imaginação embora seja uma parte da realidade, é maior que a realidade inteira¹¹. (*Ideas para la imaginación impura*, Reflexão 22)

A imaginação científica de Wagensberg não é uma simples ferramenta, mas é o princípio no qual se baseia a possibilidade da construção da interpretação que denominamos conhecimento científico.

2.3 A IMAGINAÇÃO TEMÁTICA

Gerald Holton nasceu em Berlim, atualmente é professor emérito de Física e História da Ciência na Universidade de Havard. Nos livros *Thematic origins of scientific thought: Kepler to Einstein*¹², publicado em 1973, e *A imaginação científica*, de 1978, Holton propõe seu ponto de vista sobre o processo através do qual a mente científica funciona, considerando os vários aspectos relacionados ao fazer científico. Ele propõe uma análise

¹¹*El primer principio del conocimiento científico es: todo lo real es imaginable... No es falsable. Pero el científico vive así su quehacer diario, como si todo lo real fuese imaginable. Lo necesita para empezar, con buen ánimo, cualquier proyecto de investigación... La afirmación inversa es otra cosa: todo lo imaginado es realizable. Ésta sí es falsable. Y no sólo eso. Además es falsa. Pero también da mucho de sí. La mente puede, en efecto, representar objetos imposibles. Hay imposibles de dos familias: los imposibles lógicos y los físicos. Los imposibles lógicos son los que tienen contradicciones internas, es decir, son incoherentes. Imaginar imposibles lógicos es pasión de matemáticos y de psicólogos.(...)*

En cambio, los imposibles físicos son coherentes, pero tienen contradicciones externas, es decir, son incompatibles con las cosas o las leyes que gobiernan el mundo de lo que ya existe. Imaginar imposibles físicos es gracia (o riesgo) de escritores de ficción y riesgo (o gracia) de científicos.(...) el mundo de lo posible. Es el de los objetos coherentes y compatibles que, aunque no existan, podrían hacerlo o haberlo hecho con mayor o menor verosimilitud. Imaginar objetos de este mundo se llama (atención) hacer predicciones científicas. Muchos habitantes de este mundo nunca escapan de él, o sea, jamás accederán al mundo siguiente: el de la realidad. Sólo cuando los caprichos del azar y las ligaduras de lo preexistente se alían por rarísimo pacto, entonces ocurre que un verosímil nace a la existencia. ...La idealidad (1) es el mundo de todo lo que la mente puede representar. En ella están todas las partidas de ajedrez, incluso las ilegales, las que ni son de ajedrez, como las infinitamente largas. La idealidad es, se diría, infinita. La posibilidad (2) es el mundo de todos los objetos y sucesos que pueden ocurrir en una realidad determinada. En ella están todas las partidas de ajedrez jugables, es decir, las que son respetuosas con el reglamento. La posibilidad es, digamos, indefinidamente grande. Y la realidad (3) es lo que queda, el mundo de los objetos y sucesos que ocurren en el espacio y en el tiempo. En ella están todas las partidas de ajedrez que se han jugado alguna vez. La realidad es, digamos-lo ya, pequeña. Ocurren menos cosas de las que pueden ocurrir y pueden ocurrir menos cosas de las que se pueden imaginar. La imaginación acaso sea una parte de la realidad, pero es mayor que la realidad entera.

¹² *Origens temáticas do pensamento científico: de Kepler a Einstein.*

do trabalho dos cientistas através da abordagem sistemática dos *temas* por eles adotados. Para Holton, os temas desempenham um papel dominante na iniciação e aceitação ou no rechaçamento de certas conjecturas científicas em nível individual. O comprometimento de um cientista com determinado tema direcionará todo o desenrolar de suas escolhas. O autor admite, no entanto, a dificuldade de sua tentativa:

A busca de modelos da imaginação científica, a esta altura da pesquisa, deve ser necessariamente em grande parte indutiva e empírica. Deve empenhar-se em penosas tentativas de exatidão histórica e erudição cautelosa, baseada nas evidências existentes, mas também deve possuir a liberdade imaginativa para produzir novos instrumentos conceituais, com os quais estudar as áreas bem guardadas, como o funcionamento das mentes dos cientistas. Ao adotar um tipo de abordagem etológica do estudo da atividade científica e recorrer a tudo o que seja necessário – ao estado da ciência tal como entendido na época, às descobertas da psicodinâmica dos cientistas ou das orças sociais que sobre elas atuam – parece-me uma estratégia preferível a lançar a exposição das realizações em estruturas formalistas. Como estamos apenas começando a reunir os principais elementos a partir dos quais as teorias da imaginação científica podem ser moldadas, os esquemas que prometem certezas devem ser mantidos a certa distância. (*A imaginação científica*, Introdução, V, p.13)

Toda a discussão proposta por Holton é fortemente apoiada na análise histórica de determinados eventos. Eles são episódios em que os cientistas expressam sua interpretação de determinado fenômeno ou conjectura. Como no caso de Einstein e a elaboração da teoria da relatividade restrita, ou na contenda entre Milikan e Ehrenhaft sobre a discretização das cargas elétricas. Em seu segundo livro, ele distingue pelo menos oito diferentes facetas desses eventos, cada qual correspondente a um aspecto diferente e interessante, relacionado com o objeto da pesquisa.

O primeiro está relacionado com o entendimento do conteúdo científico do evento (E) num determinado momento, tanto em termos contemporâneos como, e separadamente, em termos daquilo que ele nos parece ser. O que estava em jogo? O que enfrentava ele na realidade? Para isso tentamos estabelecer sua consciência (dentro da área do conhecimento

científico público no momento do evento) dos chamados fatos, dados, leis, teorias técnicas e tradições científicas. Incluindo também a maior parte da pesquisa histórica das chamadas opiniões científicas mundiais, exemplares e programas de pesquisas.

Em segundo lugar, temos a trajetória temporal do conhecimento em questão, desde quando é tornado público até o momento do evento escolhido e talvez mesmo ultrapassando-o. O evento (E) é um ponto na linha mundial de uma ideia ou tema de pesquisa.

A descoberta desse conhecimento em privado pelo cientista seria um terceiro ponto. Esse é um aspecto pessoal, mais efêmero, da atividade em que o evento está incorporado. Estamos no caso no contexto da descoberta, assim como definido por Reichenbach, procurando compreender o ‘momento nascente’, que pode estar mal documentado e não ter sido bem apreciado e compreendido nem mesmo pelo próprio agente.

Um quarto componente é o estabelecimento da trajetória temporal da atividade científica, privada, que levou ao conhecimento. As continuidades e discontinuidades pessoais no desenvolvimento, ou a ciência em processo de elaboração, tal como a sentem os cientistas em sua luta pessoal.

O desenvolvimento psicobiográfico do cientista em questão e a relação entre o trabalho do cientista e o seu estilo de vida íntimo representam o quinto componente.

Em sexto lugar, temos o ambiente cultural em que se deu esse desenvolvimento e as influências que recebeu. Aspectos da Sociologia da ciência como a dinâmica do trabalho em equipe, o estado da profissionalização na época, o financiamento institucional, etc.

Em sétimo lugar, está a evolução cultural fora da ciência que a influencia e é influenciada por ela.

Finalmente, um oitavo ponto a ser considerado é a análise lógica do conhecimento em questão. O trabalho de análise dos aspectos mais rigorosamente históricos de um evento.

O autor admite que definir aspectos estanques é uma estratégia reducionista, mas necessária, e que essa lista foi elaborada para se concluir sua incompletude. Ele aponta diversas outras questões que poderiam ser incluídas e, na tentativa de ampliar e complementar esses aspectos, propõe a Análise Temática como um nono componente no estudo dos eventos.

Rosa (2006) propõe a figura 02, mostrando as linhas de evolução temporal que se cruzam no ponto que representa o evento (E) considerado, e os planos dos aspectos lógico, empírico e temático formando o espaço tridimensional onde se localiza E.

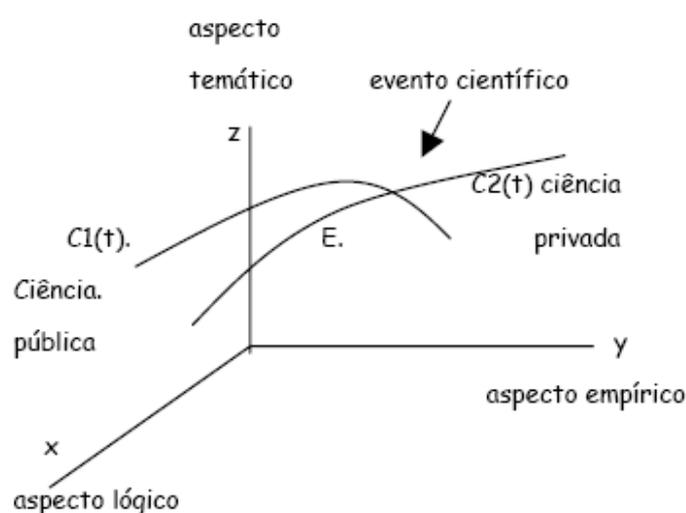


Figura 02. Representação da análise temática de Holton.

Segundo Holton, a abordagem temática pode ser caracterizada por quatro aspectos:

1 - Tenta fazer um exame detalhado da fase nascente do trabalho científico, de um lado, e justapor os resultados publicados com documentação de primeira mão (correspondências, entrevistas, anotações, etc.), de outro.

2 - Tende a considerar qualquer produto do trabalho científico, publicado ou não, como um ‘evento’ que se interpõe na interseção de certas trajetórias históricas, como, por exemplo, a atividade científica pessoal ou privada; o conhecimento

científico ‘público’, ou partilhado, da comunidade maior; o cenário sociológico no qual uma ciência está se desenvolvendo; e na verdade o contexto cultural da época.

3 - Preocupa-se em descobrir a dimensão pela qual, em certas ocasiões cruciais, a imaginação de um cientista pode ser guiada pelo seu apego, talvez implícito, a um ou mais temas. O apego a esses pressupostos pode auxiliar ou estorvar o cientista. A estrutura temática do trabalho científico, que pode ser considerada, em grande parte, como independente do conteúdo analítico e empírico, emerge do estudo das opções que, em princípio, estavam abertas ao cientista. Ela pode desempenhar um papel dominante na iniciação e aceitação, ou debate sobre o discernimento científico.

4 - Considera as consequências práticas de tais constatações no desenvolvimento da erudição na história e filosofia da ciência, para uma compreensão melhor do lugar da ciência em nossa cultura e dos programas educacionais.

O autor estabelece também distinções entre três diferentes usos dos temas: o *conceito temático*, ou o componente temático de um conceito; o *tema metodológico*, como a preferência por expressar as leis da ciência, quando possível, em termos de constâncias, ou extremos ou impotência; e a *proposição temática* ou *hipótese temática*, exemplificada por afirmações de caráter amplo.

Holton analisa a questão temática em vários eventos protagonizados por grandes cientistas, como Copérnico, Kepler, Newton, Einstein, Poincaré, Fermi, Millikan, Ehrenhaft, entre outros. Consideraremos alguns desses exemplos para explicitar a questão dos temas em ciência e enriquecer nossa discussão.

2.3.1 AS HIPÓTESES DE NEWTON

O autor exemplifica a questão das hipóteses temáticas usando o exemplo conhecido

das regras epistemológicas de Newton. No Livro III dos *Principia*, o cientista estabelece quatro regras de raciocínio em filosofia, as *Regulae philosophandi*, que segundo ele, em conjunto com o aparato matemático, guiavam suas demonstrações. Podemos resumi-las da seguinte forma:

- I. A natureza é essencialmente simples; portanto não devemos introduzir mais hipóteses do que seja suficiente e necessário para a explicação dos fatos observados;
- II. Até onde seja possível, devemos associar efeitos similares à mesma causa. Este é o princípio de uniformidade da natureza;
- III. As propriedades comuns a todos os corpos que se encontram ao alcance de nossos experimentos devemos supor que pertencem a todos os corpos em geral;
- IV. As proposições em ciência obtidas por indução geral devem considerar-se como exatas ou aproximadamente certas até que os fenômenos ou experimentos mostrem que elas devem ser corrigidas, ou admitir exceções.

Segundo Koyré (1982), citado por Holton (1979), tais regras epistemológicas estão longe de um *modelo de coerência lógica*. A primeira edição dos *Principia* trazia apenas as duas primeiras, nomeadas como Hipóteses I e II. As outras foram incorporadas em resposta a seus adversários cartesianos e leibinizianos e suas demonstrações carregadas de hipóteses. Ainda de acordo com este autor, Newton teria elaborado uma quinta regra: “Regra V. O que se deriva das próprias coisas, seja pelos sentidos externos ou por cogitação interna, deve ser tomado por hipótese... E o que não pode ser demonstrado pelos fenômenos nem segue deles por argumentos baseados na indução, considero como hipótese.”

Para Holton, no trabalho de Newton a palavra hipótese é usada em um sentido pejorativo, o próprio cientista afirmava não utilizar hipóteses em suas demonstrações, *hypotheses non fingo*. No entanto, mesmo adotando regras contra as hipóteses é possível

encontrar em seus trabalhos muitas *hipóteses metodológicas de considerável complexidade*. Então por que a Regra V foi abandonada?

Na realidade, Newton havia exposto e rechaçado certas hipóteses como nocivas; sabia como tolerar outras, menos nocivas; e, como qualquer outro, sabia como utilizar aquelas que eram verificáveis e falseáveis. Mas o fato é que Newton também descobriu uma classe de hipóteses impossíveis de evitar em sua busca pela filosofia natural, uma classe que compartilhava com as hipóteses cartesianas a característica de não serem demonstráveis a partir dos fenômenos nem dedutíveis deles por um argumento baseado na indução...¹³ (*Thematic origins of scientific thought*, p. 51)

Tais hipóteses são o que Holton denomina proposições ou hipóteses temáticas, e segundo ele podemos identificá-las de maneira óbvia nas teorias newtonianas da matéria e da gravitação. No caso da gravitação, o próprio Newton admitiu a impossibilidade de compreender sua causa a partir dos fenômenos. Ele acreditava que a origem da gravidade e de todas as forças fundamentais era o espírito ou a vontade de Deus, mas essa era uma hipótese que ele não poderia enunciar. As hipóteses temáticas aparecem em função da dificuldade de compreender determinado aspecto, segundo Holton elas representam “uma ponte sobre o abismo da ignorância”.

2.3.2 SUB-ELÉTRONS, PRESSUPOSTOS E A POLÊMICA MILLIKAN-EHRENHART

Em outro de seus trabalhos apresentados no livro *A imaginação científica*, Holton discute os acontecimentos e consequências em torno da discussão sobre a existência ou não do *quantum* de eletricidade, na chamada *Batalha do Elétron*.

As primeiras estimativas experimentais da ordem de grandeza da carga elétrica

¹³Newton had indeed exposed and rejected certain hypotheses as detrimental; he knew how to tolerate others as being at least harmless; and he, like everyone else, knew how to put to use those that are verifiable or falsifiable. But the fact is that Newton also found one class of hypotheses to be impossible to avoid in his pursuit of natural philosophy – a class that Cartesian hypotheses the characteristic of neither being demonstrable from the phenomena nor following from them by a argument based on induction...

havam sido realizadas por Faraday, no início do século XIX. Depois disso, outros cientistas se dedicaram a estabelecer esse valor com exatidão, entre eles Robert A. Milikan e Felix Ehrenhart.

Em 1910, Ehrenhart afirmava ter obtido evidências de sub-elétrons cujas cargas apresentavam valores dezenas, centenas e até milhares de vezes menores que a carga admitida para o elétron, inclusive por ele próprio. Enquanto isso, Millikan continuava refinando suas medidas experimentais dos valores da carga elementar. Ele introduziu algumas modificações e, utilizando o experimento da gota, fez diversas medidas que apontavam para a quantização.

O cenário científico da época estava marcado pela discussão em torno do Atomismo. Ambos os lados foram confrontados com as descobertas da estrutura atômica e da radioatividade. Importantes cientistas como Born, Lorentz, Mach, Planck, Schrödinger, Sommerfeld e outros estavam envolvidos no debate.

Segundo Holton, as escolhas que levaram esses cientistas em direções opostas estão relacionadas com suas concepções epistemológicas. Em artigos anteriores a 1910, Ehrenhaft havia feito estimativas da carga elementar, utilizando outros métodos obteve valores bem diferentes dos de Milikan, mas, aparentemente, ele abandonou a concepção do *quantum* em detrimento dos sub-elétrons. Para Holton, o trabalho de Ehrenhaft apresenta um componente epistemológico crescente, o uso de seus resultados para atacar a credibilidade e a necessidade do atomismo.

Por outro lado, Milikan tinha um ponto de vista mais simples, pragmático e direto, em seus escritos é recorrente o uso da expressão *visualização concreta*, como uma tentativa para neutralizar as afirmações de que ele elaborava hipóteses. Segundo Holton, a forma pela qual Milikan lançou sua pesquisa sobre a carga do elétron ilustra três fatores correlatos: 1) a

capacidade de ver com olhos novos o que estava acontecendo, 2) sua capacidade de visualização como uma ajuda para chegar às conclusões, e 3) atrás de tudo isso, quase inconfessada e não-analisada, uma teoria préconcebida sobre a eletricidade, que lhe dava olhos com os quais ver e interpretar. Milikan pesquisou o elétron durante décadas, aprimorando seus métodos experimentais e, por seus trabalhos sobre a determinação da carga elétrica elementar, recebeu o prêmio Nobel de física, em 1924.

2.3.3 DOIS ENSAIOS SOBRE EINSTEIN

Segundo Holton, os comentários sobre as origens históricas da teoria da relatividade se dividem em duas classes, a que considera a teoria um rompimento com a obra dos predecessores de Einstein e outra que a considera como uma continuidade do processo que inclui cientistas como Poincaré e Lorentz, por exemplo. Mas, para o autor, a melhor maneira de compreender a inovação de Einstein consiste em sobrepor essas duas opiniões: “Considerando a descontinuidade de sua orientação metodológica dentro de um desenvolvimento científico historicamente contínuo”. O próprio Einstein admite que os *argumento e blocos* que serviram para a construção da teoria *foram preparados durante um período de anos, embora sem chegar à decisão fundamental*.

O autor propõe uma série de questões para obter alguma ideia sobre os acontecimentos desse período e sobre o que ajudou a precipitar a *decisão fundamental*. Holton afirma que, apesar da aparente diversidade dos escritos publicados em 1905, uma análise mais minuciosa mostra que de fato todos surgiram do mesmo problema, as flutuações na pressão de radiação. O autor também identifica nesses trabalhos certo estilo no texto dos artigos.

