

# **Ciência: epistemologia & ensino**

**César Fernando Meurer**

*Organizador*



César Fernando Meurer  
*Organizador*

# **Ciência: epistemologia e ensino**

1ª edição



Editora do PPGFil-UFRRJ  
Seropédica, RJ, 2024

# UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

*Reitor:* Roberto de Souza Rodrigues

*Vice-Reitor:* Cesar Augusto Da Ros

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação:* José Luis Fernando Luque Alejos

*Coordenador do PPG em Filosofia:* Francisco José Dias de Moraes

## EDITORA DO PPGFIL-UFRRJ

[www.editorappgfilufrj.org](http://www.editorappgfilufrj.org)

*Editora-Chefe:* Cristiane Almeida de Azevedo

*Editora-Adjunta:* Michelle Bobsin Duarte

*Equipe Editorial:* Admar Costa, José Nicolao Julião, Renato Valois, Walter Valdevino

### *Conselho Editorial:*

Abilio Azambuja Rodrigues Filho (UFMG)

André Luis Mota Itaparica (UFRB)

Antonio Augusto Passos Videira (UERJ)

Aurélie Knüfer (Université de Montpellier 3, França)

Edgar de Brito Lyra Netto (PUC-Rio)

Evandro Barbosa (UFPEl)

Fernando José de Santoro Moreira (UFRJ)

Gilvan Luiz Fogel (UFRJ)

Guido Antônio de Almeida (UFRJ)

Helder Buenos Aires de Carvalho (UFPI)

Julio Cesar Ramos Esteves (UENF)

Luciana Gabriela Soares Santoprete (CNRS, Paris)

Luisa Severo Buarque de Holanda (PUC-Rio)

Marco Antonio Caron Ruffino (UNICAMP)

Marcos Fanton (UFMS)

Maria Aparecida de Paiva Montenegro (UFCE)

Markus Figueira da Silva (UFRN)

Pedro Sússekind Viveiros de Castro (UFF)

Stéphane Pujol (Université de Toulouse, França)

Tiegue Vieira Rodrigues (UFMS)

William Matiulli (UFRJ)

## Coletânea “Ciência: epistemologia e ensino”

*Organizador:* César Fernando Meurer

*Autores de capítulos:* Alexandre Bagdonas, Anabel C. Raicik, Andrea Mara Vieira, Bruno Malavolta e Silva, Caetano Ernesto Plastino, César Fernando Meurer, Eros Moreira de Carvalho, Fábio Peres Gonçalves, Luana Paula Goulart de Menezes, Luciana Zaterka, Luiz Ben Hassanal Machado da Silva, Luiz H. M. Arthur, Michel Corci Batista, Robinson Guitarrari, Ronei Clecio Mocellin.

*Prefácio:* Sofia Inês Albornoz Stein

*Revisão:* Angela Bagdonas Henrique, César Fernando Meurer, Isaque Gomes Correa.

*Capa:* César Fernando Meurer, com foto de acervo pessoal

*Diagramação:* César Fernando Meurer



Esta publicação está protegida por uma licença Creative Commons CC BY-NC 4.0

Ciência: Epistemologia e Ensino [recurso eletrônico] / César Fernando Meurer (Org.) – Seropédica: PPGFIL-UFRRJ, 2024.

309 p.

ISBN 978-65-00-98794-2

1. Filosofia da ciência. 2. Epistemologia. 3. Ensino de ciências. I. Título. II. Meurer, César Fernando.



## PREFÁCIO

Sofia Inês Albornoz Stein

Que as atividades científicas são relevantes e indispensáveis parece não poder mais ser disputado no mundo atual. Porém, desde o início das investigações que hoje chamamos de ciência, enquanto símbolos, números, equações, cálculos e instrumentos eram criados e aperfeiçoados, esses causaram admiração e espanto a quem os usava ou observava. A capacidade humana de observar, com ou sem instrumentos e lentes, e de traduzir eventos e relações causais a equações e leis, obviamente surpreende mesmo àqueles que estão sendo treinados cientificamente. É assim que pode ser explicada a fonte das reflexões filosóficas, meta-científicas, que conjecturam sobre métodos, regras, processos e materiais utilizados pelas diversas ciências.

