

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE

ANGELO E. S. HARTMANN

O “mundo 3” assombrado pelos demônios:

Popper e o positivismo de Copenhagen



Toledo

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE

Centro de Ciências Humanas e Sociais

Curso de Filosofia

ANGELO EDUARDO DA SILVA HARTMANN

O “MUNDO 3” ASSOMBRADO PELOS DEMÔNIOS:

Popper e o positivismo de Copenhagen

Toledo – PR

2013

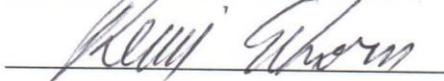
ANGELO EDUARDO DA SILVA HARTMANN

O “MUNDO 3” ASSOMBRADO PELOS DEMÔNIOS: Popper e o positivismo de
Copenhagen

Trabalho de Conclusão de Curso em
Filosofia da Universidade Estadual do
Oeste do Paraná, como requisito parcial
de obtenção do grau de Licenciado em
Filosofia.

Orientador: Prof. Dr. Remi Schorn.

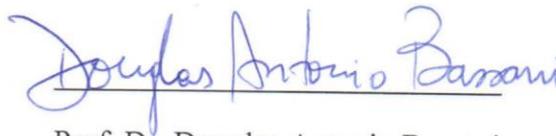
COMISSÃO EXAMINADORA



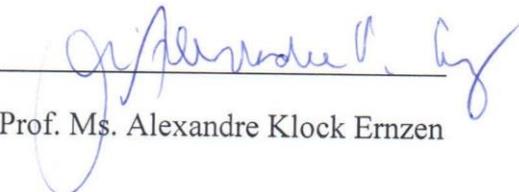
Prof. Dr. Remi Schorn



Prof. Dr. Marcelo do Amaral Penna-Forte



Prof. Dr. Douglas Antonio Bassani



Prof. Ms. Alexandre Klock Erzen

Toledo – PR

2013

Aos meus pais, Ivete e Miguel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Remi, pela preocupação sincera com minha formação durante toda a graduação;

Aos professores Wilson, Claudinei, César e Gambim e a todos os colegas petianos (em especial, aos Grupos PET-Física da UNICENTRO e PET-Geografia da UDESC) pelo rico processo de aprendizagem durante esses três anos de participação no Programa de Educação Tutorial (PET), Programa no qual concentrei os meus esforços e depus as minhas energias;

Ao Frei Laudino Pelicer por exigir o meu máximo em tudo e ao Frei Carlos Zagonel, por tentar atenuar a minha auto exigência;

Ao Rosalvo e sua família, Cris e Beatriz, pela atenção fraterna e pelos “primeiros socorros” frequentes;

À minha prima Sandra Dörner, por me dar a oportunidade de trilhar a minha própria trajetória, e à madrinha Rosângela, por confiar nos meus objetivos;

E, de modo especial, aos meus amigos: Bracinho, Maurício, Angélica Lúcia, Jéssica Fernanda, Mag, Anna Lorenzoni, Nega, Teffy, Éder, Priscila e Fernando, por tornarem a vida entusiasmante.

Como Carl Sagan disse, *diante da vastidão do tempo e da imensidão do espaço, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com vocês.* Muito obrigado!

Qualquer consideração séria de uma teoria física deve levar em conta a distinção entre a realidade objetiva, que é independente de qualquer teoria, e os conceitos físicos com os quais as teorias operam. Estes conceitos têm a pretensão de corresponder com a realidade objetiva e por meio destes conceitos, nós retratamos essa realidade para nós mesmos.

A. EINSTEIN, B. PODOLSKI E N. ROSEN, 1935.

HARTMANN, Angelo Eduardo da Silva. *O “Mundo 3” assombrado pelos demônios: Popper e o positivismo de Copenhagen*. 2013. 77pág. TCC (Graduação em Filosofia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013.

RESUMO

A interpretação de Niels Bohr (1885-1962) e Werner Heisenberg (1901-1976) da teoria dos quanta na primeira metade do Século XX, posteriormente conhecida como a “interpretação de Copenhagen”, situou-se como o epicentro das dissidências filosóficas da física subsequente em pelo menos três grandes grupos: a escola ortodoxa de Copenhagen, por eles formada; a posição realista de Albert Einstein (1879-1955) e Erwin Schrödinger (1887-1961); e a indiferença da grande maioria dos jovens físicos para com os debates filosóficos da física em decorrência da superespecialização. O objetivo deste trabalho é investigar como Karl Popper (1902-1994), ao mapear a situação problemática de tais cisões e propor uma nova concepção de conhecimento científico, localiza na posição Bohr-Heisenberg as insuficiências de seu positivismo dominante. A tese propulsora do debate é a de que a “visão oficial” da ciência contemporânea é fruto do legado deixado pela posição ortodoxa de Copenhagen – a concepção instrumentalista das teorias científicas (uma nova versão do instrumentalismo de Berkeley). Popper entende que, assim como na modernidade, esta visão da ciência está colocando em risco a tradição racionalista, inaugurada pelos filósofos Pré-Socráticos e renascida com Galileu, da discussão crítica e da busca pela “verdadeira constituição do universo”. A nova visão de ciência de Popper sugere que a busca pela compreensão física da teoria dos quanta implica o realismo metafísico e a verdade como correspondente à realidade objetiva e é, por conseguinte, irreduzível ao seu tratamento puramente instrumental. Dado o passo de que a missão da ciência é encontrar explicações satisfatórias acerca do mundo, Popper realiza uma correção crítica à tradição galileana – a de que não é possível encontrar explicações últimas na ciência. Toda explicação que é aceita como satisfatória e, por conseguinte, admitida como científica, continua a ser conjectural, por ser inevitavelmente constituída de problemas e impregnada de erros.

Palavras-chave: Filosofia da Física. Instrumentalismo. Positivismo. Realismo. Tradição crítica.

HARTMANN, Angelo Eduardo da Silva. *The “World 3” demon-haunted: Popper, and the Copenhagen’s positivism*. 2013. 77pág. TCC (Graduação em Filosofia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2013.

ABSTRACT

The interpretation of Niels Bohr (1885-1962) and Werner Heisenberg (1901-1976) of the Quantum Theory in the first half of the twentieth century, later known as “the Copenhagen interpretation”, was situated as epicenter of dissent philosophical physics subsequent in at least three major groups: the orthodox school of Copenhagen, formed by them; the realist position of Albert Einstein (1879-1955) and Erwin Schrödinger (1887-1961); and the indifference which that the most young physicists treat the philosophical debates of physics by superspecialization. The purpose of this study is to investigate how Karl Popper (1902-1994), when map in the problematic situation of this divisions and propose a new view of scientific knowledge, situates in the Bohr-Heisenberg position the inadequacies of his dominant positivism. The propelling thesis of debate is that the “official view” of contemporary science is a legacy of the Copenhagen’s orthodoxy – the instrumentalist view of scientific theories (a new version of instrumentalist view of Bishop Berkeley). For Popper this view of science is putting in check the rationalist tradition, inaugurated by Pre-Socratic Philosophers and revived by Galileo, of critical discussion and of search of the “true constitution of universe”. Popper suggest like the new view of science that the search for the physical comprehension for the Quantum Theory implies the metaphysical realism, and that the truth he understood as correspondence with the objective reality, and is, consequently, irreducible to its purely utilitarian treatment. Assuming that the aim of science is to find satisfactory explanations concerning the world, Popper effectuate a critical correction in the Galilean tradition: is not possible to find ultimate explanations in science. All explanation that is accepted as satisfactory, and therefore scientific, is conjectural, for they are inevitably constituted by problems and permeated by errors.

Key-words: Philosophy of Physics. Instrumentalism. Positivism. Realism. Tradition critical.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
PARTE 1 – TRADIÇÃO E CRÍTICA: a racionalidade do livre debate revisitada	14
1.1 Os primórdios de uma nova tradição	15
1.2 Galileu e o renascimento da tradição racional	19
1.3 A visão instrumentalista de Berkeley	22
PARTE 2 – O OBSCURANTISMO DE COPENHAGEN: a tradição racional cerceada por demônios	29
2.1 O Programa de Heisenberg	31
2.2 Bohr e o princípio da complementaridade	39
2.3 Chegamos ao fim do percurso?	45
PARTE 3 – EM DEFESA DA TRADIÇÃO RACIONAL: a ciência como uma vela acesa no escuro	50
3.1 A refutação como atitude crítica	51
3.2 Uma visão realista da lógica	58
3.3 A explicação científica: final ou conjectural?	61
CONSIDERAÇÕES ABERTAS – De um ponto de vista cosmológico	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

INTRODUÇÃO

Comprometido com o autoesclarecimento por meio da divulgação do conhecimento científico, Carl Sagan (1934-1996) esforçou-se para que os novos avanços da ciência e da tecnologia chegassem à sociedade em termos leigos. Foi assim que a Série *Cosmos* despertou no final da década de 70 o interesse popular pela exploração espacial, pela compreensão do universo físico e pela revisão do que comumente se entende por ciência.

Em sua última obra, *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência como uma vela acesa no escuro* (1995), Sagan preocupa-se com a seguinte situação problemática que caracteriza a sociedade em que vivemos: por um lado,

nós criamos uma civilização em que os elementos mais cruciais – o transporte, as comunicações e todas as outras indústrias, a agricultura, a medicina, a educação, o entretenimento, a proteção ao meio ambiente e até a importante instituição democrática do voto – dependem profundamente da ciência e da tecnologia (Sagan, 2006, p.43);

por outro lado, “também criamos uma ordem em que quase ninguém compreende a ciência e a tecnologia” (Sagan, 2006, p.43).

Apesar de ser engenhosamente arquitetada, a vela que alimenta o esclarecimento por meio da compreensão científica está cerceada de furiosos demônios – astrólogos, ufólogos, religiosos, os meios de comunicação em massa – dispostos a apagá-la. Tais demônios buscam, aos olhos de Sagan, estigmatizar a ciência como a responsável pelas consequências desastrosas de suas aplicações.

Ao comentar a obra em sua última entrevista, realizada pelo jornalista americano Charlie Rose no dia 27 de maio de 1996, Sagan reforça a sua concepção de ciência perante um sem número de segmentos que insistem em distorcê-la: “A ciência é mais do que um corpo de conhecimento, é uma forma de pensar, uma forma cética de interrogar o universo com pleno entendimento da falibilidade humana”.

O cientista, na acepção de Sagan (2006, p.45), se vale de diversas ferramentas favoráveis à crítica, de um mecanismo de correção de erros e de uma forma de pensar que lhe são peculiares – o pensamento cético de que, a qualquer momento, os demônios podem desferir novos golpes e de que, portanto, a vela pode ser apagada.

Este trabalho pretende mostrar que, além de superstições e críticas de má fé, a ciência – especialmente a ciência natural e, com ela, a filosofia natural – sofreu na primeira

metade do século XX o ataque de outras posturas irracionais. Àquela altura, no entanto, os demônios assombravam os seus próprios construtores.

Ao (re)colocar insistentemente em debate a “visão oficial” da ciência contemporânea, Karl Popper (1902-1994) sugere que tal visão é fruto do legado deixado pela posição ortodoxa de Copenhague – a concepção instrumentalista das teorias científicas (Cf. Popper, 1982, p.127).

Empenhados em defender a completude da teoria quântica e o fim do percurso daquilo que se pode conhecer acerca da natureza e estrutura da matéria, físicos como Niels Bohr (1885-1962) e Werner Heisenberg (1901-1976) convenceram-se de que o velho ideal de uma descrição causal da realidade física estava fadado ao fracasso; de que a mecânica quântica conquistara a última revolução da física; e de que as dificuldades envolvidas pelos recentes desenvolvimentos da física quântica deveriam ser abandonadas, uma vez que o domínio do formalismo matemático e o sucesso de suas aplicações era o suficiente (Cf. Popper, 1982, 128; 1989, p.27).

Por maior espanto que essa breve descrição possa provocar a um estudante de Filosofia ou a um admirador da ciência, a posição ortodoxa de Bohr e Heisenberg se tornou a maior tendência da ciência física na primeira metade do Século XX e, conjectura Popper, enraizou-se como a sua visão oficial.

(O princípio de complementaridade – a pedra de toque da interpretação de Copenhague, como afirma o prof. Mario Bunge (1973, p.180) – foi apresentado e acolhido com grande satisfação pela grande maioria dos físicos presentes na Conferência de Solvay de 1927, em Bruxelas.)

Duas exceções brilhantes – Albert Einstein (1879-1955) e Erwin Schrödinger (1887-1961) – recusaram-se a aceitar a posição ortodoxa e traçaram, por caminhos independentes, suas próprias linhas de investigação em busca de melhorar a compreensão física das dificuldades envolvidas no formalismo da teoria quântica.

A herança da visão instrumentalista das teorias científicas, no entanto, além de não ser uma novidade filosófica do século passado, coloca em questão a tradição inaugurada pelos Pré-Socráticos na Grécia Antiga e renascida por Galileu Galilei (1564-1642) na modernidade – a *tradição crítica* de se discutir livremente como o mundo é.

A concepção de que as teorias científicas buscam, não descrever verdadeiramente o mundo (como se manteve Galileu perante a Inquisição), mas proceder “por pura hipótese matemática” com a aplicação do instrumento que for “mais conveniente para os cálculos astronômicos e para as previsões” (Popper, 1982, p.125) emerge na modernidade por meio de

vários defensores da Igreja – com Andreas Osiander (1458-1552) em seu prefácio ao *De Revolutionibus* de Copérnico (1473-1543); com o cardeal Roberto Bellarmino (1542-1621), um dos inquisidores de Giordano Bruno (1548-1600) e de Galileu; e, cem anos depois, com o bispo irlandês George Berkeley (1685-1753) contra a mecânica de Newton.

Acontece que a visão instrumentalista emerge em resposta a outra concepção do conhecimento humano – a visão essencialista de que as teorias buscam uma explicação essencial, última ou final do mundo real e oculto que existe por trás do mundo ordinário das aparências (Cf. Popper, 1982, p.131).

Preocupado com a tradição crítica, renovada por Galileu como a busca pela “verdadeira constituição da natureza” (Galileu, 1973, p.120), Popper decide optar, para além do essencialismo e do instrumentalismo, por uma terceira concepção das teorias científicas – uma concepção que está racionalmente comprometida com a tradição sobre a qual emergiu a civilização ocidental.

É, por conseguinte, no âmbito da discussão destas três concepções acerca do conhecimento humano (e, em especial, do conhecimento científico), que se localiza o nosso problema: o objetivo das ciências físicas pode ser suficientemente compreendido à luz de uma visão instrumentalista das teorias científicas? Dito de outro modo, basta para as ciências físicas tomar as suas teorias apenas como instrumentos de previsibilidade ou dispositivos de cálculo? Ou as teorias apresentadas pelas ciências físicas possuem um compromisso com a explicação verdadeira do mundo em que vivemos? E se as teorias não são apenas instrumentos de previsão e de aplicação, mas tentativas, com elas, explicar como o mundo é, tais explicações podem ser finais, completas ou últimas?

Duas posições filosóficas divergentes norteiam esta investigação. De um lado, o positivismo assume a arena do debate com sua forma mais explícita: a visão instrumentalista que encoraja os ataques de Berkeley a Newton e, mais recentemente, os golpes de Heisenberg e Bohr à tradição galileana. Do outro lado, está a posição realista da busca pela “verdadeira constituição da natureza”, a missão da qual Galileu, Einstein e Popper não estão dispostos a abrir mão.

Apesar de não incorrerem em contradição, o positivismo e o realismo constituem programas de investigação distintos e propõem, conseqüentemente, cosmovisões radicalmente opostas. É, portanto, com vistas a essa situação lógica que o presente trabalho desenvolve a investigação destas duas posições filosóficas enquanto *formas de pensar* que conduzem a atividade científica. À luz do exame crítico das conseqüências que uma e outra acarretam que se dará a decisão por apenas uma – aquela que mantém a chama da vela acesa.

O texto está dividido em três partes. Apresentamos na Parte 1 a trajetória da tradição crítica, inaugurada na escola de Tales (seção 1.1), renascida pelas mãos de Galileu (seção 1.2) e seriamente colocada em questão pelo brilhantismo filosófico de Berkeley (seção 1.3).

Na Parte 2, examinamos como Popper recebe criticamente o cisma filosófico, provocado pela teoria quântica, entre o positivismo de Heisenberg e Bohr e o realismo de Einstein. Convencidos de que haviam alcançado os limites do conhecimento acerca da realidade atômica da matéria, seja pelas relações de incerteza (seção 2.1), seja pelo princípio de complementaridade (seção 2.2), Heisenberg e Bohr enxergaram (ainda que com tonalidades diferentes) a Mecânica Quântica como a última revolução da física (seção 2.3).

E na Parte 3 apresentamos a terceira concepção do conhecimento científico desenvolvida por Popper em resposta ao instrumentalismo e ao essencialismo. Na tentativa de tecer tal concepção, escolhemos como roteiro três aspectos complementares em defesa da tradição crítica: a refutação como atitude crítica (seção 3.1), o compromisso que a lógica tem para com a metodologia científica e a busca da verdade (seção 3.2) e a posição realista de que o conhecimento que temos acerca do mundo só pode ser conjectural e nunca final ou último (seção 3.3).

PARTE 1

TRADIÇÃO E CRÍTICA:

A racionalidade do livre debate revisitada

Um dos elementos mais importantes de nossa civilização ocidental é o que posso chamar de “tradição racionalista” que herdamos dos gregos. É a tradição da discussão crítica – não a discussão por si mesma, mas na busca pela verdade. A ciência grega, como a filosofia grega, foi um dos produtos dessa tradição e da urgência de entender o mundo em que vivemos; e a tradição fundada por Galileu foi seu renascimento.
Karl Popper, 1956.

Ao colocar em debate a visão oficial da ciência contemporânea, Popper revisita a tradição racional da civilização ocidental e faz a defesa de uma nova concepção do que seja a ciência. Como continuação da tradição, tal concepção mantém a missão que a ciência têm da busca pela verdade, conduzida pela atitude crítica perante as teorias, os testes e a tradição. Como correção da mesma, defende que não há algo como uma explicação final ou última do mundo físico; que as teorias científicas não são *só* instrumentos; e que toda e qualquer “fonte” pode contribuir para o avanço do conhecimento – a razão, a experiência e a tradição possuem papéis complementares na dinâmica objetiva de conjeturas e refutações (Cf. Popper, 1987b, p.398).

O objetivo desta primeira parte do texto é investigar a trajetória que, para tanto, o filósofo percorre. Popper situa os primórdios da tradição crítica (seção 1.1) – da ciência e da filosofia imbuídas de um mesmo fito explicativo, o cosmos – entre os filósofos pré-socráticos, mais precisamente entre Tales e Anaximandro.

Com a doutrina da *episteme* aristotélica, a tradição crítica sofreu um eclipse que perdurou cerca de dois mil anos. É com Galileu que a tradição do livre debate renasce e se renova como a busca da “verdadeira constituição do mundo” (seção 1.2).

A busca racional pela compreensão do cosmos, no entanto, provocou fortes divergências com a legitimidade do dogmatismo religioso. Em sua defesa, homens como Osiander, Bellarmino e Berkeley investiram hábeis ataques contra os livres pensadores (seção 1.3) e inauguraram, por sua vez, a concepção instrumentalista das teorias científicas.

1.1 Os primórdios de uma nova tradição

Incisivamente, a atitude crítica traçou a trajetória do racionalismo desde os seus primórdios, situado na escola dos antigos filósofos jônios (final do século VII a.C.). Insatisfeitos com uma tradição que apenas transmitia a doutrina tal como fora instaurada pelo seu fundador, os filósofos jônios incentivaram uma nova postura perante os mitos explicativos vigentes.

O que para a maioria dos Sábios¹ estava satisfatoriamente explicado, para os pensadores jônios começou a se tornar problemático – “de que modo podemos saber que o mundo é feito de água?”; “como podemos saber se o mundo está repleto de deuses?” ou mesmo “como podemos aprender alguma coisa sobre os deuses?” (Cf. Popper, 1982, p.162). Mediante indagações críticas semelhantes a estas, formularam problemas de compreensão da natureza – como o problema da mudança² – e suscitaram, para além do respeito aos antigos, o olhar crítico para com os mitos da tradição.

Despertaram, assim, a reflexão de que os velhos mitos poderiam estar errados e que algo novo poderia ser dito – inclusive para melhor explicar a natureza (*physis*). Apresentando à crítica suas hipóteses, empenharam tentativas de renovação tanto dos mitos, quanto daquela tradição de primeira ordem.

Defendo a tese de que o que chamamos de “ciência” se distingue dos antigos mitos não só por ser diferente deles, mas por vir acompanhada de uma tradição de segunda ordem – a de discutir criticamente o mito. Antes, só havia a tradição de primeira ordem: uma estória era transmitida. Agora, continuava a haver naturalmente uma estória a ser transmitida, mas com ela se comunicava também algo como um texto de acompanhamento: “Passo-te esta tradição, mas deves dizer-me o que pensas dela. Reflete: talvez possas dar-me uma explicação distinta” (Popper, 1982, p.153).

As epopeias de Homero, *Ilíada* e *Odisseia*, e a *Teogonia* de Hesíodo nutrem aquilo que Popper chama de tradição de primeira ordem. Homero desenvolveu um interesse peculiarmente grego pela harmonia³, pela proporção, medida e limites. Hesíodo empreende a

¹ Como eram chamados aqueles que se tornavam conhecidos popularmente pelas curtas sentenças que cunhavam. Não há um consenso preciso de quais eram os Setes Sábios, pois os escritores antigos apresentaram nomeações diferentes. Tales de Mileto, Bias de Priene, Pítaco de Mitilene e Sólon de Atenas são citados em todas as listas. Se acompanharmos Platão, o primeiro a registrá-los, temos ainda Cleóbulo de Lindos, Míson de Queneia e Quílon de Esparta. (Cf. Nicola Abbagnano, *Dicionário de Filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 2007, p.1023).

² Que é, para Popper, o grande problema cosmológico dos filósofos gregos da Antiguidade (Cf. Popper, 1982, p.167).

³ “A harmonia exprime a relação das partes com o todo. Está nela implícito o conceito matemático de proporção que o pensamento grego se figura em forma geométrica e intuitiva. A harmonia do mundo é um conceito complexo em que estão compreendidas a representação da bela combinação dos sons no sentido musical e a do rigor dos números, a regularidade geométrica e a articulação tectônica. É incalculável a influência da ideia de harmonia em todos os aspectos da vida grega dos tempos subsequentes” (Werner Jaeger, *Paideia: a formação do homem grego*. São Paulo: Martins Fontes, 2001, p. 207).

narrativa do nascimento de todos os deuses que constituirão a mitologia grega, na qual cosmologia e cosmogonia estão indistintamente presentes. Juntos, tornam-se expoentes de uma tradição que é marcadamente transmitida de geração em geração.

Diferentemente de escolas como a dos pitagóricos, na qual a crítica provocava respostas intolerantes⁴, as escolas inauguradas nas cidades gregas de Jônia e Eleia fizeram emergir o nascimento de uma nova tradição – uma tradição de debate e descoberta, de busca crítica e especulação criativa, de contraposição de argumentos e correção de erros. Permeadas numa busca incessante pela compreensão do *cosmos*, inauguraram a filosofia e a ciência com um alvo comum – a cosmologia.