Cada um começa com uma declaração de assimetrias formais ou de outras incongruências de natureza predominantemente estética (e não, por exemplo, com um quebra-cabeça delineado por fatos experimentais não explicados), logo propõem um princípio – preferivelmente da generalidade de, por exemplo, da segunda lei da termodinâmica para citar a repetida analogia de Einstein – que suprime as assimetrias como uma das conseqüências deduzidas, e de sobremesa expressam uma ou mais predições experimentais verificáveis¹⁴. (*Thematic origins of scientific thought*, p. 168)

Para Holton, analisar os três artigos em conjunto revela até que ponto a teoria da relatividade tinha a intenção de resolver problemas postulando hipóteses fundamentais, e de restringi-las ao tipo mais geral, e ao menor número possível. O autor nota a existência de um tema familiar: “a chamada revolução como frequentemente se diz, introduzida por Einstein na física de 1905 é, no fundo, um esforço para voltar à pureza clássica”. Ainda segundo Holton, essa é uma característica comum às grandes revoluções. Nesse sentido, ele faz um paralelo entre Newton e Einstein.

O autor compara também o trabalho de Poincaré, que, segundo ele, quanto mais profundamente se analisa, mais nos questionamos. Por que ele não formulou a teoria da relatividade como hoje a conhecemos? Tecnicamente, Poincaré foi o cientista mais bem preparado para compreender e apreciar a obra de Einstein. Mas, ao contrário disso, até o fim de sua vida, nunca sequer mencionou a teoria da relatividade em seus trabalhos.

Holton afirma que, se por um lado, há os cientistas que, como Einstein, sinalizam e abrem grandes áreas de ignorância e frutífero trabalho novo, por outro lado, estão os que esperam levar velhos problemas a uma etapa superior de compreensão. Poincaré se

¹⁴*Each begins with the statement of formal asymmetries or others incongruities of a predominantly aesthetic nature (rather than, for example, a puzzle posed by unexplained experimental fact), then proposes a principle – preferably one of the generality of, say, the Second Law of Thermodynamics, to cite Einstein's repeated analogy – which removes the asymmetries as one of the deduced consequences, and at the end produces one or more experimentally verifiable predictions.*

encaixaria nesse segundo perfil. Para o autor, a diferença crucial entre eles foi que Einstein abraçou plenamente a relatividade, não como uma conjuntura, mas como postulado, esta se tratava de uma hipótese temática de seu trabalho.

As posições temáticas ou temas metodológicos servem de guia na busca do trabalho científico, como o tema de expressar as leis de constância, de extremo ou de impotência, ou de quantização ou as regras de raciocínio (...) O reconhecimento de tais diferenças temáticas também nos ajuda a compreender a difundida sensação de paradoxo, ou ainda de escândalo, quando se propõe um tema novo, em oposição aos que prevalecem, como foi o caso da teoria da relatividade...¹⁵ (*Thematic origins of scientific thought*, p. 192)

Outro aspecto do trabalho de Einstein é analisado em um ensaio posterior, Holton discute sua concepção do ato do raciocínio científico. Einstein admitia sua necessidade de pensar visualmente. A figura 02 mostra um esquema desenhado por ele mesmo, numa carta escrita ao amigo Maurice Solovine. Percebe-se pelo texto que sua intenção era explicar, de maneira esquemática, como ele via a questão.



Figura 03. Esquema de Einstein.

1) As **E** (experiências) nos são dadas [representadas pela linha horizontal no pé da figura].

¹⁵A thematic position, or methodological thema, is a guiding theme in the pursuit of scientific work, such as the thema of expressing laws of constancy, of extreme, or of impotency, or quantification, or Roles of Reasoning. (...) The recognition of such thematic differences may help us understand the widespread feeling of paradox and outrage when a new thema is proposed in opposition to the prevalent ones – as was, of course, the case with relativity theory...

2) **A** são os axiomas, a partir dos quais deduzimos as conseqüências. Psicologicamente, **A** baseia-se em **E**. Mas não existe nenhum caminho lógico de **E** para **A**, e sim apenas uma conexão intuitiva (psicológica), que está sempre sujeita a revogação [negação].

3) A partir de **A**, pelo caminho lógico, são deduzidas as afirmações particulares **S** cujas deduções podem pretender ser corretas. [Como havia dito na Conferência Spencer: “A estrutura do sistema é obra da razão.”]

4) Os **S** têm referência [ou então relacionados] com **E** (teste contra a experiência). Esse procedimento, para ser exato, também pertence à esfera extra-lógica (intuitiva), porque as relações entre os conceitos que aparecem em **S** e as experiências **E** não são de natureza lógica. [Em sua “Resposta a Críticas” (1949), Einstein desenvolveu este ponto: A distinção entre impressões dos sentidos ou experiência, de um lado, e as idéias ou conceitos, do outro, é uma distinção necessária, a despeito da acusação de que sua utilização nos torna “culpados do pecado original metafísico”]. Essas relações de **S** com **E**, porém, são (pragmaticamente) muito menos incertas do que as relações de **A** com **E**. (Por exemplo, a noção “cachorro” e as experiências correspondentes.) Se essa não fosse alcançável com grande certeza (mesmo que não fosse logicamente apreendida) o mecanismo lógico não teria nenhum valor para a compreensão da realidade (exemplo, a teologia).

A quinta-essência é a conexão externamente problemática entre o mundo das idéias e o da experiência... (EINSTEIN *apud* HOLTON, *A imaginação científica*, p. 93)

A conexão entre as predições **S** e as experiências **E** constitui um teste adequado a teoria? Einstein afirmava que a comparação das previsões de uma teoria com a experiência é apenas um dos critérios pelos quais podemos *criticar as teorias físicas*. Ele o chama de *critério de confirmação externa*, pelo qual a teoria não deve contrariar os fatos empíricos. Esse critério pode ser garantido por suposições artificiais adicionais, *ad hoc*. Segundo Holton, na prática o cientista algumas vezes abriu mão desse critério em função da inabalável fidelidade a suas ideias. O *critério da simplicidade lógica* relaciona-se às premissas da própria teoria e abre espaço para estética e escolhas individuais.

No centro do método está o salto do plano das experiências para o das premissas. Para Einstein, essa é uma transição logicamente descontínua, mas que deve ser canalizada e guiada, garantindo a concordância com os critérios de confirmação. Holton afirma que a

orientação proporcionada pelas preferências, conceitos prévios e pressupostos explícitos e implícitos pode servir de guia em um novo campo.

2.3.4 Os CRITÉRIOS DE REALIDADE DE KEPLER

O trabalho de Johannes Kepler é, segundo Holton, estranhamente negligenciado e mal compreendido, talvez pelo fato de apresentar uma aparente confusão de elementos incongruentes: física e metafísica; astronomia e astrologia e geometria e teologia.

Em seu ensaio, o autor tenta identificar os elementos díspares e mostrar que, de fato, grande parte da força de Kepler decorre dessa justaposição. Quando sua física falha, ele recorre à metafísica; quando os modelos mecânicos são ineficazes como ferramenta de explicação, um modelo matemático pode ser usado, e ao redor de tudo isso há um axioma teológico. Ele foi o primeiro a aplicar nos fenômenos celestes uma física universal, baseada na mecânica terrestre.

Holton acredita que o trabalho de Kepler foi altamente influenciado pelos seus critérios de realidade. O primeiro diz respeito às *operações físicas da natureza*. Compreendia que as forças entre os corpos não eram causadas por sua posição relativa ou pelo arranjo geométrico, como pensavam seus antecessores, mas sim consequência das interações mecânicas: “o mundo fisicamente real, que define a natureza das coisas, é o mundo explicado pelos princípios mecânicos”. Kepler afirmou também que “o mundo fisicamente real é o mundo das harmonias expressas matematicamente que o homem pode descobrir no caos dos eventos”. Essa afirmação expressa outro importante critério de realidade kepleriano, a *harmonia matemática da natureza*. Visível em sua obstinação pela representação geométrica do cosmos.

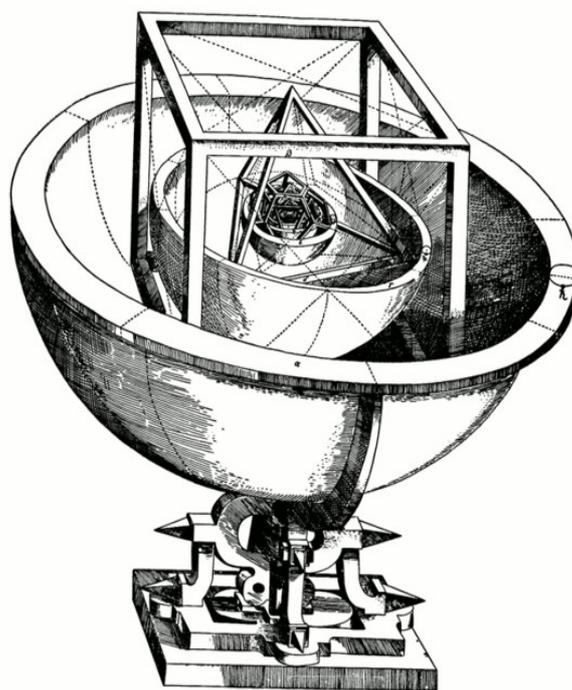


Figura 04. Astrolábio de Kepler, *Mysterium Cosmographicum* (1596).

Outro aspecto que chama a atenção de Holton é o heliocentrismo de Kepler como uma extensão de sua concepção teocêntrica do universo:

(...) a imagem de um universo centrípeto, voltado e guiado pelo sol em suas múltiplas funções: como o centro matemático na designação das resoluções celestes; como agente físico central para assegurar o movimento contínuo; e, sobretudo como o centro metafísico, o Templo da Divindade. As três funções na verdade são inseparáveis¹⁶. (*Thematic origins of scientific thought*, p. 192)

Essa deidade seria a fonte da harmonia da natureza para Kepler, a investigação da natureza torna-se a investigação do pensamento de Deus. Como ele mesmo afirma: “Deus, que fundou tudo no mundo de acordo com a norma da quantidade, também proveu o homem com uma mente que pode compreender essas normas”¹⁷.

16 (...) *the picture of a centripetal universe, directed toward and guided by the sun in its manifold roles: as the mathematical center in the description of celestial motions; as the central physical agency for assuring continued motion; and above all as the metaphysical center, the temple of Deity. The three roles are in fact inseparable.*”

17 *God, who founded everything in the world according to the norm of quantity, also has endowed man with a mind which can comprehend these norms.*

Aqui podemos encontrar a chave para o enigma Kepler, a explicação para a aparente complexidade e a desordem em seus escritos e compromissos. Em uma imagem brilhante, Kepler viu os três temas básicos ou modelos cosmológicos sobrepostos: **o universo como máquina física, o universo como harmonia matemática e o universo como uma ordem central teológica**. E esta foi a definição de quais harmonias eram permutáveis com as forças, na qual uma concepção teocêntrica do Universo conduziu a resultados concretos de importância crucial para a ascensão da física moderna¹⁸. (*Thematic origins of scientific thought*, pp. 86-87)

2.3.5 A INTERDEPENDÊNCIA TEMÁTICA E ESTILÍSTICA

Finalizando nossa análise da obra de Holton, acompanharemos sua discussão sobre a questão de como o estilo de pensamento se modifica através do tempo. Ele considera inicialmente a ciência de Platão explicitamente guiada pela moral, e mostra como pressupostos metafísicos foram um poderoso apoio à ciência dos antigos. O autor se pergunta se a situação atual é diferente, e conclui:

O critério de pré-seleção mudou, uma mudança de preocupações básicas, mas a existência de uma relação estilística entre diferentes trabalhos de um dado período permanecem constantes. Um exemplo será útil aqui. É lugar-comum que a predileção para ver problemas em termos de um mundo harmoniosamente ordenado ainda era característica mesmo em muito da linguagem da imaginação científica no período clássico dos séculos dezessete e dezoito¹⁹. (*Thematic origins of scientific thought*, p. 95)

Para o autor “nós não perdemos os conceitos de hierarquia, continuidade, e ordem no trabalho contemporâneo. Eles permanecem na ciência, mas principalmente como elementos herdados”. Para Holton, um dos mais poderosos e significativos dos novos

¹⁸ Here we find the key to the enigma of Kepler, the explanation for the apparent complexity and disorder in his writings and commitments. In one brilliant image, Kepler saw the three basic themes or cosmological models superposed: **the universe as physical machine, the universe as mathematical harmony, and the universe as central theological order**. And this was the setting in which harmonies were interchangeable with forces, in which a theocentric conception of the universe led to specific results of crucial importance for the rise of modern physics.

¹⁹The criteria of preselection change, the basic concerns shift, but the existence of a stylistic relationship among the different works of a given period remains constant. An example will be helpful here. It is commonplace that the predilection for seeing problems in terms of a harmoniously ordered world was still characteristic even of the seventeenth and eighteenth centuries.

temas que correspondem ao nosso tempo é o antitético tema da desintegração, violência e desordem. Ele cita uma série de termos usados na linguagem da física que cresceram nas últimas seis décadas: decaimento radioativo, ou decaimento de partículas; lei do deslocamento; fissão; espalhamento; desintegração nuclear; descontinuidade; desvio; indeterminação, incerteza; probabilístico, causalidade; tempo reverso; número quântico de estranheza; estados negativos; linhas e transições proibidas; aniquilação de partículas.

É como se, após uma pesquisa vitoriosa por simplicidades e harmonias na ciência ao longo dos últimos três séculos, a pesquisa voltou-se para uma confrontação mais direta da complexidade e desordem, da sofisticada e surpreendente relação entre partes estranhamente justapostas. E se alguém estiver interessado no paralelismo entre estilo em ciência e o estilo fora da ciência, não surpreende descobrir que este tema na ciência de física tem seu correspondente em temas modernos fora da ciência, por exemplo, a preocupação análoga com o tema da aparente desordem em arte contemporânea²⁰. (*Thematic origins of scientific thought*, p. 96)

Outro tema analisado por Holton nesse contexto é o Atomismo. Assim como outros temas, ele forma um par com seu antitema complementar, o Contínuo. As raízes do atomismo remontam às ideias de Pitágoras, mas, só no início do século XIX, com Dalton, ele deixou de ser encarado como uma mera posição filosófica. Segundo o autor, hipóteses básicas tais como o atomismo e o heliocentrismo foram aceitas em ciências, a princípio, por serem consideradas como fenomenológicas, mas permaneceram como proposições temáticas. A vitória da discretização no século XX marcou o clímax da preparação para um novo estilo de pensamento em todos os ramos da ciência.

Holton conclui, ainda, a partir da discussão da análise temática e das antinomias, que podemos considerar o par de temas projeção-retroprojeção (externalização-internalização)

²⁰ *It is as if after the last three centuries, the search has turned to a more direct confrontation of complexity and derangement of sophisticated and astonishing relationship among strangely juxtaposed parts. And if one is interested in the parallels between style in science and style outside science, it is not surprising to discover that this theme in the physical science has its counterpart in modern themes outside science, for example, in the analogous preoccupation with the theme of apparent derangement in contemporary art.*

como elementos centrais na questão da relação entre o estilo pessoal e a realização científica. Em certas ocasiões, durante a transformação da concepção do domínio pessoal para o público, o cientista, mesmo inconscientemente, exporta o estilo, a motivação e os compromissos de seu sistema individual. Nesse ponto é que o conceito de projeção nos ajudará a entender como o estilo de pensamento contemporâneo, pessoal e social, é introduzido no trabalho científico.

2.4 LEITE LOPES: UM EXEMPLO CONCRETO

Esta análise é uma tentativa de encarar o grande desafio da interpretação qualitativa do papel da imaginação na pesquisa científica. Analisaremos um episódio característico do aparecimento de uma ideia em ciência. Neste estudo de caso, abordaremos um momento específico no trabalho do cientista brasileiro **José Leite Lopes (1918-2006)**. Sob a perspectiva da imaginação científica, buscaremos nesse evento características identificadas por Wagensberg e Holton.

Relembrando a trajetória acadêmica do cientista: O pernambucano José Leite Lopez nasceu em 1918, formou-se químico industrial em 1939, pela Escola de Engenharia de Pernambuco; e Bacharel em Física, na Faculdade Nacional de Filosofia, no Rio de Janeiro, em 1942. Em 1945, com apenas 27 anos, obteve o título de doutor pela Princeton University, sob a orientação de Wolfgang Pauli, um dos precursores da mecânica quântica e da teoria quântica de campos, que ganharia o Nobel nesse mesmo ano. Quatro anos depois, concluiu seu pós-doutorado também na área de Fenomenologia de Partículas Elementares, nessa mesma instituição.

De volta ao Brasil, foi professor de Física Teórica na Faculdade Nacional de

Filosofia, de 1946 a 1969, quando foi cassado pelo regime militar. Lecionou como Professor Visitante, na Faculdade de Ciências de Orsay, na França (1964-1967), e na Carnegie-Mellon University (1969-1970), nos Estados Unidos, e Professor Titular na Universidade de Strasbourg, na França (1970-1986), foi Vice-Diretor do Centro de Recherches Nucleaires em Strasbourg (1975-1978) e Diretor do Centro Brasileiro de Pesquisas Física (CBPF), em duas ocasiões: de 1960 a 1964 e entre 1986 e 1989.

Além de uma vasta obra de trabalhos científicos, publicou vários livros, entre os quais livros didáticos, de divulgação científica, sobre história da física no Brasil e reflexões sobre ciência, educação e política científica. Figura importantíssima no âmbito da comunidade científica brasileira, Leite Lopes participou ativamente da fundação e implementação de instituições como o CBPF, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Universidade de Brasília e o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Em 1956, Leite Lopes foi para o California Institute of Technology (CALTECH), onde teve contato com a pesquisa de ponta na física de altas energias e conviveu com grandes cientistas, entre os quais Richard Feynman. Dessa estadia, resultaram três importantes trabalhos que foram publicados em 1958. No primeiro, Leite apresentou pela primeira vez o cálculo do acoplamento pseudo-escalar induzido na interação entre múons (μ) e núcleos leves. No segundo, desenvolveu os primeiros cálculos relativos ao decaimento beta do híperon lambda (Λ). O terceiro trabalho foi publicado na *Nuclear Physics*, uma revista de considerável status. Nele, Leite Lopes previu teoricamente a existência de uma partícula subatômica que seria identificada anos mais tarde como bóson Z^0 (BASSALO, 2006).

Antes de discutir a importância dessa predição, vamos tentar compreender um pouco sobre o estado da arte naquele momento e, para isso, vale a pena uma pequena digressão. No universo, como o descrevemos atualmente, as interações físicas são consequência da ação das quatro forças fundamentais da natureza: Gravitacional, Eletromagnética, Nuclear Fraca e Nuclear Forte.

Depois do abandono da ideia de ‘ação à distância’, a Teoria Quântica de Campos (TQC) introduziu o conceito de *mediadores*, partículas que provocam em torno de si um campo de perturbação capaz de afetar outras partículas. Segundo a TQC, as forças fundamentais são transmitidas pela troca de mediadores. A força gravitacional é mediada por uma partícula chamada gráviton, que ainda não foi observada fisicamente. A força eletromagnética é mediada pelo fóton, as forças fracas pelas partículas W^\pm e Z^0 , que são chamadas de bósons vetoriais intermediários e a força forte pelos glúons.