Quando um aluno ou estudante inicia sua trajetória de aprendizagem, as ciências — tais quais Matemática, Física, Biologia ou Química — podem parecer objetos estanques e imóveis, e, em geral, é assim que aparecem em livros didáticos. Porém, como a história das ciências testemunha, ciências exatas e naturais, e mais ainda as humanas, são algo vivo, sempre em evolução e transformação. Isso significa que a nomenclatura que as classifica se mantém, porém, o seu conteúdo varia. O que era a Astronomia cinco mil anos atrás só espelha uma fração do que é hoje a atividade de astrônomos mundo afora. O que era a “ciência natural” na época da Grécia Antiga apenas guarda uma pequena semelhança com a vasta área de pesquisa atual chamada de Biologia, segmentada em centenas de subáreas, tais como a Genética, a Epigenética etc.

Não apenas as ciências são atividades humanas vivas e em mutação, como seus discursos e conceitos são histórica e sociologicamente dependentes. Embora seja inegável que há alguma estabilidade no uso numérico e conceitual — astros eram astros desde a Antiguidade até hoje —, o que expressões como “astro” querem dizer,

qual o seu conteúdo semântico e referencial, obviamente se modificou ao longo dos séculos.

A Filosofia da Ciência que cogita sobre a natureza das ciências não se contentou em avaliar seus métodos teóricos e práticos, de dedução, indução, abdução, ou de testes. Foi além e, junto à Epistemologia e à Metafísica, debate qual o grau de realidade das afirmações ou dos objetos científicos. Isto é, quanto, afinal, de verdade alcançamos ao fazer ciência? O que corresponde a perguntar: qual o grau de realismo podemos esperar de descrições e explicações científicas? Nesse contexto, fica evidente a necessidade de distinguir, por exemplo, entre enunciados científicos mais gerais, como as leis, e aqueles feitos sobre fatos singulares.

Muitos lógicos e epistemólogos preocupados com as questões acima questionam a pertinência da nova proposta historiográfica de Thomas Kuhn, que condiciona avanços científicos a eventos políticos, sociológicos e econômicos. Talvez, de fato, seja inegável que alguns traços da atividade científica tendam a permanecer, como a busca constante por observações mais acuradas dos fatos. No entanto, também é evidente que fatos históricos determinaram os rumos das ciências. A tensão que surge muitas vezes entre essas duas abordagens, a epistemológica e a historiográfica, não deve ser ignorada, porém tampouco deve ser considerada um empecilho a que ambas continuem ativas.

Esta coletânea contém textos de Filosofia da Ciência voltados para questões epistemológicas e metafísicas, além de textos de cunho mais historiográfico. A Filosofia ficou conhecida por procurar respostas permanentes a problemas sobre a verdade ou a realidade. Desde a modernidade, é debatida a fundamentação fenomênica e lógica do conhecimento empírico, pelos empiristas clássicos, como David Hume, ou pelos idealistas transcendentes, como Immanuel Kant. Tal debate repercutiu nos séculos XIX e XX, e foi traduzido para a discussão acerca do estatuto de símbolos, conceitos, leis e teorias científicas. O que primeiramente parecia ser uma questão de como a mente humana recebia informações, as reunia e organizava em conceitos e argumentos, passou a ser vista como uma questão de linguagem: Como cientistas descrevem e explicam os fatos?

A partir de meados do século XIX, seguindo os muitos e variados desenvolvimentos científicos da época, encontramos proeminentes ideias sobre a natureza do discurso científico. Temos ali a presença de convencionalistas como Pierre Duhem e Henri Poincaré, neoempiristas tais quais Otto Neurath e Rudolf Carnap, ou seus críticos, tais como Karl Popper ou Imre Lakatos, além de inúmeros outros pensadores que participaram do primeiro ou do segundo Círculo de Viena — entre eles Ernst Mach e Moritz Schlick — ou do Círculo de Berlim, como Hans Reichenbach e Carl Hempel. Mais recentemente, a história reservou maior participação às mulheres e a registrou. Já haviam contribuído nas muitas atividades científicas dos últimos séculos. Com as conquistas de espaços profissionais e acadêmicos, alcançaram também destaque nos espaços sociais reservados a ponderar sobre essas atividades.