Temos aí um fenômeno singular, estreitamente ligado à espantosa liberdade e criatividade da filosofia grega. Como podemos explicá-lo? *O que precisamos explicar é o surgimento de uma tradição*. Uma tradição que permite ou incentiva debates críticos entre várias escolas e, o que é mais surpreendente, dentro de uma mesma escola. Fora da escola pitagórica, em nenhum lugar encontramos uma academia dedicada a preservar uma doutrina. Em vez disso, deparamos com mudanças, ideias novas, alterações e críticas francas aos mestres (Popper, 2010, p.27; *grifos do autor*).

Mestres como Tales de Mileto, sugere Popper, incentivaram um ambiente de divergência teórica e de tolerância à crítica. Isto porque Anaximandro, seu discípulo e parente, teceu fortes críticas ao Sábio mestre ainda vivo. Anaximandro desenvolveu uma nova cosmologia sem, com isso, gerar qualquer cisma interno à própria escola (Popper, 1982, p.174).

Esta é a novidade que, na visão de Popper, faz emergir uma nova tradição. É na relação entre Tales e Anaximandro que Popper situa o nascimento não apenas da filosofia e da ciência, como também de uma nova disposição humana que constituirá a tradição da civilização ocidental – a tradição da atitude crítica e do livre debate. Filosofia e ciência, por conseguinte, possuem em comum uma atitude ou um modo próprio de pensar – o pensamento crítico e que, por ser crítico, é racional.

Tales era por todos conhecido como o “filósofo típico”, distraído e distante de sua vizinhança. No *Teeteto* (174 A), Platão conta a famosa anedota de ter Tales caído em um poço, enquanto observava atentamente os astros. Seu interesse pela compreensão do movimento dos corpos celestes culminou com a predição precisa de um eclipse que aconteceu em 585 a.C., registrada por Heródoto em sua *História* I, 74:

⁴ Conta-se que Hipaso de Metaponto, um dos membros da escola de Pitágoras, foi afogado no mar ao revelar o segredo de que algumas raízes quadradas, além de racionais, são números irracionais. Os pitagóricos pretendiam descrever toda a geometria apenas com os números racionais. Independente da veracidade desta versão, a relevância deste relato para a interpretação de Popper acerca dos primórdios da filosofia e da ciência consiste na intolerância à crítica que caracterizava o ambiente da escola de Pitágoras (Cf. Popper, 2010, p.27).

Numa determinada ocasião eles chegaram de certo modo a travar um combate noturno: ainda estavam combatendo com equilíbrio de forças quando aconteceu, em uma batalha travada no sexto ano, que durante o combate o dia subitamente transformou-se em noite. Tales de Mileto havia previsto para os jônios esse colapso do dia, fixando-o dentro do ano em que a transformação ocorreu.⁵

A escola iniciada por Tales na Jônia recebeu como modelo cosmológico de referência a tradição do mito homérico do Oceano (Cf. Popper, 2002, p.109). *Okeanos*, o primeiro pai dos deuses⁶, é como o rio que circunda a superfície da Terra, “do qual dimanam todos os rios e todo o mar e todas as nascentes e poços profundos” (Homero, *Ilíada*, XXI, 194). É ainda a origem dos deuses e de todas as coisas (Cf. Kirk, 1994, p.8).

“Tales foi o primeiro a discutir a arquitetura do cosmos” (Popper, 1982, p.166). Insatisfeito com o mito homérico, o grande esforço de Tales era explicar como se dá a estabilidade da Terra. Esta situação problemática é que, de acordo com a teoria do conhecimento de Popper, assume a relevância, não apenas no que concerne à conjectura cosmológica de Tales, como também todas as conjecturas levantadas pelos pré-socráticos.

Da hipótese de que a terra é sustentada, estavelmente, pela água, Tales propõe (1) que a terra flutua sobre a água (como um tambor), de modo que (2) a água é a origem de todas as coisas (Cf. Kirk, 1994, p.87). Com estas duas proposições, resultantes de passagens da obra de Aristóteles⁷, formamos a nossa conjectura a respeito da cosmologia de Tales.

Disposto a levar adiante a teoria de seu mestre, Anaximandro empreende uma resposta crítica a Tales, mostrando porque a sua explanação é insuficiente e propondo uma nova explicação, não mais baseada em suportes e apoios, mas em termos estruturais do mundo.

A teoria de Tales, para Anaximandro, é insuficiente porque conduz a um regresso infinito. Se explicarmos a estabilidade da Terra pela suspensão sobre algo (neste caso, a água), temos que explicar como se dá a estabilidade da água (ou do oceano) por uma suposição análoga – que por sua vez, exigirá uma nova explicação nos mesmos termos.

Desse modo, Tales soluciona um problema criando outro análogo. Pode-se perceber, além disso, que intuitivamente “em qualquer sistema desse tipo, formado por suportes e apoios, qualquer falha pode levar ao colapso toda a construção” (Popper, 1982, p.164).

Se Tales é o primeiro a discutir a arquitetura do cosmos – (i) como se estrutura, (ii) qual é a sua planta e (iii) de que material é feito – Anaximandro é o primeiro a apresentar respostas às três questões (Cf. Popper, 1982, p.166).

⁵ Edição da Universidade de Brasília, 1985, p.42.

⁶ Homero, *Ilíada* 14: 202, 246.

⁷ *De caelo* B 13, 294 a 28; e *Metafísica* A 3, 983 b 6.

O argumento de Anaximandro acerca da estrutura do mundo consiste nas seguintes proposições: não há direção preferencial para os colapsos; quando não existem diferenças, não pode haver mudanças; logo, “a Terra está suspensa no ar, sem que nada a segure, mas mantém-se firme pelo fato de estar a igual distância de todas as coisas” (KIRK, 1994, p.134).

O material de que o mundo é feito é o “*apeiron*”, “infinito”, “ilimitado”, “sem forma”. Há no mundo todo tipo de mudanças: o fogo necessita de ar e de orifícios de ventilação, que por vezes ficam obstruídos e o abafam (decorre daqui a teoria dos eclipses e das fases da Lua, bem como a “planta” do mundo); os vapores, que resultam da secagem da água e do ar, causam os ventos e os solstícios do Sol e da Lua; os ventos, por sua vez, são responsáveis pelas mudanças climáticas (Cf. Popper, 1982, pp.166-7).

A teoria de Anaximandro compreende, ainda, a “planta” do mundo – “a visão do globo terrestre livremente suspenso no centro do universo, rodeado por esferas nas quais estavam montados os corpos celestes” (Popper, 1982, p.166).

Com um olhar crítico à teoria de Tales, Anaximandro se afasta da analogia observacional e arrisca: a estabilidade da Terra é concebida por uma analogia proporcional às distâncias entre os corpos celestes; a largura da Terra é três vezes maior que a sua profundidade.

A conjectura de Anaximandro dispensa a ideia comum e ordinária de que a Terra estaria assentada “sobre algo”, como uma árvore está assegurada pelas suas raízes. Aprimorando a especulação, presente em Homero e Hesíodo, da simetria do universo, a sua teoria do equilíbrio resulta de especulações críticas e do seu esforço imaginativo. Na visão de Popper,

essa ideia de Anaximandro é uma das mais ousadas, mais revolucionárias e mais portentosas de toda a história do pensamento humano. Ela possibilitou as teorias de Aristarco e Copérnico. Mas o passo dado por Anaximandro foi ainda mais difícil e audacioso que o de Aristarco e Copérnico. Imaginar a Terra livremente [suspensa] (*poised*) em meio ao espaço e dizer que “ela permanece imóvel por causa de sua equidistância ou equilíbrio” (como disse Aristóteles, parafrazeando Anaximandro) equivale a antecipar, em alguma medida, até mesmo a ideia newtoniana de forças gravitacionais imateriais e invisíveis (Popper, 2010, p.225).

A racionalidade presente nos pré-socráticos constitui-se pela simplicidade e ousadia de suas indagações e, de modo especial, pela atitude crítica com a qual passaram a compreender a tradição na qual estavam imersos (Cf. Popper, 1982, p.161).

As analogias observacionais, por vezes inseridas pelos pré-socráticos em suas estruturas explicativas, não se reduzem à própria explicação. A razão criativa, a observação crítica e o confronto com a tradição desempenham papéis igualmente relevantes para as

conjeturas cosmológicas. A ousadia imaginativa sem a crítica racional é cega; a crítica racional, por sua vez, sem o impulso criativo é inautêntica.

Retornar aos pré-socráticos – e de modo especial às investigações cosmológicas empreendidas por Tales e Anaximandro – possui, na concepção de ciência de Popper, um valor intrínseco (Cf. Popper, 1982, p.166). Mesmo que falsas⁸, as teorias propostas por Tales e Anaximandro possibilitaram as realizações de Aristarco e Copérnico. Com o mesmo fito explicativo – o cosmos – inauguraram a tradição racional adotando a atitude característica da ciência e da filosofia até os tempos hodiernos: a atitude crítica.

A tradição crítica inaugurada por Tales e Anaximandro suscitou, durante os três séculos seguintes, intensos debates em busca pela compreensão do cosmos. Foi levada para Elea pelas mãos de Xenófanés⁹, culminando com as cosmologias de Parmênides e Zenão (Cf. Popper, 1982, p.174).

Perante a doutrina da *episteme* desenvolvida por Aristóteles¹⁰, sofreu um eclipse que perdurou até o século XVI. É com Galileu Galilei que a tradição racional é “redescoberta e conscientemente revivida durante a Renascença” (Popper, 1982, p.176).

1.2 Galileu e o renascimento da tradição racional

A concepção que Galileu Galilei (1564-1642) tem da filosofia acompanha aquilo que, de um modo geral, se entendia por “filosofia natural” no século XVII – a filosofia e a ciência como “instâncias de um mesmo impulso da racionalidade crítica e independente na busca da ‘verdadeira constituição do mundo’” (Mariconda, 2011, p.542).

À força liberalizadora da ciência (Popper, 1982, p. 129), segue-se a negação, por parte de Galileu, da autoridade da tradição aristotélico-tomista, adotada pela Igreja como o respaldo da teologia cristã e inserida no ensino universitário como a visão oficial da filosofia natural. Em sua obra *O Ensaíador* (1623), Galileu reconhece em Sarsi a postura de reverência ao sistema filosófico de Aristóteles:

⁸ “Uma teoria falsa pode ser uma realização tão importante quanto uma teoria verdadeira” (Popper, 1982, p.166). A rigor, não há garantia definitiva alguma de que as teorias sejam falsas ou verdadeiras – nós aceitamos que elas sejam falsas ou verdadeiras, caso contrário valeria o verificacionismo. O critério verificacionista aceita como científica a teoria que pode ser empírica e logicamente verificada. Em oposição frontal, o critério falseacionista aceita como científica a teoria que, do ponto de vista lógico, pode se “chocar” com a realidade. Ao se chocar, deve ser admitida como falsa. Mas o caso contrário não a torna verdadeira.

⁹

¹⁰ Para escapar da regressão ao infinito, Aristóteles admite que as premissas básicas sejam conhecimento verdadeiro das essências, captadas pela intuição sensível. “Se dermos por concedido que são certos os métodos pelos quais derivamos conclusões dessas premissas básicas, então poderemos dizer que, de acordo com Aristóteles, todo o conjunto do conhecimento científico está contido nas premissas básicas e que o obteríamos se nos fosse possível conseguir uma lista enciclopédica das premissas básicas” (Popper, 1987b, pp.16-17).

Parece-me também perceber em Sarsi sólida crença que, para filosofar, seja necessário apoiar-se nas opiniões de algum célebre autor, de tal forma que o nosso raciocínio, quando não concordasse com as demonstrações de outro, tivesse que permanecer estéril e infecundo (Galileu, 1973, p. 119).

Sarsi representa o filósofo que aceita acriticamente a autoridade da tradição aristotélico-tomista, de tal modo que é incapaz de dispor-se ao livre pensar. A continuação da resposta crítica de Galileu a Sarsi apresenta a filosofia natural como investigação possível do “livro aberto” – a natureza – a todo aquele que dominar um instrumento – a linguagem com a qual o livro está escrito: a linguagem matemática.

Senhor Sarsi, a coisa não é bem assim. A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem ele nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto (Galileu, 1973, p.119).

A filosofia, assim, tem como exigência, não a autoridade dos célebres autores que constroem a sua história, mas o domínio de um instrumento – a linguagem matemática – por meio do qual se dá a descoberta de novas páginas do livro e sem o qual sequer é possível lê-lo.

A metáfora do “grande livro da natureza” veicula, ainda, a constatação crítica de Galileu de que “a filosofia estava toda contida nos livros de Aristóteles” (Mariconda, 2011, p.545), restando aos filósofos posteriores serem ou como os estorninhos ou como a fênix – como ilustra Galileu em *O Ensaíador* (9):

Talvez acredite Sarsi que bons filósofos se encontrem em quadras inteiras e dentro de cada recinto dos muros? Eu, senhor Sarsi, acredito que voem como as águias e não como os estorninhos. É bem verdade que aquelas, porque são raras, pouco se veem e menos ainda se ouvem, e estes, que voam em bando, onde quer que pousem, enchendo o céu de estrido e de rumores, emporcalham o mundo. Mas antes fossem os verdadeiros filósofos como a águia e não como a fênix. Senhor Sarsi, infinita é a turba dos tolos, isto é, daqueles que não sabem nada; muitos são aqueles que sabem pouquíssimo de filosofia; poucos são aqueles que dela sabem alguma partícula; um só, Deus, é quem a sabe toda (Galileu *apud* Mariconda, 2011, p.543-4).

Sarsi, tal como os estorninhos que estão sempre em bandos estridentes, perpetua o já dito e recusa distanciar-se da autoridade da visão oficial da academia. A fênix, em referência direta a Aristóteles, retrata o filósofo que renasceria das cinzas a cada nova geração para revelar a verdade e inibir a discussão crítica da geração seguinte (Cf. Mariconda, 2011, p.544).

A águia representa a concepção que Galileu tem da filosofia como independência do pensamento e distanciamento da legitimidade acrítica da obra de Aristóteles. “Voar como as águias” tira o filósofo de seu ninho (de sua escola) e deixa o pensamento livre da necessidade de se aceitar a tradição dominante. É neste aspecto que Galileu faz renascer a tradição crítica inaugurada com Tales e Anaximandro.

A filosofia natural de Galileu, na visão de Popper, compreende três elementos ou doutrinas que podem ser discernidas como se segue:

- (d1) O cientista aspira a encontrar uma teoria ou descrição verdadeira do mundo (e especialmente de suas regularidades ou leis), que seja também uma explicação dos fatos observáveis;
- (d2) O cientista pode ter sucesso em estabelecer finalmente a verdade de tais teorias além de toda dúvida razoável;
- (d3) As melhores teorias, as verdadeiramente científicas, descrevem as “essências” ou as “naturezas essenciais” das coisas – as realidades que estão por trás das aparências (Popper, 1975, p.392).

Estas três doutrinas contêm os germes daquilo que Popper denomina de essencialismo, instrumentalismo e “dedutivismo”. O problema acerca do qual se dá tal debate é o de se saber qual é o estatuto de uma teoria científica. Pode uma teoria descrever a essência imutável e definitiva dos corpos físicos? Ou o emprego de uma teoria é puramente instrumental, isto é, com vistas apenas à aplicação e previsão de acontecimentos? Ou uma teoria científica resguarda uma relação com a compreensão do mundo e com a verdade, mesmo que inalcançável de modo definitivo e essencial?

Temos, assim, que a concepção essencialista das teorias científicas resulta da conjunção de (d2) e (d3); a visão instrumentalista, por sua vez, rejeita (d2) e (d3). A proposta nomeada “dedutivismo”, ao resgatar e corrigir criticamente a tradição galileana, aceita (d1), rejeita (d2) e reconfigura (d3) para um “essencialismo modificado”.

Tanto Popper quanto os instrumentalistas discordam do essencialismo (d2 e d3), mas por razões diferentes. Para os instrumentalistas, “não pode existir nada oculto”, de modo que se algo está oculto, só será reconhecido por revelação divina. Só que, ao rejeitar a busca pela descrição “essencial” da natureza, os instrumentalistas descartam por tabela a descoberta de frações da natureza que escapam ao mundo da experiência comum – tais como a rotação da terra, os núcleos atômicos, a radiação atômica e os sistemas descobertos pela radioastronomia – e, disto, Popper não está disposto a abrir mão (Cf. Popper, 1975, p.393).

Concedo, portanto, prontamente ao essencialismo que muito está oculto a nós, e que se pode descobrir muito do que está oculto. (...) A doutrina essencialista à qual me oponho é somente a *doutrina de que a ciência aspira à explicação última*; em outras palavras, uma explicação que (essencialmente, ou por sua própria natureza) não pode ser ulteriormente explicada, e que não tem necessidade alguma de qualquer explicação posterior (Popper, 1975, p.393; *grifos do autor*).

Assim, no que diz respeito ao essencialismo, Popper converge com a concepção de que as teorias buscam captar a realidade oculta à experiência comum – mas recusa qualquer pretensão de que a explicação científica seja última ou definitiva. No que concerne ao instrumentalismo, Popper concede que as teorias sejam concebidas também como instrumentos – mas não só como instrumentos.

Ainda que a filosofia natural de Galileu comporte elementos do instrumentalismo e do essencialismo, o legado da tradição galileana, defende Popper, consiste na busca da “verdadeira constituição do universo” (Cf. Galileu, 1973, p.120).

Pois é com receio a esta posição filosófica que frei Niccolò Ricardi, àquela altura secretário do Vaticano, apresenta o *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano* (1632) de Galileu como uma investigação que procede “por pura hipótese matemática” em defesa da parte copernicana (Cf. Mariconda, 2011, p. 547).

A defesa de que as teorias científicas buscam, não descrever verdadeiramente o mundo, mas proceder “por pura hipótese matemática” com a aplicação do instrumento que for “mais conveniente para os cálculos astronômicos e para as previsões” (Popper, 1975, p.385) emerge na modernidade por meio de vários defensores da Igreja – especialmente com Andreas Osiander (1458-1552) em seu prefácio ao *De Revolutionibus* de Copérnico; com o cardeal Roberto Bellarmino (1542-1621), um dos inquisidores de Giordano Bruno e de Galileu; e, cem anos depois, com o bispo George Berkeley (1685-1753) contra a mecânica de Newton.

1.3 A visão instrumentalista de Berkeley

O cenário histórico e filosófico da modernidade situa-se na disputa da religião *versus* a irreligião ou, nas palavras de Popper, “a justificação racional, ou justificabilidade, da cristandade em comparação com o conhecimento científico” (1999, p.128).

O reconhecimento eminente do poder explicativo contido na mecânica de Newton (1642-1727) provocou fortes divergências com a autoridade incontestável da Igreja e despertou, com elas, fortes críticas por parte de seus defensores.

A crítica mais assídua contra a teoria de Newton foi apresentada pelo bispo irlandês George Berkeley em um curto ensaio escrito em latim e intitulado *De Motu* (“Sobre o

movimento ou sobre o princípio, a natureza e a causa da comunicação dos movimentos”, 1720).¹¹

No tempo de Berkeley, o sistema copernicano do mundo originara a teoria da gravitação de Newton, e Berkeley via nela um sério rival à religião. Estava convencido de que um declínio da fé religiosa e da autoridade religiosa resultaria da nova ciência se sua interpretação por parte dos “livres pensadores” estivesse correta; pois estes viam em seu sucesso uma prova *do poder do intelecto humano, sem a ajuda da revelação divina, para descobrir os segredos de nosso mundo* – a realidade oculta atrás de sua aparência (Popper, 1975, p.386; *grifos do autor*).

O direcionamento do programa de investigação de Berkeley é indicado pelo subtítulo do seu *Tratado sobre os Princípios do Conhecimento Humano* (1710): “as principais causas do erro e das dificuldades das ciências e os fundamentos do ceticismo, do ateísmo e da irreligião”.

Convicto de que a cristandade requeria a sua defesa, Berkeley empreende a sua investigação filosófica com uma preocupação especial – o emprego correto dos termos da linguagem. Em sua Introdução ao *Tratado*, se atenta que

para preparar o leitor a mais fácil inteligência do que se segue, convém pôr como introdução alguma coisa sobre a natureza e o abuso da linguagem. Mas o deslindar deste tema de certo modo antecipa o meu plano, por tratar-se do que parece ter sido a origem principal da dúvida e complexidade da especulação como de erros e dificuldades inúmeras em quase todos os domínios do conhecimento (Berkeley, 1980, p. 6).

Dez anos depois, insiste novamente que “nada é tão importante quanto o cuidado de não sermos enganados por termos que não compreendemos corretamente” (*De Motu*, 1). Podemos, assim, reformular a preocupação de Berkeley no seguinte problema: como empregar corretamente os termos da linguagem sem incorrer em erros de compreensão?

Sua resposta se configura com uma abordagem nominalista da linguagem, permitida (i) pela distinção entre termos abstratos e particulares, e conseqüentemente, (ii) entre hipóteses matemáticas e a natureza das coisas; e ainda (iii) pela delimitação do domínio de três diferentes áreas do conhecimento humano.

A concepção nominalista da linguagem (quais termos possuem significado – ver *Tratado*, Introdução, 11) constitui, na leitura de Popper (1982, p.136), o principal argumento a favor da *concepção instrumentalista das teorias científicas* e, conseqüentemente, o principal ataque desferido pela modernidade à tradição galileana.

¹¹ Newton escreveu o primeiro rascunho dos *Principia* sob o título *De motu*, no qual demonstra uma dinâmica orbital que tem como consequência necessária as três leis de Kepler. O escrito, no entanto, não enuncia as três leis do movimento (Cf. *Newton: textos, antecedentes, comentários*; escolhidos e org. por Bernard Cohen e Richard S. Westfall. Rio de Janeiro: Contraponto; EDUERJ, 2002, p.272).

(i) O ponto de partida de Berkeley consiste em rejeitar criticamente a teoria das ideias abstratas do filósofo inglês John Locke (1632-1704). Todo conhecimento, para Locke, tem como fonte ou origem a experiência sensível. A mente humana é tomada como uma tábula rasa, um papel em branco no qual os cinco sentidos imprimem as experiências sensíveis. De uma série de experiências acerca de uma mesma coisa são formadas ideias gerais abstratas – como a ideia de “árvore”, por exemplo, que pode ser aplicada a toda e qualquer árvore.

A teoria empirista do conhecimento desenvolvida por Locke em seu *Ensaio sobre o Entendimento Humano* (1690) concebe, assim, que todas as ideias formadas na mente humana resultam da experiência perceptual dos sentidos.

O mundo externo à mente, por conseguinte, é constituído de qualidades primárias objetivas, em oposição às qualidades secundárias subjetivas provenientes da percepção sensorial. A natureza das qualidades primárias do mundo exterior é a matéria, substância que escapa à percepção imediata dos sentidos. Apenas indiretamente, ou seja, pelas coisas materiais, é que conhecemos o mundo exterior.