Para cada uma das forças fundamentais, existe uma teoria física, porém os cientistas ambicionam descrever o comportamento das forças fundamentais através de um único sistema explicativo que é a chamada de Teoria da Grande Unificação (TGU) ou Teoria de Tudo.

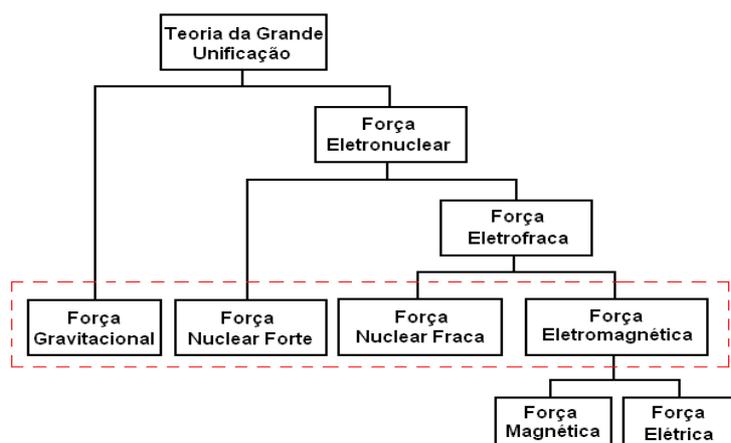


Figura 05. Esquema de unificação das forças fundamentais.

O primeiro passo para a unificação foi dado por Maxwell, no século XIX, quando estabeleceu as bases do Eletromagnetismo, descrevendo conjuntamente as forças elétrica e magnética. A etapa seguinte foi a unificação das forças eletromagnética e nuclear fraca, e é nesse ponto que nosso protagonista se destaca.

A primeira teoria das interações fracas foi apresentada por Enrico Fermi, em 1933; mais tarde, em 1938, o físico Oskar Klein supôs que as interações fracas seriam mediadas por partículas subatômicas massivas de spin inteiro. Vinte anos mais tarde, Feynman e Murray Gell-Mann propuseram a Teoria V-A, que descrevia tais interações como uma troca dos bósons kleinianos (W^\pm). Foi a partir da leitura desse trabalho que Leite Lopes se motivou a escrever o artigo que descreveremos a seguir.

As forças fracas são responsáveis pelos processos de decaimento radiativo. No artigo “A model of the universal Fermi interaction”²¹, Leite Lopes analisa diferentes combinações de decaimentos fermiônicos, os prováveis e já observados e os não-observados cuja taxa deve ser próxima de zero, considerando que o modelo deve estar de acordo com essas condições. Segundo Leite Lopes, haveria várias possibilidades de reações em função dos acoplamentos entre pares de férmions (e^+ , ν) com (μ^+ , ν) e com outros pares (p , \bar{n})²², (Σ , $\bar{\Lambda}$), (Σ , Σ_0), ($\bar{\Xi}$, Ξ_0). Embora algumas ainda não houvessem sido observadas experimentalmente, ele generaliza:

Dada, por exemplo, a reação de decaimento de múons

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \bar{\nu} ,$$

onde os dados experimentais são consistentes com o acoplamento vetor-axial-vetor de (μ^+ , ν) com ($\bar{\nu}$, e) e que é equivalente ao acoplamento (μ^+ , e) com ($\bar{\nu}$, ν). Se essa reação

21 “Um modelo para a interação de Fermi universal”.

22 Essas partículas são hádrons, formadas por uma combinação de férmions.

é possível, então, não haverá razões para proibir os acoplamentos que dariam origem às outras reações, em primeira ordem.

Na teoria de Feynman e Gell-Mann, que inclui apenas férmions, esse acoplamento pode ser considerado como consequência de uma troca virtual de mésons vetoriais pesados, cuja relação entre a massa m_x do méson, a constante de acoplamento com o campo f_x e a constante de acoplamento de Fermi G é dada por:

$$4\pi \frac{f_x^2}{m_x^2} = \sqrt{8}G$$

Para Leite Lopes, considerando o modelo, é possível postular que “a interação fraca entre os dois férmions é devido à troca de mésons vetoriais carregados”. Assim, as reações entre os outros pares propostos só poderiam ocorrer como resultado de sucessivas trocas, sendo, portanto, menos prováveis. Segundo o autor, uma consequência desse postulado é que o espalhamento de elétrons por neutrinos seria possível, em primeira ordem, bem como o espalhamento nêutron-próton, devido às interações fracas, sem conservação de paridade. O espalhamento de Fermi de nêutrons por elétrons seria, no entanto, proibido em primeira ordem: o elétron só pode emitir um méson vetorial negativo que o nêutron não pode aceitar.

Leite Lopes propõe um panorama alternativo que descreve as reações observadas, proíbe os decaimentos indesejáveis e conduz a algumas consequências diferentes, mas que, em princípio, podem ser testadas. O modelo é o seguinte: assume que quaisquer dois férmions podem trocar mésons vetoriais carregados ou neutros. E que o méson vetorial neutro entra no acoplamento com o campo de Fermi de tal forma que a corrente que gera o campo neutro é conservada (a interação é, então, não independente de carga). O autor pondera:

Assim, se este modelo é verdadeiro, somente a interação fraca que envolve troca de carga viola a conservação de paridade; existem

interações fracas, as que envolvem a troca de mésons vetoriais neutros, que conservam a paridade.

Uma diferença essencial entre este modelo e o que pressupõe a existência de apenas mésons vetoriais carregados está na intrínseca interação elétron-nêutron: a forma leva a uma dispersão de nêutrons por elétrons devido a um acoplamento fraco, não-eletromagnético, com conservação de paridade²³.

Nesse trecho, vemos que Leite Lopes conclui a existência de um acoplamento do tipo Fermi entre elétrons e nêutrons. A consequência direta é que eles seriam sensíveis tanto às interações eletromagnéticas quanto às nucleares fracas. Ele conclui o artigo estimando algumas características físicas desses hipotéticos mésons vetoriais que deveriam possuir, de acordo com seus cálculos, uma massa aproximadamente 60 vezes a massa do próton e um curto tempo de vida, da ordem de 10^{-22} segundos.

A Teoria Eletrofraca que unifica as forças eletromagnética e fraca foi finalmente formalizada a partir dos trabalhos do paquistanês Abdus Salam e dos norte-americanos Steve Weinberg e Sheldon Glashow, premiados, em 1979, com o Nobel de Física. Segundo essa teoria, a força eletrofraca é mediada por quatro *quanta*: o fóton e os bósons vetoriais W^+ , W^- e Z_0 , onde este último, batizado por Weinberg, corresponde à partícula prevista por Leite Lopes. Os bósons são partes elementares dos mésons e foram observados experimentalmente em 1983, no CERN (Conselho Europeu para Pesquisa Nuclear), pela equipe do italiano Carlo Rubbia e do holandês Simon van der Meer, que também foram agraciados com o Nobel de Física. O trabalho de Leite Lopes aparece nas citações que Weinberg fez em sua Leitura Nobel, mas de maneira geral sua contribuição foi pouco reconhecida. Vejamos como o próprio Leite Lopes descreve este episódio:

23Thus, if this model is true, only the weak interaction which involves charge exchange violates parity conservation; there exist weak interactions, those involving an exchange of neutral vector mesons, which conserve parity.

An essential difference between this model and that which assumes the existence of only charged vector mesons is in the intrinsic electron-neutron interaction: the former leads to a scattering of neutrons by electrons due to a weak, non-electromagnetic, parity conserving coupling.

Atualmente na Física, designa-se com Z índice zero, o bóson neutro que intermedia as interações fracas entre correntes fracas neutras. É o bóson Z_0 que alias, cá entre nós, foi predito por mim, em 1958, em um trabalho que publiquei na revista Nuclear Physics, editada em Amsterdã. Neste trabalho eu propus a igualdade entre a constante de interação dos bósons com a corrente fraca g , e a constante elétrica e , que é a carga do elétron, que é também a constante de acoplamento eletromagnético. Como eu achava que para o bóson tinha sido determinada a sua natureza geométrica por Feynman, Gell-mann e por Marshak e seu estudante hindu Sudarshan (que determinaram a natureza vetorial V-A para a interação), se a interação era vetorial, e como o fóton e as partículas vetoriais fracas deviam ter um parentesco íntimo, deviam pertencer à mesma família. Traduzi isso dizendo que a constante g de interação dos bósons vetoriais da matéria era igual à constante e , que é a constante de interação dos fótons com a matéria " $g=e$ ". Nesse mesmo trabalho eu disse que eram conhecidas as interações em que havia uma troca de cargas, determinadas pelas partículas que hoje são chamadas W^+ e W^- , os bósons vetoriais carregados. Propus que deveria existir um bóson vetorial neutro que deveria ser o intermediário das correntes fracas. Eu não os chamei assim mas esses bósons foram objeto de previsão, em 1972, por Weinberg, Salam e Glashow, e aí é que receberam as denominações W^+ , W^- e Z_0 . Concluindo, a partícula Z_0 é o bóson neutro, que eu tive a honra de, modestamente, prever a existência e que foi detectado nos anos 80 por Carlos Rubbia e sua equipe no CERN, embora, evidentemente, outros senhores cavalheiros sejam mais dignos de citação na literatura internacional. (*Idéias e paixões*, pp. 134-135)

Como vimos nas considerações anteriores, a analogia é um dos pontos de partida da imaginação científica. Analogias são comuns em física de partícula onde muitas predições são feitas com base na *simetria* da natureza. A construção do chamado *Modelo padrão* foi fortemente ancorada na expectativa da simetria. Assim, por exemplo, como o elétron possuía seu neutrino, o múon e o tau também deveriam apresentar neutrinos, como posteriormente foi confirmado.

Nesse artigo, a essência da inovação proposta é baseada em duas analogias. A primeira, entre as possíveis reações entre férmions, e entre férmions, prótons e nêutrons que são formados de férmions. O autor faz a extrapolação da validade do decaimento do múon para outras reações possíveis. Uma segunda analogia é estabelecida entre a constante de interação dos bósons g e a constante de interação dos fótons e . A consequência dessas

analogias é a consideração de que tais partículas formam um conjunto único de mediadores na interação eletrofraca.

O autor é também fortemente influenciado pelo tema da beleza, que de certa maneira também está conectado com a questão da simetria:

Acho que a beleza é o critério que deve orientar a nossa vida (...) em ciência, então, beleza é claramente fundamental. É o que o grande físico teórico Paul Andrien Maurice Dirac dizia: você deve ser sempre guiado pela beleza, pela estética, pela simplicidade das idéias, antes até do que sua possibilidade de verificação experimental... Eu tive esse sentimento em alguns trabalhos que fiz ao tentar generalizar a ligação entre as forças eletromagnéticas e as forças fracas e quando eu li um trabalho de Feynman, em 1958, no qual ele propunha que a interação fraca tinha a forma geométrica dada por uma forma vetorial menos uma forma axial. Fiquei imediatamente possuído pela idéia de que como o fóton é uma partícula vetorial então o bóson intermediário seria vetorial também; ambos sendo vetoriais, isso indicava que entre eles havia uma relação íntima. Propus então isso no trabalho e fiz a constante de interação do campo bosônico com a corrente fraca igual à constante da carga elétrica, que é a constante de interação entre o campo eletromagnético e as correntes eletromagnéticas. Essa igualdade no fundo, já expressa a idéia de unificação entre essas duas interações, acoplada ao fato de que os dois quanta, o fóton e o bóson vetoriais, tinham spin. Isso só foi reconhecido mais tarde e depois saiu como consequência do trabalho de Salam, Weinberg e Glashow e o próprio Steve Weinberg cita o meu trabalho na sua conferência Nobel. Nessa época eu tinha um sentimento de que essas partículas deveriam pertencer a mesma família, e só não escrevi no trabalho que eram parte de um multiplete, pois ao fazer $g=e$ em uma certa fórmula eu calculei a massa do bóson vetorial como sendo da ordem de 40 a 60 GeV. Esse seria um valor muito grande para o parceiro de um multiplete do fóton que tem massa nula (se é que a gente pode falar em massa do fóton, pois o fóton está sempre na velocidade da luz e nunca está em repouso). Assim, achei que com esta enorme diferença de massa dificilmente os dois bósons formariam um multiplete eu não reconheci com medo que o editor recusasse meu trabalho, mas foi uma época em que eu senti uma grande beleza nessa idéia. (*Idéias e paixões*, pp. 19-20)

Nesse trecho de entrevista, em que Leite Lopes comenta suas motivações, podemos perceber que a simetria e a beleza são pressupostos temáticos, no sentido *holtoniano*, que influenciaram seu trabalho. A questão da confirmação experimental é tida como secundária, embora seja um critério desejável.

Outro aspecto que fica evidente é o medo de ser ridicularizado pelos pares, esse é um

fator consensualmente considerado como inibidor da imaginação. No final desse excerto, o autor afirma que, embora tenha *sentido* que todos os mediadores poderiam pertencer à mesma família, preferiu não admitir por receio de que inovação não fosse vista com bons olhos, e impedisse inclusive a publicação do artigo.

Vimos, nesse exemplo, como o trabalho de Leite Lopes está permeado por aquilo que ele próprio chama de *imaginação criadora*, ao elogiar Feynman. Mais do que o brilhantismo de um episódio pontual e isolado, a análise da imaginação científica em ação nos dá a oportunidade de explorar as motivações dos cientistas e o processo de construção da ciência como uma criação humana.

III

REPRESENTAÇÕES IMAGINÁRIAS EM CIÊNCIA

3.1 EXPERIMENTOS MENTAIS

Frequentemente imaginamos situações, possíveis ou não, como um recurso para compreender e transmitir ciência. Experimentos mentais, alegorias, paradoxos são dispositivos da imaginação comumente usados para investigar a natureza das coisas. A simples citação de alguns deles já nos dá a dimensão de sua enorme influência e importância na ciência. Mesmo em ciências humanas, muito de nossos conhecimentos sobre ética, filosofia da linguagem e filosofia da mente, entre outras disciplinas, estão ancorados na análise de conjecturas virtuais. A expressão 'Representações Imaginárias',

usada aqui em um sentido particular, foi escolhida para nomear o conjunto de **todas** as proposições intelectualmente construídas para representar uma situação hipotética. Alguns autores adotam, no mesmo sentido, a expressão 'Experimentos Mentais' (EMs), mas há discordâncias. Para tentar contemplá-las, este estudo faz uma discussão pormenorizada dos EMs, mas considera também outras categorias de representações mentais.

De um modo geral, a Experimentação Mental é o processo de empregar situações imaginárias para nos ajudar a entender ou prever de que maneira as coisas podem se comportar na realidade. Embora sejam conduzidos apenas na imaginação dos cientistas, os experimentos mentais, assim como os concretos, consideram uma situação controlada na qual o observador irá analisar o panorama, criar hipóteses e compará-las com os resultados. São criados para ultrapassar impossibilidades técnicas de concretização real ou para considerar situações extremas ou absurdas.

O termo em alemão *gedankenexperimente*, pelo qual ficaram conhecidos, foi introduzido pelo dinamarquês Hans Christian Orsted (STÖLTZNER, 2002). Grandes cientistas, como Galileu, Leibniz, Newton, Carnot, Einstein, Schrödinger, Heisenberg, entre outros, utilizaram esse artifício para testar e apresentar suas ideias sobre conceitos físicos.

3.1.1 – A CONTROVÉRSIA DOS EXPERIMENTOS DE GALILEU

Para alguns pesquisadores, **Galileu Galilei (1564-1642)** foi um pioneiro no uso da experimentação, inaugurando um novo método científico. Derivava as relações matemáticas do raciocínio mental e, depois, através de experimentos reais ou imaginários, provava a validade de suas hipóteses. Para outros, no entanto, os méritos dados a Galileu são exagerados, já que grande parte do que é creditado a ele fora executado por seus

antecessores ou nunca foi levado a cabo de fato (MOSCHETTI, 2004).

O famoso cientista italiano possuía um estilo inconfundível de expor seus pontos de vista pouco ortodoxos, que lhe renderam inclusive uma excomunhão por parte da igreja católica romana e o exílio. Nas obras *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo* e *Discurso sobre duas novas ciências*, escritas, em sua maior parte, na forma de diálogos entre três personagens, Salviati, Simplicio e Sagredo, ele utiliza experimentos imaginários, através dos quais Salviati apresenta suas ideias, contrárias às predominantes em sua época, tentando convencer os outros personagens. Toda a argumentação usada por Galileu é baseada na experimentação, embora muitas das experiências sugeridas e descritas jamais tenham sido executadas efetivamente.

O próprio Galileu discute, através de seus personagens, a questão da necessidade da realização efetiva de alguns experimentos, frente à evidência gritante demonstrada nos argumentos:

Simplicio - (...) duvido profundamente que Aristóteles tenha verificado alguma vez, pela experiência, se era verdade que duas pedras, uma dez vezes mais pesada do que a outra, que se deixam cair no mesmo instante de certa altura, por exemplo, de 100 braças, fossem tão diferentes quanto a suas velocidades que, no momento da chegada da maior a terra, a outra tivesse descido apenas 10 braças.

(...) Entretanto, por sua linguagem, vê-se que ele deve ter feito. Com efeito, diz ele: vemos o mais pesado. Ora, este vemos, indica que ele fez a experiência.

Sagredo - Mas eu, Senhor Simplicio, que fiz a prova, asseguro-lhe que uma bala de canhão que pesa 100 ou 200 libras, ou ainda mais, não antecipará sequer de um palmo sua chegada a terra em relação a uma bala de mosquete que pesa apenas meia libra, caindo também de uma altura de 200 braças.

Salviati - Ora, mesmo sem experiência, podemos com uma demonstração breve e concludente, provar claramente que não é verdade que um móvel mais pesado se move mais rapidamente do que outro, menos pesado, estando entendido que esses móveis são da mesma matéria e, em suma, do gênero daqueles de que fala Aristóteles. (*Discurso*, 3º dia)

Salviati - Muito bem! Fizestes alguma vez a experiência do navio?

Simplicio - Nunca a fiz; mas acredito que aqueles autores, que a

propõem, a tenham diligentemente observado; além do que se conhece tão claramente a causa da desigualdade, que não deixa lugar para dúvida.

Salviati - Que é possível que aqueles autores a proponham sem tê-la efetuado, vós mesmos sois um bom testemunho, porque sem tê-la feito considerais que é certa, sujeitando-vos de boa fé ao que é dito por eles; do mesmo modo que não somente é possível, mas necessário, que tenham feito eles também, ou seja, de remeter-se a seus antecessores, sem que se chegue jamais a alguém que a tenha feito; porque qualquer um que a fizer, encontrará que a experiência mostra totalmente o contrário do que está escrito: ou seja, mostrará que a pedra cai sempre no mesmo lugar do navio, esteja ele parado ou movendo-se com qualquer velocidade. Onde, por ser a mesma razão válida para a Terra e para o navio, da queda da pedra sempre perpendicularmente ao pé da torre nada se pode inferir sobre o movimento ou o repouso da Terra.