Deixemos registrado que a participação feminina sempre existiu, como exemplifica a cooperação entre Antoine Laurent Lavoisier e sua esposa Marie Anne Pierrette Paulze, no final do século XVIII, que resultou na revolução científica da nova Química. Vale mencionar Mary Hesse, Susan Haack, Helen Longino e Sandra Harding, que lideraram, entre outras, em meados do século XX, a participação de mulheres nas indagações metacientíficas. Entretanto, não seria possível citar especificamente as inúmeras mulheres dos cinco continentes que, neste momento, examinam problemas de filosofia da ciência, e que são a prova de que não há limite de gênero na investigação filosófica.

Uma outra linha de pesquisa presente nesta coletânea é a do ensino de ciências. Não só é importante raciocinar sobre a natureza metodológica das ciências e sobre sua evolução histórica, como é inegável a necessidade de aprimorar a forma como se ensina ciências às crianças brasileiras. Os números mostram sua falta de formação em matemática e ciências e isso se deve em parte à abordagem errônea que continua a vigorar nas escolas: excesso de memorização sem contextualização correta e suficiente. Isso é perceptível apenas folheando alguns livros didáticos. Obviamente não afirmo que o próprio contexto escolar, com as deficiências materiais que conhecemos nas escolas brasileiras, não impeça igualmente uma abordagem mais integral e eficiente no ensino das ciências.

Esta coletânea pode ser outro passo para tornar a área mais atrativa e auxiliar àqueles que se dedicam a educar nossas crianças. Segundo estudos recentes, dentro de 15 anos aproximadamente, poderão faltar em nosso país mais de 235 mil professores de ciências no ensino básico (segundo estatísticas do Instituto Semesp, 2022). E, segundo estudo do British Council em parceria com a Fundação Carlos Chagas (2023), 51,7% dos alunos do ensino básico estão nos níveis mais elementares do letramento científico e 48% dos brasileiros entre 15 e 40 anos foram classificados com nível de letramento científico rudimentar. Inquestionavelmente, isso repercute em como toda a sociedade observa as variadas atividades científicas. Quem já foi professor sabe que a falta de conhecimento prolongado em uma área do saber pode causar facilmente temor de fracassar em qualquer nova tentativa de abordar os seus conteúdos.

Enquanto nosso ensino básico não progride, temos dados que mostram pesquisas e pesquisadores reconhecidos internacionalmente em nossas universidades. A filosofia e a história das ciências têm, pois, um duplo papel a cumprir: acompanhar o desenvolvimento de pesquisas consolidadas e, simultaneamente, facilitar o acesso e a compreensão de crianças e adultos ao seu conteúdo.

Sofia Inês Albornoz Stein  
CNPq / USP

Presidente da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul

## SUMÁRIO

**Prefácio** → p. 05

Sofia Inês Albornoz Stein

**Apresentação** → p. 11

César Fernando Meurer

**A defesa explicativa do realismo científico** → p. 12

Bruno Malavolta e Silva

**O teste científico: a prática e o ponto de vista lógico** → p. 36

Luiz Ben Hassanal Machado da Silva

**Pensar o mundo**

**pela perspectiva da filosofia da química** → p. 64

Luciana Zaterka e Ronei Clecio Mocellin

**Buracos negros e ondas gravitacionais:  
problematizando descobertas científicas para se  
trabalhar a natureza da ciência no ensino de física** → p. 83

Luiz H. M. Arthury

**Questões sociocientíficas e controvérsias  
sobre a natureza da ciência: buscando temas  
com potencial para o ensino de física** → p. 104

Alexandre Bagdonas

**Sobre a natureza da ciência:**

**o que Johannes Kepler tem a nos ensinar?** → p. 123

Luana Paula Goulart de Menezes e Michel Corci Batista

**Compreender a natureza da ciência:  
um desafio para as ciências humanas → p. 145**

Andrea Mara Vieira

**(Re)Pensando Thomas Kuhn:  
reflexões sobre mal-entendidos da *Estrutura*  
e suas implicações para o ensino de ciências → p. 186**

Anabel C. Raicik e Fábio Peres Gonçalves

**Kuhn e a resolução das controvérsias científicas → p. 229**

Robinson Guitarrari e Caetano Ernesto Plastino

**Valores na ciência e  
a perspectiva ecológica do conhecimento científico → p. 250**

Eros Moreira de Carvalho

**A linguagem, os fatos e os valores da ciência → p. 282**

César Fernando Meurer

**Sobre os autores → p. 304**

# APRESENTAÇÃO

César Fernando Meurer

A ciência pode ser compreendida como uma atividade de propor e avaliar teorias à luz de evidências observacionais e experimentais. Um dos resultados dessa atividade, o conhecimento científico, é interessante por vários motivos: ele se distingue de outros conhecimentos tanto pelos modos como é produzido quanto pelas maneiras como é apresentado; ele informa acerca da realidade, tanto em termos descritivos e explanatórios quanto em termos preditivos; seus modos de produção e apresentação podem ser transmitidos e ensinados em diferentes graus de complexidade.