Pontualmente, a dissidência entre Locke e Berkeley reside na rejeição, por parte do bispo irlandês, do conceito abstrato de matéria. Berkeley radicaliza o empirismo de Locke ao assumir uma concepção nominalista da linguagem: só são dotados de significado os termos que denotam diretamente entidades, fenômenos ou acontecimentos observáveis.

Há, para Berkeley, uma distinção entre dois tipos de termos que empregamos na linguagem – termos abstratos, gerais, “ocultos”, que não denotam diretamente fenômenos ou fatos observáveis, tais como “força”, “gravidade” e “atração”; e termos particulares, que denotam fatos observáveis.

Por conseguinte, somente os termos particulares possuem significado. De acordo com esta concepção,

a expressão “força de atração” deve ser uma expressão carente de significado, uma vez que nunca se pode observar as forças de atração. O que se pode observar são os movimentos, não suas possíveis “causas” ocultas. Isto é suficiente, na concepção de Berkeley da linguagem, para mostrar que a teoria de Newton não pode ter qualquer conteúdo informativo ou descritivo (Popper, 1975, p.397).

Assim, inserir termos gerais abstratos nestas teorias é o alvo da crítica feita por Berkeley à mecânica de Newton, uma vez que termos como “força”, “gravidade” e “atração” não denotam qualquer entidade oculta ou qualidade correspondente a estes termos na natureza (Copleston, 1985, p.239).

Berkeley, por conseguinte, faz uma (ii) distinção entre o *status* das hipóteses matemáticas e a natureza das coisas (*De Motu*, 66). Acontece que abstrações gerais como “força”, “gravidade” e “atração” pertencem às hipóteses arquitetadas matematicamente. E é precisamente neste aspecto que a concepção instrumentalista das teorias científicas é enrijecida, pois “todas as forças atribuídas aos corpos são hipóteses matemáticas, tanto quanto o são as forças de atração nos planetas e no Sol” (Berkeley, *De Motu*, 67).

Força, gravidade, atração e termos desse tipo são úteis para o raciocínio e o cálculo sobre o movimento e sobre os corpos em movimento, mas não para o entendimento da natureza simples do próprio movimento ou para enunciar tantas qualidades distintas. Com efeito, a atração não foi introduzida por Newton como uma qualidade física, verdadeira, mas apenas como uma hipótese matemática (Berkeley, *De Motu*, 17).

À distinção entre hipóteses matemáticas e fatos observados segue-se (iii) a delimitação de três áreas do conhecimento humano, pois “a cada ciência seu próprio domínio; atribuam-se seus limites; distingam-se precisamente os princípios e os objetos que pertencem a cada uma” (Berkeley, *De Motu*, 71).

Há um interesse próprio a cada uma das três áreas. Buscam-se na filosofia natural (ou física) leis que conectam uma série ou sucessão de objetos corpóreos. Na ciência mecânica são traçadas hipóteses matemáticas pelas quais se deduzem noções abstratas como “força”, “gravitação” e “atração”. A investigação das causas, da verdade e da existência dos objetos é própria à filosofia primeira ou metafísica (Cf. Berkeley, *De Motu*, 71).

Dito de outra forma, enquanto a física é o domínio concernente à descrição dos fenômenos e seus comportamentos, a mecânica emprega hipóteses matemáticas para delas derivar fatos observados. Está reservada à filosofia a busca pela verdade.

O ataque de Berkeley a Newton, entretanto, não foi um golpe isolado. No mesmo ensaio, ataca Leibniz, Boyle e Toricelli, principalmente pelo emprego do termo abstrato “força”. Uma década depois, escreve *Alciphron*, sob a forma de diálogo, contra os livres pensadores. Nos três anos seguintes (1732-34), dedica-se ao estudo crítico do cálculo diferencial e integral de Newton, publicado em *O Analista*.

O limite lógico da visão instrumentalista de Berkeley, de acordo com Popper (2007, p.483), é que o problema das propriedades “abstratas”, “ocultas” ou “estruturais” não é resolvido. Se levarmos a navalha nominalista de Berkeley às últimas consequências,

não apenas a dinâmica de Newton, mas a maioria das proposições da linguagem ordinária teria que ser descrita como sem significado no sentido de Berkeley, uma vez que “copo” e, talvez com mais clareza, “água”, embora pertencentes à

linguagem ordinária, são universais genuínos e, portanto, termos abstratos no sentido de Berkeley (Popper, 2000, p.110; *tradução minha*).

A tentativa de Berkeley de distinguir as generalizações observacionais de teorias mais abstratas, meras hipóteses matemáticas (como a teoria de Newton) desconsidera o caráter disposicional e teórico de todo nome universal.

Toda descrição usa nomes (ou símbolos, ou ideias) *universais*; todo enunciado tem o caráter de uma teoria, de uma hipótese. O enunciado “aqui está um copo com água” não admite verificação por qualquer experiência observacional. A razão está no fato de os *universais* que nele ocorrem não poderem ser correlacionados com qualquer experiência sensorial específica. (Uma “experiência imediata” é “imediatamente dada” *apenas uma vez*; ela é única.) (Popper, 2007, p.101).

A premissa racionalista admitida por Popper é a de que proposições só podem ser relacionadas a proposições e não a percepções sensoriais (Cf. Popper, 2007, p.99). Este problema foi elucidado pelo filósofo idealista Jakob F. Fries (1773-1843), ao explicitar que, se não admitirmos dogmaticamente as proposições científicas, teremos então que submetê-las à justificação.

Exigindo, no entanto, que toda proposição seja justificada, a regressão infinita automaticamente se instala. Na tentativa de escapar tanto do dogmatismo, quanto da regressão infinita, resta-nos o psicologismo de aceitar que proposições sejam apoiadas por fatos (e, em última instância, pela experiência sensível imediata).

Assim, o trilema de Fries – dogmatismo vs. regressão infinita vs. psicologismo – tenta registrar a impossibilidade de se contornar a justificação positiva das proposições científicas mediante inferências indutivas¹² (Cf. Popper, 2007, pp.99-100).

Ao enfrentar o trilema de Fries, Popper sugere a distinção entre os aspectos lógicos e metodológicos (relações lógicas objetivas) de aspectos psicológicos (experiências perceptuais e convicções subjetivas) do conhecimento. As proposições básicas singulares (derivadas de uma teoria científica) cumprem, por conseguinte, requisitos lógicos e metodológicos¹³ e não têm relação alguma com experiências perceptuais imediatas e convicções subjetivas. O psicologismo, conseqüentemente, está descartado.

¹² Uma inferência indutiva sacrifica a necessidade e a legitimidade lógica entre duas ou mais proposições por inserir na conclusão um conteúdo informativo que vai além do que está contido nas premissas (Cf. Wesley Salmon, *Lógica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p.8).

¹³ Devem satisfazer, por exemplo, as seguintes condições epistemológicas: “(a) De um enunciado universal, desacompanhado de condições iniciais, não se pode deduzir um enunciado básico; (b) pode haver contradição recíproca entre um enunciado universal e um enunciado básico” (Popper, 2007, pp.107-8).

A relevância de proposições básicas reside na possibilidade de estabelecerem a instância que pode ser comparada com ocorrências físicas singulares. Por decorrerem dedutivamente¹⁴ de conjecturas universais, são aceitas por convenção.

O risco de dogmatismo, no entanto, é inofensivo, uma vez que a qualquer momento que a proposição básica for questionada, poderá ser novamente submetida a novos testes críticos. Cabe ao cientista proceder do melhor modo possível para criticar a conjectura que tem em mãos, ao invés de protegê-la da dúvida (Cf. Popper, 2007, p.105, n.*1).

A regressão infinita, por sua vez, é potencial, contudo inócua, já que o cientista está disposto a derrubar a teoria que é submetida ao teste e não a comprová-la positivamente.

Assim, não é possível considerar uma séria distinção entre uma linguagem que capta experiências de modo puro, sem interferência teórica, e uma linguagem “empírica”, pois

quase todos os enunciados que emitimos transcendem a experiência. Não há uma linha divisória entre uma “linguagem empírica” e uma “linguagem teórica”: *a todo instante estamos teorizando*, mesmo quando emitimos o mais trivial dos enunciados (Popper, 2007, p.483; *grifos do autor*).

A concepção de linguagem¹⁵ que Popper tem é consequência de sua filosofia do conhecimento. No que concerne ao empirismo, a premissa adotada por Popper é que toda experiência, seja ela subjetiva ou objetiva, é impregnada de interpretação. Não há nada no intelecto que não tenha passado pelas expectativas – e que, por conseguinte, não esteja impregnado de teoria.

O papel que a experiência exerce sobre o conhecimento não é o de confirmação, mas de frustração das expectativas: assim como quando tropeçamos no degrau de uma escadaria, é quando a experiência sensível provoca um choque de nossas expectativas que aprendemos, isto é, que corrigimos buscas errôneas.

¹⁴ Uma proposição decorre dedutivamente de outra (que se configura como premissa) quando todo o seu conteúdo já estava contido, ao menos implicitamente, na premissa. A validade lógica de um argumento dedutivo se dá pela seguinte regra: se as premissas são verdadeiras, então a conclusão necessariamente tem que ser verdadeira (Cf. Wesley Salmon, *Lógica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p.8).

¹⁵ Popper acompanha e revisita a divisão que Karl Bühler (1869-1963) faz acerca das funções da linguagem. De acordo com Bühler, há três diferentes níveis ou funções da linguagem: a função expressiva (*Kundgabenfunktion*), a função sinalizadora ou liberação (*Auslösenfunktion*) e a função descritiva (*Darstellungsfunktion*). As funções expressiva e sinalizadora são comuns às linguagens humana e animal; já a função descritiva é, segundo Bühler, própria à linguagem humana e comporta um nível superior às demais. Popper acrescenta a função argumentativa da linguagem, que está um nível acima da função descritiva de um estado de coisas existentes ou não. É por meio da função argumentativa que se expõem as razões críticas da discussão racional. Na acepção de Popper, enquanto as duas primeiras funções são “inferiores” e comuns aos demais organismos não racionais, as funções descritiva e argumentativa são “superiores” e veiculam, respectivamente, a verdade ou falsidade de proposições descritivas e a validade ou invalidade de argumentos (Cf. Popper, 1999, pp.215-6).

O racionalismo de Popper, por sua vez, é prioritariamente crítico e engendra o empirismo como instância da crítica.

No desenvolvimento da ciência, observações e experimentos só desempenham o papel de argumentos críticos, e o desempenham ao lado de outros argumentos que não surgem da observação. É um papel importante, mas a relevância das observações e experimentos depende *inteiramente* de eles poderem ou não ser usados para *criticar teorias* (Popper, 2010, p.29).

Enquanto o erro e a impossibilidade de cunhar justificações positivas são tomados pela modernidade como a fragilidade do conhecimento seguro, tal fragilidade se converte, com Popper, na própria potência da crítica – pois a crítica é a tentativa aberta de buscar o mapeamento dos erros implicados no conteúdo de uma teoria ou assertiva.

Além do limite lógico do nominalismo de Berkeley, há consequências reais contra a tradição renascida com Galileu. É por negar o conteúdo explicativo das teorias científicas e, conseqüentemente, a verdade ou falsidade deste conteúdo que a posição instrumentalista, ancorada no nominalismo linguístico, configura uma visão antirrealista da ciência (como será explanado na seção 3.2).

A descrição da concepção instrumentalista das teorias científicas e de suas implicações reais frente à tradição galileana é apresentada por Popper do seguinte modo:

Por instrumentalismo quero dizer a doutrina segundo a qual uma teoria científica como a de Newton, a de Einstein ou a de Schrödinger deve ser interpretada como um instrumento *e nada mais que um instrumento* de dedução de predições de eventos futuros (especialmente medições) e de outras aplicações práticas; e, mais especialmente, que uma teoria científica não deve ser interpretada como uma conjetura genuína acerca da estrutura do mundo, ou como uma tentativa genuína de descrever certos aspectos de nosso mundo. A doutrina instrumentalista implica que teorias científicas podem ser mais ou menos úteis e mais ou menos eficientes; mas nega que elas possam, como as proposições descritivas, ser verdadeiras ou falsas (Popper, 2000, pp.112-3; *tradução minha*).

Poucas brilhantes exceções posteriores a Berkeley preocuparam-se em compreender e criticar as divergentes concepções filosóficas das teorias físicas. Homens como Mach, Kirchhof, Hertz, Duhem, Poincaré, Bridgman e Eddington defenderam diferentes formas de instrumentalismo (Cf. Popper, 1985, p.127).

Sem sequer suspeitar de que estavam reforçando uma posição filosófica contrária à tradição galileana da busca crítica pela verdade e pela compreensão do *cosmos*, físicos como Niels Bohr e Werner Heisenberg empreenderam um programa antirrealista que se tornou dominante na ciência contemporânea.

PARTE 2

O OBSCURANTISMO DE COPENHAGEN:

A tradição racional cerceada por demônios

Atualmente, a física está em crise. A teoria física é extraordinariamente bem sucedida; produz novos problemas e resolve tanto os antigos como os novos. Parte desta crise atual – a quase permanente reclusão das suas teorias fundamentais – é, em minha opinião, um estado normal de qualquer ciência madura. Mas existe outro aspecto da atual crise: ela é também uma crise de compreensão. Esta crise da nossa compreensão é quase tão antiga como a interpretação de Copenhagen da mecânica quântica.
Karl Popper, 1982.

A chama da vela escorre. Seu pequeno lago de luz tremula. A escuridão se avoluma. Os demônios começam a se agitar.
Carl Sagan, 1995.

O atual domínio da física quântica¹⁶ difere e muito daquela “nova teoria dos quanta”¹⁷ emergente nas três primeiras décadas do século XX. Nas incursões investidas por Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Max Born, Werner Heisenberg e Paul Dirac, os responsáveis pela arquitetura dessa nova teoria, a estrutura dos átomos e, por conseguinte, a natureza da matéria estavam por ser descobertas.

Nos anos 1925-6, a “mecânica quântica” (daqui para frente, MQ) assume a sua forma pelas mãos de Heisenberg, Born e Jordan.¹⁸ Os adeptos da MQ a tomavam como a forma final da teoria eletromagnética da matéria (Cf. Popper, 1989, p.55). O formalismo matemático foi empregado para desenvolver a teoria dos prótons e dos elétrons – a teoria da constituição dos átomos ou modelos atômicos.

¹⁶ Apresentado pelo Prof. Michel Paty (2009, p.51) com a seguinte descrição: “A física quântica é um campo relativamente extenso, pois diz respeito à estrutura profunda da matéria em geral, dos objetos cósmicos aos corpos de nosso ambiente e aos átomos dos quais somos constituídos. Ela assegura a diversidade da matéria na diversidade de suas formas de organização, das associações moleculares de átomos às propriedades dos núcleos atômicos e das partículas elementares que guardam efetiva ou ‘virtualmente’ estas últimas”.

¹⁷ Até pelo menos 1935, a “nova teoria dos quanta” era um segundo nome aceito para a “nova teoria eletromagnética da matéria” (Cf. Popper, 1989, p.55). Convencionou-se chamar de “antiga teoria quântica” os desenvolvimentos e resultados alcançados entre 1900 e 1925 que prepararam a formulação da mecânica quântica.

¹⁸ Três famosos artigos constituem o primeiro formalismo coerente da MQ: Werner Heisenberg, “Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen”, *Zeitschrift für Physik*, **33** (1925), 879-93; Max Born and Pascual Jordan, “Zur Quantenmechanik”, *ibid.*, **34** (1925), 858-88; Max Born, Werner Heisenberg, and Pascual Jordan, “Zur Quantenmechanik II”, *ibid.*, **35** (1926), 557-615.

Apesar das dificuldades concernentes à interpretação do formalismo da nova teoria dos quanta, o alto sucesso prático de suas aplicações favoreceu a vitória da doutrina predominante – a posição ortodoxa de Copenhagen, liderada pelo eminente físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) e endossada pelo seu mais fervoroso discípulo, o físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976).

Com a formulação da MQ, Bohr e Heisenberg convenceram-se de que haviam realizado a última revolução da física (Cf. Popper, 1989, p.27). A superação da física clássica havia atingido o seu estágio final. Suplantando o velho ideal de descrição do mundo, a nova teoria dos quanta estava por tomar a sua forma definitiva e completa.

O que passou despercebido pela maioria dos construtores da física quântica – à exceção de Einstein e Schrödinger – é que a doutrina de Copenhagen continha implícita uma filosofia instrumentalista tão obscurantista quanto aquela lançada por Osiander contra o *De Revolutionibus* de Copérnico; pelo cardeal Bellarmino contra o *Diálogo* de Galileu e pelo bispo Berkeley contra os *Princípios* de Newton. A novidade é que, diferentemente daqueles ataques aos livres pensadores da modernidade, estes foram desferidos pelos próprios admiradores da ciência.

Assim, a ênfase no desenvolvimento do formalismo, aliada ao extraordinário sucesso de suas aplicações, conduziu a uma rejeição sistemática, por parte dos adeptos da doutrina de Copenhagen, da busca por uma compreensão física do formalismo.

A posição ortodoxa de Copenhagen concentrou-se em reforçar a aceitação de dois principais erros: (i) o de que não é possível, tal como na física clássica, a descrição causal da realidade física, devido à impossibilidade de uma distinção entre os objetos atômicos e o observador; e (ii) o de tomar a MQ como definitiva e completa.

O primeiro erro alcança o seu triunfo nas relações de incerteza de Heisenberg (seção 2.1) e no princípio da complementaridade defendido por Bohr (seção 2.2). O segundo erro compreende um sentimento traduzido por Popper como a “tese de fim do percurso” (seção 2.3).

O esforço desta segunda parte do texto consiste em traçar um esboço da forma como Bohr e Heisenberg conquistaram a aceitação de sua interpretação pela grande maioria dos físicos de seu tempo.

Acolhida no Congresso de Solvay (1927), a posição ortodoxa de Bohr e Heisenberg foi disseminada nas décadas seguintes pelos principais centros de física do continente europeu – Copenhagen, Göttingen e Cambridge. Distantes das discussões filosóficas acerca da

emergente teoria dos quanta, os físicos americanos contentaram-se em manter a sua tendência pragmática e aceitar a posição ortodoxa sem problematizá-la.

Ainda que “atualmente”¹⁹ a interpretação de Copenhagen esteja esquecida, os físicos se referem às “partículas elementares” – como, por exemplo, prótons, quarks e “quantões” – como “números quânticos”, “autovalores” dos operadores que representam as grandezas abstratas, sem assumirem um compromisso com um “corpúsculo diretamente visível” (Cf. Paty, 2009, p.72).

Introduzido pelo prof. Mario Bunge em *Philosophy of Physics* (Reidel, 1973)²⁰, “o termo [quantões] designa bem o fato de que essas ‘partículas’ são consideradas como elementos objetivos do mundo real, mas respeitando sua caracterização própria” (Paty, 2009, p.72). Ocorre que “essa caracterização ainda encontra dificuldades em certas áreas”, indicando a “permanência de um debate epistemológico sobre os princípios e os conceitos da teoria quântica” (Paty, 2009, p.72).

O principal aspecto pertinente ao presente trabalho reside na herança deixada pelos defensores da doutrina de Copenhagen ao ensino da ciência – a vitória da visão instrumentalista das teorias científicas (uma das formas do positivismo) e o risco de que, com ela, a tradição galileana caminhe para um novo e permanente eclipse.

2.1 O Programa de Heisenberg

Foi Heisenberg quem levou toda uma geração de físicos a aceitar a ideia absurda de que podemos concluir da mecânica quântica que a “realidade objetiva se evaporou”.
Karl Popper, 1982.

A nova teoria dos quanta provocou entre os físicos da primeira metade do Século XX um profundo cisma filosófico (Cf. Popper, 1989, p.111). Perante o problema de se saber qual interpretação do seu formalismo²¹ é a mais adequada, três tendências principais se configuraram na academia:

¹⁹ Popper (1989, p.28) teceu estas considerações no “Prefácio de 1982” de *Quantum Theory and the schism in Physics* (“Teoria Quântica e o cisma na Física”, Routledge, 1982), terceiro volume do seu *Post Script à Lógica da Pesquisa Científica*, e é a este período que se refere o termo.

²⁰ Que corresponde à versão portuguesa *Filosofia da Física* (Edições 70, 1973), mencionada neste trabalho.

²¹ O problema filosófico suscitado pelo novo formalismo matemático é que, diferentemente das teorias clássicas (mecânica, eletromagnetismo, relatividade, eletrodinâmica), as grandezas da mecânica quântica são abstratas a ponto de não apontarem claramente um referente físico. “Por exemplo, a função de estado Ψ , frequentemente chamada função de onda, não representa uma onda no sentido habitual, pois uma partícula representada por um pacote de ondas não podia permanecer ela mesma no curso de sua propagação em razão do espalhamento de cada uma das ondas que a constituem” (PATY, 2009, p.70).

- (1) Posição ortodoxa de Copenhague – liderada por Niels Bohr e acompanhada pela maioria dos grandes físicos, especialmente Heisenberg, Pauli, Born, Jordan, Alfred Landé, que posteriormente se afastou, e Dirac;
- (2) Posição realista – assumida por Einstein e Schrödinger;
- (3) Rejeição das discussões filosóficas da física por parte das novas gerações de jovens físicos.

Enquanto a posição ortodoxa assumiu o caráter de escola predominante das discussões, os físicos dissidentes buscaram por caminhos distintos uma nova interpretação do formalismo da teoria quântica.

O terceiro grupo de físicos consistiu na grande maioria. Dedicados a programas de superespecialização, “se afastaram das referidas discussões por as considerarem, com razão, como sendo filosóficas e por acreditarem, erradamente, que as discussões filosóficas não têm importância para a física” (Popper, 1989, p.112). Assumiram, além disso, uma atitude de desprezo à geração mais antiga daqueles físicos que mantinham acesos os debates filosóficos acerca dos problemas da ciência física.

Dois aspectos são relevantes a tais dissidências: (a) é consenso entre os físicos que, apesar de a teoria quântica ter um extraordinário sucesso em suas aplicações, uma nova teoria física precisa ser descoberta;²² (b) decorre disto o problema de como investigar tal teoria – com que metodologia realizar tal busca.

Foram considerados dois métodos²³ principais: um que encaminha a pesquisa tão somente para o domínio e a reconfiguração do formalismo matemático, buscando a sua correção e generalização; e outro que privilegia tentativas de interpretar e compreender fisicamente o formalismo, “na esperança de alcançar uma melhor compreensão das suas dificuldades e insuficiências físicas” (Popper, 1989, p.112).

Apesar de não incorrerem em contradição lógica²⁴, ambos os métodos permitiram trajetórias de investigação radicalmente distintas. A decisão entre mexer no formalismo e buscar uma compreensão física da MQ marcou a distinção dos dois grupos ativos – enquanto

²² Wolfgang Pauli (1900-1958) escreve o “Editorial” da *Dialectica* 2, 1948, com esta preocupação: “Todos os físicos concordam que a atual teoria dos quanta, que não basta para explicar a natureza atômica da eletricidade e (...) os valores da massa das partículas ‘elementares’, (...) só pode ter um âmbito de aplicação limitado” (Pauli *apud* Popper, 1989, p.113).