Simplicio - Se vós me remetêsseis a outro meio que à experiência, creio que nossas disputas jamais terminariam, porque esta me parece uma coisa tão distante de todo discurso humano, que não deixa o mínimo lugar para a credulidade ou para a probabilidade.

Salviati - E ainda assim deixa lugar em mim.

Simplicio - Então, não fizestes cem provas e nem mesmo uma, e afirmais tão francamente que ela é certa? Retorno à minha incredulidade e à mesma certeza que a experiência tenha sido feita pelos principais autores que dela se servem, e que ela mostre o que eles afirmam.

Salviati - Eu, sem experiência, estou certo de que o efeito seguir-se-á como vos digo, porque assim é necessário que se siga; e acrescento que vós mesmos sabeis muito bem que não pode acontecer diferentemente, ainda que finjais, ou simuleis fingir não o saber. (*Diálogo*, 2ª Jornada)

O experimento da queda dos graves, lançados da torre inclinada de Pisa, teria servido como prova indefectível da validade de sua teoria do movimento e selado sua vitória diante da teoria predominante na época, cuja base fora elaborada muitos séculos antes por Aristóteles. Este se tornaria um dos mais famosos na História da Ciência, a despeito da controvérsia de sua execução concreta.

É interessante notar que Galileu também discute os EMs usados por seus opositores. A experiência do navio a qual Salviati se refere no último dos trechos citado é frequentemente evocada pelos partidários da teoria da Terra estacionária. Para eles, se de fato a Terra se movesse, uma pedra lançada do alto do mastro de um navio, em repouso, deveria cair a certa distância e não rente ao mastro, já que, no intervalo de tempo que a pedra demoraria a cair, a Terra já teria se movido de uma distância.

Galileu teria subido ao topo da torre, em sua cidade natal, e abandonado duas esferas de diferentes pesos, que caíram simultaneamente, demonstrando que a velocidade de queda não seria proporcional ao peso. Contrariando a aceitação desse relato como um fato, o próprio Galileu nunca citou a suposta experiência da torre, o que é para alguns uma evidência de que ela jamais ocorrera. Além dos livros, Galileu mantinha uma correspondência profícua com vários colegas e discípulos, na qual frequentemente relatava seus avanços, e um fato desses não passaria despercebido. Baseado nessa premissa, Koyré afirma:

Enfim, como é possível que essa experiência, tão importante, tão decisiva, montada com tal arte publicitária, nos seja conhecida unicamente através do relato que dela fez Viviani, sessenta anos mais tarde? Como é possível que, sobre esse acontecimento retumbante, ninguém tenha dito uma palavra? Nem os amigos de Galileu, nem seus adversários, jamais falam disso. Tampouco o próprio Galileu. Ora, nada é mais inverossímil do que esse silêncio. (KOYRÉ, 1982, p. 202)

3.1.2 – O BALDE DE NEWTON

Mesmo um cientista preocupado com o rigor das demonstrações matemáticas, como Issac Newton, utilizava EMs, em suas argumentações. Um exemplo disso é o experimento mental que ficou conhecido como 'Balde de Newton'. Imaginemos um sistema composto por um balde suspenso com certa quantidade de água, não suficiente para enchê-lo. Em um primeiro momento, não havendo movimento relativo entre a água e o balde, a superfície da água se mostrará plana. Quando o balde é girado, seu movimento é comunicado à água, que passa a girar lentamente. A sua superfície ainda permanecerá plana, mas à medida que a velocidade da água aumentar ela se afastará, pouco a pouco, do centro subindo pela superfície do recipiente e sua superfície passará a ser côncava (Figura 06).

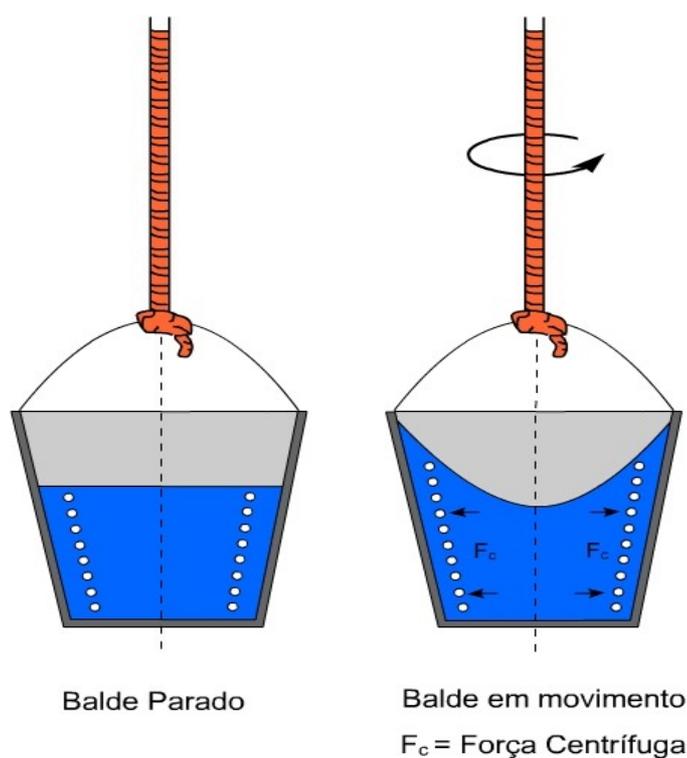


Figura 06. Balde de Newton.

Newton se perguntou como podemos diferenciar a situação inicial e a final, e desenvolveu sua resposta em função de sua definição de espaço absoluto. Segundo ele, a água está sujeita a dois movimentos distintos. O movimento relativo em relação ao balde e o movimento circular absoluto da água, que produz a força centrípeta, responsável pela água se afastar do eixo do movimento. Inicialmente, o movimento relativo atinge seu máximo enquanto o movimento absoluto é nulo. Aos poucos, o movimento relativo diminui e o absoluto aumenta, até que a situação se inverta. Newton concluiu que a tendência ao afastamento do eixo de rotação, não estando relacionada ao movimento relativo, só poderia estar relacionada com algo externo, ou seja, com o espaço absoluto (SOARES, 1999).

Como acontece com outros EMs, o experimento do balde foi 'revisitado' por

Ernest Mach, que introduziu uma nova interpretação. Para ele, todo movimento é relativo e o responsável pela concavidade da água é o movimento relativo entre ela e as 'estrelas fixas' e não em relação ao suposto espaço absoluto newtoniano. Se mantivéssemos o balde e a água parados em relação à Terra e girássemos o conjunto das estrelas fixas distante, na mesma velocidade angular, a água também deveria subir pelas paredes do balde.

3.1.3 – UM ARAUTO DO DETERMINISMO

Um tipo especialmente interessante de experimentos mentais são aqueles em que seus idealizadores criam personagens imaginários capazes de transgredir leis, viver situações insólitas e efetuar tarefas extraordinárias, se assim lhes convêm. Eles estão presentes em todos os ramos da ciência. Na Física, particularmente, encontramos alguns exemplos, uns são chamados de demônios, apesar de não terem má intenção, mas por terem a capacidade de burlar as leis naturais.

Em função do sucesso da física newtoniana, o Determinismo ganhou força no século XVII, **Pierre Simon de Laplace (1749-1827)** estava convencido de que todos, absolutamente todos os fenômenos da natureza, incluindo o comportamento humano, obedeciam às leis de Newton e podiam ser explicados e preditos a partir delas. O cientista imaginou que um ser com o conhecimento de todas as variáveis e leis que regem um sistema seria capaz de resolver as equações matemáticas de Newton e poderia conhecer com exatidão, o passado, o presente e o futuro desse sistema.

Podemos considerar o estado atual do Universo como o efeito de seu passado e a causa de seu futuro. Um intelecto que, num determinado momento, conhece todas as forças que definem a natureza em movimento, e todas as posições de todos os itens dos quais a natureza é

composta, se este intelecto também fosse vasto o suficiente para enviar esses dados para análise, ele abraçaria em uma simples fórmula os movimentos dos maiores corpos do Universo e os do menor átomo; para este intelecto nada seria incerto e o futuro tal como o passado seria presente diante de seus olhos¹. (*A philosophical essay on probabilities*)

Este EM que revela quão pretenciosa tornou-se a perspectiva determinista da natureza. Tudo está escrito, determinismo e fatalismo, essa é a moral do demônio de Laplace.

3.1.4 – UM DEMÔNIO DESAFIANDO A ENTROPIA

No livro *Theory of heat*, publicado em 1871, **J. C. Maxwell (1831-1879)** imaginou um experimento para ilustrar as limitações das leis da Termodinâmica. Ele supôs um recipiente cheio de moléculas com velocidades distintas, cuja temperatura é a expressão macroscópica dessas velocidades. O recipiente seria dividido em duas partes por uma porta. Um ser microscópico, provido de inteligência, abrindo e fechando a porta, poderia separar as moléculas rápidas, de um lado, e as lentas, do outro. Assim, seria possível elevar a temperatura de um lado e baixá-la do outro, sem efetuar trabalho, o que violaria a Segunda Lei da Termodinâmica:

Mas se concebermos um ser cujas faculdades são tão aguçadas que ele consegue acompanhar cada molécula em seu curso, tal ser, cujos atributos são ainda essencialmente tão finitos quantos os nossos, seria capaz de fazer o que atualmente nos é impossível fazer. Pois vimos que as moléculas em um recipiente cheio de ar a uma temperatura uniforme movem-se com velocidades que não são de modo algum uniformes. Suponhamos agora que tal recipiente é separado em duas porções, A e B, por meio de uma divisória no qual há um pequeno orifício, e que um ser, que pode ver as moléculas individuais, abre e fecha este orifício, de forma a permitir que somente as moléculas mais rápidas passem de A

¹ *We may regard the present state of the universe as the effect of its past and the cause of its future. An intellect which at a certain moment would know all forces that set nature in motion, and all positions of all items of which nature is composed, if this intellect were also vast enough to submit these data to analysis, it would embrace in a single formula the movements of the greatest bodies of the universe and those of the tiniest atom; for such an intellect nothing would be uncertain and the future just like the past would be present before its eyes.*

para B, e somente as mais lentas passem de B para A. Ele irá, portanto, sem gasto de trabalho, elevar a temperatura de B e abaixar a de A, em contradição à 2ª lei da termodinâmica.

O nome “Demônio de Maxwell” lhe seria dado por William Thomson, em 1874, em seu artigo *Kinetic theory of the dissipation of energy*. Esse EM criado por Maxwell suscitou uma frutífera discussão sobre o desenvolvimento das leis termodinâmicas diante do comportamento do pequeno demônio. A segunda lei exige que sua entropia aumente de uma quantidade maior ou igual à diminuição da entropia do gás. A primeira lei implica que as energias do demônio e do gás, que constituem um sistema isolado, não mudem. O demônio deve aumentar sua entropia mantendo a energia fixa. Seria preciso devolver periodicamente o demônio a seu estado inicial, através de uma fonte de trabalho. De acordo com uma interpretação baseada em computação, a compensação dessa diminuição de entropia está relacionada com a aquisição e/ou apagamento de informações na “mente do demônio”.

3.1.5 – Os *GEDANKENEXPERIMENT* DE EINSTEIN

Albert Einstein (1879-1955) é, sem dúvida nenhuma, um dos ícones da ciência do século XX, conhecido e admirado por sua inventividade e irreverência. Ele afirmava que só era capaz de pensar através de imagens e notabilizou o uso dos experimentos mentais no desenvolvimento de suas ideias científicas.

No livro *A teoria da relatividade especial e geral*, escrito em 1916 e voltado para divulgação científica, Einstein utiliza experimentos mentais que não aparecem nos artigos originais como uma arma poderosa de reflexão e de convencimento. Para apresentar a relatividade restrita, idealizou trens que se moviam próximos à velocidade da luz. Em um

dos exemplos, supõe um trem muito longo que viaja sobre os trilhos com velocidade v , como esquematizado na figura abaixo.

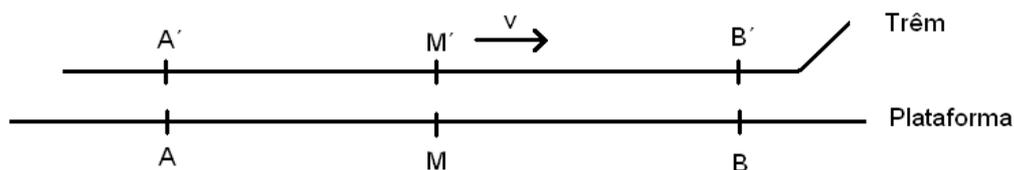


Figura 07. EM do trem de Einstein

As pessoas que viajam no trem utilizam um sistema de coordenadas que se move na mesma velocidade, enquanto as pessoas que estão sobre a plataforma adotam um referencial fixo em relação a ela. Dois relâmpagos caem sobre os pontos A e B, simultaneamente em relação à plataforma. Einstein então se pergunta: Os relâmpagos cairão simultaneamente de acordo com o referencial do trem?

Quando dizemos que os relâmpagos A e B são simultâneos em relação aos trilhos, queremos dizer que os raios de luz que saem de A e B se reúnem no ponto médio M. No instante em que os relâmpagos caem os pontos M' , A' e B' sobre o trem, estes correspondem aos pontos M, A e B na plataforma. Mas o ponto M' se movimenta com velocidade v e o passageiro que está sentado sobre este ponto vai de encontro ao raio de luz que vem de B e se afasta daquele que vem de A. Ele chegará à conclusão de que o relâmpago B caiu primeiro.

Para exemplificar a relatividade geral, Einstein imaginou um elevador – alguns exemplos variantes referem-se a uma caixa – puxado com uma força constante através do espaço livre ou sob a ação de um campo gravitacional. A interpretação dos fenômenos no interior do elevador que orienta a discussão do princípio da equivalência (figura 08) e da

deflexão da luz em campo gravitacional (figura 09) está escorada nestes exemplos idealizados.

Um observador no interior do elevador será incapaz de diferenciar se está sendo puxado por uma força que lhe imprime uma aceleração constante ou sobre a ação de um campo gravitacional.

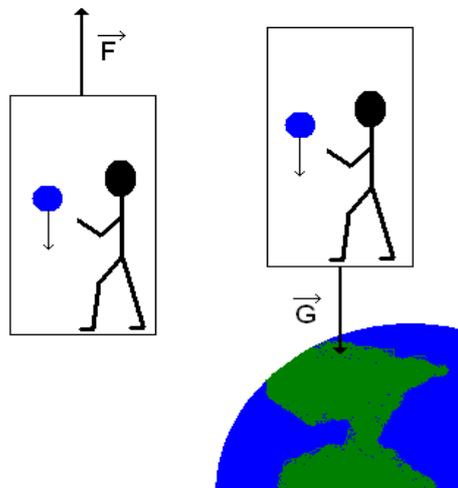


Figura 08. Elevador de Einstein e o Princípio de Equivalência.

No segundo exemplo, um feixe de luz atravessa o elevador. Um observador fora do elevador vê o feixe viajando em linha reta. Um observador no interior do elevador, sujeito à ação de um campo magnético ou puxado por uma força constante, verá o feixe curvar-se.

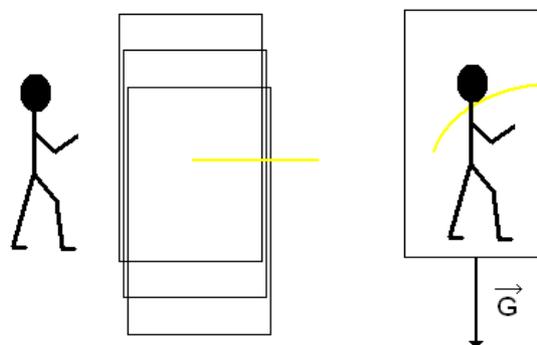


Figura 09. Elevador de Einstein e a deflexão da luz.

Esse tipo de recurso foi exaustivamente utilizado pelos físicos do início do século XX, quando a Mecânica Quântica estava nascendo e os experimentos comprobatórios eram impossíveis ou extremamente difíceis. Em 1935, Einstein, juntamente com Boris Podolsky e Nathan Rosen, propôs matematicamente uma situação hipotética – hoje chamamos de experimento EPR ou de Einstein-Podolsky-Rosen – que pretendia provar que a Mecânica Quântica não é capaz de explicações completas, pois haveria variáveis ocultas, necessárias para a compreensão dos fenômenos quânticos.

De maneira resumida, o experimento constituía-se em mostrar que seria possível duas partículas se “entrelaçarem”, de modo que, mesmo estando separadas espacialmente, ao determinar certa característica de uma delas, imediatamente essa informação seria transportada para a outra. O próprio Einstein definiu o entrelaçamento como uma “fantasmagórica ação à distância”, incoerente com o que chamou de “elemento de realidade física”. Esse experimento envolvia medidas muito delicadas e só no início dos anos 1980 pode ser levado a cabo, dando razão aos partidários da Mecânica Quântica.

3.1.6 – UM GATO MORTO-VIVO

No artigo publicado em 1935, Erwin Schrödinger (1887-1961) introduz um experimento mental protagonizado por um personagem insólito, que se tornou famoso e ficou conhecido como o ‘Gato de Schrödinger’. O objetivo do autor era, segundo ele próprio, mostrar como determinadas interpretações dos resultados da Mecânica Quântica poderiam levar a situações ridículas:

Podemos configurar casos bastante ridículos. Um gato é colocado em câmara de aço, juntamente com o dispositivo a seguir (que deve ser protegido das interferências diretas do gato): em um contador Geiger existe uma quantidade minúscula de substância radioativa, tão pequena,

que talvez no decurso da uma hora um dos átomos decaia, mas, com igual probabilidade, talvez não; se isso acontecer, o tubo do contador emite uma descarga e através de um retransmissor libera um martelo que quebra um pequeno frasco de ácido hidrocianeto. Se deixarmos este sistema isolado por uma hora, poderemos dizer que o gato continua vivo se o átomo não tiver decaído. A função ψ de todo o sistema iria expressar isto tendo em si um gato vivo e morto (com perdão da expressão) misturados ou sobrepostos em partes iguais². (SCHRÖEDINGER, 1935)

O objetivo da experiência seria ilustrar que a Mecânica Quântica é incompleta se não existirem regras que descrevam quando sua função de onda colapsa e o gato se torna morto ou vivo, em vez de uma mistura de ambos.

Com acontece em alguns casos, o EM que deveria refutar uma teoria pode acabar por apoiá-la, uma nova interpretação ou sua realização como experimento concreto podem virar o feitiço contra o feiticeiro. Em 1995, foi reproduzida em laboratório uma versão do experimento de Schrödinger. Um átomo de berílio ocupou dois lugares ao mesmo tempo, representando o gato vivo e morto.

Hoje, o 'gato de Schrödinger' é um dos exemplos mais utilizados para exemplificar a questão da possibilidade de superposição de estados em fenômenos quânticos. Todo estudante de Física que se presa já ouviu falar dele e certamente já usou esse exemplo para mostrar a um leigo quão diferente pode ser um fenômeno quântico.