Várias perguntas podem ser feitas a partir dessa breve caracterização da ciência e do conhecimento científico: qual é a natureza da ciência? O que é uma teoria científica? Qual é a melhor maneira de apresentar teorias científicas? O que são evidências? As evidências são neutras em relação às teorias? Caso evidências não sejam teoricamente neutras, qual é a diferença entre afirmações teóricas e empíricas? Há base empírica para a ciência? Caso não haja, o que significa dizer que a ciência avalia suas afirmações à luz de evidências? O que a ciência tem a dizer acerca da estrutura geral da realidade? Existem probabilidades objetivas na realidade? O que é conhecimento? Quais são as características distintivas do conhecimento científico? As descrições, explicações e previsões científicas são ou deveriam ser neutras em relação a valores? Qual é a melhor maneira de transmitir conhecimentos científicos? Qual é a importância da educação científica das novas gerações?

Os capítulos da presente coletânea desdobram reflexões atualizadas e ponderadas acerca dessas questões, bem como acerca de um número de questões próximas. Para enriquecer o volume, buscamos contribuições de pessoas com formação e experiência em diferentes áreas, atentos em particular à participação feminina.

Agradecemos aos autores, pela confiança e paciência, à equipe da Editora do PPG-Fil da UFRRJ, pelo trabalho editorial sério e rigoroso, aos revisores, pelo empenho e atenção aos detalhes, e aos leitores, pelo interesse nas questões aqui tratadas.

# A DEFESA EXPLICATIVA DO REALISMO CIENTÍFICO

Bruno Malavolta e Silva

## Ideias centrais do capítulo:

- As teorias científicas são extraordinariamente bem-sucedidas em suas previsões e aplicações tecnológicas, e a única maneira razoável de explicar isso é assumindo a verdade dessas teorias.
- Segundo a explicação evolucionária, teorias científicas são bem-sucedidas porque a ciência elimina teorias que fracassam em testes, mas preserva teorias bem-sucedidas.
- A explicação evolucionária esclarece como teorias são formuladas e selecionadas, mas não explica o que faz uma teoria ser bem-sucedida.
- A defesa explicativa do realismo científico é circular, pois utiliza a mesma regra inferencial que defende.
- Segundo diferentes vertentes epistemológicas, podemos estar justificados a defender nossos métodos inferenciais a partir deles mesmos.
- A história da ciência revela que o sucesso preditivo não é um critério confiável para demonstrar a verdade de uma teoria.
- Embora o sucesso preditivo não demonstre a verdade de uma teoria, ele pode revelar que uma teoria possui elementos verdadeiros.

## 1. O debate sobre o realismo científico

A ciência nos apresenta uma imagem incrivelmente detalhada do mundo. Ouvimos falar de átomos, buracos negros, células, vírus, placas tectônicas, curvaturas do espaço-tempo, ego e carboidratos. Não vemos essas coisas (ao menos não a olho nu), mas naturalmente passamos a imaginá-las como parte da mobília do mundo. E muitas das coisas que vemos, passamos a imaginá-las de outro modo devido à ciência: sons como ondas sonoras; mesas como amontoados de átomos; animais e plantas como amontoados de células. A ciência se tornou um dos pilares de nossa cultura. E em grau maior ou menor, a

visão de mundo da imensa maioria das pessoas é influenciada pelo retrato da realidade talhado pela ciência. Mas até onde (ou em quais circunstâncias) é razoável crer em uma teoria científica?