²³ Há uma ampla discussão filosófica acerca do método científico. A concepção de Popper é a de que não há método científico – nem para descobrir uma teoria científica, nem para averiguar a sua verdade ou mesmo para saber se ela é provavelmente verdadeira (no sentido do cálculo de probabilidades). A atitude peculiar ao cientista, bem como ao filósofo, é a atitude crítica, de disposição ao debate racional dos problemas abertos do conhecimento científico. Há, para Popper, problemas, bem como tentativas e conjecturas reais de resolvê-los – como será desenvolvido na parte 3 deste trabalho (Cf. Popper, 2000, p.6).

²⁴ Duas proposições incorrem em contradição quando a verdade de uma implica a negação e, portanto, falsidade da outra. Assim, não podem ser verdadeiras ou falsas ao mesmo tempo – como, por exemplo, admitir que (p) “toda estrela brilha” e (não-p) “algumas estrelas não brilham” sejam ambas verdadeiras.

a posição ortodoxa reservou-se ao primeiro, a posição realista, ciente do legado da tradição galileana, se recusou a abandonar o segundo.

Com a interpretação de Max Born (1882-1970) tornou-se possível alcançar um primeiro formalismo coerente da MQ, apresentado em 1925 (cf. a n.18 acima). Com um sucesso empírico incomum, a nova teoria quântica recebeu de imediato uma aceitação geral por parte da academia.

Grande surpresa gerou-se quando, um ano depois (1926), o físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) propôs uma interpretação equivalente alternativa que ficou conhecida como mecânica ondulatória (*wave mechanics*).

Schrödinger assumiu que um elétron em um átomo pode ser representado com uma nuvem de carga oscilante (*oscillating charge cloud*), envolvida continuamente no espaço e no tempo de acordo com a equação de onda. As frequências discretas no espectro atômico não foram devido às transições descontínuas (saltos quânticos) como na mecânica matricial, mas a um fenômeno de ressonância (Hilgevoord, 2006; *minha tradução*).

Assim, o cenário passou a ter duas teorias concorrentes. Por um lado, Heisenberg, munido com a mecânica matricial, adotara as transições descontínuas (os saltos quânticos) como noção primitiva de seu formalismo. Schrödinger, por outro lado, apostava na mecânica ondulatória por esta ser capaz de representar “os dados observacionais por meio da evolução contínua de processos causais no espaço e no tempo” (Hilgevoord, 2006; *minha tradução*).

Com o objetivo de mostrar que a mecânica matricial poderia trazer semelhante clareza àquela da mecânica ondulatória, Heisenberg desenvolveu as famosas relações de incerteza no artigo “Ueber den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik” (“Sobre o conteúdo visualizável da cinemática e da mecânica da teoria quântica”, 1927).²⁵

O argumento que Heisenberg emprega para chegar às relações de incerteza é parte de um programa epistemológico (Cf. Popper, 2007, p.239). Vale a hipótese operacional segundo a qual expressões, como “a posição de uma partícula”, só possuem significado quando acompanhadas de um experimento adequado pelo qual sejam suscetíveis à medição (Cf. Hilgevoord, 2006). A medida torna-se, assim, o ponto de partida adotado por Heisenberg para significar um conceito físico.²⁶

²⁵ O título de Heisenberg envolve dificuldades não apenas de tradução, como de compreensão da sua própria posição. Esta preocupação é de Jan Hilgevoord (2006), que chama a atenção para o termo “anschaulichen”, traduzido para o inglês por diferentes vezes com significados distintos. Em inglês, a versão standard, criticada por Hilgevoord, é “On the physical content of quantum theoretical kinematics and mechanics”.

²⁶ Dois sentidos são correntemente usados pelos físicos para o termo “medida” – seja no sentido direto de medição física, seja no sentido indireto de operações matemáticas (Cf. Popper, 2007, p.248, n.4). Em *The Logic*

Heisenberg tomou como exemplo a medida da posição de um elétron por um microscópio (Cf. Hilgevoord, 2006). Obtém-se maior ou menor precisão deste tipo de medida pelo comprimento de onda da luz que está incidindo sobre o elétron.

Em princípio, é possível obter uma medida precisa da posição do elétron, usando um comprimento de onda de luz bastante curto, como é o caso dos raios γ . Lidar com raios γ , entretanto, implica considerar o efeito de Compton – a interação do elétron com a luz que o ilumina acarreta a colisão de ao menos um fóton (partícula de luz) com o elétron, provocando uma perturbação em sua dinâmica. Um aspecto relevante da interação física entre o fóton e o elétron é que quanto menor o comprimento de onda dos raios γ , maior a perturbação da dinâmica do elétron.

A leitura que Heisenberg faz de medidas físicas como esta é a de que no instante em que a posição de partícula é conhecida com precisão, nos escapa a possibilidade de conhecer precisamente o seu momento. Heisenberg apresenta a sua primeira descrição das relações de incerteza no seguinte excerto do mesmo artigo:

No instante de tempo em que a posição é determinada, isto é, no instante em que o fóton é disperso pelo elétron, o elétron sofre uma alteração descontínua no momentum. Esta alteração é maior quanto menor o comprimento de onda da luz utilizada, isto é, mais exato da determinação da posição. No instante em que a posição do elétron é conhecida, seu momento, por isso, pode ser conhecido apenas pelas magnitudes que correspondem às alterações descontínuas; assim, quanto mais precisamente a posição é determinada, menos precisamente o momento é conhecido e vice-versa (Heisenberg *apud* Hilgevoord, 2006; *minha tradução*).

Popper situa o princípio de Heisenberg com a seguinte explicação:

Toda medida física envolve troca de energia entre o objeto medido e o aparelho de mensuração (que será, talvez, o próprio observador). Assim, um raio de luz pode ser dirigido sobre o objeto, e uma porção de luz refletida pelo objeto pode vir a sofrer absorção por parte do aparelho de medida. Qualquer troca de energia deste tipo alterará o estado do objeto que, após ter sido medido, se encontrará em condição adversa da anterior. Nesses termos, a medida, por assim dizer, proporciona conhecimento de um estado que acabou de ser destruído pelo processo de mensuração (Popper, 2007, p.240).

O tratamento lógico que Popper dá ao princípio de Heisenberg lhe aplica uma distinção entre as *fórmulas* e a *interpretação* em termos de incerteza (Cf. Popper, 2007, p.247). Com essa distinção, Popper abre a possibilidade de mostrar que uma interpretação não

of Modern Physics (1927), o físico americano Percy W. Bridgman (1881-1965) desenvolve a posição epistemológica de que toda operação física só pode ser levada a cabo mediante instrumentos conceituais pertencentes a um sistema de referência. O significado operacional abrange, de acordo com Bridgman, tanto operações físicas, quanto operações “papel-e-caneta” – que são as operações mentais realizadas na Matemática e na Lógica. O operacionalismo, de acordo com Popper, é uma das formas de instrumentalismo.

decorre necessariamente das fórmulas, mas é apresentada a partir das fórmulas e de suas respectivas aplicações. Uma interpretação, por conseguinte, *pode* estar equivocada.

Heisenberg afirma que a maior precisão possível de medição encontra seu limite pela fórmula

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h ,$$

segundo a qual “a partícula tem uma posição exata e um momento exato (e, portanto, uma trajetória exata), mas que é para nós impossível de medi-las simultaneamente” (Cf. Popper, 2007, pp.242-3). O princípio de incerteza é, de acordo com esta interpretação adotada por Heisenberg, entendido como um limite do nosso conhecimento.

Seu teor filosófico é responsável por mais uma frente da intrusão do subjetivismo na física²⁷ – pela compreensão de que as grandezas atribuídas ao domínio quântico não se referem ao próprio sistema físico, mas àquilo que é e que não é possível conhecer (Cf. Popper, 1999, p. 276). Conhecimento, nesta acepção, também é entendido no sentido subjetivo, como um estado de consciência ou disposição para reagir (Cf. Popper, 1999, p.110).

A partir da significação operacional dos conceitos físicos, Heisenberg conduz os testes no nível atômico certo de que é impossível asseverar acerca da realidade da trajetória de um elétron uma vez que não é possível extrair medições precisas de sua posição e momento simultaneamente. “*Consequentemente, a medida não pode servir de base para as previsões*” (Popper, 2007, p.240) – e é com respeito a esta conclusão que o princípio de Heisenberg provocou abalos sísmicos na concepção clássica da ciência.

No que concerne à testabilidade da teoria quântica, o princípio de incerteza de Heisenberg implica que

qualquer teste que se faça com o objetivo de verificar (*checking*) a trajetória entre dois experimentos [sucessivos] perturbará tanto essa trajetória que os cálculos de trajetória exata se tornam ilegítimos. A propósito desses cálculos exatos, Heisenberg diz: “... é pura questão de gosto querer alguém atribuir qualquer realidade física à calculada história passada do elétron”. Com essas palavras, Heisenberg pretende claramente dizer que esses cálculos de trajetória, insuscetíveis de teste, são, do ponto de vista físico, destituídos de significação (Popper, 2007, p.242).

Com esta citação, fica explícita a imbricação que há, para Popper, entre os testes de uma teoria científica e os pressupostos epistemológicos pelos quais eles são levados a cabo.

²⁷ Além de Heisenberg, Boltzmann e Einstein contribuem para a intrusão do sujeito na física – o primeiro com a teoria da direção do tempo; o segundo por meio de experimentos imaginários dedicados à elucidação da teoria da relatividade (Cf. Popper, 1999, p. 276).

A fórmula de Heisenberg, entretanto, não depende nem do cálculo matricial, nem da mecânica ondulatória, mas pode ser derivada diretamente do postulado do *quantum* de ação de Planck (Cf. Popper, 1999, p.276ss.). Com isto, Popper faz notar que, se a teoria de Planck é de natureza estatística, “as fórmulas de Heisenberg podem ser interpretadas muito naturalmente como *relações de dispersão* estatísticas” (Popper, 1999, p.277; *grifos do autor*).

Isto é, elas nada dizem a respeito da precisão possível de medições, nem nada a respeito de limites a nosso conhecimento. Mas, se são relações de dispersão, dizem-nos alguma coisa a respeito da homogeneidade dos estados físicos de *quantum* e, portanto, embora indiretamente, a respeito da previsibilidade (Popper, 1999, pp.277-8).

Popper defende a tese de que os problemas e paradoxos que permeiam a teoria quântica são devidos ao problema de como interpretar o cálculo de probabilidades. Sua proposta é a de que um sistema formal do cálculo de probabilidades seja suscetível as mais diversas interpretações – como a interpretação lógica, a de medida ponderada e a da teoria dos conjuntos. Com vistas ao problema de se encontrar uma interpretação adequada à teoria quântica, Popper realiza duas tentativas.

A primeira, feita ainda em 1934 na primeira edição da *Logik der Forschung* (traduzida para o inglês apenas em 1959, com o título *The Logic of Scientific Discovery*), é a interpretação da probabilidade em termos de frequências relativas, que atribui a probabilidade de um acontecimento individual interno a uma sequência virtual ou realizável de acontecimentos.

Contra a interpretação subjetiva – “quanto mais precisamente medirmos a posição de uma partícula, menos saberemos acerca de seu momento” – proponho que seja aceita (...) uma interpretação objetiva e estatística das relações de incerteza. Ela poderia ser traduzida da seguinte forma: dado um agregado de partículas e feita uma seleção (no sentido de separação física) daquelas que, a certo instante e com certo grau de precisão, ocupam determinada posição x , encontraremos que seus momentos p_x mostrarão dispersão aleatória; e o âmbito da dispersão, Δp_x , será tanto maior quanto menor for Δx , isto é, o âmbito da dispersão ou imprecisão admitida para as posições. E vice-versa... (Popper, 2007, p.247).

Por seleção física, Popper sugere que, de um conjunto ou agregado de partículas, sejam retiradas todas exceto aquelas que passam por uma abertura Δx (como ilustra a Figura 1). Isola-se, assim, por meio da seleção física um raio monocromático plano de, por exemplo, elétrons de igual momento.

A tentativa de “obter um *agregado de partículas tão homogêneo quanto possível* (...) esbarrará contra o inevitável obstáculo dessas relações de dispersão” (Popper, 2007, p.249). Isto porque “qualquer seleção baseada na posição das partículas equivale a uma interferência

no sistema, resultando em aumento da dispersão das componentes do momento p_x ” (*idem*, p.249). Quanto menor a abertura Δx , maior a dispersão das partículas.

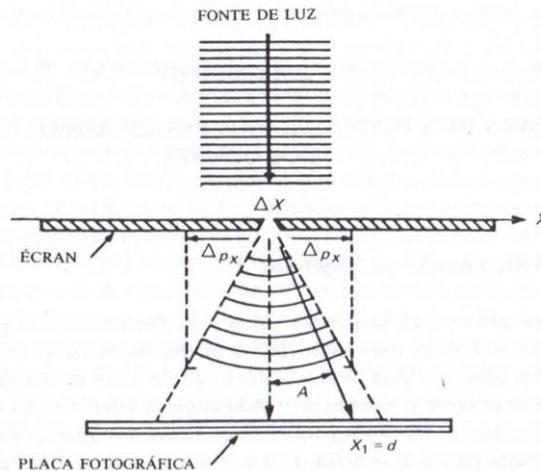


Figura 1 – Teste das relações de dispersão (Fonte: Popper, 1989, p.154).

A segunda tentativa, apresentada pela primeira vez em “The Propensity Interpretation of Probability” (1959)²⁸ é a interpretação da probabilidade em termos de propensões. Esta reafirma a primeira como relações de dispersão.

A única modificação é que vou agora interpretar tal fórmula como sendo um enunciado probabilístico *singular* e, portanto, como determinando a propensão de uma única partícula para a “dispersão”: tal fórmula prevê que a verdadeira dispersão estatística será observada se *repetirmos* a experiência em questão muitas vezes, com uma única partícula de cada vez (Popper, 1989, p.153).

Refinada pela segunda interpretação objetiva de Popper, a fórmula de Heisenberg afirma que “quanto mais estreita for a fenda, maior será a propensão das partículas para se dispersarem” (Popper, 1989, p.154). O observador, por conseguinte, não produz nenhuma interferência nas relações de dispersão, apenas cumpre o papel de testá-las.

Para testar as relações de dispersão, coloca-se uma placa fotográfica que intercepta o percurso da partícula ao passar pela abertura (cf. Figura 1), de modo que a repetição da experiência provoca um escurecimento da placa na região sobre a qual as partículas incidem.

Depois de várias sequências, será possível notar que “o tamanho da região escurecida da placa varia na razão (aproximadamente) inversa, de acordo com as razões de dispersão” (Popper, 1989, p.155). Em outras palavras se aumentarmos o tamanho da abertura, o tamanho

²⁸ *British Journal for the Philosophy of Science* 10, 1959, pp.25-42.

da região escurecida será menor; e se diminuirmos o tamanho da abertura, o tamanho da região escurecida será maior.

Diferentemente das relações de incerteza de Heisenberg, decorre do teste entendido como relações de dispersão três consequências objetivas:

(1) Com o sucessivo número de experiências individuais, a placa fotográfica sofre um escurecimento na região sob incidência. Se tomarmos um caso como exemplo, temos o choque de uma partícula no local x_1 da placa (ver Figura 1), ponto a partir do qual é possível traçar o ângulo A entre a direção do raio monocromático e a direção defletida da partícula. Temos, em seguida, como determinar o momento da partícula na direção x .

Assim, a nossa medição x_1 no espaço posicional pode também, neste caso, ser interpretada como uma medição do momento. Resulta que obtemos a posição e o momento da partícula com uma precisão que excede de longe as relações de indeterminação (Popper, 1989, p.155).

(2) Há um conhecimento de *retrovisão* do *momento* da partícula, uma vez que o percurso da partícula pode ser refeito até a abertura; e um conhecimento de *previsão* da *posição* da partícula, já que ao inserir uma segunda placa após a primeira, “obteríamos uma mancha muito semelhante à primeira – desde que a nossa partícula não fosse absorvida pela primeira placa” (Popper, 1989, p.155);

(3) Contrariamente à tese de Heisenberg, reforçada por Schlick²⁹, de que não seria possível atribuir significação física à retrovisão do percurso da partícula (acerca do qual seria pura “questão de gosto” refazê-lo), Popper sugere que “temos de aceitar a ideia de que o rastro da partícula pode ser reconstituído até a abertura” (Popper, 1989, p.155).

Com a interpretação das relações em termos de dispersão, desse modo, é possível prever que com a contração da abertura, aumenta a dispersão do momento.

Devemos, por isso, testar a dispersão imediatamente após (na nossa figura, em baixo) *a fenda. Só o podemos fazer reconstituindo o percurso da partícula até a fenda. Isto mostra que os cálculos de retrovisão que o formalismo permite não são redundantes e sim necessários para testar a afirmação efetuada acerca das relações de dispersão* (Popper, 1989, p.155).

A tese norteadora de Popper para corrigir o subjetivismo de Heisenberg é a de que a tarefa do cientista experimental, seja na física clássica, seja na teoria dos quanta, é a mesma: testar a teoria.

²⁹ “Quanto a mim, preferiria exprimir-me de maneira mais categórica, e isto em plena concordância com a intuição fundamental de Bohr e do próprio Heisenberg (intuição esta que considero inatacável). Se um enunciado sobre o lugar de um elétron não é verificável em dimensões de átomo, não podemos reconhecer significado algum a tal enunciado. Torna-se impossível falar da ‘trajetória’ de uma partícula entre dois pontos nos quais ela foi observada” (Schlick, 1975, pp.37-8).

Sumarizando, não há razão para que, de modo algum, se duvide do caráter realista e objetivista de toda a física. O papel desempenhado pelo sujeito observador na física moderna não é de maneira alguma diferente do que ele desempenhou na dinâmica de Newton ou na teoria de Maxwell sobre o campo elétrico; o observador é, essencialmente, o homem que testa a teoria. Para isto, ele necessita de uma porção de outras teorias, teorias concorrentes e teorias auxiliares (Popper, 1999, p.279).

A teoria quântica não implica interpretações subjetivistas, mas é tão objetiva quanto a física clássica. O estatuto de uma teoria científica, por sua vez, continua sendo o mesmo para Popper – depende de fatores como o poder explicativo, a testabilidade e a universalidade (como será desenvolvido na Parte 3 deste trabalho). E a preparação de uma experiência ou arranjo experimental, por sua vez, continua dependendo de teorias (Cf. Popper, 1989, p.58).

Àquela altura, no entanto, a intromissão do subjetivismo na física agravou a crise de sua compreensão. A busca pela “verdadeira constituição do mundo” sofreu – perante a aceitação das relações de incerteza de Heisenberg – sérios questionamentos. A confusão se estabelece quando, cerca de dois anos depois (1927), Bohr apresenta um novo princípio para condensar ainda mais o nevoeiro.

2.2 Bohr e o princípio da complementaridade

A perspectiva instrumentalista é hoje em dia largamente tida por certa, mas sua vitória foi preparada pela interpretação de Bohr da teoria dos quanta.

Karl Popper, 1956.

A confusão que Bohr e Heisenberg fizeram entre a situação física objetiva e “o observador” gerou a interpretação de que, com a física quântica, o velho ideal da física clássica de buscar descrever a realidade objetiva teria que ser abandonado. A MQ, conseqüentemente, provocou o afastamento da busca pela verdade como objetivo da ciência.

Esta é a visão que a posição ortodoxa Bohr-Heisenberg gerou. O físico alemão Walter Heinrich Heitler (1904-1981) registra a sua preocupação ao escrever “The departure from classical thought in modern physics” (1949). Convencido da doutrina de Copenhagen, Heitler busca esclarecer a impossibilidade de uma separação clara entre o sujeito experimentador e o objeto medido.

A separação do mundo em uma “realidade externa objetiva” e “nós”, os espectadores autoconscientes, já não pode ser mantida. Objeto e sujeito tornaram-se inseparáveis um do outro. A sua separação é uma idealização que [a] mantém – aproximadamente – onde a física clássica mantém (Heitler, 1949, p.194-5; *minha tradução*).

Em *The Physical Principles of Quantum Theory* (1930), Heisenberg compõe uma imagem da forte dissidência que a física de seu tempo está provocando. Nas suas palavras,

particularmente característica das discussões seguintes é a interação entre observador e objeto; nas teorias da física clássica, sempre se admitiu que ou esta interação é desprezível ou então que o seu efeito pode ser eliminado dos resultados pelos cálculos baseados nos experimentos de “controle”. Esta suposição não é permissível na física atômica (...) devido às alterações descontínuas características dos processos atômicos (Heisenberg, 1949, p.3; *minha tradução*).

Bohr formulou a sua renúncia pela busca da descrição e compreensão da realidade física com o princípio da complementaridade, a pedra de toque da posição ortodoxa de Copenhague (Cf. Bunge, 1973, p.180).

Ainda que obscuro e densamente anuviado, o princípio da complementaridade foi recebido pela academia com a expectativa de que fosse tão frutífero quanto o princípio da correspondência, apresentado por Bohr quatro anos antes (Cf. Popper, 1982, p.128).

Em sua “*Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics*” (1949), Bohr resume o seu esforço empenhado para clarificar algumas dificuldades especiais no campo da experiência de nível atômico.

Para este propósito, é decisivo reconhecer que, *por mais que os fenômenos transcendam o âmbito de explicação da física clássica, a constituição de todas as evidências pode ser expressa em termos clássicos*. O argumento é, simplesmente, que pela palavra “experimento” nós nos referimos a uma situação na qual podemos dizer aos outros o que fizemos e o que aprendemos e que, portanto, a explicação do arranjo experimental e dos resultados das observações podem ser expressadas em uma linguagem inambígua, com aplicação adequada da terminologia da física clássica (Bohr, 1949, p.209; *minha tradução; grifos do autor*).

Adotar o princípio da complementaridade, continua Bohr, acarreta uma dependência entre a situação física dos objetos atômicos e os instrumentos de medição durante o teste da teoria:

Este ponto crucial, que veio a se tornar um dos temas principais das discussões apresentadas a seguir, implica a *impossibilidade de qualquer separação nítida entre o comportamento dos objetos atômicos e a sua interação com os instrumentos de medição que servem para definir as condições sob as quais os fenômenos aparecem* (Bohr, 1949, pp.209-210; *minha tradução*).

A aceitação do princípio de complementaridade de Bohr, no entanto, não trouxe esclarecimentos ao nevoeiro de dificuldades de se interpretar fisicamente o formalismo. Promoveu, ao contrário e com sucesso, a opção por abandonar a busca por uma compreensão física da MQ.

Sequer a sua formulação continha clareza suficiente para ser compreendida. Mesmo Einstein declara: “apesar do grande esforço que tenho empenhado nela (...) tenho sido incapaz

de alcançar (...) uma aguçada formulação [do princípio da complementaridade]” (1949, p.675; *minha tradução*).