3.2 A NATUREZA DOS EXPERIMENTOS MENTAIS

Mais que ornamentos intelectuais, experimentos mentais são efetivamente usados

² *One can even set up quite ridiculous cases. A cat is penned up in a steel chamber, along with the following device (which must be secured against direct interference by the cat): in a Geiger counter there is a tiny bit of radioactive substance, so small, that perhaps in the course of the hour one of the atoms decays, but also, with equal probability, perhaps none; if it happens, the counter tube discharges and through a relay releases a hammer which shatters a small flask of hydrocyanic acid. If one has left this entire system to itself for an hour, one would say that the cat still lives if meanwhile no atom has decayed. The ψ -function of the entire system would express this by having in it the living and dead cat (pardon the expression) mixed or smeared out in equal parts.*

para gerar conhecimento científico. Através da revisão de algumas das principais referências sobre esse conceito, buscaremos traçar um panorama das questões epistemológicas envolvidas:

- O que são Experimentos Mentais?
- Experimentos Mentais podem fornecer uma fonte de conhecimentos do mundo natural?
- De onde vem esse conhecimento?

Entre os cientistas que se dedicam à análise da experimentação mental, há uma variedade de respostas para as questões propostas. Na literatura, encontramos diferentes modos de interpretação que caracterizam definições e concepções distintas. Após discutir cada um deles separadamente, será feita uma análise comparativa resumindo esses diferentes pontos de vista.

Mach (1913) foi um dos pioneiros na discussão sistemática sobre EMs e pesquisa científica. Para ele, a experimentação mental é uma pré-condição necessária à experimentação física e age como um processo de purificação lógica, através da qual é possível considerar que circunstâncias determinam certo resultado e que circunstâncias são dependentes ou independentes umas das outras.

O autor pondera que, somente quando se tem uma rica experiência, a imaginação será capaz de auxiliar. Segundo ele, a natureza da experiência adquirida anteriormente é responsável pelo sucesso da experimentação mental. A escolha de circunstâncias na representação dos fatos influencia no grau de concordância com que nossos pensamentos representam as experiências. Em suas palavras: “O pensamento do físico está geralmente menos completo do que a experiência que ele esquematiza”.

Ele descreve a possibilidade da experimentação mental como parte de um método de variação contínua. Alargamos o limite de validade de uma representação; modificando e

especializando as circunstâncias, assim nós modificamos e especializamos a representação. Com o pensamento, é possível diminuir e finalmente remover elementos que tenham influência quantitativa em um fato, de modo que outras circunstâncias atuem sozinhas. Esse processo pode ser considerado como uma idealização ou uma abstração. Ele afirma que todas as noções e leis físicas gerais foram adquiridas através de idealizações.

Segundo Mach (1913), pode acontecer que o resultado de uma experiência mental seja bastante decisivo de modo que o autor, com ou sem razão, julgue inútil todo o controle externo pela experimentação física. Mas, quanto mais a conclusão da experimentação mental é hesitante e indeterminada, mais incita a experimentação física, que aparece como sua continuação natural para completá-la e precisá-la. Para ele, a ligação estreita entre a dedução e a experiência é a base da ciência moderna. A experiência suscita um pensamento que, comparado novamente com a experiência, e a seguir modificado, constitui uma nova concepção a qual se aplica o mesmo processo. Esse desenvolvimento pode absorver a atividade de diversas gerações antes de estar completo.

No artigo *A function for thought experiment*, Thommas Kuhn (1977) afirma que os EMs devem ser reconhecidos como uma ferramenta ocasionalmente poderosa para aumentar a compreensão do homem sobre a natureza. O autor se questiona a respeito de: a que condições de verossimilhança está sujeita a situação imaginada no EM? E em que sentido e extensão ela pode representar um fato? Para ele, cada experimento mental bem sucedido personifica em seu design alguma informação prévia sobre o mundo. Essa informação não está debatida no experimento, ao contrário disso, ela repousa sob dados empíricos os quais devem ser bem conhecidos e aceitos, geralmente antes que o experimento tenha sido concebido. Nada sobre a situação imaginada pode ser inteiramente não-familiar ou estranho.

Nessa perspectiva, Kuhn pondera: “Como, confiando exclusivamente em dados familiares, pode um experimento mental conduzir a novos conhecimentos ou a uma nova compreensão da natureza?”. Sua análise sugere que a nova compreensão produzida pelos experimentos mentais não seria uma compreensão da *natureza*, mas mais propriamente do *aparato conceitual* do cientista. A função dos EMs é ajudar na eliminação da confusão existente *a priori*, forçando o cientista a reconhecer contradições inerentes em sua maneira inicial de pensar. Ao contrário da descoberta do novo conhecimento, a eliminação dessa contradição não parece exigir dados empíricos adicionais. Para ele, EMs não criam novos dados, mas promovem a recontextualização de dados empíricos antigos.

Kuhn (1977) afirma literalmente que os EMs não podem nos ensinar nada sobre o mundo que não fosse conhecido antes. Porém, ao final da discussão, o autor admite que, em algumas situações específicas, a confusão ou contradição aparente pode ser expressa pela natureza. Essa situação o leva a sugerir que, nesse tipo de experimento mental, o cientista aprende tanto sobre o mundo quanto sobre seus conceitos. De modo análogo ao que acontece na interação entre Experimento Concreto (EC) realizado no laboratório e a observação do fenômeno na natureza, os EMs podem revelar falhas no confronto entre a natureza e os resultados esperados. O que pode sugerir que tanto as expectativas quanto a teoria devem ser revisadas.

Em uma visão derivada da interpretação kuhniana, Gendler (1996) analisa os EMs como um processo de raciocínio realizado dentro do contexto de um cenário imaginário bem articulado. Seu objetivo é responder a uma questão específica sobre uma situação não-imaginária. Nesse sentido, a experimentação mental pode revelar lacunas no sistema conceitual e indicar como ele pode ser alterado, confirmando ou refutando hipóteses ou teorias. Em seu trabalho, a autora tenta mostrar que ambos, os poderes e os limites dessa

metodologia, podem ser traçados pelo fato de que quando a contemplação de um cenário imaginário nos traz um novo conhecimento, o faz forçando-nos a considerar casos excepcionais. Ela analisa seis casos distintos, em diferentes áreas, que toma como exemplos paradigmáticos do uso apropriado da expressão ‘Experimento Mental’. A autora propõe uma caracterização que captura algo importante sobre a estrutura fundamental comum a todos os casos:

- Um cenário imaginário é descrito;
- Um argumento que tenta estabelecer a avaliação correta do cenário é oferecido;
- Essa avaliação do cenário imaginário é tomada, então, para revelar algo sobre casos além do cenário.

Para a autora, essas características tornam razoável descrever os EMs como uma modalidade do raciocínio. Gendler (1996) sugere uma taxonomia na qual define três tipos básicos de perguntas que podem ser feitas sobre um determinado cenário imaginário e que revelam contrastes cruciais caracterizando três diferentes tipos de EMs:

(1) Factível: O que aconteceria?

(2) Conceitual: Como, dado (1), nós devemos descrever o que aconteceria?

(3) Avaliativo: Como, dado (2), nós devemos avaliar o que aconteceria?

O primeiro tipo diz respeito ao que pensamos dos fatos de uma situação. EMs científicos são tipicamente factíveis, são tentativas de delinear intuições físicas sobre o que aconteceria sob determinadas circunstâncias. O segundo tipo considera o que nós tomamos como aplicação apropriada dos conceitos, o leitor é solicitado a pensar sobre como tal situação deve ser descrita. No terceiro tipo, somos solicitados a fazer julgamentos sobre como avaliaríamos o que aconteceria em uma situação particular, diz respeito a uma resposta moral ou estética apropriada.

No livro *The laboratory of mind*, James R. Brown (1991) afirma que:

Experimentos mentais são executados no laboratório da mente. Além dessa metáfora é difícil dizer exatamente o que são. Nós os reconhecemos quando os vemos: são visualizáveis; eles envolvem manipulações mentais; não são a mera consequência de cálculos fundamentados em teoria; são frequentemente (mas não sempre) impossíveis de executar como experiências reais seja porque nos falta a tecnologia relevante ou porque são simplesmente impossíveis em princípio.

Brown (1991) traça um paralelo entre o conhecimento matemático e o conhecimento físico. Ele afirma que é comum pensar que a Física tenta descrever o mundo físico, enquanto a Matemática fornece ferramentas úteis, no sentido de teorizar sobre o mundo físico, que envolvem o uso de modelos matemáticos, e esses modelos são dados *a priori*. Mas nosso conhecimento do mundo físico que se encaixa em alguma estrutura matemática particular é ele próprio *a posteriori*, assim, diferente do conhecimento matemático, ele é falível. Porém, para o autor a fonte da intuição matemática é semelhante à fonte da intuição física.

Brown (1991) descreve alguns ingredientes envolvidos no platonismo: (1) Há objetos abstratos existindo fora do espaço e do tempo. (2) A maneira como esses objetos são é o que faz nossos enunciados matemáticos verdadeiros ou falsos. (3) A mente capta ou intui algo sobre eles. (4) Nosso conhecimento matemático é um *a priori*, no sentido de ser independente das sensações físicas; mas não é necessariamente infalível.

De maneira análoga aos objetos abstratos do mundo platônico, podemos conceber as leis naturais existindo como relações entre *universais*. Para o autor, há um tipo especial de EM, cuja epistemologia é similar à epistemologia da matemática, que pode fornecer *a priori* crenças (falíveis) sobre como o mundo físico funciona. Dentro dessa perspectiva, Brown (1991) propõe uma classificação dos EMs, esquematizada na figura abaixo.

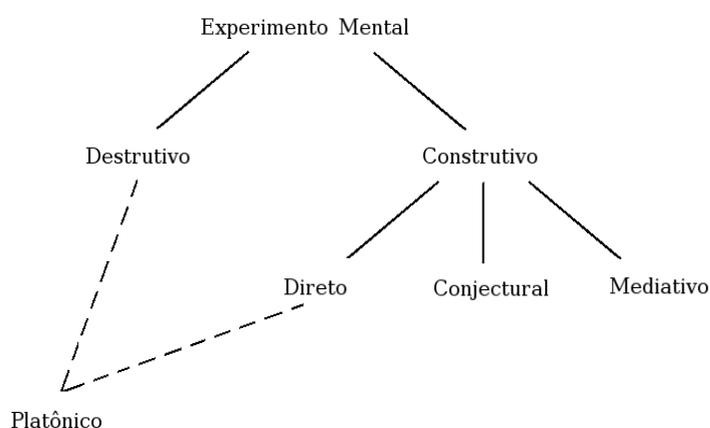


Figura 10. Taxonomia dos EMs, Brown (1991).

Tipicamente um EM destrutivo tenta mostrar que as consequências de uma determinada teoria são absurdas e, por isso, esta deve ser abandonada. Um bom exemplo é o 'Gato de Schrödinger'. O objetivo da experiência é ilustrar que a Mecânica Quântica é incompleta se não existirem regras que descrevam quando a função de onda colapsa evitando esse tipo de situação bizarra.

EMs construtivos, ao invés de refutar, fornecem suporte para uma teoria, e podem fazê-lo, segundo Brown, de três maneiras diferentes. Em alguns casos, o ponto de partida não será uma dada teoria a ser corroborada, mas uma situação problema, uma determinada conjectura, que demandará uma interpretação, nos chamados EMs construtivos conjecturais. Podemos tomar como exemplo o chamado 'Balde de Newton'.

O demônio de Maxwell é um exemplo de EM construtivo mediativo, que facilita a conclusão ilustrando determinadas características da teoria. Esse EM foi utilizado para que as consequências da nova teoria cinética dos gases não parecessem tão absurdas.

Os EMs construtivos diretos, assim como nos conjecturais, não começam, mas terminam com uma teoria pronta e acabada, como no 'Elevador de Einstein'.

Brown (1991) define, ainda, EMs que são ao mesmo tempo construtivos diretos e destrutivos, e os chama de platônicos. De um só golpe, eles destroem o antigo e criam o novo. Como exemplo, podemos considerar o EM mais famoso da História da Ciência: A experiência de Galileu sobre a queda dos corpos.

Através de seus personagens, Galileu imaginou uma bala de canhão e uma bala de florete caindo do topo de uma torre. De acordo com a física aristotélica, a bala de canhão deveria alcançar primeiro o chão, por ser mais pesada, o que de fato acontece. Mas, quando unidas e lançadas novamente, as consequências dessa interpretação são absurdas e Galileu propõe uma nova teoria através da qual todos os corpos estão sujeitos à mesma aceleração.

John Norton (1996) é uma referência indispensável nessa área de pesquisa. Adotando uma posição, segundo ele próprio, deflacionária, o autor se opõe fortemente à possibilidade de obtenção de novos conhecimentos sobre o mundo natural através dos EMs.

Ele afirma que EMs são argumentos que obedecem às seguintes condições:

- (i) postulam um estado de coisas, hipotético ou contra-factual, e
- (ii) invocam detalhes irrelevantes à generalidade da conclusão.

Baseado nessas premissas, propõe que os EMs podem ser reconstruídos como argumentos e as considerações irrelevantes podem ser excluídas.

Para ele, a conclusão de um EM precisa estar livre dos detalhes envolvidos na circunstância (ii). EMs podem ser classificados de acordo com os meios através dos quais esses detalhes são removidos.

Tipo 1: A conclusão livre de detalhes resulta dedutivamente das premissas. Os EMs desse tipo são tipicamente argumentos *reductio*. Os detalhes puderam estar envolvidos em um contra-exemplo a uma afirmação universalmente determinada, de cuja contradição resulta a conclusão.

Tipo 2: A conclusão torna-se livre dos detalhes através de um passo indutivo. Esse passo pode considerar a afirmação de que o caso que envolve os detalhes é “típico” ou que os detalhes são “não essenciais”, de modo que o resultado produzido seja tão bem aplicado neste quanto em outros casos.

Em outro artigo, Norton (2002) propõe que EMs são apenas argumentação comum disfarçada em formas narrativas ou pictóricas. Como consequência, não podem nada além, epistemologicamente falando, do que argumentos comuns. O conhecimento que eles supostamente proporcionam vem das premissas introduzidas, explícita ou tacitamente, neles próprios. Esse conhecimento é então transformado, com frequência tacitamente, através da argumentação dedutiva ou indutiva para gerar o resultado final.

Para corroborar com sua hipótese, ele procura demonstrar a falibilidade dos EMs, mostrando, através de exemplos, que, para cada EM pode ser idealizado um Anti-EM correspondente, que leve a conclusões opostas às do primeiro. Isso inviabilizaria os EMs como uma fonte confiável de novos conhecimentos, já que podem conduzir tanto às conclusões verdadeiras, quando ao seu oposto, consequentemente falso, e vice-versa.

James McAllister (1996) adota uma visão experimentalista, segundo ele próprio, que define EMs como experimentos, embora sejam uma forma extrema. O autor afirma que, para que um EC seja aceito em ciência como uma fonte de evidência, os praticantes dessa ciência precisam reconhecer nele dois critérios de legitimidade. Ele precisa satisfazer os padrões de competência na prática experimental adotada e mostrar-se relevante na resolução de controvérsias. Quando isso acontece, o autor afirma que tal experimento possui 'significatividade'. Paralelamente, EMs também devem satisfazer às condições similares para serem aceitos como fontes de evidência. Os praticantes precisam ser persuadidos de que o EM foi bem formulado, em concordância com os padrões da ciência

envolvida. Esses padrões podem, por exemplo, requerer que o cenário contemplado no experimento não viole leis naturais já estabelecidas. Mas, mais fundamentalmente, os praticantes dessa ciência precisam ser persuadidos de que os EMs fornecem evidências relevantes para estabelecer ou desacreditar uma afirmação. Ou seja, também devem possuir significatividade.

De acordo com uma premissa, que o próprio autor denomina logicista, o grau de significância de um experimento é intrínseco a ele, e não depende do contexto argumentativo. Enquanto na premissa historicista, a significatividade de um experimento é conferida a ele, em uma área particular da ciência, em um tempo particular, pelo esforço persuasivo do cientista. McAllister (1996) sugere que a noção logicista da significatividade, adotada por autores como Brown, não é mais sustentável para os EMs do que para os EC, e argumenta que nossa compreensão dos EMs será mais avançada se adotamos a visão historicista. Para o autor, EMs possuem significatividade apenas histórica e localmente, isto é, quando e onde as premissas que lhe atribuem essa significatividade são endossadas.

Uma linha de interpretação alternativa às que analisamos até este ponto está baseada na premissa de que nossos processos de cognição são guiados por 'Modelos Mentais'. Sua fonte é a modelagem cognitiva de intuições a partir de estruturas subjacentes ao pensamento que utilizamos na interpretação do mundo ao nosso redor.

Nessa mesma linha, Nercessian (1998) afirma que a experimentação mental é uma forma específica de simulação que pode ocorrer através de várias formas de raciocínio baseadas em modelos. Para explicar a noção de como a experimentação mental é efetuada através de raciocínio simulativo baseado em um modelo, é necessário discutir: (1) como uma narrativa facilita a elaboração de um modelo de uma situação experimental no

pensamento e (2) como podemos atingir conclusões conceituais e empíricas simulando mentalmente o processo experimental.

Na perspectiva da modelagem mental, a função da narrativa é guiar o leitor na construção de uma estrutura análoga à situação descrita. Em um EM, a narrativa tem a intenção clara de representar uma situação potencialmente real, a narrativa possui abstrações significativas com o objetivo de focar a atenção em uma parte específica da situação e delimita as transições específicas que a governam. Construindo e conduzindo o experimento, fazemos uso de mecanismos de inferência, representações existentes, e conhecimentos científicos e gerais para fazer transformações realísticas de um possível estado físico para o outro.

Cooper (2005) afirma que, através de um EM, aparentemente, podemos começar de uma posição de ignorância, pensar e obter um novo conhecimento, a despeito de não recebermos novos dados empíricos. Ela se propõe a explicar a origem desse novo conhecimento, adotando uma perspectiva melhorada da utilização de Modelos Mentais.

A autora sugere que as diferenças entre modelos mentais e modelos concretos podem ser insignificantes. E da mesma maneira há várias formas de construir um modelo, mental ou concreto. Um experimentador mental será apto a visualizar uma situação, outro usará um diagrama rabiscado, e um terceiro necessitará usar objetos concretos para representar atores. Mas todos modelam a situação, e as diferenças não são importantes.

Segundo a autora, caracteristicamente, EMs se apresentam como uma série de questões do tipo “*What if*”, que podemos traduzir para “O que se”. Por exemplo: *O que aconteceria se não houvesse atrito?* Quando solicitados a responder a esse tipo de questão, predizemos como entidades imaginárias se comportariam, da mesma maneira que o fazemos para entidades reais. Algumas vezes, teremos leis explícitas governando como

entidades do tipo que estamos imaginando agem nos tipos de situação que estamos imaginando. O raciocínio aplicado na construção de EMs é idêntico ao que aplicamos quando respondemos a questões “O que se” em outros contextos. EMs também podem ser usados para explorar modelos.