A filosofia da ciência do último século constituiu um campo de batalha agitado perante essa questão. Diversos autores defenderam que a imagem de mundo apresentada pela ciência *não é real*. Com isso, tal imagem torna-se comparável a uma mitologia, uma grande ficção arraigada como verdade em nossa cultura. Em vez de Zeus e Atena, temos o *Big Bang* e os *quarks*. Essa é uma postura extrema, mas há muitas razões para desconfiarmos da ciência. Cientistas são falíveis e a ciência já errou incontáveis vezes no passado. Todo dia um cientista revisa uma ideia. Revoluções científicas são recorrentes na história da ciência. No passado, cientistas acreditaram no geocentrismo, na geração espontânea, na existência do éter, de miasmas e diversas outras coisas que a ciência já não inclui na mobília do mundo. Que garantia temos de que novas revoluções não ocorrerão, que conceitos como o de átomos e carboidratos sejam descartados assim como foram descartados os de éter e miasma? Se as teorias da ciência atual não foram nem sequer imaginadas pelos cientistas do passado, como sabemos que as teorias de hoje não serão substituídas por teorias que ainda nem sequer imaginamos? É possível que as teorias científicas sejam radicalmente falsas e a ciência continue funcionando tal como funciona? E, se sabemos que a ciência é influenciada por valores e interesses industriais de corporações, como saber se a objetividade científica não está enviesada por tais fatores? Se a ciência opera com idealizações e abstrações – tais como planos sem atrito, gases perfeitos e condições ideais de temperatura e pressão –, como saber o quanto essas idealizações distorcem a verdade da ciência? Afinal de contas, como é possível obter conhecimento sobre coisas que não podemos ver?

Diante de questões como essas, filósofos e filósofas passaram a buscar um modo de equilibrar nossa admiração pela prática científica com uma postura crítica em relação a ela. O realismo científico é uma atitude epistêmica positiva acerca de teorias e modelos científicos (Chakravartty, 2017; Sankey, 2004). Para realistas científicos, a imagem do mundo apresentada pelas principais teorias científicas está essencialmente correta e, portanto, podemos tratar essas teorias como

aproximadamente verdadeiras. Átomos, genes e as outras entidades que protagonizam nossa imagem científica de mundo são reais e se comportam basicamente como o consenso científico diz. Essa atitude epistêmica possui ao menos três compromissos filosóficos importantes:

*Realismo metafísico:* existe uma realidade externa, isto é, uma realidade independente de nossas mentes.

*Realismo semântico:* teorias científicas possuem um valor de verdade determinado conforme seu valor semântico aparente (ou seja, teorias científicas afirmam literalmente o que elas parecem afirmar), tal que expressões teóricas como 'átomos' e 'proteínas' são utilizados para referir literalmente a átomos e proteínas.

*Realismo científico epistêmico:* a evidência científica atualmente disponível justifica crermos que teorias científicas maduras são representações verdadeiras (ou aproximadamente verdadeiras) do mundo.

Quando um realista científico afirma que átomos são reais, ele está afirmando que átomos existem como objetos do mundo, tal que a teoria atômica não expressa apenas uma opinião ou um estado mental de cientistas. Por isso, o realismo científico pressupõe o realismo metafísico, ou seja, pressupõe a existência de um mundo externo à mente humana. Isso separa o realismo científico de certas posições tradicionais na história da filosofia, tal como o idealismo de Berkeley, segundo o qual a realidade é uma forma de pensamento (ser é ser percebido) e o fenomenalismo, segundo o qual todo objeto físico é um fenômeno da percepção.

Durante um período considerável, o debate desse assunto focou em questões acerca da natureza da linguagem científica: o que é uma teoria científica? Quais são suas partes e sua estrutura? O que determina o significado e a referência de termos teóricos (isto é, termos que se referem a objetos que não conseguimos ver, mas sobre os quais especulamos), tais como "quark" e "mitocôndria"? Nesse contexto, o realismo semântico sustenta que teorias científicas devem ser interpretadas literalmente por seu valor de face. Ou seja, elas

possuem um valor de verdade determinado pelos objetos que aparentam referir. Logo, teorias sobre átomos falam literalmente sobre átomos, estes entendidos como entidades microscópicas do mundo. Assim, a teoria atômica será verdadeira se (e somente se) existem átomos tal como descritos na teoria. E, de modo geral, uma teoria científica será verdadeira se (e somente se) o mundo é tal como a teoria o descreve.<sup>1</sup> É claro, teorias científicas não são estritamente verdadeiras. Elas falam sobre pontos sem extensão, condições ideais de temperatura e pressão, e toda sorte de idealizações que nos ajudam a compreender certos aspectos da realidade abstraídos dos demais. Não obstante, realistas dirão que teorias científicas maduras são aproximadamente verdadeiras. *Grosso modo*, isso significa dizer que o mundo é aproximadamente tal como descrito pela teoria, ou que a teoria é verdadeira acerca de um mundo possível que é muito semelhante ao atual, ainda que não idêntico.