Uma exposição mais acessível à complementaridade defendida por Bohr é apresentada pelo prof. Michel Paty (2009, p.74) com a seguinte estrutura: “as propriedades de um sistema físico não podem ser pensadas independentemente de suas condições de observação” por duas razões – (i) mesmo a teoria quântica exige grandezas da física clássica, dado o “caráter macroscópico dos dispositivos de observação e de medida”; (ii) o sistema quântico, por sua vez, só pode ser conhecido na sua interação com o instrumento de medida.

Com a aceitação quase universal da complementaridade – à exceção de Einstein, Schrödinger e Pauli, que se viram insatisfeitos com a interpretação defendida por Bohr – admitiu-se como opinião geral que a nova teoria dos quanta, acompanhada de seu formalismo, se afasta da busca pelo velho ideal da descrição causal do mundo físico, uma vez que a distinção moderna entre sujeito e objeto já não possui mais sentido.

De fato, a *interação finita entre o objeto e as agências de medição*, condicionadas pela própria existência do quantum de ação, implica – devido à impossibilidade de controlar a reação do objeto sobre os instrumentos de medida, considerando que existem para servir a este propósito – a necessidade de uma renúncia definitiva do ideal clássico de causalidade e a revisão radical de nossa atitude para com o problema da realidade física (Bohr, 1949, pp.232-233; *minha tradução*).

Com o princípio da complementaridade, Popper entende que Bohr reforça a novidade trazida pela MQ em relação à Física Clássica pelo fato de aquela não ser “compreensível” no mesmo sentido em que o era na modernidade. Na visão de Popper, Bohr entendia que

parte da compreensão era alcançada por via do clássico “modelo de partículas” e parte por via do clássico “modelo ondulatório”; os dois modelos eram incompatíveis e constituíam o que Bohr chamava de *complementaridade*. Não havia esperanças de chegar a uma compreensão mais completa ou mais direta da teoria; exigia-se “renúncia” a qualquer tentativa de compreensão mais cabal (Popper, 1977, p.101).

Popper frisa o termo “renúncia” pelo seu sucessivo emprego no artigo referido de Bohr (ver 1949, pp.202; 206; 211; 232). A posição do físico dinamarquês é a de que se deve “renunciar” o modo causal de descrição da realidade física, próprio à Física Clássica e não à teoria quântica.

Podemos entender um pouco melhor esta relação que, erroneamente, se estabeleceu entre a descrição causal e a compreensão da realidade física com o texto “A causalidade da física atual” (“Die Kausalitaet in der gegenwartigen Physik”, 1931) escrito por Moritz Schlick (1882-1936) cerca de quatro anos após Heisenberg formular o princípio de incerteza.

Líder de um grupo que ficou conhecido como Círculo de Viena, Schlick é um dos grandes pensadores de referência para a formação das primeiras gerações de físicos na Alemanha do Século XX. Apesar de se dedicar ao amadurecimento filosófico da sua compreensão da ciência física, foi responsável por endossar a redução da reflexão filosófica à análise lógica da linguagem, tese central dos membros do Círculo. Para Schlick, o interesse do filósofo é satisfazer “os cânones da lógica”, em contraposição ao do físico, que busca o “progresso do conhecimento da natureza” (Cf. Schlick, 1975, p.21).

Considerando estes aspectos, podemos nos atentar a como Schlick refere-se explicitamente à relação entre a descrição causal e o conhecimento ou nossa compreensão da realidade física na seguinte passagem:

É certo que somente mediante reflexões causais chegamos a dar aos conhecimentos o seu lugar definitivo nas realidades físicas espaço-tempo, enquanto partindo das realidades fenomênicas espaço-tempo – as quais representam a ordem natural das nossas vivências – fazemos a transição para o mundo físico (Schlick, 1975, p. 12).

Schlick toma a causalidade como indicação da existência de uma lei segundo a qual há “uma ‘dependência’ entre quaisquer eventos” (1975, p.10). O princípio de causalidade, por sua vez, afirma que “*tudo* no universo acontece segundo a lei” (*ibidem*; grifo do autor).

Com esta distinção³⁰, o físico alemão propõe-se a investigar não a questão da validade do princípio, mas “o problema da significação da palavra ‘causalidade’” (Cf. Schlick, 1975, p.11).

A ordenação dos acontecimentos no tempo³¹ é a propriedade da realidade física que, de acordo com Schlick, possibilita uma “lei natural”. Segue-se daí que “toda e qualquer ordem de acontecimentos no sentido temporal, qualquer que seja a sua espécie, deve ser entendida como uma relação causal” (1975, p.12), pois, do contrário, haveria somente o caos e a irregularidade.

Dado que a relevância da causalidade para os físicos reside na possibilidade de previsão, a incompatibilidade entre a causalidade e a teoria dos quanta se dá pela impossibilidade de *previsões* no domínio quântico (Cf. Schlick, 1975, p. 22).

³⁰ Schlick menciona que esta distinção coincide com aquela feita por Hans Reichenbach (1851-1953) em *Die Kausalstruktur der Welt* (“A Estrutura Causal do Mundo”, 1925) entre “forma de implicação” e “forma de determinação da hipótese causal”. A primeira é da ordem do estabelecimento de leis na Física; a segunda identifica-se com o determinismo causal (Cf. Schlick, 1975, p.11).

³¹ A ordenação dos acontecimentos se dá na dimensão temporal, e não espacial, da realidade. “As regularidades em sentido espacial, se as houvesse, denominar-se-iam ‘leis da coexistência’” (Schlick, 1975, p.12).

A correção que Popper realiza nesta relação errônea entre a descrição causal e a compreensão física do formalismo se dá pela tese da natureza probabilística da teoria quântica:

Não há razão alguma para aceitar a interpretação subjetivista de Heisenberg, ou a de Bohr, da mecânica do quantum. A mecânica do quantum é uma teoria estatística porque os problemas que tenta resolver – intensidades espectrais, por exemplo – são problemas estatísticos. Não há, por conseguinte, necessidade aqui de qualquer defesa filosófica de seu caráter não causal (Popper, 1999, p.278).

Não se trata, assim, de descrições causais do mundo macro. De acordo com Popper, o que distingue a teoria quântica da física clássica é o tipo de problema a que se propõe a resolver. Os problemas que suscitaram e continuam provocando o desenvolvimento da teoria quântica são de natureza probabilística; é por isso que suas teorias – apresentadas como tentativas de resolvê-los – são teorias probabilísticas.

O empenho de Popper é o de mostrar que a missão da ciência física e da filosofia natural – alimentada pela tradição galileana – não pode se perder por confusões de ordem epistemológica.

É na noção de “compreensão” que Popper situa a falha, por parte de Bohr, de caracterizar a MQ como incompreensível nos mesmos termos que a Física Clássica. O que Bohr entendia pelo termo “compreensão” estava relacionado a figuras e modelos que permitem uma espécie de visualização da teoria (Cf. Popper, 1977, p.101).

Por compreensão física do formalismo, Popper (1989, p.114-5) sugere que seja considerada, não a construção de modelos, imagens ou metáforas que facilitam e familiarizam a aceitação do formalismo, mas a tentativa de resolver os problemas e as insuficiências da construção matemática por uma interpretação física que possa ser criticada em termos racionais.

Para Popper, a interpretação física requer a compreensão objetiva não de figuras, mas “da força lógica de uma teoria: seu poder explicativo, as relações que mantém com outras teorias e com problemas relevantes” (Popper, 1979, p.101). As relações lógicas de uma teoria – suas implicações para com outras teorias, bem como para com situações problemáticas relevantes – pertencem ao mundo do conhecimento objetivo, ao Mundo 3.

Assim, à luz da teoria dos Três Mundos, podemos redimensionar o problema da compreensão afirmando que a compreensão de uma situação problemática se dá por meio dos objetos ou habitantes do Mundo 3, isto é, de redes de teorias, argumentos críticos e do próprio problema sob o holofote de investigação (Cf. Popper, 1999, p. 158).

Consequentemente, o conjunto de habitantes teóricos abrigados sob o guarda-chuva “compreensão” não se restringe às acepções subjetivas de figuras e imagens que dão certo ar de compreensão, mas envolve entidades teóricas, objetivas e reais. Na formulação de Popper, “todo ato de compreensão está amplamente ancorado no Mundo 3” (1999, p.158).

Este é um dos aspectos que aponta para a fragilidade filosófica do princípio advogado por Bohr. Outro, também de caráter lógico, é o de que a complementaridade é assumida, na acepção de Popper, como *ad hoc* perante as dificuldades de compreensão da MQ. O seu papel principal é o de evitar as discussões críticas em busca de uma interpretação física do formalismo – é não criticável e, conseqüentemente, irracional (1989, p.115).

Considerada a sua relevância para a tradição galileana, o problema de compreender as teorias da física redimensiona e esclarece a decisão filosófica de Bohr de assumir um ponto de vista compatível apenas com o instrumentalismo:

(...) o instrumentalismo não pode explicar a importância que representa para a ciência pura a experimentação rigorosa mesmo das implicações mais remotas das suas teorias; não tem condições de justificar o interesse que o cientista puro tem pela veracidade e falsidade das teorias. Contrastando com a atitude altamente crítica do cientista puro, a posição do instrumentalismo (como a da ciência aplicada) é complacente no que concerne o êxito de suas aplicações (Popper, 1982, p.141).

O erro cometido por Bohr e sua escola foi aceitar, com o sucesso das aplicações do princípio de complementaridade, a doutrina instrumentalista. Substituiu, assim, a busca da verdade pela aplicabilidade e pelo desempenho preditivo de suas teorias, seus preciosos instrumentos.

(...) o partido ortodoxo representa, na sua atitude relativamente à teoria dos quanta, uma teoria filosófica da natureza da ciência que implica a futilidade, por parte dos dissidentes, de compreender. É a ideia de que não há nada para compreender: de que não podemos fazer mais do que *dominar o formalismo matemático* e aprender a *aplicá-lo* (Popper, 1989, p.113; *grifos do autor*).

O sucesso das aplicações de uma teoria científica não pode ser a principal razão para adotá-la a qualquer custo. Considerar apenas o formalismo matemático e a aplicabilidade de uma teoria científica acaba por admitir, ainda que não de modo consciente, a visão instrumentalista.

Juntos, Heisenberg e Bohr conduziram a uma rejeição sistemática da busca pela “verdadeira constituição do mundo” e, conseqüentemente, da compreensão física da teoria atômica.

2.3 Chegamos ao fim do percurso?

Outra fonte da atual crise da física é a persistência da crença de que a Mecânica Quântica é definitiva e completa. E a razão mais forte da minha oposição à interpretação de Copenhague reside na pretensão que esta interpretação tem quanto a um estado definitivo e completo.
Karl Popper, 1982.

Convencidos de terem alcançado os limites do conhecimento que se poderia ter das interações atômicas – seja pela impossibilidade de se obter simultaneamente com precisão a posição e o momento de uma partícula; seja pela “impossibilidade de qualquer separação nítida entre o comportamento dos objetos atômicos e a sua interação com os instrumentos de medição” (Bohr, 1949, p.209) – Heisenberg e Bohr enxergaram (ainda que com tonalidades diferentes) a MQ como a última revolução da física, a revolução por se dar de modo definitivo e completo. Era, para eles, o fim do percurso (Cf. Popper, 1989, p.27).

Popper suspeita de que essa visão intuitiva da nova teoria quântica como a teoria completa e final provocou no próprio Heisenberg a impressão de que havia alcançado a verdade definitiva. Heisenberg toma a visão intuitiva da simplicidade como “o critério mais importante da verdade”, a visão de uma “simplicidade iluminadora” que “mesmo no fim” ilumina todas as dificuldades (Cf. Popper, 1989, p.29).³²

A tese do fim do percurso³³ – que consistiu no pano de fundo do debate titânico entre Einstein e Bohr – suscitou, para Einstein, o problema de saber se a MQ era, de fato, uma descrição *completa* da realidade física (Cf. Popper, 1989, p.29). Bohr e a escola de Copenhague acreditavam que sim; com uma relutância crítica, Einstein afirmava que não.

O marco das posições divergentes é o par de artigos “*Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?*” – sendo o primeiro escrito por Einstein, B. Podolsky e N. Rosen³⁴ em março de 1935; e o segundo escrito quatro meses depois por Bohr³⁵ em resposta ao primeiro.

Em sua “Reply to criticisms” (1949), Einstein se dispõe a revisitar o debate. O cientista-filósofo reconstitui com cuidado as posições divergentes e torna explícita a ampla aceitação que Bohr e a ortodoxia de Copenhague haviam conquistado.

³² Os excertos entre aspas são de Heisenberg, extraídos por Popper de *Der Teil und das Ganze* (“A parte e o todo”, 1969), p.138.

³³ Popper (1989, p.29) acentua que a expressão “endgültig”, cunhada por Heisenberg em *Der Teil und das Ganze* (*A parte e o todo*, Rio de Janeiro: Contraponto, 1996) carrega “o sentimento de ter alcançado a solução final”, que a tradução inglesa para “*finally valid*” é incapaz de transmitir. É a partir termo alemão que Popper denomina a tese de “fim do percurso” (*the end of the road*).

³⁴ *Physical Review* **47**, 1935, pp.777-80.

³⁵ *Physical Review* **48**, 1935, pp.696-705.

Chego agora ao que provavelmente é o assunto mais interessante, que deve ser absolutamente discutido em conexão com os argumentos detalhados dos meus altamente estimados colegas Born, Pauli, Heitler, Bohr e Margenau. Todos eles estão firmemente convencidos de que o enigma da natureza dupla de todos os corpúsculos (caráter corpuscular e ondulatório) tenha encontrado, em essência, sua solução final na teoria quântica estatística. Com base no sucesso desta, consideram provado que uma descrição teoricamente completa de um sistema pode, em essência, envolver apenas asserções estatísticas concernentes a quantidades mensuráveis deste sistema (Einstein, 1949, p.666; *minha tradução*).

A atitude de Einstein, perante o positivismo de Copenhagen, é “considerada um sinal do seu conhecimento não completamente suficiente, (...) da sua reserva antiquada que o levou a perder o contato com a MQ” (Popper, 1989, p.30).

Em sua introdução a *The Born-Einstein Letters* (Macmillan, 1971), Heisenberg torna explícita esta visão:

...no curso do progresso científico pode acontecer que uma nova gama de dados empíricos seja completamente compreendida apenas quando o enorme esforço é feito para ampliar esta estrutura e para alterar a própria estrutura dos processos de pensamento. No caso da mecânica quântica, Einstein aparentemente não estava disposto a dar o passo ou, talvez, não era mais capaz para fazê-lo (Heisenberg, 1971, p. x; *minha tradução*).

Antes de afirmar este excerto, Heisenberg descreve como acabou se distanciando de Einstein. O motivo, para ele, era a resistência, por parte de Einstein, de aceitar a MQ como o estágio final da física.

[Einstein] também pode estar disposto a admitir, ao menos por enquanto, que a interpretação estatística da função de onda de Schrödinger, como formulada por Born, teria que ser aceita como uma hipótese. Mas Einstein não quis reconhecer que a mecânica quântica representa uma descrição final e menos ainda uma descrição completa destes fenômenos (Heisenberg, 1971, pp. ix-x; *minha tradução*).

O que os ortodoxos entendem como uma incapacidade, por parte de Einstein, de acompanhar os recentes desenvolvimentos da MQ, Popper considera como uma disposição crítica e, portanto, francamente racional perante o avanço do conhecimento, seja no que concerne à teoria quântica, seja para com qualquer teoria científica.

De fato, Einstein nunca admitiu nenhuma de suas descobertas como “definitivamente válida” ou como a solução final da física. Pelo contrário, manteve uma autocrítica constante e irreduzível dos seus feitos: tomou a sua teoria dos fótons como provisória, embora tenha percorrido com ela “quase ao limiar da teoria das ondas da matéria, isto é, ao alargamento da dualidade partícula/onda da teoria da luz à teoria da matéria” (Popper, 1989, p.29); considerou a sua teoria da relatividade restrita insatisfatória e a teoria da relatividade geral chamou de efêmera (Cf. Popper, 1989, p.29).

Não é por estar praticamente sozinho em defesa de uma posição – que, sistematicamente, estava sendo rejeitada pela grande maioria dos físicos teóricos de seu tempo – que Einstein abre mão daquilo que lhe é caro: da distinção entre uma realidade objetiva, existente de modo independente das teorias, e da pretensão que as teorias físicas têm de corresponder com esta realidade objetiva, isto é, a pretensão de uma descrição verdadeira do mundo (Cf. Einstein, Podolsky & Rosen, 1935, p.777; ver epígrafe deste trabalho).

Tão firme quanto os ortodoxos de Copenhague, Einstein reafirma as suas razões para manter-se aquém do programa Bohr-Heisenberg:

No que se segue, desejo apresentar as razões que me mantêm de cair em acordo com a opinião de quase todos os físicos teóricos contemporâneos. Estou, de fato, firmemente convencido de que o caráter essencialmente estatístico da teoria quântica contemporânea consiste unicamente em atribuir ao fato de que esta [teoria] opera com uma descrição incompleta dos sistemas físicos (Einstein, 1949, p.666; *minha tradução*).

A razão crítica apresentada por Einstein mais relevante ao nosso estudo é de natureza filosófica: o que é inaceitável para Einstein, tal como para Popper, é, sobretudo, a pretensão positivista dos ortodoxos de Copenhague por uma descrição completa da realidade física – positivismo este presente em Berkeley e espalhado pelas mãos de Ernst Mach (1838-1916) na Alemanha do século XIX e por Bertrand Russell (1872-1970) nas Ilhas Britânicas (Cf. Popper, 1989, p.24).

O que não me satisfaz nesta teoria, do ponto de vista do princípio [de Heisenberg], é a atitude em direção aquilo que me parece ser o alvo programático de toda a física: a descrição completa de qualquer situação (individual) real (como supostamente existente de modo independente de qualquer ato de observação ou justificação). Toda vez que o físico moderno, de inclinação positivista, ouve tal formulação, sua reação é a de um sorriso compassivo (Einstein, 1949, p.667; *minha tradução*).

Einstein caricatura o físico de seu tempo, de inclinação positivista, como aquele que, perante os que não aceitam o caráter completo da MQ, questiona atônito: “como é possível que uma pessoa razoável possa ainda hoje refutar nosso conhecimento essencial” de que a MQ é uma descrição completa da realidade física? (Einstein, 1949, p.667). Esta é – se espanta o físico ortodoxo – a “grande conquista epistemológica dos físicos no último quarto do século” (Einstein, 1949, p.667).

Tendo em conta, no entanto, a sua alta estima por Einstein, Popper mostra que a postura de Einstein nem sempre foi essa. O seu artigo de 1905, “Zur Elektrodynamik

bewegter Körper”³⁶, pode ser lido quer à luz de uma visão realista, quer de uma visão positivista ou operacionalista (Cf. Popper, 1977, p.104).

É curioso notar que o próprio Einstein foi, durante vários anos, um positivista e um operacionalista dogmático. Mais tarde, afastou-se dessa posição: ele me disse, em 1950, que não lamentava outros erros quanto lamentava esse (Popper, 1977, p.105).

Popper teve três encontros com Einstein em Princeton no ano de 1950, “o maior e mais duradouro impacto recebido durante a visita” (Popper, 1977, p.137). Convidado a participar de um seminário, Popper foi apresentado a Einstein por Paul Oppenheim (1885-1977), antes de proferir a palestra “Indeterminism in Quantum Physics and in Classical Physics”.

Mas já em setembro de 1935, em uma carta a Popper, Einstein registra a sua rejeição à pretensão positivista da interpretação de Copenhagen:

Não me agrada absolutamente a tendência “positivista”, ora em moda (*modische*), de apego ao observável. (...) penso (como o senhor, aliás) que a teoria não pode ser fabricada a partir de resultados de observação, mas há de ser inventada (Einstein, 2007, p.525).

A resistência de Einstein, assim, não se resume à defesa de uma posição ilhada, pois é consciente o suficiente para perceber os riscos que cerceiam a ciência física ceder a vitória aos ortodoxos de Copenhagen.

O que me dá aversão neste tipo de argumentação é a atitude positivista básica que, do meu ponto de vista, é indefensável e que me parece ser a mesma coisa que o princípio de Berkeley, *esse est percipi*. “Ser” é sempre algo que é mentalmente construído por nós, isto é, algo que nós livremente colocamos (no sentido lógico) (Einstein, 1949, p.669; *minha tradução*).

De acordo com o princípio de Berkeley, é real apenas aquilo que é percebido pelos sentidos – as qualidades secundárias dos objetos – em contraposição às qualidades primárias que, sendo insuscetíveis à percepção sensível, podem no máximo ser inventadas pela imaginação (Cf. Bunge, 2010, p.77).

Levando à risca o princípio de Berkeley, teríamos que colocar em questão tudo o que escapa à observação e à medição direta, não apenas as relações inobserváveis, como também o caráter hipotético ou conjectural das teorias científicas (Cf. Popper, 1975, p.405). Pois é esta a tentativa de Berkeley ao relegar a teoria de Newton ao estatuto de um mero instrumento de previsão e de aplicação. Por não ser real (que provém da percepção sensível), mas hipotética

³⁶ *Annalen der Physik*, 4ª série **17**, 891-921; traduzido para “On the Electrodynamics of Moving Bodies” em Albert Einstein *et. al.*, *The Principle of Relativity*, Nova Iorque: Dover, 1923 (Cf. Popper, 1977, p.223, n.143).

(que resulta de uma concepção), uma teoria não pode ter a pretensão de uma descrição real, isto é, verdadeira, do mundo.

Aceito a concepção (implícita na teoria clássica da verdade: a teoria da correspondência) de que deveríamos chamar “real” a um estado de coisas se, e somente se, o enunciado que o descreve é verdadeiro. Mas, seria um erro grave concluir disso que a incerteza de uma teoria, isto é, seu caráter hipotético ou conjectural, diminua de alguma maneira sua *pretensão* implícita de descrever alguma coisa real (Popper, 1975, pp.405-6).

Não é por ser conjectural ou hipotética que uma teoria não está comprometida com a máxima aproximação possível de uma descrição verdadeira da realidade física (ou parte dela). Isto porque “uma conjectura *pode* ser verdadeira e, deste modo, descrever um estado de coisas real”, como pode ser falsa e, conseqüentemente, contradizer um estado de coisas real (Cf. Popper, 1975, p.406).

Nossos falseamentos indicam, portanto, os pontos em que tocamos a realidade, por assim dizer. E nossa última e melhor teoria sempre é uma tentativa de incorporar todos os falseamentos já encontrados no campo, explicando-os da maneira mais simples; e isto significa (...) da maneira mais testável possível (Popper, 1975, p.406).

Com a falseabilidade, a testabilidade e a noção de níveis de profundidade da realidade, Popper propõe, em correção crítica ao essencialismo e ao instrumentalismo, um terceiro ponto de vista acerca do conhecimento humano, um “essencialismo modificado” no qual as observações indiretas são tão reais quanto os acontecimentos diretamente observáveis. Temos, assim, o tópico da Parte 3 deste trabalho.

PARTE 3

EM DEFESA DA TRADIÇÃO RACIONAL:

A ciência como uma vela acesa no escuro

Haverá algum perigo de que o crescimento da ciência se detenha por ter ela completado a sua tarefa? Penso que não, porque nossa ignorância é infinita. O perigo de “completarmos” nosso conhecimento não é real – entre os perigos reais estão a falta de imaginação (que decorre às vezes da falta de interesse autêntico), a crença perversa na formalização e na precisão (...), o autoritarismo em uma das suas múltiplas formas.