Assim, na análise de Cooper (2005), um experimentador mental manipula sua visão de mundo de acordo com questões “O que se” propostas por um EM. Quando as condições necessárias de rigor e coerência são respeitadas, resultam em um modelo consistente ou uma contradição. Se um modelo consistente é executado, o experimentador pode concluir que o cenário é possível, se um modelo consistente não pode ser construído, então o cenário é impossível.

Adotando uma, entre outras análises possíveis, tentaremos compreender a epistemologia dos Experimentos Mentais e delinear respostas para as questões propostas neste trabalho. Consideraremos cinco categorias de definições:

Processo de Recontextualização - Nessa categoria, incluímos pontos de vista que consideram, de alguma forma, que a experimentação mental está ligada à experimentação concreta, num processo dinâmico de retroalimentação. Recontextualizando dados já obtidos e/ou checando sua concordância com o mundo natural. Nesse contexto, os dados são fornecidos indiretamente pela natureza, e obtidos através da interpretação dos desdobramentos do cenário imaginário proposto.

Todos esses autores concordam que é necessário um bom conhecimento prévio do comportamento natural para que o cientista seja bem sucedido em seu EM. Eles usam expressões como 'critério de verossimilhança' (KUHN, 1977) ou 'grau de concordância' (MACH, 1913).

Para Mach, por exemplo, a experimentação mental é parte integrante e indissociável no

processo de construção científica, em suas próprias palavras: não há nenhum abismo entre a experimentação e a dedução: é uma questão de adaptar os pensamentos aos fatos, e os pensamentos uns aos outros. Nas palavras de Kuhn, os experimentos mentais, mesmo que inteiramente apoiados em informações já conhecidas, possuem um papel semelhante aos experimentos reais. Possivelmente porque dão ao cientista acesso a informações que estão em suas mãos, mas de algum modo permaneceram inacessíveis a ele.

Intuições Platônicas - Essa categoria se aplica apenas à análise de Brown (1991). Nesse contexto, os EMs são, segundo ele próprio, janelas que nos dão acesso ao mundo platônico dos objetos abstratos e relações universais. A categoria específica que ele denomina EM platônico é capaz de fornecer efetivamente novos conhecimentos sobre o mundo natural.

Argumentos Pitorescos - Dentro da perspectiva de Norton (1996, 2004), EMs não trazem nenhuma informação sobre o mundo natural, e não transcendem o empirismo. Todo o conhecimento que, supostamente, geram está embutido em suas premissas. Não passam de argumentos disfarçados em narrativas vividas, mas podem sempre ser reconstruídos como argumentos, com a vantagem de retirar detalhes irrelevantes. Ele admite que uma perspectiva que acomode os EMs ao empirismo de maneira simples e direta deve ser aceita por definição, comparada à outra proposta mais extravagante. A crítica de Norton se restringe à possibilidade de novos conhecimentos sem novos dados empíricos. O autor, porém, admite interessantes facetas dos EMs, como: sua exploração eficaz dos modelos e imagens mentais, seu poder como dispositivo retórico; sua similaridade às experiências reais, etc.

Experimentos - Para McAllister (1996), EMs são experimentos e, identicamente aos EC, podem fornecer aos cientistas dados sobre o mundo natural, se forem construídos de

maneira coerente. Assim como os ECs, EMs também estão sujeitos às falhas e à má interpretação. Segundo ele, EMs não podem ser reformulados como um argumento, contrariando a definição de Norton, e possuem uma função mais geral e importante para o raciocínio científico.

Manipulação de Modelos Mentais - Nessa categoria, os EMs são modelados na mente, em uma simulação que reproduz um cenário imaginário. Estão aqui incluídas as análises de Gendler (1996, 2004), Nersessian (1992, 1998) e Cooper (2005). As quais se distinguem por considerar a importância dos EMs muito mais como uma fonte de conhecimento sobre as estruturas e concepções do experimentador, do que sobre a natureza. Similarmente à primeira categoria, o conhecimento não é gerado pelo EM, mas nasce de sua interação com o mundo natural.

Apesar das múltiplas interpretações e questões em aberto que envolvem esse conceito, não há dúvidas de seu valor explicativo. A falibilidade, tão explorada por seus críticos, não os desclassifica. Qualquer outro procedimento, experimental ou teórico, dentro da busca de explicações científica está também sujeito às falhas.

3.3 OUTRAS CATEGORIAS DE REPRESENTAÇÕES

Em alguns tipos de representação, a utilização do termo 'experimento', aplicado indistintamente, é prejudicial, segundo alguns pesquisadores. Autores como Gendler, (2004) e Sorensen (1998) distinguem entre Experimentos Mentais Científicos e Filosóficos. Embora Cooper (2005) afirme não haver justificativa para essa distinção, principalmente porque Ciência e Filosofia não são ramos radicalmente distintos, e muitos Experimentos Mentais envolvem ambos os conteúdos.

No contexto desta pesquisa, as categorias de representações foram definidas pelo tipo de abordagem que apresentam, e não pela área do conhecimento em questão. A divisão proposta não possui limites rígidos, é uma interpretação particular, baseada nos referenciais teóricos adotados. Ela pretende facilitar o entendimento e evidenciar algumas nuances em cada uma das categorias elencadas.

3.2.1 METÁFORAS E ANALOGIAS

Muitas vezes os termos metáfora e analogia são usados como sinônimos. Tecnicamente, uma metáfora é o emprego de uma palavra ou expressão idiomática fora do seu sentido usual. É uma figura semântica de linguagem que substitui um termo por outro, criando uma dualidade de significados. As metáforas comunicam indiretamente, transferindo características de um termo ao outro. São parte inerente da estrutura da linguagem humana, presentes em todos os idiomas.

Muitos autores consideram que a aplicação das metáforas em ciências tem características distintas. Gentner (1982) afirma que o termo metáfora conduz, de certa forma, a uma comparação não-literal, artística ou expressiva. Segundo Duit (1991), metáforas fazem comparações implícitas destacando características ou qualidades relacionais entre domínios distintos o que as torna claramente falsas. Coimbra (1999) esclarece esse aspecto, em sua definição:

Destinando-se, primariamente, a cobrir lacunas terminológicas, as metáforas em Ciência não nascem por um imperativo estético ou expressivo, mas destinam-se a um percurso de divulgação e convenção que culminará, eventualmente, na perda da consciência do percurso conceptual efetuado. Ou seja, quando um estudioso propõe designar determinada realidade nova através de um paralelo metafórico, ele pretende, caso seja bem sucedido na introdução das suas pesquisas na comunidade científica, que esses mesmos termos venham a ser aceites e utilizados pelos seus pares. Quando isto acontece, o uso acaba por fazer

com que a consciência do paralelo metafórico se dilua. (*Metáfora poética e analogia científica*)

A autora usa como exemplo a metáfora amplamente aceita, através da qual os programas de computador destrutivos passaram a ser denominados como *vírus*. Nesse caso, toda a terminologia foi transferida – vacina, imunização, contaminação, extermínio, etc. – para um campo onde nenhuma terminologia existia.

No artigo “Are the analogies metaphors?”, Gentner (1982) propõe uma caracterização estrutural das analogias/metáforas em ciência através de mapeamento das relações estruturais entre os domínios envolvidos.

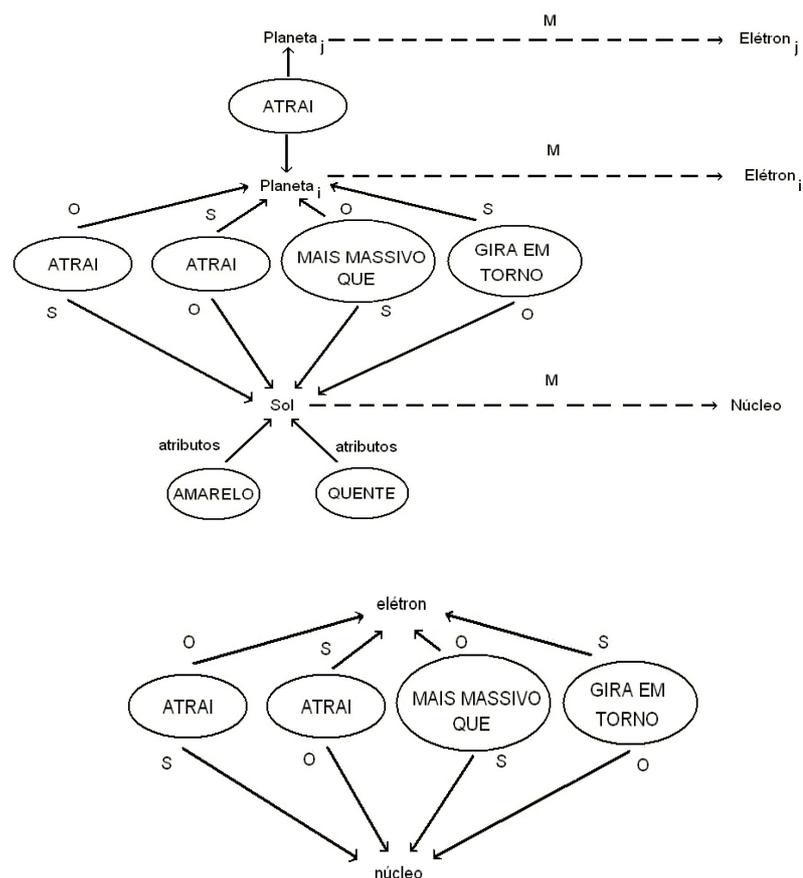


Figura 11. Mapeamento da analogia Átomo/Sistema Solar. (GENTNER, 1982)

O autor lista as considerações importantes na construção do mapeamento estrutural de uma analogia/metáfora, começando com a especificação da base: quão bem

compreendida é a base. O passo seguinte é considerar as questões estruturais de (1) *clareza*: quão rigorosamente o mapa é especificado; (2) *riqueza*: quantos predicados são importados por cada ligação (target node); (3) *sistematicidade*: quanto cada um dos predicados importados é limitado pelos outros; e (4) *simplicidade*: de que nível hierárquico são importados os predicados. Existem, ainda, duas considerações relacionadas às qualidades externas de uma analogia. A *validade* refere-se à exatidão dos predicados importados. E o *escopo* refere-se ao número de diferentes casos aos quais a validade do modelo se aplica.

Gentner (1982) distingue dois diferentes tipos de analogias. Analogias explicativas ou preditivas buscam explicar e prever; e analogias expressivas ou metáforas, que buscam evocar ou descrever. Comparando as estruturas de mapeamento dessas duas categorias, o autor conclui que as analogias explicativas possuem tipicamente mais clareza, simplicidade, sistematicidade e menos riqueza do que as metáforas, o que pode servir como critério de distinção.

Podemos definir analogia como uma relação de equivalência entre duas outras relações. Sua abrangência vai além do campo semântico, podendo propor diferentes níveis de semelhança. As analogias têm uma forma de expressão própria que segue um modelo de proporcionalidade do tipo: A está para B, assim como C está para D.

A habilidade de compreender similaridades e estabelecer analogias é um dos mecanismos fundamentais da cognição humana. É um aspecto crucial para o reconhecimento, classificação e aprendizagem, desempenhando um importante papel nas descobertas científicas e na criatividade. É muito comum, por exemplo, que as crianças pequenas digam eu 'sabo' ao invés de: eu sei. Elas estão aplicando a regra que aprenderam observando o uso de outros verbos, como dançar ou comer. Mas o verbo saber foge à

regra, quebrando a validade da analogia. Só lhes será ensinado mais tarde, na escola, que este é um verbo irregular. Na prática, as crianças aprendem a falar muito antes de escrever ou compreender as regras gramaticais, observando, estabelecendo relações e repetindo.

Apesar das diferentes definições, os autores concordam que uma analogia é baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios de conhecimento diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Isso faz dela uma importante ferramenta na produção e transmissão do conhecimento de maneira geral. Particularmente no conhecimento científico, muitas hipóteses são construídas a partir do que alguns autores chamam de analogia preditiva (GENTNER, 1982; NERSESSIAN, 1992; 2002). Esse tipo de analogia caracteriza-se pelas hipóteses de extrapolação, baseado em uma analogia existente entre dois panoramas, supomos que outras relações ainda não observadas também se comportem de maneira análoga.

Como exemplo, podemos discutir o desenvolvimento da teoria do eletromagnetismo de Maxwell. Nersessian (2002) propõe uma interpretação da função da analogia física nesse episódio. Segundo a autora, prevalece a versão de que o cientista teria chegado às equações que descrevem o campo eletromagnético através de considerações de simetria entre as equações já existentes: Leis de Coulomb, Ampère e Faraday. No entanto, Maxwell não conhecia as estruturas matemáticas que poderiam ser aplicadas, mas, através da descoberta de uma equivalência entre a estrutura dinâmica de certas relações mecânicas e certas relações eletromagnéticas, ele foi capaz de construir as estruturas necessárias:

O tipo de raciocínio criativo empregado na inovação conceitual envolve não só aplicar abstrações genéricas mas criá-las e transformá-las durante o processo de raciocínio. O processo de abstrair o nível genérico é um processo de raciocínio significativo na modelagem analógica em mudança conceitual que muitas vezes exige reconhecimento das semelhanças potencial em domínios díspares, a abstração e a integração de informações provenientes deles. (NERSESSIAN, 2002, p. 139)

Para Nersessian (2002), o desenvolvimento matemático adveio da extrapolação da analogia. Maxwell imaginou um modelo mecânico de vórtices de éter, os fenômenos eletromagnéticos seriam provocados pelo seu deslocamento. A rotação seria proporcional à força magnética e o deslocamento relativo das partículas vizinhas corresponderia em magnitude e direção à quantidade de corrente elétrica passando pelo ponto correspondente do campo eletromagnético.

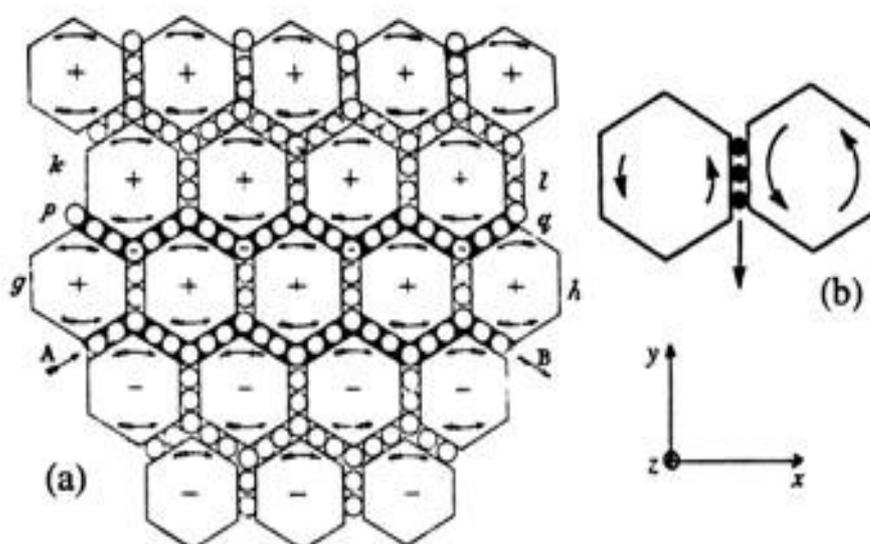


Figura 12. Modelo mecânico dos vórtices de éter de Maxwell.

Posteriormente, ele sofisticou o modelo, os sistemas de vórtices agiriam como um mecanismo conectado capaz de transferir movimento elétrico de um condutor para outro. Imaginou um mecanismo semelhante a um conjunto de catracas capazes de transferir a rotação para os vórtices vizinhos. Para que a transferência de movimento de um vórtice a outro fosse possível, supôs que o éter seria rígido, com vórtices em rotação e teria uma camada de pequenas partículas esféricas (*idle wheels*) capazes de rolar entre os vórtices e com isso transmitir o movimento para os vórtices vizinhos (SILVA).

Segundo Nersessian, essa é uma analogia do tipo geradora. Ela serviu de base para o

raciocínio de Maxwell, que passou a relacionar às grandezas mecânicas existentes no movimento dos vórtices com as grandezas eletromagnéticas. Nas palavras do próprio Maxwell:

É pelo emprego de analogias desse tipo que procurei colocar diante da mente, de uma forma conveniente e tratável, as idéias matemáticas que são necessárias ao estudo dos fenômenos da eletricidade. (...) Através do método que adoto, espero deixar evidente que não estou tentando estabelecer nenhuma teoria física numa ciência acerca da qual eu não fiz um experimento sequer, e que o termo do meu projeto é mostrar de que maneira, por uma aplicação estrita das idéias e métodos de Faraday, pode-se colocar claramente diante da mente matemática a conexão entre as diferentes ordens de fenômenos que ele descobriu. (MAXWELL *apud* BEZERRA, 2006, p. 17).

Assim, guiado pela analogia, ele interpretou a força tangencial das partículas como correspondente ao campo elétrico; o momento angular do vórtice como correspondente à intensidade do campo magnético; e o movimento das partículas como correspondente à corrente elétrica.

3.3.2 ALEGORIAS E MITOS

A alegoria reporta-se a uma história ou a uma situação que joga com sentidos duplos e figurados. A palavra é derivada das palavras gregas *allós*, que significa outro, e *agourein*, que significa falar. Representa geralmente uma figura de retórica, mas uma alegoria não precisa necessariamente ser expressa na linguagem oral ou escrita: pode dirigir-se aos olhos, e com frequência as vemos nas artes plásticas e na música.

Embora semelhante a outras comparações retóricas, uma alegoria sustenta-se por mais tempo e de maneira mais completa sobre seus detalhes do que uma metáfora, e apela à imaginação da mesma forma que uma analogia apela à razão. As fábulas e parábolas são alegorias curtas com uma moral definida.

No contexto das ciências, esse tipo de representação vai além do EM, no sentido em

que tem a intenção de propor toda uma realidade alternativa. Essa nova realidade pode possuir leis naturais diferentes, dentro da qual podem ser executados diferentes EMs.

Em meio às discussões sobre a Mecânica Quântica, Roland Omnés (1999) idealizou, para ilustrar sua interpretação, um anjo que teria intuição sobre a realidade quântica:

Se tal for nossa natureza humana que nos impede de superar nossos esquemas de pensamento, sempre podemos imaginar um novo, ser isento de nossas limitações terrestres, um ser capaz de respirar o éter da teoria pura, a partir da qual ela descreveria sua inspiração única, fazendo dela uma espécie de Anjo. Na verdade, porque não apelar para um anjo para nos ajudar?³ (*Quantum philosophy*, p. 170)

Desde o seu nascimento, ela fora ensinada a interpretar o mundo dentro da perspectiva quântica e o que conhece são observáveis, operadores, probabilidades e funções de onda. Mas, para cumprir uma missão na Terra, deverá inteirar-se da realidade do nosso planeta.