O realismo semântico separa o realismo científico de uma ampla tradição empirista segundo a qual o discurso teórico da ciência deve ser interpretado de modo redutível a afirmações observáveis. O verificacionismo, por exemplo, propõe que afirmações (não-analíticas) possuem significado se e somente se puderem ser investigadas empiricamente. Sendo assim, o significado cognitivo de conceitos e afirmações inobserváveis (teorias sobre átomos, genes etc.) é tratado como redutível a um vocabulário observacional verificável diretamente na experiência (Carnap, 1928; Waismann, 1951). E o instrumentalismo semântico enfatiza o papel das idealizações na construção de teorias, defendendo que conceitos e afirmações teóricas não sejam tratados como representações literais da realidade, mas como ferramentas simbólicas desprovidas de significação semântica (Duhem, 1906; Mach, 1910; Nagel, 1979).

---

<sup>1</sup> Tendo em vista que o realismo científico expressa um interesse na verdade acerca do mundo externo, ele assume uma teoria da verdade na qual a verdade de uma sentença declarativa será determinada pelos fatos do mundo que expressam as condições de verdade da sentença. Nestes termos, o realismo científico é compatível tanto com uma teoria correspondencial da verdade (uma sentença é verdadeira se e somente se corresponde aos fatos) quanto com uma teoria deflacionista (a sentença “a neve é branca” é verdadeira se e somente se a neve é branca). Mas não é compatível com teorias da verdade coerentistas ou pragmatistas, segundo as quais a verdade é determinada por propriedades de agentes (para detalhes, cf. Niiniluoto, 1999).

No estágio atual do debate, o realismo metafísico e o semântico são assumidos como pressupostos comuns, focando-se no realismo epistêmico para determinar se (e até que ponto) as teorias científicas oferecem descrições corretas do mundo. Para realistas científicos, a evidência experimental justifica a afirmar que muitas teorias científicas – aquelas que consideramos “maduras” – são aproximadamente verdadeiras (Boyd, 1996; Niiniluoto, 1999). Em contraste, antirrealistas científicos questionam a confiabilidade dos procedimentos utilizados para justificar a crença em teorias. Oferecem então uma forma alternativa de compreender a atividade científica, assumindo um compromisso menor com a verdade de teorias, especialmente quando elas se pronunciam acerca de objetos que não podemos observar diretamente, como células e átomos. O empirismo construtivo de Bas Van Fraassen, por exemplo, propõe que a atividade científica seja interpretada como uma atividade de criar teorias empiricamente adequadas. Dizer que uma teoria é “empiricamente adequada” significa dizer que “é verdadeiro o que ela diz sobre as coisas e eventos observáveis no mundo” (Van Fraassen, 2007, p. 34). Para Van Fraassen, uma teoria científica é feita para “salvar os fenômenos”, ou seja, para sistematizar eventos observados e possibilitar a predição de novos. Mas o fato de uma teoria ser empiricamente adequada não garante que ela seja verdadeira sobre aspectos inobserváveis da realidade (cf. também Bueno, 1999; Wray, 2016). Outras formas de antirrealismo científico incluem, por exemplo, versões de instrumentalismo que destacam o uso de teorias científicas como ferramentas cognitivas, cujo uso não exige um compromisso realista (Stanford, 2006; Rowbottom, 2019) e o construtivismo de Bruno Latour e Steve Woolgar, segundo o qual fatos científicos são construções sociais de uma época (Latour, 1987; Latour e Woolgar, 1979). De modo geral, é chamada de antirrealista qualquer posição que rejeite algum dos três pressupostos do realismo científico.

Mas, afinal, que razões temos para acreditar na verdade da ciência?