Karl Popper, 1963.

Ao rejeitar a busca pela explicação essencial ou última de um mundo real que se esconde por trás do mundo ordinário das aparências, o instrumentalista dissecou o papel das teorias científicas a meros instrumentos de previsão e de aplicação – e nada mais do que isso. O instrumentalismo – que é uma das múltiplas formas do autoritarismo ou do positivismo – torna-se, assim, tão inaceitável quanto o próprio essencialismo.

Sub-reptícia à interpretação de Copenhagen da teoria quântica, a concepção instrumentalista tem a sua expressão máxima com o princípio da complementaridade apresentado por Bohr. Quando os físicos, no entanto, se derem conta de que tal princípio é *ad hoc* – de que a sua função é justamente a de evitar a crítica e impedir a discussão de interpretações físicas da MQ – poderão, então, entender por si mesmos que a estrutura da teoria quântica não lhes exige a adoção da concepção instrumentalista (Cf. Popper, 1982, pp.141-2).³⁷

O problema é que o princípio da complementaridade perdeu, com o passar do tempo, o seu brilho e o instrumentalismo, entretanto, enraizou-se de tal modo na física que se tornou a visão oficial da ciência contemporânea e a doutrina dominante do seu ensino (Cf. Popper, 1982, p.127).³⁸

Preocupado com uma vitória que sequer passou pelo debate – o que nos leva a inferir que o princípio da complementaridade teve o seu triunfo – Popper sugere que, se quisermos

³⁷ Popper desenvolve este argumento em 1956, que se mostra insuficiente com o passar dos anos. Mesmo sem precisar fazer referência ao princípio da complementaridade, a concepção instrumentalista se tornou, cerca de trinta anos depois, a visão oficial da ciência – como escreve Popper no “Prefácio de 1982” à obra *Teoria dos Quanta e o Cisma na Física* (1989).

³⁸ “Para os físicos de hoje [2007], falar de *complementaridade* para definir e descrever um sistema significa simplesmente considerar de início *uma* das grandezas incompatíveis ou complementares de maneira exclusiva e, em seguida, a *outra*, para uma descrição independente do sistema” (Paty, 2009, p.73).

evitar correr o risco do declínio permanente da tradição galileana, da busca pela “verdadeira constituição do mundo”, teremos que optar por uma terceira concepção do conhecimento científico como alternativa ao essencialismo e ao instrumentalismo.

As três seções a seguir pretendem configurar esta terceira concepção do conhecimento científico, que é a própria visão de ciência sugerida por Popper, inseparável de sua visão de filosofia. Temos um roteiro desafiador, necessariamente insuficiente. Assim, os aspectos escolhidos buscam colocar em relevância o esforço empenhado por Popper para desenraizar o dogma positivista da ciência contemporânea, calcado no discurso antimetafísico (explanado na seção 3.1) e antirrealista de teorias (seções 3.2 e 3.3).

3.1 A refutação como atitude crítica

Assim como as obras de arte e os produtos da tecnologia, as teorias científicas são feitos humanos, frutos da tentativa de compreender o universo físico. Compartilham ainda com os mitos, com a arte e até mesmo com a pseudociência a fase criativa da ousadia imaginativa, da fantasia, da “intuição criadora”³⁹ (de Bergson), da descoberta.

A fase criativa e, mais especialmente, o elemento da descoberta, são tomados, na visão que Popper tem de ciência, não no sentido de que mereçam uma análise lógica ou uma “reconstrução racional” de como surge uma nova ideia, mas no âmbito da atitude ou postura adotada pelo cientista perante a ciência (Cf. Popper, 2007, p.32).

Como se dá o mergulho no desconhecido, “como uma ideia nova ocorre ao homem” (Popper, 2007, p.31), são questões que escapam do campo de investigação lógica do conhecimento humano. Einstein, por vezes, se refere a estas questões como pertencentes ao domínio do “pensamento pré-científico” (Cf. 1949, pp.669; 673).

Ao fazer parte de um esforço crítico para compreender, a fase criativa é impulsionada por uma “intuição criadora” que escapa à lógica da representação espacial.

Minha maneira de ver pode ser expressa na afirmativa de que toda descoberta encerra um “elemento irracional” ou uma “intuição criadora”, no sentido de Bergson. De modo similar, Einstein fala da “busca daquelas leis universais (...) com

³⁹ A intuição, para Henri Bergson (1859-1941), é a forma, por excelência, de conhecimento pela qual sentimos, do modo mais original possível, a vida. Bergson faz uma distinção entre o *eu superficial*, a inteligência no momento da criação conceitual, no uso de sua capacidade de raciocinar; e o *eu profundo*, que escapa da capacidade mnemônica, da capacidade de criar e de realizar tarefas, que é a intuição. Assim, a intuição não se confunde, de acordo com Bergson, nem com o instinto, nem com o intelecto. O instinto é o princípio vital que encontramos em todo o reino animal. A inteligência cria os conceitos e diferencia o homem dos demais animais. A intuição, por sua vez, é o eu profundo com o qual coincidimos imediatamente com o mundo, com a natureza, com a vida. Na acepção de Bergson, a vida não segue uma trajetória única, mas um fluxo temporal ininterrupto, um princípio ativo que emerge e lhe confere movimento – o *elã vital*. Bergson discute com Einstein a teoria da relatividade em *Durée et simultanéité: À propos de la théorie d'Einstein* (1920).

base nas quais é possível obter, por dedução pura, uma imagem do universo. Não há caminho lógico”, diz ele, “que leve a essas (...) leis. Elas só podem ser alcançadas por intuição, alicerçada em algo assim como um amor intelectual (*Einführung*) aos objetos de experiência” (Popper, 2007, p.32).⁴⁰

Ao mergulhar no oceano do desconhecido, o cientista retorna, por vezes, com uma novidade conjectural. Por um “amor intelectual”, faz emergir das profundezas da ignorância humana novas descobertas e, com elas, desvela novos mundos ocultos à nossa experiência cotidiana, que, até então, eram para nós inexistentes.

Estes mundos ocultos à nossa experiência cotidiana – os mundos da estrutura atômica da matéria, dos campos eletromagnéticos, dos campos gravitacionais – são (ao menos inicialmente) altamente especulativos e escapam, conseqüentemente, de medições ou observações diretas. “Esses mundos fantásticos”, afirma Popper, “eram odiados pelo positivismo. Isso esclarece por que Ernst Mach, o grande positivista vienense, também foi um oponente da teoria atômica” (Popper, 2006, pp.79-80).

O que Mach (1838-1916) fazia valer era o dogma positivista renunciado por Berkeley de admitir como científicos apenas os conceitos, as noções ou ideias que “derivassem da experiência”, que pudessem ser “logicamente reduzíveis a elementos da experiência sensorial, tais como sensações (ou dados sensoriais), impressões, percepções, lembranças visuais ou auditivas e assim por diante” (Popper, 2007, p.35).

O passo dado pelos positivistas modernos (dentre eles, Russell, Schlick, Wittgenstein I, Otto Neurath, Bohr e Heisenberg) foi admitir a ciência, não mais como um sistema de conceitos, mas como um sistema de enunciados (Cf. Popper, 2007, p.35). Dispostos a conquistar a aniquilação completa da metafísica, selaram como legitimamente científicos “tão-somente enunciados reduzíveis a enunciados elementares (ou ‘atômicos’) da experiência – a ‘juízos da percepção’, ou ‘proposições atômicas’, ou ‘sentenças protocolares’ (e que mais?)” (Popper, 2007, pp.35-6).

Quem fixa a noção de “proposição atômica” é Bertrand Russell (1872-1970) com seu programa filosófico do atomismo lógico (Cf. Klement, 2011). Composta de átomos lógicos (seus conceitos, resíduos últimos da linguagem), uma “proposição atômica” consiste em uma descrição definida no sentido estrito apresentado por Russell: uma declaração que indica especificamente um objeto, uma entidade ou um evento. (Podemos tomar como exemplo de uma proposição atômica “Sócrates é ateniense”, por oposição a uma proposição complexa do tipo “Sócrates é ateniense e marido de Xantipa”.)

⁴⁰ As citações de Einstein são extraídas por Popper de *Mein Weltbild* (1934, p.168), que tem como versão brasileira correspondente *Como vejo o mundo*, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981, p.140.

Tornar uma descrição *definida* requer desdobrá-la logicamente até que coincida com um único objeto, evento ou entidade – isto é, com um fato atômico. Se há fato atômico, a descrição definida denota algo e pode ser verdadeira ou falsa; se não há fato atômico, então a proposição não existe.

O *Tractatus Logico-Philosophicus* (1922) de Ludwig Wittgenstein (1889-1951) marca certamente a referência, externa à obra de Russell, mais relevante tanto da filosofia do atomismo lógico, quanto da tradição moderna do positivismo, conhecida como positivismo lógico (Cf. Klement, 2011).

Wittgenstein entende a linguagem como a via pela qual figuramos objetivamente um possível estado de coisas. O que possibilita a constituição de um estado de coisas, bem como a sua representação imagética, é a forma lógica. Esta se mostra na armação comum entre a representação e o representado: a lógica é a forma pictórica que permite ao pensamento produzir uma unidade entre a linguagem e o mundo.

As proposições da linguagem, desse modo, são constituições de fatos, ao mesmo tempo em que produzem imagens (*Bild*) e representações do mundo: “A proposição simples, a proposição elementar, assevera a existência de um fato atômico (*Sachverhaltes*)” (Wittgenstein, *Tractatus*, 4.211).

Ao descrever um conjunto de objetos externos possíveis, a proposição aponta, como uma seta, para o seu sentido, sendo seu valor de verdade aquilo que constitui a relação da proposição com o estado de coisas descrito. Toda proposição significativa, por conseguinte, há de ser logicamente reduzível a proposições elementares, nossas figurações da realidade (Cf. Schorn, 2012, p.20).

Wittgenstein, em seu *Tractatus*, como Berkeley, tinha uma filosofia do significado e do sem significado, ou do sentido e do sem sentido, que foi vigorosa e clara. (...) E a única tarefa da filosofia era – de acordo com Wittgenstein – “demonstrar” às pessoas que falavam sobre metafísica que elas estavam falando sem sentido (Popper, 2000, p.215; *minha tradução*).

Além de entusiasmar os trabalhos do jovem Wittgenstein, o programa do atomismo lógico de Russell marcou a primeira metade do século XX com continuações explícitas de sua filosofia positivista nas obras de Carnap⁴¹, Waismann, Hempel e Ayer (Cf. Klement, 2011).

O pressuposto que, de um modo geral, está presente no critério de significado adotado pelos positivistas é a aceitação de que ele “pode ser aplicado a qualquer *expressão*

⁴¹ Em *Der logische Aufbau der Welt* (“A Estrutura Lógica do Mundo”, 1928), Rudolf Carnap (1891-1970) “tenta desenvolver o esboço de um sistema de definições ou ‘constituições’ dos termos científicos: um conceito é ‘constituído’ se existir uma *cadeia de definições* que o reduzam a termos da experiência imediata (Popper, 2000, p.215; *grifos do autor, minha tradução*).

linguística, sem referência ao seu contexto” (Popper, 2000, p.179), no caso das proposições da ciência, sem referência aos seus sistemas teóricos.

Ao propor outro tipo de critério de demarcação entre ciência e não ciência, Popper reajusta a metafísica ao estatuto de proposições não testáveis empiricamente, ainda que suscetíveis, tal como os sistemas teóricos científicos, a testes críticos. Com isso, faz notar

- (a) que, ao invés de sem sentido, as proposições metafísicas são tão significativas quanto as proposições científicas, só que contêm uma disposição estrutural diferente destas;
- (b) a impossibilidade lógica de se varrer a metafísica da investigação científica, uma vez que qualquer sistema teórico acarreta, em maior ou menor grau, proposições não testáveis.

Não acredito que a metafísica seja sem sentido (*nonsense*) e não penso que seja possível eliminar *todos* os “elementos metafísicos” da ciência: eles estão estreitamente interligados com os demais. Mesmo assim, acredito que sempre que for possível encontrar um elemento metafísico na ciência que *possa* ser eliminado, toda eliminação será para o bem da ciência. Pois a eliminação de um elemento não testável da ciência remove um meio de evitar refutações; e isso tenderá a aumentar a testabilidade, ou refutabilidade, da teoria restante (Popper, 2000, p.179; *minha tradução*).

A refutabilidade (o mesmo que falseabilidade) de uma teoria é o critério sugerido por Popper para demarcar a ciência da não ciência, em oposição ao critério de significado defendido pelos positivistas. A tarefa do cientista, na concepção de Popper, é da ordem da estrutura lógica de sistemas teóricos e não da análise lógica de sentenças ou expressões linguísticas. É, portanto, inevitável trabalhar com proposições que, pertencentes a um sistema teórico, são insuscetíveis ao teste empírico. E é por este aspecto que as “proposições básicas” são imprescindíveis para a testabilidade das teorias científicas.

Se quisermos evitar o erro positivista de eliminar, por força do critério de demarcação que estabelecamos, os sistemas teóricos da ciência natural, deveremos eleger um critério que nos permita incluir, no domínio da ciência empírica, até mesmo enunciados insuscetíveis de verificação (Popper, 2007, p.42).

O papel que o critério de falseabilidade cumpre delimita-se apenas ao estatuto lógico de um sistema teórico que pode ser aceito como científico. Não passa de “uma relação lógica entre a teoria em questão e a classe das proposições básicas ou a classe dos eventos descritos por ela: os falseadores potenciais” (Popper, 2000, p.xxi).

O critério de falseabilidade é apresentado por Popper com a seguinte estrutura:

uma teoria será chamada de “empírica” ou “falseável” sempre que, sem ambiguidade, dividir a classe de todos os possíveis enunciados básicos nas seguintes duas subclasses não vazias: primeiro, a classe de todos os enunciados básicos com os quais é incompatível (ou que rejeita, ou proíbe) – a essa classe chamamos de

classe dos *falseadores potenciais* da teoria; e segundo, a classe dos enunciados básicos que ela não contradiz (ou que ela “permite”) (Popper, 2007, p.90).

A consideração prévia ao critério da falseabilidade é de sutileza lógica: quanto mais proibitiva for uma teoria ou lei natural, maior será o seu conteúdo explicativo. Podemos, então, tomar uma teoria científica como fonte geradora de um campo lógico de possibilidades compatíveis e incompatíveis. Traduzidas em proposições, as possibilidades compatíveis são aquelas proposições básicas ‘permitidas’ pela teoria; ao passo que as possibilidades incompatíveis são as proposições básicas ‘proibidas’ pela teoria, são os falseadores potenciais da teoria.

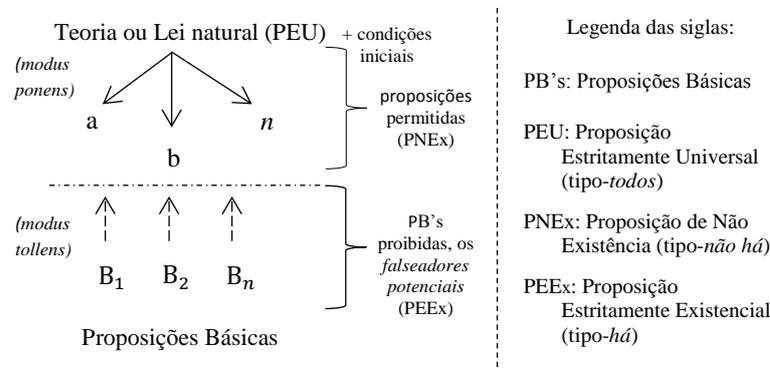


Figura 2: Estrutura dedutiva de uma teoria científica.

O teste de uma teoria depende de proposições básicas, uma vez que essas são as “setas” das quais o experimentador dispõe para se referir aos fatos observados ou aos arranjos experimentais realizados. A aceitação ou rejeição das proposições básicas, por sua vez, depende de uma decisão (Cf. Popper, 2007, p.116).

Semelhante aos convencionalistas, Popper coloca a questão: “como escolhemos uma teoria?”. Diferenciando-se deles, Popper responde que a “escolha é decisivamente influenciada pela aplicação da teoria e pela aceitação dos enunciados básicos ligados a essa aplicação” (Popper, 2007, p.116).

Dessa forma, discordo do convencionalista por sustentar que os enunciados acolhidos em consequência de um acordo *não são universais, mas singulares*. Discordo do positivista por sustentar que os enunciados básicos não são justificáveis através do recurso a nossas experiências imediatas, mas que, do ponto de vista lógico, eles são aceitos por um ato, por uma decisão livre (Popper, 2007, p.116).

Torna-se relevante, assim, entender por que Popper registra, seja na física clássica, seja na teoria quântica, a testabilidade de uma teoria científica como um de seus marcos característicos. Sem o teste objetivo, uma conjectura não vai muito além da fase criativa e, talvez, de uma fantasia apaixonada (assumida por ter sido fruto da intuição). Com o teste

objetivo, uma conjectura é submetida à avaliação crítica e já não pode mais ser pura especulação: “a crítica refreia a fantasia, sem acorrentá-la” (Popper, 2006, p.80).

Por teste crítico, Popper sugere a conjunção (a) do exame lógico, interno e externo, das relações entre a teoria e o sistema teórico ao qual pertence; com (b) a avaliação crítica dos resultados da experiência ou aplicação experimental (Cf. Popper, 2007, p. 33). Acontece que mesmo

as observações e, com mais forte razão, os enunciados de observação e enunciados que registram resultados experimentais [as proposições básicas], são sempre *interpretações* dos fatos observados – são *interpretações à luz de teorias*. Aí está um dos principais motivos pelos quais sempre se torna ilusoriamente fácil encontrar *verificações* de uma teoria e que explica por que devemos adotar uma atitude *altamente crítica*, em relação a nossas teorias, se não quisermos raciocinar em círculo – porque, em suma, devemos adotar a atitude de *refutação* frente às teorias (Popper, 2007, p.115, n.*3; *grifos do autor*).

A atitude de refutação perante as teorias é permitida pela estrutura lógica do *modus tollens*, o modo lógico de “tolher” a inverdade da premissa do argumento (ver Figura 2). Em contraposição ao *modus ponens*, que “põe” a conclusão como justificção positiva da verdade de sua premissa, o *modus tollens* empreende a derrocada da premissa, inicialmente admitida como verdadeira, e contraposta, mediante teste, pela aceitação de proposições básicas falsas.

A consideração do *modus tollens* mais interessante ao conhecimento é a possibilidade da novidade emergir e provocar a revisão das premissas inicialmente aceitas como verdadeiras – ou, em outras palavras, a possibilidade de aprendermos algo de novo com a falsidade de nossas teorias (Cf. Taliga, 2004, p.5).

Estreitamente interligada à impossibilidade de se alcançar positivamente a verdade de uma teoria, ao passo que é possível acordar razoavelmente acerca de sua falsidade, está a **assimetria estrutural entre falsificação e verificação**. Considerando que uma lei universal nunca pode ser derivada de proposições básicas, embora as proposições básicas, se admitidas como verdadeiras, possam falsificar a lei universal, há uma assimetria no seguinte aspecto:

(...) um conjunto finito de proposições básicas, se verdadeiro, pode falsificar uma lei universal; ao passo que, sob condição alguma se poderia verificar uma lei universal: existe uma condição em que se pode falsificar uma lei geral, mas não existe uma condição em que se pode verificar uma lei geral (Popper, 2000, p.185; *minha tradução*).

Só que, mais uma vez: para Popper, a verdade, a falsificação e mesmo a verificação não se dão positivamente pela experiência, mas passa pela decisão de aceitar o conjunto de proposições básicas como verdadeiro ou como falsificado.

Esta assimetria fundamental não pode, penso eu, ser seriamente negada: um conjunto de proposições singulares de observação (as “proposições básicas”, como tenho chamado) pode, por vezes, falsificar ou refutar uma lei universal; mas não pode verificar uma lei, no sentido estabelecido. Precisamente, o mesmo caso pode ser expresso afirmando-se que pode se verificar uma proposição existencial (que significa falsificar uma lei universal), mas que não se pode falsificá-la. Esta é a situação lógica fundamental, que mostra uma notável assimetria (Popper, 2000, p.181; *minha tradução*).

O detalhe reside na testabilidade das proposições estritas, que podem ser universais ou existenciais: “a impossibilidade lógica de falsificar uma proposição existencial deste tipo é exatamente a mesma coisa que a impossibilidade lógica de verificar sua negação universal” (Popper, 2000, p.183).

A negação universal de uma proposição estritamente existencial (PEEx) se dá apenas por uma proposição estritamente universal (PEU). Isto por que, como já explanamos, uma PEU pode assumir a forma de não-existência (PNEEx). Em suma: apenas as proposições universais são falseáveis, ao passo que somente as proposições existenciais são “verificáveis” (Cf. Popper, 2007, p.74, n.*2).

Enunciados estritos ou puros, sejam universais, sejam existenciais, não sofrem restrições quanto a espaço e tempo. Não se referem a uma região individual, limitada, espaço-temporal. Essa a razão por que enunciados estritamente existenciais não são falseáveis. Não podemos investigar o mundo inteiro a fim de determinar que algo não existe, nunca existiu ou nunca existirá. Precisamente pela mesma razão, os enunciados estritamente universais não são verificáveis. Não podemos investigar o mundo inteiro para ter a certeza de que nada existe proibido pela lei (Popper, 2007, p.73).

Ao contrário das leis naturais, que são estritamente universais e têm a disposição de, ao dizerem como o mundo é, proibirem a ocorrência de um conjunto de “contra eventos”, as proposições existenciais afirmam simplesmente a existência de algo e não geram o campo de possibilidades incompatíveis. As proposições existenciais, conseqüentemente, impedem a falseabilidade.

Já a **forma lógica das leis naturais**, por ser universal no sentido estrito, não se refere a uma região do espaço-tempo, mas à totalidade do mundo físico e, por isso, não permite a “verificação” (no sentido de comparação com um acontecimento, fato ou arranjo experimental e não no sentido de “verificar” positivamente a verdade).

Mas tanto as proposições universais, quanto as existenciais, são empiricamente *decisíveis* – são testáveis e, à luz da observação, pode-se aceitar que a lei universal foi falseada, assim como pode-se aceitar que a proposição básica foi “verificada” (Cf. Popper, 2007, p.73).

Uma vez que a investigação lógica do conhecimento não se ocupa com as origens das ideias ou teorias (com a descoberta, a fase criativa), torna-se relevante o problema da validade ou veracidade do que se afirma, isto é, o problema de se adotar regras pelas quais a verdade das premissas é transmitida para a conclusão e a falsidade da conclusão é retransmitida para as premissas (Cf. Popper, 1982, p.94).

A crítica racional, guiada pela ideia da verdade, é, portanto, o que caracteriza a *ciência*, enquanto a fantasia é comum a toda atividade criativa, seja arte, mito, seja ciência (Popper, 2006, p.80).