Neste ponto o Arcanjo ajuda a anja na decisiva transição do mundo quântico para o clássico. Tudo parece separar essas duas visões da realidade: por um lado temos funções de onda, quantidades físicas que são os operadores, uma dinâmica governada pela equação de Schrödinger; por outro, temos variáveis posição e velocidade que são números normais, e a dinâmica é newtoniana. Como ir de um para o outro? Isso pode ser feito, mas, temos de admitir, não sem alguns meios matemáticos poderosos⁴ (*Quantum philosophy*, p. 186)

O anjo de Omnés veria apenas o vazio e a multidão de átomos em vez de corpos macroscópicos. Para ele, o mundo newtoniano pareceria estranho, e o Arcanjo tenta explicá-lo de acordo com a Teoria da Descoerência, a partir da qual a mecânica newtoniana se enquadra dentro da mecânica quântica. Durante o processo de aprendizado do anjo, o autor aborda várias situações nessa perspectiva de transposição.

³ *If such is our human nature that it prevents us from overcoming our thought schemes, we can always imagine a new being exempted from our terrestrial limitations, a being capable of breathing the ether of pure theory, from which she would draw her sole inspiration, making her a kind of angel. Indeed, why not call upon an angel to help us out?*

⁴ *At this point the archangel helps the angel through the decisive transition from the quantum to the classical world. Everything seems to separate these two visions of reality: on the one hand we have wave functions, physical quantities that are operators, a dynamics governed by Schrödinger's equation; on the other we have position and velocity variables that are ordinary numbers, and the dynamics is Newtonian. How to go from one to the other? It can be done but, we must admit, not without some powerful mathematical means.*

Os mitos constituem uma categoria de representações especialmente injustiçadas, principalmente devido à interpretação do mito como oposição à explicação científica. Durante muitos séculos, a explicação mítica como forma de compreensão da realidade predominou, até que a ciência como nós a conhecemos ganhou força e credibilidade. Essa é, no entanto, uma discussão que foge ao escopo desta pesquisa. Aqui, consideraremos o mito como uma narrativa, uma figura de retórica que procura estabelecer uma realidade e se distingue por seu caráter explicativo e que pode ser usada dentro do contexto da ciência para expressar um panorama a ser explorado.

O diálogo entre Sócrates e Glauco, contido na obra *A república*, é talvez uma das mais conhecidas representações imaginárias em Filosofia, o Mito da Caverna de Platão.

Sócrates - Figura-te agora o estado da natureza humana, em relação à ciência e à ignorância, sob a forma alegórica que passo a fazer. Imagina os homens encerrados em morada subterrânea e cavernosa que dá entrada livre à luz em toda extensão. Aí, desde a infância, têm os homens o pescoço e as pernas presos de modo que permanecem imóveis e só vêem os objetos que lhes estão diante. Presos pelas cadeias, não podem voltar o rosto. Atrás deles, a certa distância e altura, um fogo cuja luz os alumia; entre o fogo e os cativos imagina um caminho escarpado, ao longo do qual um pequeno muro parecido com os tabiques que os pelotiqueiros põem entre si e os espectadores para ocultar-lhes as molas dos bonecos maravilhosos que lhes exibem.

Glauco - Imagino tudo isso.

Sócrates - Supõe ainda homens que passam ao longo deste muro, com figuras e objetos que se elevam acima dele, figuras de homens e animais de toda a espécie, talhados em pedra ou madeira. Entre os que carregam tais objetos, uns se entretêm em conversa, outros guardam em silêncio.

Glauco - Similar quadro e não menos singulares cativos!

Sócrates - Pois são nossa imagem perfeita. Mas, dize-me: assim colocados, poderão ver de si mesmos e de seus companheiros algo mais que as sombras projetadas, à claridade do fogo, na parede que lhes fica frente?

Glauco - Não, uma vez que são forçados a ter imóveis a cabeça durante toda a vida.

Sócrates - E dos objetos que lhes ficam por detrás, poderão ver outra coisa que não as sombras?

Glauco - Não.

Sócrates - Ora, supondo-se que pudessem conversar, não te parece que, ao falar das sombras que vêem, lhes dariam os nomes que elas representam?

Glauco - Sem dúvida.

Sócrates - E, se, no fundo da caverna, um eco lhes repetisse as palavras dos que passam, não julgariam certo que os sons fossem articulados pelas sombras dos objetos?

Glauco - Claro que sim.

Sócrates - Em suma, não creriam que houvesse nada de real e verdadeiro fora das figuras que desfilaram.

Glauco - Necessariamente.

(Livro VII)

Nele, o filósofo tenta mostrar como a realidade é algo relativo. Os habitantes da caverna viam as silhuetas e ouviam o eco das vozes dos transeuntes. Por nunca terem visto outra coisa, eles acreditariam que aquelas sombras, que eram cópias imperfeitas de objetos reais, eram a única e verdadeira realidade e que o eco das vozes seria o som real das vozes emitidas pelas sombras.

Se um deles conseguisse se soltar das correntes que o prendem, com muita dificuldade, ele se voltaria para a luz e começaria a subir até a entrada da caverna. Com muita dificuldade e sentindo-se perdido, ele começaria a se habituar à nova visão com a qual se depara. Habitando os olhos e os ouvidos, ele veria as estatuetas moverem-se por sobre o muro e, após formular inúmeras hipóteses, por fim compreenderia que elas possuem mais detalhes e são muito mais belas do que as sombras que antes via na caverna, e que agora lhes parecem algo irreal ou limitado.

Dessa maneira, Platão tenta exemplificar sua concepção de que somos como os cativos da caverna, com nossas superstições e preconceitos, e o que vemos são apenas as sombras ou cópias imperfeitas das verdadeiras coisas que habitam o mundo das ideias. O filósofo alude à necessidade do conhecimento como uma forma de libertação.

3.2.3 PARADOXOS

Um paradoxo, como sugere a etimologia da palavra, é algo que se coloca como

contrário à *doxa*. É um raciocínio lógico que cria um efeito de contradição com o senso comum e com a intuição, provocando uma reação imediata de surpresa e perplexidade. Um paradoxo surge quando derivamos duas proposições contraditórias ou excludentes, a partir de argumentos aparentemente corretos. Podemos definir quatro tipos de paradoxos:

Paradoxos Verídicos - São os paradoxos que dão resultados contra-intuitivos baseados em um raciocínio lógico correto.

Paradoxos Falsídicos - São os paradoxos que dão resultados incorretos baseados em um raciocínio sutilmente falso.

Antinomias - É a afirmação simultânea de duas proposições contraditórias, mostram falhas no raciocínio aceito, axiomas ou definições.

Paradoxos Condicionais - São paradoxos somente se certas premissas especiais são assumidas. Alguns deles mostram que as premissas são falsas ou incompletas.

Paradoxos representam elementos instigadores para o pensamento, alguns dos mais famosos e profícuos paradoxos da história da ciência foram propostos pelo filósofo grego Zenão. Ele pertenceu à escola eleática, fundada por Parmênides. Seus paradoxos procuraram demonstrar a inconsistência da ideia de multiplicidade das coisas no tempo e no espaço, em defesa da tese de Parmênides, segundo a qual o ser é uno e indivisível. No pensamento dos eleatas, o movimento, tal como as mudanças e as transformações físicas, nada mais seriam do que ilusões provocadas pelos nossos sentidos. O conhecimento sensível é mutável e contraditório.

Dos vários paradoxos que possivelmente foram escritos pelo filósofo, apenas oito chegaram aos nossos dias através da obra de outros autores, quatro desses interessantes paradoxos aludem à questão do movimento:

O paradoxo da dicotomia – É impossível percorrer a distância equivalente a um

estádio, antes de se atingir a meta? Considerando que se deve primeiro alcançar o ponto intermediário da distância a ser percorrida, e antes de atingir esse ponto, deve atingir-se o ponto que está a meio caminho desse e, assim, infinitamente.

Aquiles e a tartaruga – Em uma corrida em que o mais lento começa com vantagem, ele nunca será ultrapassado pelo mais veloz, pois aquele que persegue tem primeiro de chegar ao ponto de onde o mais lento começou, e de onde esta já terá partido. Na transmissão tradicional desse paradoxo, competem o herói grego Aquiles e uma lenta tartaruga. Apesar da grande diferença entre a velocidade dos componentes, Aquiles nunca alcançará a tartaruga e ela vencerá a disputa.

A seta voadora – Um objeto está em repouso quando ocupa um lugar igual às suas próprias dimensões. Uma seta lançada no ar, em qualquer momento dado, ocupa um espaço igual às suas próprias dimensões. Consequentemente, uma seta em vôo está em repouso.

Paradoxo do Estádio – Metade do tempo é igual ao seu dobro. Duas fileiras com o mesmo número de soldados marcham na mesma velocidade, em direções opostas. Se colocarmos uma terceira fileira igual às duas anteriores, porém estacionária. Se considerarmos que todas as fileiras representam a mesma dimensão de espaço, a primeira fileira levaria o mesmo intervalo de tempo para ultrapassar a fileira que marcha em sua direção e a que está em repouso.

A questão central envolvida é a impossibilidade de considerar segmentos de espaço e de tempo como sendo formados por uma infinidade de elementos individuais e descontínuos. É evidente que Aquiles poderia alcançar a tartaruga ou que uma seta se move durante o voo. Seu autor, no entanto, pretendia demonstrar as consequências paradoxais envolvidas na hipótese de seus adversários intelectuais e tentou fazer com que

caíssem em contradição. Os paradoxos de Zenão contribuíram para o desenvolvimento do rigor lógico e matemático. Embora os paradoxos discutidos sejam atualmente classificados como falsídicos ele foram 'insolúveis' até o desenvolvimento dos conceitos de continuidade e infinito.

Analisemos, agora, o paradoxo do mentiroso: Epiménides é cretense e afirma que todos os cretenses mentem. Se Epiménides for cretense e se todos os cretenses mentem, então, quando ele afirma que todos os cretenses mentem, afirma uma proposição verdadeira. Portanto não mente quando afirma que todos os cretenses, incluindo ele próprio, mentem. Consequentemente, Epiménides mente se e só se não mente, isto é, se diz a verdade. Ao mesmo tempo em que não mente, isto é, diz a verdade, se e só se mente. Esse seria um exemplo de uma antinomia, não é logicamente possível que ambas as afirmações sejam verdadeiras ao mesmo tempo, porém nada impede que o sejam separadamente.

Muitas das representações que são comumente conhecidas como paradoxos não o são. O conhecido 'paradoxo dos gêmeos', ou 'paradoxo de Langevin', muitas vezes é usado como exemplo de EM. Dentro da categorização proposta neste estudo, ele é um *paradoxo falsídico*.

Imagine dois irmãos gêmeos idênticos, um dos quais é um astronauta que fará uma viagem espacial. Ligado a ele estará o referencial $S'(x', y', z' \text{ e } t')$. Enquanto isso, o outro irmão permanecerá na Terra, no referencial $S(x, y, z \text{ e } t)$. A nave é capaz de alcançar grandes velocidades (v), comparáveis à velocidade na luz no vácuo. De acordo com a Relatividade Restrita, quando um referencial desloca-se com velocidades dessa magnitude, experimentará o que a teoria chama de dilatação temporal, definida pela Transformação de Lorentz:

$$\Delta t = \frac{t' - t'_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Como a velocidade alcançada v será limitada por c , no referencial em movimento, o tempo corre mais lentamente do que para o referencial em repouso. Do ponto de vista do astronauta, ele perceberá a Terra se afastando com velocidade de igual módulo e sentido contrário. Então, quando o irmão astronauta retornar à Terra, qual dos irmãos estaria mais jovem?

A falha nesse caso reside no fato de que o referencial em movimento, quer seja considerado na nave ou na Terra, é um referencial acelerado, ou não inercial. Apenas um dos irmãos permanece o tempo todo em um referencial inercial.

IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 QUAL O PAPEL DA IMAGINAÇÃO EM DIFERENTES CORRENTES EPISTEMOLÓGICAS?

Para responder a essa pergunta, a estratégia adotada foi catalogar e analisar como os autores escolhidos definiam ou se referiam à imaginação em suas obras e tentar generalizar suas opiniões, buscando um possível padrão ou correlação. No entanto, dentro do nosso recorte, percebemos que não há uma conexão direta entre a fonte de origem do conhecimento, cujas correntes representantes extremas são o Racionalismo e Empirismo, e a função benéfica ou prejudicial da imaginação.

Vimos, por exemplo, que racionalistas como Descartes e Spinoza ou empiristas

como Bacon e Hume podem ter opiniões bastante distintas. É claro que cabe lembrar que cada uma dessas vertentes é uma tentativa de classificação que reduz algo complexo como a obra desses pensadores considerando apenas alguns de seus aspectos principais.

Possivelmente essa aparente indistinção seja em consequência do caráter polissêmico da imaginação. Alguns dos autores escolhidos alertam para esse aspecto. Hume, por exemplo, afirma que um conceito que não possui uma definição filosófica clara não poderia ser usado como juízo final, e que nada é mais perigoso à razão e tem ocasionado mais erros, entre os filósofos, do que a imaginação. De fato, é possível distinguir nesse conceito duas faces distintas, opinião reiterada por vários autores. Uma delas é a imaginação reprodutora, associada aos sentidos, classicamente definida como capacidade de representação de imagens mentais, na ausência do objeto real. A outra é a imaginação produtora, capacidade do intelecto de organizar as imagens, recombiná-las, criar esquemas e estabelecer a conexão entre os sentidos e a razão.

Quando consideramos a essência do conhecimento como a busca da verdade, percebemos que, quando a verdade é uma escolha óbvia, a imaginação não oferece perigo. Como em Descartes, para o qual o entendimento não pode ser enganado e tem seus próprios meios de se impor. Mas, quando a verdade é frágil, qualquer fonte de distração como os sentidos ou a imaginação pode nos impedir de encontrá-la. Esse entendimento pode levar a posições radicais como as de Spinoza e de Pascal, que a chama de senhora de erro e falsidade. Mesmo dentro da supervalorização das experiências, que é característica do pensamento empirista, Bacon acreditava na necessidade de disciplinar os sentidos e censurar a imaginação. Em suas perspectivas, a imaginação é altamente prejudicial, os que a criticam frequentemente o fazem apontando sua capacidade de criar imagens falsas.

Embora tenhamos concluindo que nem no Racionalismo nem no Empirismo a imaginação tenha um lugar inequivocamente definido, podemos observar uma tendência criada em função da ligação entre a imaginação e os sentidos. Nesse aspecto, a imaginação divide o seu destino com as percepções sensíveis. Assim, ela adquire, na obra de Aristóteles, por exemplo, uma participação ativa. Platão, apesar de defini-la como faculdade inferior, considera que a imaginação participa do conhecimento sensível e é responsável, junto com a crença, pela formação da opinião.

Na interpretação de Hume, a imaginação tem um papel fundamental na transição causal. É a causalidade que nos assegura a possibilidade de predição na qual se funda a indução. Mas, segundo esse autor, a expectativa da repetição de eventos, numa associação causa-efeito, é uma ilusão. Porém é Kant quem marca a mudança definitiva do lugar da imaginação. Ter reescrito parte da obra em que se referia a ela talvez mostre que o próprio Kant possa ter se espantado com a dimensão da inovação proposta, e retrocedido. Ou talvez tenha compreendido que há uma parte da imaginação que pertence à Psicologia, e não à Filosofia Analítica.

O fato é que a imaginação não voltaria a ser sistematicamente questionada, e nos autores modernos observamos essa tendência. Entre os representantes da epistemologia moderna analisados, todos concordam, de modo geral, que a imaginação é necessária na criação das teorias científicas, em algum momento específico: seja na elaboração das hipóteses, para Popper e Lakatos; no contexto da descoberta de Reichenbach. Na anarquia epistemológica feyerabendiana, em que tudo vale, o talento criador e o poder da imaginação de um determinado cientista fazem a diferença na aquisição de adeptos e corroboradores de suas teorias. Mesmo na obra de Bachelard, a imaginação, que a princípio é criticada, adquire a função de ultrapassar a

realidade, como faculdade de sobre-humanidade que nos permite o acesso às dimensões oníricas.

4.2 É POSSÍVEL DEFINIR A IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA?

O ponto principal nessa questão é que adotar o conceito de imaginação científica não significa distinguir um tipo específico de imaginação que atue na ciência. Ao contrário disso, significa admitir a ciência como um dos modos interpretativos possíveis, onde a imaginação humana atua ativamente. Uma teoria científica, um livro ou um quadro são criações da imaginação, nossas tentativas de compreender e interagir com a realidade externa a nós mesmos. O cientista e o artista são impulsionados pelas mesmas inspirações e motivações.

Na interpretação de Wagensberg (1999a), o conhecimento artístico, o científico e o revelado se combinam formando os conhecimentos possíveis, cada um deles possui características próprias, mas não há uma hierarquia. Essa concepção destitui a ciência de sua posição privilegiada e a humaniza. A ciência nada mais é do que a criação de uma ficção da realidade e como tal é construída na imaginação do homem. Tudo o que é real é imaginável, mas nem tudo que é imaginável é possível e menos ainda é realizável.

Wagensberg (1999a) propõe uma imaginação impura, vinda de diferentes fontes de dentro e fora da ciência, tudo vale com as ideias. Os métodos se aplicam a elas, mas obtê-las é papel da imaginação científica, que o faz através das analogias, do plágio, da inspiração, do sequestro, da contradição, do sonho, do absurdo, entre outras estratégias.

A visão de Holton (1973; 1979) é menos poética, mas não menos interessante. O tema holtoniano canaliza a imaginação do cientista, é o 'óculos' através do qual ele observa a

natureza. A imaginação temática tem um caráter individual, apesar dos aspectos históricos e da influência do conhecimento compartilhado, cada cientista é um personagem único, moldado por suas experiências pessoais e comprometimentos temáticos. Essa perspectiva nos ajuda a compreender por que sínteses como as elaboradas por Einstein, Galileu e Kepler não poderiam ter sido construídas por outros, mesmo que tivessem capacidade técnica lhes faltariam os fatores pessoais que fizeram com que tais cientistas fossem capazes de enxergar além.

Ambas as perspectivas podem nos auxiliar na compreensão dos elementos que influenciam a criação da ideia, para que possamos pensar tentativas de incentivo; como a utilização de novas ferramentas, o incremento do debate e combater os fatores prejudiciais como a educação repressora e a disciplina excessiva.

4.3 A IMAGINAÇÃO É PARTE DO MÉTODO DA CIÊNCIA?

A ciência é feita das escolhas de seus protagonistas e, como tal, repleta de subjetividade. Uma teoria científica é uma suposição explicativa e negar a influência da imaginação como agente ativo na construção do conhecimento seria, no mínimo, ingenuidade. Embora a ciência possua regras bem definidas, seu método se limita à obtenção e ao tratamento de dados. O surgimento da ideia ou da hipótese inicial é fruto do salto intuitivo da livre imaginação humana.