## **2. O argumento do milagre**

Entramos no século XX montando em cavalos. Sairemos dele pilotando espaçonaves. Entramos no século morrendo de tifoide e

de varíola, e sairemos dele tendo conquistado todas estas doenças. Na virada do século XIX, transplantes de órgãos eram inimagináveis, enquanto na virada deste século muitos terão sobrevivido porque são sustentados pelo coração ou outro órgão vital doado por outra pessoa. Em 1900, a expectativa de vida era de 47 anos. Hoje é de 75 (Brody e Brody, 1997, p. 337).

A ciência é um empreendimento bem-sucedido em muitos sentidos. Os cientistas são capazes de prever muitas coisas, incluindo a descoberta e antecipação de novos tipos de fenômenos, e o fazem com uma precisão encontrada apenas na ciência. As teorias que orientam tais previsões também oferecem explicações e entendimentos acerca de diversos fenômenos e objetos do mundo. A ciência nos capacita a manipular coisas de novas maneiras e a construir tecnologias, como ilustram as espaçonaves do século XXI. Diante desse contraste entre o início e o fim do século XX, é difícil imaginar como o mundo e o progresso tecnológico estarão no fim do século XXI. Podemos mencionar também as bombas atômicas da Segunda Guerra Mundial e as tecnologias de *fake news* que estão sendo usadas de modo a ferir a democracia a fim de lembrarmos da responsabilidade associada a esse mesmo avanço científico. Seja como for, o fato é que o sucesso da ciência abrange a extraordinária capacidade de fazer previsões, explicações, manipulações e construções tecnológicas. Chamemos isto de sucesso empírico da ciência.

Nem todos os empreendimentos teóricos são empiricamente bem-sucedidos dessa maneira. Sistemas de astrologia e homeopatia, por exemplo, não conduzem à descoberta de novos fenômenos e à construção de tecnologias com a eficiência que a astronomia e a farmacologia contemporânea o fazem. Assim, o sucesso empírico da ciência levanta a seguinte questão: se nem todo empreendimento teórico é bem-sucedido como a ciência, o que faz com que a ciência seja tão bem-sucedida assim? O que faz com que uma teoria científica continue sobrevivendo a novos testes, levando a descobertas e a novas tecnologias?

Para realistas científicos, é natural pensar que o sucesso empírico da ciência evidencia o seu sucesso epistêmico, isto é, o seu sucesso em obter conhecimento genuíno sobre o mundo. Teorias verdadeiras

sobreviverão a testes feitos adequadamente e guiarão corretamente à descoberta de novos fenômenos e tecnologias. Teorias falsas não o farão, ao menos não com a mesma solidez e confiabilidade. Se é assim, então o sucesso empírico da ciência parece estar fortemente atrelado a um progresso na obtenção de conhecimento.

O sucesso da atividade científica é, assim, o principal motor na defesa do realismo científico. Richard Dawkins, em uma palestra em Oxford, foi indagado sobre como sabemos que a ciência é confiável, ao que ele respondeu: “Ela funciona! Aviões voam. Carros andam. Computadores computam. Se você basear remédios em ciência, você cura pessoas. Se você basear o *design* de foguetes em ciência, eles alcançam à lua. Funciona!” Similarmente, J. Smart argumentou que seria necessário postular uma espécie de coincidência cósmica para aceitar que todas as coisas se comportam *como se* existissem átomos mesmo não existindo átomos; ou que o universo se comporta exatamente *como se* as teorias científicas fossem verdadeiras mesmo elas sendo falsas (Smart, 1963). Esta ideia recebeu o nome irônico de argumento do milagre,<sup>2</sup> desde que Hilary Putnam (1975, p. 73) argumentou:

[O realismo] é a única filosofia que não faz do sucesso da ciência um milagre. Que os termos nas teorias científicas maduras tipicamente são referenciais [...]; que as teorias aceitas numa ciência madura são típica e aproximadamente verdadeiras; que o mesmo termo pode se referir à mesma coisa mesmo quando ocorre em teorias diferentes – tais proposições são vistas pelo realista científico não como verdades necessárias, mas como parte da única explicação científica do sucesso da ciência e, portanto, como parte de qualquer descrição científica adequada da ciência e de suas relações com seus objetos.

De modo mais esquemático, o argumento costuma ser expresso na forma de uma inferência à melhor explicação:

(1) Nossas melhores teorias científicas são empiricamente bem-sucedidas de modo extraordinário.