Temos, por conseguinte, que tratar da ideia de verdade objetiva, dos conteúdos de verdade e de falsidade das teorias, que nos conduzirá à grande missão da ciência.

3.2 Uma visão realista da lógica

A terceira concepção de ciência tem um compromisso com a busca pela “verdadeira constituição do mundo” – a parte da tradição galileana que Popper não está disposto a ceder. Decorre de sua crítica ao positivismo moderno uma parte complementar, não pertencente à tradição galileana e, no entanto, igualmente imprescindível, de que não há garantia alguma de que alcançamos a verdade: pois podemos incorrer em uma decisão errada.

Penso que esta “terceira visão” não é muito assombrosa, nem mesmo surpreendente. Ela preserva a doutrina galileana de que o cientista tem por objetivo uma descrição verdadeira do mundo, ou de alguns de seus aspectos, e uma explicação verdadeira dos fatos observáveis; e combina esta doutrina com a visão não-galileana de que, apesar destas ruínas do objetivo do cientista, ele nunca pode saber com certeza se suas descobertas são verdadeiras, embora possa algumas vezes estabelecer com razoável certeza que uma teoria é falsa (Popper, 1982, p.142).

Popper sugere que as noções de verdade e erro caminham juntas. A decisão a ser tomada pela comunidade científica entre duas teorias conflitantes está fadada à falibilidade humana. Por essa razão, a busca pela verdade não se confunde com a busca pela certeza.

Na ciência, uma falha – um erro – que cometemos consiste essencialmente em considerarmos verdadeira uma teoria que não o é. (Mais raramente, consiste em considerar falsa uma teoria, embora seja verdadeira.) Combater a falha, o erro, significa, portanto, buscar a verdade objetiva e tudo fazer para descobrir e eliminar as inverdades. (...) Não podemos, racionalmente, ter a certeza como meta. Quando percebemos que o conhecimento humano é falível, também percebemos que *já* podemos estar *totalmente certos* de que não cometemos um erro (Popper, 2006, pp.14-5; *grifos do autor*).

A compreensão de que a investigação lógica do conhecimento ocupa-se, estreitamente, com a metodologia adotada principalmente nas ciências físicas e com a ideia de verdade objetiva é chamada por Popper de uma visão realista da lógica (Cf. 1999, p.282). É

por tomar a lógica a partir de uma posição realista que Popper não aceita assumir a teoria da verdade de Tarski como filosoficamente neutra, restrita ao âmbito semântico.

Em sua participação no Simpósio em honra a Alfred Tarski, realizado na Universidade da Califórnia em junho de 1970, Popper descreve o encontro que teve com Tarski no Colóquio Karl Mengers (quase trinta anos atrás, em 1935). O impacto com que Popper recebe as contribuições de Tarski acerca da explanação da noção de verdade é incomum: “nenhuma palavra pode descrever o quanto aprendi com tudo isto e nenhuma palavra pode manifestar minha gratidão por isto” (Popper, 1999, p.297). O grande motivo parece exprimir-se no fato de que “a teoria de Tarski, como (...) ele acentuou primeiramente, é uma *reabilitação* e uma elaboração da teoria clássica de que a verdade é a correspondência com os fatos; e isto, para *mim*, parece apoiar o realismo metafísico (Popper, 1999, p.297; *grifo do autor*).

Eu estava interessado no mundo real, no cosmos, e me opunha integralmente a qualquer idealismo, positivismo ou mesmo neutralismo em filosofia. Se não houvesse um mundo real, tão rico, ou mesmo muito mais rico, quanto o mundo que conhecemos tão superficialmente de nossa vida diária, e se o estudo desse mundo não fosse a tarefa principal da filosofia, então eu não estaria interessado em filosofia (Popper, 1999, p.297).

Assim, a noção de verdade em Popper encontra, ao longo de suas investigações, uma formulação realista. Alertado pelos resultados de Tarski de que não é possível um critério geral de verdade, Popper desvia-se da trajetória assumida pelo cético e pelo relativista de que, por não haver um critério que permita estabelecer a verdade, toda a noção de verdade objetiva deva ser abandonada (Popper, 1987b, p.394). Convencido da relevância filosófica de seu realismo, Popper ajusta a noção de verdade à sua “terceira” concepção ciência.

Para mostrar que a noção de verdade não só não precisa, como não pode ser abandonada, Popper (1987b, p.397) faz uma combinação das noções de verdade e falsidade com a de conteúdo de uma teoria e alcança, com precisão suficiente, uma ‘definição’ da ideia de aproximação da verdade ou de verossimilhança.

Popper acompanha a distinção feita por Gottlob Frege (1848-1925) entre conhecimento no sentido subjetivo (marcado por expressões do uso comum como “eu sei” e “eu estou pensando”) e conhecimento no sentido objetivo, “que consiste do conteúdo lógico de nossas teorias, conjeturas, suposições” (Popper, 1999, p.78). Frege fixa essa noção de objetividade numa nota de seu denso escrito *Über Sinn und Bedeutung* (“Sobre Sentido e Referência”, 1892): “Entendo por pensamento, não o ato subjetivo de pensar, mas seu conteúdo objetivo, que pode ser propriedade comum de muitos” (Frege, 1978, p.67).

Popper sugere, assim, que o conteúdo lógico e explicativo de uma conjectura pode ser representado pela conjunção de seu conteúdo-verdade com seu conteúdo-falsidade, podendo ser representado por

$$C = c_t \wedge c_f,$$

temos que c_t é o seu conteúdo-verdade (*true-contents*) – a subclasse de proposições permitidas pela teoria; c_f o conteúdo-falsidade (*falsity-contents*) – a subclasse de proposições proibidas pela teoria; e \wedge o operador da conjunção lógica – que indica que o conteúdo explicativo de uma teoria corresponde à conjunção de seu conteúdo-verdade com seu conteúdo-falsidade.

Assim, a verossimilhança de uma teoria a é maior que a de b “se, e somente se, seu conteúdo-verdade aumenta sem acréscimo do conteúdo-falsidade” (Popper, 1987b, p.397), traduzida por Popper no seguinte esquema:

$$Vs_{(a)} = c_{t(a)} - c_{f(a)},$$

no qual $Vs_{(a)}$ é a verossimilhança de a ; $c_{t(a)}$ o conteúdo-verdade de a e $c_{f(a)}$ o conteúdo-falsidade de a (Cf. Popper, 1982, p.259).

Numa situação em que duas teorias, t_1 e t_2 , são conflitantes, temos que t_2 é mais verossimilhante que t_1 se:

- (i) o conteúdo-verdade de t_2 , mas não o seu conteúdo-falsidade, excede o de t_1 ; ou
 - (ii) o conteúdo-falsidade de t_1 , mas não seu conteúdo-verdade, excede o de t_2
- (Popper, 2008, p.316).

A decisão favorável a t_2 , no caso de esta ser a mais verossimilhante, provoca, por conseguinte, a expansão do conhecimento científico. A ideia da verdade objetiva torna-se, por conseguinte, a bússola do avanço da ciência. É sustentada por Popper como a ideia reguladora da verdade. Reguladora de que? Da discussão crítica dos problemas abertos e da correção de erros – todo debate, sugere Popper, parte de problemas e chega a problemas mais complexos, mediante a revisão crítica de suas falhas; tal revisão tem como padrão implícito de correção a verdade objetiva.

A discussão racional, isto é, o debate crítico, livre e aberto, é o “método” geral do avanço do conhecimento científico sugerido por Popper (Cf. 1977, p.141). É nesta instância que atua o cientista mergulhado no problema de compreender e de expandir a compreensão do

mundo, do homem e do conhecimento que temos. A atitude comum ao cientista e ao filósofo é a incansável missão de busca e eliminação de erros, as fragilidades da teia do conhecimento objetivo.

O ponto de partida de toda discussão racional, sugere Popper, deve consistir na clara exposição de um problema (P_1), acerca do qual será conjecturada uma teoria-tentativa (TT) de resolução. Considerando que a situação de debate é como um antídoto à atitude dogmática, o passo seguinte à compreensão e aceitação da teoria-tentativa é submetê-la ao teste crítico e seletivo de eliminação de erro (EE), do qual derivam novos problemas (P_2), mais complexos e que conduzem, conseqüentemente, ao avanço do problema inicial. O avanço das teorias por tentativa e erro pode ser visualizado no seguinte esquema de Popper (1977, p.141; 1999, p.263):

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2 ,$$

no qual P_1 é o problema inicial; TT é a teoria-tentativa (*tentative theory*) de resolver o problema; EE (*error elimination*) é a fase de eliminação de erros por meio de testes críticos; e P_2 , o novo problema que emerge do debate. O avanço, por conseguinte, se dá na distância entre P_1 e P_2 : “as melhores teorias experimentais (e todas as teorias são experimentais) são aquelas que dão origem aos problemas mais profundos e mais inesperados” (Popper, 1999, p.263).

Para que o avanço seja possível, no entanto, é preciso encarar a questão de se saber se as tentativas de explicação apresentadas aos problemas são finais (como pretenderam os essencialistas metodológicos e como, mais recentemente, Heisenberg e Bohr agarraram-se à crença de que a mecânica quântica era completa) ou provisórias e conjecturais (como preferiu Einstein, ao se dar conta do positivismo penetrante que cerceava as convicções de seus amigos).

3.3 A explicação científica: final ou conjectural?

Não sabemos: só podemos conjecturar.
Karl Popper, 1934.

A conjectura lançada por Popper em defesa da posição realista encontra na relação entre o realismo metafísico e o objetivo da ciência a sua força lógica. O realista assume a concepção de que *há o mundo físico* existente de modo independente da mente humana (Cf. Popper, 1989, p.24). (O realismo é metafísico por consequência do critério de falseabilidade:

é irrefutável, não testável, ainda que criticável.) Na tentativa de mapear a missão geral da ciência, Popper sugere que

o objetivo da ciência é encontrar *explicações satisfatórias* de tudo aquilo que nos choca como tendo necessidade de explicação. Por *explicação* (ou explicação causal) entenda-se um conjunto de proposições, do qual uma descreve o estado de coisas a explicar (o *explicandum*), enquanto as outras, as proposições explicativas, formam a “explicação” no sentido mais estrito da palavra (o *explicans* do *explicandum*) (Popper, 2000, p.132; *grifos do autor; minha tradução*).

Podemos ilustrar o conjunto de proposições da explicação científica com a Figura 3 a seguir, na qual \mathcal{E} é a proposição que descreve o *explicandum*, o estado de coisas a ser explicado, e $[e_1, e_2, e_3]$ o subconjunto de proposições explicativas, no sentido estrito, de \mathcal{E} :

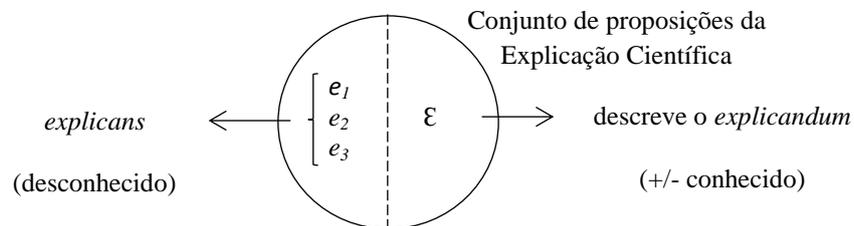


Figura 3: “O *explicans* do *explicandum*”.

À medida que se tem uma noção acerca do estado de coisas a explicar (o *explicandum*), a busca por sua explicação se dará pela tentativa de explicar o mais ou menos conhecido pelo *desconhecido* – pelo *explicans* a ser descoberto.

Podemos admitir, portanto, sem ser essencialistas, que pela ciência procuramos sempre *explicar o conhecido pelo desconhecido*, o observado (e observável) pelo não observado (possivelmente inobservável) (Popper, 1982, p.201).

A terceira concepção pode, sem se comprometer com a premissa essencialista de que as explicações são últimas ou essenciais, resguardar a constatação, também presente no essencialismo, de que níveis de profundidade cada vez maior são possíveis – quer da realidade física, quer das explicações que lançamos para captá-la.

Eis, então, a semelhança entre o meu ponto de vista (a “terceira concepção”) e o essencialismo: embora eu não pense que nós possamos descrever, por meio das nossas leis universais, uma essência *última* do mundo, não tenho dúvidas de que possamos procurar ir cada vez mais fundo na exploração da estrutura do nosso mundo, (...) na exploração de propriedades do mundo (...) de profundidade cada vez maior (Popper, 2000, p.137; *minha tradução*).

Do contrário, teríamos de concordar com o instrumentalista, que concebe o mundo físico como superficial, sem qualquer profundidade. “*O mundo é só o que parece ser. Apenas as teorias científicas não são o que parecem*” (Popper, 1982, p.130; *grifos do autor*).

À luz da terceira concepção, Popper considera que “novas teorias podem levar a uma reinterpretção das velhas aparências, alterando assim o mundo aparente” (1982, p.201). Podemos, por conseguinte, “melhorar o grau de satisfação (*the degree of satisfactoriness*) proporcionado pelas nossas explicações através do melhoramento do seu grau de testabilidade” (Popper, 2000, p.134), aprofundando a compreensão que temos do mundo físico.

A menos que se admita uma explicação suprema – que já não requer mais qualquer outra nova conquista de compreensão – o objetivo da ciência está constantemente aberto a renovar-se por meio de novos *explicans*, de novas tentativas de explicação, com graus cada vez maiores de universalidade.

A proposição de um “essencialismo modificado” (Cf. Popper, 2000, p.137), como terceira concepção em substituição ao essencialismo e ao instrumentalismo, empenha três correções críticas:

- (i) não há explicação suprema, já que “qualquer explicação pode ser mais explicada por uma teoria de maior universalidade”;
- (ii) as perguntas do tipo “o que é?”, ao buscarem pela essência da coisa ou sua verdadeira natureza, precisam ser abandonadas; assim como
- (iii) igualmente deve ser abandonada a busca por explicar o comportamento de “*cada coisa individual ou singular*” através de suas propriedades essenciais inerentes.

Os graus de universalidade ocupam um papel especial na concepção realista do mundo físico, pois mostram que qualquer tentativa de explicação suprema não passa de mais um estágio do avanço do conhecimento conquistado. Não há, conseqüentemente, como alcançar uma explicação satisfatória última, suprema ou final (*an “ultimate explanation”*) – tal como postula a visão essencialista ou, mais recentemente, tal como defende a interpretação positivista de Copenhagen (Cf. seção 2.3 deste trabalho).

Tanto (ii) quanto (iii) implicam a rejeição da perspectiva animista de que há uma essência ou princípio inerente em todas as coisas individuais que faz com que tal coisa seja aquilo que é.

Ao escolher explicações em termos de leis universais da natureza, oferecemos com precisão uma solução a este último problema (platônico). Concebemos todas as coisas individuais e todos os fatos singulares como submetidos a essas leis. As leis (que, por sua vez, *precisam* de mais explicação) explicam, portanto, regularidades ou semelhanças de coisas individuais ou de fatos ou acontecimentos singulares. E essas leis não são inerentes às coisas singulares. (Nem são ideias platônicas fora do mundo.) As leis da natureza são, antes, concebidas como descrições (conjeturais)

das propriedades estruturais ocultas da natureza – do nosso próprio mundo (Popper, 2000, p.137; *minha tradução*).

O problema platônico ao qual Popper se refere é o de explicar a similaridade das coisas sensíveis (Cf. Popper, 1987a, p.41). A leitura que Popper faz do *Timeu* de Platão se dá pela conjectura de que tal problema platônico é o mesmo problema da explicação causal discutido na Modernidade, entendido na Antiguidade clássica como uma questão de origem (*arché*), nascimento ou geração (Cf. Popper, 1987a, p.230).

Duas questões colocadas por Platão na boca de Timeu conduzem o diálogo: “em que consiste o que sempre existiu e nunca teve princípio? E em que consiste o que devém e nunca é?” (Platão [*Timeu* 28a] 2001, p.64). Até 48a, Timeu descreve a origem do cosmos tendo dois gêneros como referências respectivas às duas questões postas no início de sua fala: “um, postulado como modelo, inteligível e sempre o mesmo; o segundo, cópia desse modelo e sujeito ao nascimento” (Platão, 2001, p.88).

No entanto, “o novo começo de nossa descrição do universo exige uma divisão mais ampla do que a anterior” (Platão [*Timeu* 48e], 2001, p.88). “Mas agora, segundo parece, o tema nos obriga a tentar esclarecer por meio da palavra uma espécie difícil e obscura. Como devemos, então, conceber a sua natureza e a maneira por que ela opera?” (Platão [*Timeu* 49a], 2001, p.88). Pela admissão, prossegue Timeu, de três gêneros distintos de coisas: “o que devém, aquilo em que isso devém e o modelo a cuja semelhança se originou o que nasceu. Ademais, podemos comparar o receptáculo com a mãe; o modelo, ao pai; e a natureza intermediária entre os dois, ao filho” (Platão [*Timeu* 50d], 2001, pp.90-1).

A comparação que Timeu faz entre as Formas ou Modelos como pais, o espaço receptáculo como a mãe e as cópias engendradas como filhos “reveste-se de suma importância” à explanação desenvolvida por Popper (Cf. Popper, 1987a, p.230). As Formas ou Ideias são impressas pelo Demiurgo como selos adesivos sobre o Espaço (que, além de Espaço, é matéria amorfa no sentido de Anaximandro, ou seja, é matéria sem propriedade), gerando, assim, as coisas sensíveis.

Popper busca ampliar a compreensão da explanação de uma “teoria da Formas ou Ideias” do *Timeu* de Platão aproximando a obra platônica a “certas crenças religiosas gregas”. Uma aceção comum a “muitas religiões primitivas” era a de que “pelo menos alguns dos deuses gregos nada mais são do que primogenitores idealizados e heróis tribais – personificações da “virtude” ou “perfeição” da tribo”, o que levavam “certas tribos e famílias” a considerarem “sua ancestralidade até um ou outro dos deuses” (Popper, 1987a, p.41).

Popper faz notar as vinculações da própria família paterna de Platão ao deus Poseidon (Cf. 1987a, p.41; p.226, n.4).

Basta-nos considerar que esses deuses são imortais ou eternos e perfeitos – ou muito perto disso – enquanto os homens comuns se envolvem no fluxo e refluxo de todas as coisas, sujeitos a decadência, (...) para ver que esses deuses se relacionam com os homens comuns do mesmo modo que as Formas ou Ideias de Platão se relacionam com aquelas coisas sensíveis que são suas cópias (Popper, 1987a, p.41).

O corte que Platão realiza com a sua tentativa de explicar a similaridade das coisas sensíveis é que, diferentemente da mitologia grega, que assume a existência de diversos deuses ancestrais às várias tribos ou famílias, só há, na teoria de Platão, uma única Forma ou Ideia de cada “espécie” de coisas.

A unidade da Forma, que corresponde à unicidade do primogênitor, é elemento necessário para que a teoria realize uma de suas mais importantes funções, a saber, explicar a similaridade das coisas sensíveis, ao propor que as coisas similares são cópias ou impressões de *uma* Forma (Popper, 1987a, p.41; *grifo do autor*).

Do contrário – se houvesse duas Formas iguais ou similares – teríamos que admiti-las como cópias de uma terceira Forma ou Ideia original. Podemos, agora, retornar à resposta de *Timeu*, que culmina com uma descrição mais detalhada das três espécies distintas de coisas:

Se for assim, teremos de admitir que há, primeiro, a ideia imutável, que não nasce nem perecerá, nada recebe em si mesma do exterior nem entra em nada, não é visível nem perceptível de qualquer jeito, e só pode ser apreendida pelo pensamento. A outra espécie tem o mesmo nome da primeira e com ela se parece; porém, cai na esfera dos sentidos; é engendrada, está sempre em movimento, devém num determinado local, para logo desaparecer daí, e é apreendida pela opinião com a ajuda da sensação. Por último, há um terceiro gênero, o espaço: por ser eterno, não admite a destruição, enseja lugar para tudo o que nasce e em si mesmo não é apreendido pelos sentidos, mas apenas por uma espécie de raciocínio bastardo (Platão [*Timeu* 52a-b], 2001, pp.92-3).

As cores ressaltadas por Popper do *Timeu* de Platão acompanham o exame feito por Aristóteles em sua *Metafísica* (Cf. Popper, 1987a, p.44).⁴² O ponto que nos é pertinente é a aceitação, por parte de Platão, da doutrina socrática de “fixar a atenção nas definições”, embora tenha acreditado, “por causa da convicção acolhida dos heraclitianos, que as definições se referissem a outras realidades e não às realidades sensíveis” (Aristóteles [*Metafísica* 987b], 2005, p.35).

⁴² “Na análise que Aristóteles (na *Metafísica*, 987a30-b18) faz dos argumentos que levam à teoria das Ideias (...), podemos distinguir os seguintes passos: a) o fluxo de Heráclito; b) a impossibilidade de conhecimento verdadeiro das coisas em fluxo; c) a influência das essências éticas de Sócrates; d) as Ideias como objetos do verdadeiro conhecimento; e) a influência dos pitagóricos; f) os “matemáticos” como objetos intermediários” além g) da influência de Parmênides (Popper, 1987a, p.233, n.26).

De fato, [Platão] considerava impossível que a definição universal se referisse a algum dos objetos sensíveis, por estarem sujeitos a contínua mudança. Então, ele chamou essas outras realidades Ideias, afirmando que os sensíveis existem ao lado delas e delas recebem seus nomes (Aristóteles [*Metafísica* 987b], 2005, p.35).

É a este tipo de explicação que Popper denomina de *essencialismo metodológico*, “de que é tarefa do conhecimento puro, ou ‘ciência’, descobrir e descrever a verdadeira natureza das coisas, isto é, sua realidade ou essência ocultas” (Popper, 1987a, p.45).

Era crença peculiar de Platão que a essência das coisas sensíveis podia ser encontrada em outras coisas mais reais, em seus primogênitos, ou Formas. Muitos dos posteriores essencialistas metodológicos, Aristóteles por exemplo, não o acompanharam nisso de todo; mas todos concordaram com ele em determinar a tarefa do conhecimento puro como a descoberta da natureza oculta da Forma, ou da essência das coisas. Todos esses essencialistas metodológicos concordavam com Platão em sustentar que essas essências podem ser descobertas e discernidas com o auxílio da intuição intelectual; que cada essência tem um nome que lhe é próprio, o nome pelo qual são chamadas as coisas sensíveis, e que pode ser descrita em palavras. A uma descrição da essência de uma coisa todos eles chamaram “definição” (Popper, 1987a, pp.45-6).

Temos, assim, uma melhor exposição de uma das “doutrinas” da tradição galileana, apresentada na Parte 1 (seção 1.2) deste trabalho, segundo a qual “as teorias verdadeiramente científicas descrevem as ‘essências’ ou as ‘naturezas essenciais’ das coisas” (Popper, 1975, p.392). É justamente a doutrina que Popper revisita e corrige com seu “essencialismo modificado” (como apresentamos acima).

Se o objetivo da ciência, de acordo com a conjectura realista de Popper, é encontrar explicações cada vez mais *satisfatórias* acerca daquilo que se mostrar relevante, temos, então, que traçar metodologicamente alguns requisitos pelos quais a explicação poderá ser aceita como científica – isto é, provisória e não essencial ou final.