O que distingue a ciência de outras formas de interação com a realidade é o uso do método na obtenção do conhecimento científico. No entanto, podemos perceber, analisando brevemente algumas das etapas presentes em diferentes abordagens metodológicas, que o método da ciência está muito mais sujeito à subjetividade do que a maioria dos cientistas é

capaz de admitir:

- No argumento dedutivo, a conclusão não acrescenta nada de novo ao que já estava presente nas premissas e só se é capaz de garantir uma conclusão verdadeira se as premissas são garantidamente verdadeiras, mas a escolha das premissas também é uma questão subjetiva;
- A indução é, de acordo com a crítica de Hume, fortemente direcionada pela causalidade, que por sua vez está relacionada à imaginação, que é responsável pela formação da crença e pela inferência causal;
- A observação isenta é uma condição inatingível. Ela é sempre seletiva, para que haja observação, é necessário que haja um objeto escolhido a ser observado. Os cientistas obviamente escolherão aspectos da situação que interessam e convêm ao seu estudo. Além disso, existem expectativas e noções prévias do que se vai observar que vão interferir na própria observação. Observações também não são imparciais, já que podem levar a uma infinidade de interpretações;
- A execução de experimentos envolve a elaboração do aparato experimental, que frequentemente está direcionado ao aspecto que se deseja repetir no experimento. Todo experimento é feito para responder a uma questão específica, previamente elaborada. Há ainda a possibilidade da experimentação mental, que é puramente baseada na interpretação de seu criador.

A imaginação como capacidade que permeia todos os processos cognitivos é um elemento indissociável no ato da construção do conhecimento, seja ele científico ou artístico, embora seu papel tenha sido muitas vezes negligenciado, principalmente no

treinamento de novos cientistas.

Entre as muitas questões que este estudo suscitou, uma das mais importantes é o entendimento da imaginação como um agente de 'alargamento' dos limites do conhecimento de um determinado fenômeno. Como tal, ela pode proporcionar a inclusão de novos elementos, aparentemente dispersos, capazes de criar novas relações conceituais e unir partes que ainda não haviam sido relacionadas, ampliando a conectividade total do sistema.

Dentro de um tema tão vasto quando o que discutimos aqui, sempre haverá espaço para novas abordagens. Assim, podemos indicar alguns pontos para possíveis desdobramentos desta pesquisa:

- Analisar como a imaginação se relaciona com as diferentes interpretações do conhecimento, quanto à sua essência; dentro do Realismo, do Idealismo e do Materialismo;
- Aprofundar a questão do incentivo à imaginação científica, como estratégia didática;
- Analisar o surgimento das ideias em outros episódios de caráter científico, no caso de cientistas ainda pouco explorados, e, principalmente, em eventos relacionados à História da Ciência no Brasil.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVES, R.. *Filosofia da ciência: introdução ao jogo e a suas regras*. 4ª ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.
2. ANDRADE, B. L. *et al.* As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio – pesquisas em educação em ciências*. v. 2, n. 2, 2002.
3. ARISTÓTELES. *Acerca del alma*. Madrid: Biblioteca Básica dos Gredos, v. 34, 2000.
4. _____. *De la memoria e el recordo*. Madrid: Biblioteca Básica dos Gredos, 1968.
5. ATKINSON, D. Experiments and thought experiments in natural science. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, v. 237, pp. 209-225, 2004.
6. BACHELARD, G. *A psicanálise do fogo*. Tradução de Paulo Neves, 1ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
7. _____. *A água e os sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria*. Tradução: Antonio de Pádua Danesi. 1ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
8. _____. *A formação do espírito científico*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
9. _____. *O ar e os sonhos: ensaio sobre a imaginação do movimento*. Tradução de Antonio de Pádua Danesi. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
10. BACON, F. *Novum organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza*. Tradução e notas de José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Nova Cultural, 1997.
11. BASSALO, J. M. F. As contribuições de Leite Lopes à física teórica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 23, n. 2, pp. 256-266, 2006.

12. BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física. *Scientle Studia*, v. 4, n. 2, pp. 177-220, 2006.
13. BISHOP, M. Why thought experiments are not arguments. *Philosophy of Science*, 66, pp. 534-541, 1999.
14. BOORSBOOM, G. *et al.* Functional thought experiments, *Synthese*, 130, pp. 379-387, 2002.
15. BORGES, M. *Kant, epistemologia enquanto filosofia do conhecimento*. Disponível em: [http://www.ufr.br/component/option,com_docman/Itemid,267/task,doc_view/gid,1170/] Capturado em 25/03/2008.
16. BRONOWSKI, J. *As origens do conhecimento e da imaginação*. 2ª ed. Brasília: Editora da UNB, 1997.
17. _____. *O senso comum da ciência*. São Paulo: USP, 1977.
18. BROWN, J. *The laboratory of the mind: thought experiments in the natural sciences*. London: Routledge. 1991.
19. _____. "Thought experiments: a platonic account". In: HOROWITZ, T. & MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 121-128.
20. CARUSO F. *José Leite Lopes: idéias e paixões*. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CBPF, 1999.
21. CARUSO F. *Vida e obra*. Disponível em: [<http://www.cbpf.br/LeiteLopes/#Vida>] capturado em 15/11/2008.
22. CARVALHO, V. M. E COSTA *Cientistas do Brasil: depoimentos*. São Paulo: SBPC, 1998.

23. CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
24. COIMBRA, R. L. *Metáfora poética e analogia científica: um ponto de encontro*. 1999. [http://infórum.insite.com.br/arquivos/431/Metafora_poetica_e_analogia_cientifica.doc] Capturado em 25/10/2008.
25. COOPER, R., Thought experiments. *Metaphilosophy*, v. 36, n.3, pp.328-347, 2005.
26. DANTON, G. “Ciência e imaginação”. In: _____. *A divulgação científica nos quadrinhos: análise do caso Watchmen*. Dissertação apresentada à Universidade Metodista de São Paulo, 1997.
27. DESCARTES, R. *Meditaciones*. Biblioteca Virtual Universal. Disponível em: [<http://www.biblioteca.org.ar/>] Capturado em 04/08/2007.
28. _____. *Discurso do método*. Tradução de Pietro Nasseti. 1ª ed. São Paulo: Martin Claret, 2007.
29. _____. *Regras para a direção do espírito*. Tradução de Pietro Nasseti. 1ª ed. São Paulo: Martin Claret, 2007.
30. _____. *Regulae ad directionem ingenii*. Disponível em: [http://la.wikisource.org/wiki/Regulae_ad_directionem_ingenii] Capturado em 20/03/2007.
31. DIOGENES LAËRTIUS. *The lives and opinions of eminent philosophers*. London: J. Handdon and son, 1853.
32. DUARTE, M. C. Analogias em ensino de ciências: contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciência*. V. 10, n. 01, pp. 07-29, 2005.
33. EINSTEIN, A. *Sobre la teoria de la relatividad general e espacial*. Madrid: Alianza, 1995.

34. _____. Sobre o princípio da relatividade e suas implicações. Tradução Peter A. Schulz. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n. 01, pp. 37-61, 2005.
35. _____; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, v. 47, pp. 777-780. 1935.
36. FARIA, E. *Dicionário escolar latino-português*. Rio de Janeiro: MEC, 1967.
37. FERREIRA, A. B. H. *Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
38. FEYERABEND, P. *Contra o método*. Tradução de Octanny S. da Mota e Leônidas Hegenberg. 2ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
39. FLORES, H. L. La imaginación como condición de posibilidad de las ciencias. *Revista de Filosofía*, jan. 2002.
40. FRIAS, L. T. G. *A produtividade da capacidade de imaginação em Kant: as relações entre a “Crítica da Faculdade de Juízo Estética” e a “Analítica Transcendental”*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
41. GALILEI, G. *Dialogues concerning two new sciences*. 1638. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/0416_Bk.pdf] Acesso em 05/01/2007.
42. _____. *The essay and dialogue on motion*. Disponível em: <http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/scientific_revolution/galileo> Acesso em 22 de jun. 2007.
43. _____. *The systems of the world*. 1661. Disponível em: < http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/scientific_revolution/galileo> Acesso em 22 de jun. 2007.

44. GENDLER, T. S. Thought experiments. *Thinking skills*. pp. 388-394.
45. _____. Galileo and the indispensability of scientific thought experiment. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 49/3 (Sept): 397-424, 1998.
46. _____. *Imaginary exceptions: on the powers and limits of thought experiment*. Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1996.
47. _____. Thought experiments. *The Encyclopedia of Cognitive Science*. pp. 388-394, 2004.
48. GENTNER, D. Are scientific analogies metaphors? In: MIALL, D. S. *Metaphors: problems and perspectives*. Harvest Press, 1982.
49. GOODING, David C., 1994, Imaginary Science. *British Journal for the Philosophy of Science*, 45/4 (Dezembro): 1029-1045.
50. GOULART, J. A. B. *Analogias e metáforas no ensino de física: um exemplo em torno da temática de campos*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, 2008.
51. HEBECHE, L. *A imaginação em Descartes e Kant*. Disponível em: [http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/hebeche.pdf] Capturado em 30/06/2007.
52. HERRERA, C. D. S. *Kant e Hume: dos gnoseologías de la imaginación y algunos problemas que suscita la comparación entre ellas*. Disponível em: [http://www.filosofia.uchile.cl/publicaciones/publifilo/8.doc] Capturado em 10/10/2008.
53. HOLTON, G. On the role of themata in scientific thought. *Science*, v. 188, pp. 328-334, 1975
54. _____. *Thematic origins os scientific thought: Kepler to Einstein*. 1ª ed.

Cambridge: Harvard University Press, 1973.

55. _____. *A imaginação científica*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
56. HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991.
57. HUMPHREYS, P. “Seven theses on thought experiments”. In: EARMAN, J. et al. (eds.), *Philosophical problems of the internal and external worlds. Essays on the philosophy of Adolf Grünbaum*. Pittsburgh and Konstanz: University of Pittsburgh Press and Universitätsverlag Konstanz, 1993. pp. 205-227.
58. IRESON, G. Einstein and the nature of thought experiments. *School Science Review*, jun. 2005, 83(317).
59. IRVINE, A.D. “On the nature of thought experiments in scientific reasoning”. In: HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 149-166.
60. JANIS, A. I. “Can thought experiments fail?” In: HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 113-118.
61. JOFFILY, Sergio. *José Leite Lopes – 50 anos de física no Brasil*. Rio de Janeiro: CBPF, 1998. 10p. (CBPF-CS-026/98).
62. KANT, E. *Crítica da razão pura*. Tradução de Alex Marins. São Paulo: Martin Claret, 2003.
63. _____. *Crítica da faculdade do juízo*. Tradução de Valério Rohden e Antonio Marques. 2ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.
64. KOYRÉ A. *Estudos de história do pensamento científico*. Rio de Janeiro: Ed.

Forense Universitária, 1982.

65. KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2000.
66. _____. “A function for thought experiments”. In: _____. *The essential tension*. Chicago: University of Chicago Press, 1977. pp. 19-39.
67. LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madri: Alianza Editorial, 1983.
68. LAYMON, R. “Thought experiments by Stevin, Mach and Gouy: thought experiments as ideal limits and as semantic domains”. In: HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 167-191.
69. LEIBNIZ, G. W. *Novos ensaios sobre o entendimento humano*. Tradução de Luiz João Baraúna. São Paulo: Nova Cultural, 1992.
70. LEITE-LOPES, J. *A estrutura quântica da matéria*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1992.
71. _____. A model of the universal Fermi Interaction. *Nuclear Physics*. v. 8, pp. 234-236, 1958.
72. _____. *Ciência e liberdade – escritos sobre ciência e educação no Brasil*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998.
73. _____. L'Unification des Forces en Physique: Les Premières Tentatives. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 72, n. 3, 2000.
74. _____. *Pequena autobiografia*. Disponível em:
[<http://www.cbpf.br/LeiteLopes/#Autobiografia>] Capturado em 15/11/2008.

75. LOCKE, J. “Ensaio acerca do entendimento humano.” *In: Lock*. Coleção Os Pensadores. Tradução de Anoar Aiex e E. Jacy Monteiro. São Paulo: Abril, 1983.
76. MACH, E. “L'expérimentation mentale”. *In: _____*. *La connaissance et l'erreur*. Paris: Flammarion, 1913. pp. 197-221.
77. _____. *The science of mechanics: a critical and historical account of its development*. Chicago: Open Court, 1893.
78. MARICORDA, P. R.; MARICORDA, L. “Introdução”. *In: GALILEI G. Duas novas ciências*. São Paulo: Ed. Nova Stella, s/d.
79. MASSARANI L.; MOREIRA I. C. A retórica e a ciência: dos artigos originais à divulgação científica. *Ciência & Ambiente*, n. 04, maio, 2005.
80. MAXWELL J. C. *Theory of hert*. New York: Dover, 2001. pp. 364.
81. MCALLISTER, J. The evidential significance of thought experiment in science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 27, pp. 233-250, 1996.
82. MERTON, R. K. Thematic analysis in science: notes on Holton's concept. *Science*, v. 188, pp.335-338, 1975
83. MISCEVIC, N. Mental model and thought experiments. *International Studies in the Philosophy of Science*, v. 6, n. 5, pp. 215-226. 1992.
84. _____. Modelling intentions and thought experiments. *Croatian Journal of Philosophy*. Disponível em: [http://ns.ceu.hu/phil/Miscevic/2JRB_TEs.doc] Acesso em 30 de jan. 2009.
85. MOSCHETTI, M. Qual Galileu? Sobre diversas leituras possíveis do texto galileano. *Revista Ciência & Educação*, 5(1), 73-81, 1998.

86. MOUE, A. S.; MASAYETAS, K. A.; KARAYIANNI H. Tracing the Development of Thought Experiments in the Philosophy of Natural Sciences. *Journal for General Philosophy of Science*. Volume 37, Number 1 / March, 2006.
87. NERSESSIAN, N. "Model-based reasoning in conceptual change". In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N.; THAGARD, P. (eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery*. Plenum. 1998.
88. _____. "Maxwell and 'the Method of Physical Analogy': Model-based reasoning, generic abstraction, and conceptual change". In: MALAMENT, D. *Reading natural philosophy: essays in the history and philosophy of science and mathematics*. Chicago: Pens Court, 2002. pp.129-166.
89. _____. "How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science". In: GIERE, R. N. *Cognitive models of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992. pp. 3-45.
90. NORTON, J. D. "Why thought experiments do not transcend empiricism". In: HITCHCOCK, C. (ed.) *Contemporary debates in the philosophy of science*. Oxford: Blackwell, 2004. pp. 44-66.
91. _____. On thought experiments: is there more to the argument? *Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Philosophy of Science*, 71: 1139-1151, 2004.
92. _____. Are thought experiments just what you thought? *Canadian Journal of Philosophy*, 26: 333-366, 1996.
93. _____. "Thought experiments in Einstein's work". In: HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 129-148.
94. OMNÉS, R. *Quantum philosophy: understanding and interpreting contemporary*

science. New Jersey: Princenton University, 1999.

95. PADUA, I. C. A.; NAGEM, R. L. *Analogias e metáforas e a mediação didática: uma relação possível*. [http://www.gematec.cefetmg.br/Artigos/Isabel%20-%20Analogia%20e%20metafora%20medicao.PDF] Capturado em 25/10/2008.
96. PASCAL, B. *Pensamentos*. São Paulo: Nova Cultural, 1999.
97. PATY, M. A ciência e as idas e voltas do senso comum. *Scientiae Studia*, v. 01, n. 01, p. 09-26, 2003.
98. PLATÃO. *A república*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Martin Claret, 2002.
99. _____. *Fedão*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Martin Claret, 2002.
100. PEREIRA, I. *Dicionário greco-português e português-greco*. Braga: Livraria Apostolato da Imprensa, 1998.
101. REICHENBACH, H. *Experience and prediction; an analysis of the foundations and the structure of knowledge*. Chicago: The University of Chicago, 1938.
102. RESCHER, N. "Thought experimentation in presocratic philosophy". In: HOROWITZ, T.; MASSEY, G. J. *Thought experiments in science and philosophy*. Savage, MD: Rowman and Littlefield, 1991. pp. 31- 41.
103. ROSA, L. P. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões: a ruptura do determinismo, incerteza e pós-modernismo*. v. 2, São Paulo: Paz e Terra, 2006.
104. _____. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões: o determinismo newtoniano na visão de mundo moderna*. v. 1, São Paulo: Paz e Terra, 2005.

105. RUSSELL, B. *A critical exposition of the philosophy of Leibniz*. London: Routledge, 1992.
106. SCHRÖEDINGER, E. The present situation in quantum mechanics. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 124, p. 323-338.
107. SELLARS, W. *The role of the imagination in Kant's theory of experience*. Disponível em: [<http://www.ditext.com/sellars/ikte.html>] Capturado em: 10/2007.
108. SILVA, C. C. *James Clerk Maxwell*. Disponível em: [<http://www.ifi.unicamp.br/~ghc/Biografias/Maxwell/Maxwell.html>] Capturado em 25/10/2008.
109. SILVEIRA, F. L.; PEDRUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, abr. 2006.
110. SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Inre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3: 219-230, dez. 1996.
111. SIMÕES, R. L. M. *A imaginação material segundo Gaston Bachelard*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UFRJ, 1999.
112. SOARES, D. S. L. O balde de Newton e o espaço absoluto. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 21, n. 04, pp. 558-560, 1999.
113. SORENSEN, R. A. *Thought experiments*. Oxford University Press: Chicago. 1998.
114. SPINOZA, B. “Tratado da correção do intelecto”. In: _____. *Spinoza*. Traduções de Marilena de Souza Chauí. 3 ed., São Paulo: Abril Cultural, 1983.
115. STÖLTZNER, M. *The dynamics of thought experiments: comment to Atkinson*.

2002.

116. SZABÓ Gendler, T. Galileo and the indispensability of scientific thought experiment. *The British Journal for the Philosophy of Science*. 49: 397-424, 1998.
117. THOMSON, W. Kinetic Theory of the Dissipation of Energy. *Nature*, Abril 9, pp. 441-444, 1874.
118. VIEIRA, R. *Bacon e o império da epistemologia indutivista*. An. Filos, São João del-Rei, n 10, p. 13-31, jul. 2003.
119. VIEYRA, J. El concepto de imaginación em Bachelard. *Devenires*, I, 1, p.129-151, 2000.
120. WAGENSBERG, J. *Ideas para la imaginación impura: 53 reflexiones en su propia sustancia*. 1ª ed. Barcelona: Tusquets Editores, 1999.
121. _____. *Sobre la imaginacion científica*. 1ª ed. Barcelona: Tusquets Editores, 1999.
122. WEINBERG, S. Conceptual foundations of the unified theory of weak and electromagnetic interactions. *Nobel Lecture*, Dez, v. 8, 1979.