No que diz respeito às relações lógicas entre o *explicans* e o *explicandum*, duas condições têm que ser levadas em conta: (a) o *explicans* precisa implicar logicamente o *explicandum*; e (b) o *explicans* terá de ser admitido como verdadeiro, mesmo que não se saiba que o é; para tanto, as proposições explicativas devem poder ser testáveis independentemente, de modo que seja possível a sua falseabilidade (Cf. Popper, 2000, p.132).

Tais condições, no entanto, deixam abertas, respectivamente, as possibilidades de ocorrerem dois gêneros de explicação – (a’) circularidade e (b’) *ad hoc*. Para mostrar como explicações circulares e *ad hoc* são insatisfatórias, Popper (2000, p.133) desenvolve duas razões críticas.

A primeira denuncia a insuficiência de um *explicans* circular a partir da constatação lógica de que, sendo um *explicandum* verdadeiro e admitindo que “*a* se segue, trivialmente,

de si mesmo, podemos sempre oferecer *a* como uma explicação de si mesmo” (Popper, 2000, p.133; *minha tradução*).

A circularidade, neste caso, é mera tautologia do *explicans* consigo mesmo e não obedece à condição lógica (a). Admitindo, no entanto, outro tipo de explicação circular – entre o *explicandum* \mathcal{E} : “O mar está agitado” e o *explicans* e_1 : “Netuno está zangado” – temos algo como o seguinte diálogo:

“Por que é que o mar está tão agitado hoje?” – “Porque Netuno está muito zangado.”
 – “Com que evidência podes sustentar a sua afirmação de que Netuno está muito zangado?” – “Oh, não *vês* como o mar está *muito* agitado? E o mar não está sempre agitado quando Netuno está zangado?” (Popper, 2000, p.133; *minha tradução*).

O gênero da circularidade, apesar de ser compatível com a condição (a), é insatisfatório porque relaciona ao *explicans* e_1 tão somente o seu próprio *explicandum* \mathcal{E} e não possibilita testes independentes.

Para superar a possibilidade de um *explicans ad hoc* ser apresentado e aceito como satisfatório Popper apresenta (2000, p.133), como segunda razão crítica, outros dois níveis de exigência de uma explicação científica: i) possuir rico conteúdo, a fim de permitir várias consequências testáveis independentemente do *explicandum*; e ii) ter a forma de leis universais da natureza, complementadas por condições iniciais de teste.

O segundo nível de exigência revela e supre a insuficiência do primeiro – que deixa aberta a possibilidade de reprodução dos testes do *explicans* e, no entanto, permite proposições *ad hoc*. Acontece que possuir rico conteúdo explicativo não torna o *explicans* científico por si só, uma vez que qualquer proposição *ad hoc* pode ser inserida ao *explicans* sem dele derivar, mas por uma decisão arbitrária – para salvar a conjectura explicativa, por exemplo, livrando-a da crítica (como Popper interpreta o princípio da complementaridade de Bohr). Formulações *ad hoc*, além disso, não permitem tomarmos o *explicandum* como evento reproduzível em testes independentes.

Estruturas de tipo leis universais da natureza, ao contrário, constituem a explicação como sistema teórico no qual o *explicandum* é uma instância reproduzível de testes independentes do *explicans* e o *explicans* possui pelo menos uma proposição universal da qual, em conjunção com as condições iniciais de teste, derivam as proposições básicas (Popper, 2000, p.134ss).⁴³ Vamos, em sequência, explanar o tratamento lógico que Popper faz das estruturas de tipo leis da natureza.

⁴³ Estes são os requisitos lógicos e metodológicos mencionados na seção 1.3, no texto correspondente à n.13.

A forma lógica das leis da natureza, de acordo com a terceira concepção (Popper, 2000, p.137), implica que as conjecturas científicas

(I) têm que ser universais;

(II) têm como seus referentes propriedades estruturais ou relacionais (e não propriedades inerentes de coisas individuais); e acarretam, ainda, que

(III) as propriedades estruturais (o *explicandum*) descritas pelas teorias (pelo *explicans*) devem ter um nível de profundidade maior do que as propriedades que precisam de explicação.

Considerar a forma lógica de uma lei da natureza como universal implica que ela tem “de fazer asserções acerca de todas as regiões espaço-temporais do mundo” (Popper, 2000, 137) e não buscar asserções acerca de propriedades inerentes às *coisas* sensíveis, como aceitaram os essencialistas metodológicos. Fazer asserções em termos de “propriedades estruturais” ou relacionais do mundo pressupõe “algum comportamento tipo-lei (*law-like behaviour*) além daquele [referente] que há a explicar” (Popper, 2000, p.138).

Quando buscamos, por exemplo, compreender o mecanismo de um relógio – como se dá o movimento regular de suas rodas e dos seus ponteiros (um *explicandum* \mathcal{E}) – desmontando e montando novamente suas peças, aprendemos o seu funcionamento por meio de sua estrutura.

Mas temos também que pressupor que as diversas partes que compõem a estrutura são *rígidas* (isto é, que conservam as suas formas e “extensões” geométricas) e *impenetráveis* (isto é, que arrastam as outras consigo no seu movimento – se uma peça surge no caminho da outra – em vez de uma parte, envolvida num encontro, se mover, por assim dizer, através da outra) (Popper, 2000, p.138; *minha tradução*).

Além destas duas propriedades do comportamento tipo-lei que compõem o *explicans* – a rigidez (e_1) e a impenetrabilidade (e_2) – podemos lançar mão de um nível estrutural “mais profundo” de explicação, conjecturando uma estrutura material desse tipo de corpo como *grelhas de átomos* (*lattices of atoms*).

Mas nesta segunda explicação, nós não apenas conjecturamos que certas partes – os átomos – estão dispostas em uma estrutura de grelha, mas assumimos em adição que certas leis de atração e repulsão prendem os átomos. Estas podem ainda, por sua vez, ser explicadas pela estrutura subatômica dos átomos, juntamente com as leis que regem o comportamento das partículas subatômicas, e assim por diante (Popper, 2000, p.138; *minha tradução*).

É neste sentido que as leis da natureza se referem a “propriedades estruturais do mundo” com níveis “cada vez mais profundos”. Popper admite que a relação entre estrutura e

lei é, de certo modo, vaga, uma vez que a explicação pode ser feita tanto em termos de estrutura, quanto por comportamentos tipo-lei a qualquer nível de profundidade.

Ainda assim, podemos aceitar, sem prejuízo, que “as leis são, em parte, explicadas por estruturas (...) e que, a algum nível, estrutura e lei possam se tornar indistinguíveis” (Popper, 2000, p.138; *minha tradução*). Neste último caso, as leis impõem ao mundo “certo gênero de estrutura”, ao mesmo tempo em que podem ser compreendidas como “descrições dessa estrutura” (Cf. Popper, 2000, p.138; *minha tradução*).

No que diz respeito à noção de “profundidade” de um *explicans*, “dois ingredientes parecem ser exigidos: um conteúdo rico e certa coerência ou densidade (ou organicidade)” (Popper, 2000, p.139; *minha tradução*).

Mapeados os tipos de explicação insatisfatória (circular e *ad hoc*) e exploradas as consequências lógicas de se trabalhar com explicações de tipo lei, o próximo passo é considerar o problema de como fixar metodologicamente o gênero de explicação que pode ser aceito como satisfatório e, portanto, científico. Podemos, de acordo com Popper, aceitar como satisfatória, mas não última,

uma explicação em termos de leis universais testáveis e falseáveis e [em termos] de condições iniciais. Uma explicação deste tipo será mais satisfatória quanto mais amplamente testáveis aquelas leis forem, e quanto melhor testadas tiverem sido. (Isto se aplica também às condições iniciais.) (Popper, 2000, p.134; *minha tradução*).

Assim, o critério de falseabilidade, acompanhado dos aparatos da testabilidade e orientado pela bússola da verdade objetiva, organiza a explicação científica e exprime a atitude altamente crítica que o cientista tem, seja para com a teoria sob teste, seja para com a observação, seja ainda para com a tradição.

Conjeturar explicações mais universais gera a conquista de domínios mais profundos da realidade física e amplia, proporcionalmente, a testabilidade da conjetura: nossas teorias desvelam a complexidade do mundo com novos problemas.

A ciência jamais persegue o objetivo ilusório de tornar finais ou mesmo prováveis suas respostas. Ela avança, antes, rumo a um objetivo remoto e, não obstante, atingível: o de sempre descobrir problemas novos, mais profundos e mais gerais, e de sujeitar suas respostas, sempre provisórias, a testes sempre renovados e sempre mais rigorosos (Popper, 2007, p.308).

A terceira concepção de ciência, portanto, tem como proposição máxima a impossibilidade de se admitir qualquer fração do conhecimento como último, definitivo ou completo. Mesmo as estruturas de tipo leis universais da natureza, por mais refinadas e por

mais resistentes que sejam aos testes críticos, não passam de conjeturas, redes lançadas sobre a realidade física na tentativa de captar algumas porções do oceano cósmico.

CONSIDERAÇÕES ABERTAS

De um ponto de vista cosmológico

Segundo entendo, toda ciência é cosmologia e, para mim, o interesse que tem a Filosofia, assim como o que tem a Ciência, reside apenas nas contribuições que elas trazem para a Cosmologia. Tanto a Filosofia como a Ciência perderiam, a meu ver, todo o atrativo, se abandonassem esse alvo.

Karl Popper, 1959.

Every day I look at world from my window.

Ray Davies, “Waterloo Sunset”, 1967.

A concepção de ciência proposta por Popper possui estreito desenvolvimento com a sua teoria dos Três Mundos, de acordo com a qual a cada nova incursão empreendida para capturar e resolver certo domínio de problemas, interagimos, em maior ou menor grau, com um mundo real e objetivo de tantos outros problemas, teorias e argumentos que a tradição crítica nos legou desde os seus primórdios.

Este mundo com o qual nos envolvemos e sem o qual sequer aprendemos a nos comunicar é o mundo do conhecimento objetivo, que Popper denomina “mundo 3”, aludido no título deste trabalho. (O “mundo 1” é o mundo dos processos físicos; e o “mundo 2”, o dos estados mentais e das disposições para agir.).⁴⁴

Uma das principais teses de Popper concernentes à teoria dos Três Mundos é a de que, à semelhança do *Timeu* de Platão, existem três realidades coemergentes e não apenas duas (como no dualismo cartesiano) ou uma (como no materialismo). Diferentemente do *Timeu* de Platão, a teoria dos Três Mundos de Popper sugere a formação do homem (de cada “mundo 2”) por meio da sua interação singular com os habitantes do mundo 3 – com as teorias científicas, as obras de artes, as composições musicais, com os cultivos humanos objetivos.

Ao fazer uma dedicatória aos esforços empenhados por Carl Sagan para manter a vela acesa, substituímos o termo “mundo” do título da sua obra (mencionado na Introdução deste trabalho) pelo “mundo 3” de Popper e trouxemos uma nova configuração à situação na qual a obra de Sagan está comprometida.

Os “demônios” se configuram, aqui, como as entidades ou tendências teóricas (e não entidades físicas, metafísicas ou psicológicas) que assombram o mundo dos resultados

⁴⁴ Cf. Popper, 1999, p.108.

objetivos da criatividade humana – as tendências positivistas que cerceiam o “mundo 3”. Sob suas diversas formas, dentre elas o instrumentalismo e o autoritarismo, as tendências positivistas constituem teias tão reais quanto aquelas tecidas pelas conjeturas realistas. As teias dogmáticas e antirracionalistas articuladas pelos positivistas são, por vezes, mais robustas que aquelas impregnadas de disposição crítica.

As novas descobertas teóricas, compreendidas à luz da teoria dos Três Mundos, não nascem isoladas, mas de ao menos um problema, como também não sobrevivem isoladas, mas interligadas a redes de tantas outras teorias e raízes problemáticas. Esse mundo que adquire forma – não pura forma lógica, mas uma forma orgânica, dinâmica e conjectural – não pode ser menos real que o mundo físico. Seus impactos não só interferem, por meio da mente humana, no mundo físico, como o moldam e o renovam revolucionariamente. Logo, somos levados a admitir que os ataques desferidos pelos demônios são tão reais quanto a tradição racional que constituiu a nossa civilização.

A vela, por sua vez, representa a atividade científica orientada pela tradição crítica inaugurada por Tales e Anaximandro na Grécia arcaica – tradição esta da qual Galileu fez renascer a busca pela “verdadeira constituição da natureza”; na qual Einstein depositou as suas energias durante seus últimos trinta anos de vida; e da qual Popper fez-nos notar o seu atual risco de um novo e permanente eclipse.

Diante da vela fragilmente acesa – a ciência enquanto cosmologia, resistente à especialização – os demônios são incapazes de controlarem a sua fúria. O alcance de sua chama intensifica a agitação daqueles que mais se ofuscam com o esclarecimento, “com a saída do homem de sua minoridade, pela qual ele próprio é responsável” (como nos ensina Kant em sua “Resposta à pergunta: o que é o esclarecimento?”).

Diante do oceano cósmico, os limites dos curtos raios de luz da nossa preciosa vela coincidem com os limites das melhores conjeturas que temos sobre a estrutura e a organização do universo. O seu brilho resguarda o grande problema para o qual a ciência e a filosofia confluem desde a sua origem – *o problema de compreendermos o mundo, inclusive nós próprios e nosso conhecimento como parte do mundo.*⁴⁵

Apesar de não deflagrarem uma contradição lógica, o positivismo (camuflado na visão instrumentalista) e o realismo constituem programas de investigação com objetivos distintos e configuram, conseqüentemente, cosmovisões radicalmente opostas (se é que podemos arriscar afirmar que o positivista esteja preocupado com uma cosmovisão).

⁴⁵ Cf. Popper, 2007, p.535.

Enquanto o positivista empenha-se na delimitação de um conjunto privilegiado de conceitos ou enunciados significativos, bem como na verificação, na confirmação e no conforto das teorias de que dispõe para alcançar aplicações bem sucedidas, o realista, ao mesmo tempo que busca a verdadeira constituição da natureza, reconhece que, por mais exímio que seja, suas tentativas estão fadadas à falibilidade humana. O realista, por este motivo, se dá conta de que a busca por compreender como o mundo realmente é requer preparações cuidadosas dos testes engenhados para captar aquelas frações de realidade que a natureza tenta nos esconder.

Foi assim que se procedeu, até recentemente, com a busca por respaldos empíricos à teoria da relatividade geral de Einstein, obtendo-se seu primeiro grande sucesso com o eclipse solar total de 19 de maio de 1919. Instruída por um extenso relatório feito por Henrique Morize, o primeiro a presidir a Academia Brasileira de Ciências (1916-1926), a Royal Astronomical Society delegou duas equipes responsáveis por captar fotografias cruzadas do eclipse previsto para a mesma data. Uma equipe, sob a direção de Andrew Crommelin, foi enviada à cidade de Sobral, no Ceará. A outra expedição, conduzida por Arthur Eddington, destinou-se à Ilha do Príncipe, situada na costa ocidental da África.

Os resultados obtidos (tendo sido a expedição de Crommelin a que conseguiu tirar fotos mais nítidas) levou Eddington a declarar que “a previsão teórica de Einstein [de que há uma curvatura do espaço-tempo] havia sido confirmada pela natureza”⁴⁶. Previsões complementares, no entanto, continuaram sob o fogo da crítica: o desvio para o vermelho (*redshift*) só foi detectado experimentalmente no início dos anos 60; em busca das “mínimas deformações gravitacionais na textura do espaço causadas pela Terra”⁴⁷, testes refinados tecnologicamente foram concluídos há dois anos, com publicação aos 31 maio de 2011:

Após 31 anos de pesquisa e desenvolvimento, 10 anos de preparação de voo, um ano e cinco meses de missão de voo e 5 anos de análises dos dados, nossa equipe da Sonda Gravitacional B (*Gravity Probe B*, GP-B) chegou, por fim, aos resultados experimentais deste teste do marco da teoria da relatividade geral de Einstein de 1916.⁴⁸

Este é o âmbito no qual os testes recebem do realista a preocupação com o conteúdo explicativo contido na teoria a ser examinada. A testabilidade das teorias é um aspecto caro à atividade científica. Com uma atitude altamente crítica e ciente de que os erros de interpretação permeiam toda e qualquer atividade humana, o realista se compromete com

⁴⁶ Andrew Robinson, *Einstein: os 100 anos da Teoria da Relatividade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, p.76.

⁴⁷ *Idem*, p.77.

⁴⁸ Fonte: <<http://einstein.stanford.edu/highlights/status1.html>> (último acesso: 20/10/2013).

tentativas de refutar as teorias. Se conjecturas ousadas, como a teoria da relatividade geral, resistem aos testes mais refinados, é porque algo nos diz que explicações de tipo leis da natureza são possíveis, e que nos permitem compreender com razoável aceitação de que o mundo seja realmente como nossas conjecturas dizem.

É nesse sentido que a forma cética de interrogar o universo, como sugere Carl Sagan, ou a disposição crítica que é própria à investigação científica, como defende Karl Popper, comportem as possibilidades de se manter a chama da vela acesa, e não a defesa programática de revoluções últimas na ciência e descrições completas da realidade, como alertou Einstein referindo-se às inclinações positivistas de Heisenberg e Bohr.

E é ainda desse ponto de vista cosmológico que se torna possível pensar que há elementos de esperança depositados nas novas gerações: que o autoesclarecimento e a difusão da ciência e da tecnologia por meio das lâminas do ceticismo científico e falibilismo crítico é possível, evitando, assim, que o conhecimento especializado se torne poder nas mãos de alguns poucos que decidem por todos.

O modo de pensar cético, falibilista e crítico nos permite rever nossas concepções e nos darmos conta de que há ao menos uma tradição a partir da qual o atual avanço do conhecimento científico foi possível; de que certas incursões podem ter uma tendência contrária a essa tradição e que, apesar de ter sido revivida por Galileu, existem sopros dispostos a fazer com que a vela se apague.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências primárias:

POPPER, Karl. *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo: Cultrix, 2007.

POPPER, Karl. *Realism and the Aim of Science*. (Ed. W.W. Bartley III) London and New York: Routledge, 2000.

POPPER, Karl. *Teoria dos Quanta e o cisma na Física*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1989.

POPPER, Karl. *Conjecturas e Refutações*. Brasília: Ed. UnB, 1982.

POPPER, Karl. “Três concepções acerca do conhecimento humano”. In: *Coletânea de Textos*. São Paulo: Abril Cultural, 1975. (Os Pensadores, vol. XLIV)

POPPER, Karl. *A Sociedade Aberta e Seus Inimigos*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Ed. USP, 1987a (tomo 1).

POPPER, Karl. “Fatos, padrões e verdade: Uma crítica adicional ao relativismo” (1961) – Adenda I. In: *A Sociedade Aberta e Seus Inimigos*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Ed. USP, 1987b (tomo 2, pp. 389-416).

POPPER, Karl. *Conhecimento Objetivo: uma abordagem evolucionária*. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, 1999.

POPPER, Karl. *Autobiografia intelectual*. São Paulo: Cultrix; Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

POPPER, Karl. *Em busca de um mundo melhor*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

POPPER, Karl. *Textos escolhidos*. (Org. David Miller) Rio de Janeiro: Contraponto / Ed. PUC-Rio, 2010.

Referências secundárias:

ARISTÓTELES. *Metafísica*. Ensaio introdutório, texto grego com tradução e comentário de Giovanni Reale (vol. II). 2ª ed. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

BERKELEY, George. “De Motu”. *Scientiae Studia* 4, pp.115-137, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ss/v4n1/v4n1a05.pdf>>. (último acesso: 17/7/2013).

BOHR, Niels. "Discussion with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics" In: SCHILPP, P. A. (ed.) *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (pp. 199-242).

BUNGE, Mario. *Caçando a realidade: a luta pelo realismo*. São Paulo: Perspectiva, 2010.

BUNGE, Mario. *Filosofia da Física*. Lisboa: Edições 70, 1973.

COPLESTON, Frederic. *A History of Philosophy*, vol. V – Hobbes to Hume. New York: An Image Book, 1985.

EINSTEIN, Albert. "Reply to criticisms" In: P. A. SCHILPP (ed.). *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (pp. 665-688).

EINSTEIN, A.; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?", *Physical Review* **47**, 1935, pp.777-780. Disponível em: <http://prola.aps.org/pdf/PR/v47/i10/p777_1>. (Último acesso: 07/9/13.)

FREGE, Gottlob. *Lógica e Filosofia da Linguagem*. São Paulo: Cultrix, Ed. USP, 1978.

GALILEU, Galilei. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. Tradução, introdução e notas de Pablo R. Mariconda. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.

GALILEU, Galilei. *O Ensaíador*. São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores, vol. XII)

HEISENBERG, Werner. "The Representation of Nature in Contemporary Physics". In: *Daedalus*, Vol. 87, No. 3, Symbolism in Religion and Literature (Summer, 1958), pp. 95-108.

HEISENBERG, Werner. "Introduction" In: *The Born-Einstein Letters*. Macmillan: London and Basinstoke, 1971 (pp. vii-x).

HEITLER, Walter H. "The Departure from Classical Thought in Modern Physics", In: P. A. SCHILPP (ed.). *Albert Einstein: Philosopher-Scientist* (pp.179-198).

HILGEOVOORD, Jan. "The Uncertainty Principle", In: Edward N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2006. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/qtuncertainty/>> (último acesso: 05/10/2013).

KLEMENT, Kevin. "Russell's Logical Atomism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2011 Edition), Edward N. Zalta (ed.). Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2011/entries/logical-atomism/>> (último acesso: 05/10/2013).

KIRK, G. S.; RAVEN, J. E.; SCHOFIELD, M. *Os filósofos pré-socráticos*. História crítica com seleção de textos. 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994.

MARICONDA, Pablo R. “Notas ao *Diálogo*” In: GALILEU, Galilei. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011. (pp.539-872.)

PATY, Michel. *A Física do Século XX*. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2009.

PLATÃO. *Timeu – Crítias – O Segundo Alcibíades – Hípias Menor*. (trad. Carlos Alberto Nunes). 3ª ed. Belém: EDUFPA, 2001.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência como uma vela acesa no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

SCHORN, Remi. “O falibilismo como síntese dialética entre dogmatismo e ceticismo”. In: *Revista de Ciências Humanas* (Frederico Westphalen), v.8, p.173-186, 2007.

SCHORN, Remi. *Como chegamos ao conhecimento? Metafísica, crítica e legitimidade*. Cascavel: EdUnioeste, 2012.

SCHILPP, P. A. (ed.) *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. Evanston, Illinois: The Library Living Philosophers, 1949.

SCHLICK, Moritz. “A causalidade na física atual”. In: *Coletânea de Textos*. São Paulo: Abril Cultural, 1975. (Coleção Os Pensadores)

TALIGA, M. “Kant e Popper: Duas revoluções copernicanas”, (Trad. Remi Schorn) 2004. Original disponível em: <<http://www.fhv.umb.sk/.../acoountPropertiesAttachmen>> (Último acesso: 19/02/2013).