---

<sup>2</sup> Alguns outros nomes, como “Argumento da inexistência de milagres”, “Argumento pela coincidência cósmica” (Smart, 1963) ou “Argumento último para o realismo científico” (Musgrave, 1988) também foram usados.

(2) O realismo científico oferece uma explicação satisfatória para o sucesso empírico dessas teorias.

(3) Nenhuma outra filosofia ou hipótese é capaz de fornecer uma explicação plausível para o sucesso dessas teorias.

(4) Logo, estas teorias são (aproximadamente) verdadeiras, tal como propõe o realismo científico.

O núcleo do argumento é a ideia de que a ciência só funciona e é extraordinariamente bem-sucedida porque os cientistas são capazes de encontrar teorias verdadeiras que os guiam nas previsões, explicações, descobertas e construções de tecnologias. Considere o contrário: se você basear uma previsão em uma teoria completamente falsa, é muito provável que sua previsão dê errado e, caso ela dê certo, será por pura sorte (ou milagre). Se você tentar construir um avião a partir de uma teoria completamente errada, não há nenhuma razão para esperar que o avião voe. Mas, uma vez que você encontre teorias e instruções corretas, o sucesso torna-se esperado. Nestes termos, o argumento do milagre foi defendido por uma enorme tradição de autores (Boyd, 1980; Musgrave, 1988; Niiniluoto, 1999; Psillos, 1999, 2011; Sankey, 2004). E, naturalmente, o argumento foi também criticado de muitos modos. Consideremos algumas de suas principais objeções.

### **3. Objeção 1: Explicações antirrealistas para o sucesso da ciência**

O argumento do milagre se baseia na premissa de que não há uma explicação satisfatória para o sucesso da ciência que não assuma o realismo científico. Em resposta, alguns autores buscaram elaborar uma explicação antirrealista para o sucesso da ciência. Uma proposta é a explicação evolucionária (ou darwinista) sugerida por Van Fraassen (1980). Ele argumenta que teorias que falham em testes tendem a ser abandonadas pela investigação científica; enquanto teorias que se mostram empiricamente adequadas, fazendo previsões corretas e dando explicações coerentes com os fatos observados, são preservadas e continuam sendo investigadas. Assim, pode-se explicar o sucesso da ciência atentando para o método pelo qual teorias são desenvolvidas: teorias são submetidas a testes rigorosos e são

rearticuladas (ou mesmo abandonadas e substituídas) de modo a se adequarem aos resultados dos experimentos. Isso sugere uma analogia entre o processo de seleção de teorias científicas e o processo de seleção natural de organismos:

Afirmo que o sucesso das teorias científicas atuais não é nenhum milagre. Não é nem sequer algo surpreendente para a mentalidade científica (darwinista). Pois toda teoria científica nasce em uma vida de competição feroz, uma selva de garras e dentes. Apenas as teorias bem-sucedidas sobrevivem – aquelas que de fato se prenderam a regularidades da natureza vigente (Van Fraassen, 2007, p. 40).

Diversos realistas científicos reagiram à explicação evolutiva. A principal crítica é a de que ela e o argumento do milagre explicam coisas diferentes (Laudan, 1984, p. 92; Lipton, 2004, p. 170; Musgrave, 1988; Psillos, 1999, p. 96-97). A explicação evolucionária explica como os cientistas descobrem teorias bem-sucedidas. Mas não explica por que essas teorias são bem-sucedidas. Em contraste, o realismo científico permite explicar por que certas teorias sobrevivem aos testes enquanto outras não (a saber, é porque essas teorias são verdadeiras, e teorias verdadeiras possuem consequências corretas). Um modo de apreciar a diferença é notar que, embora a aplicação de métodos de seleção rigorosos seja uma condição relevante para revelar o sucesso de teorias, também é uma condição relevante para revelar seus fracassos. Um teste não garante o sucesso de uma teoria, pois pode também refutá-la. Portanto, a explicação darwinista não ilumina os motivos pelos quais uma teoria particular se mostrou bem-sucedida em vez de fracassada (Park, 2014, p. 7). Além disso, o modo como a ciência seleciona teorias não anula a questão de por que algumas são bem-sucedidas e outras não. Tomada por si só, a explicação evolutiva é inteiramente compatível com o realismo: o uso de testes empíricos é compatível com o realismo, sendo justamente o que permite aos cientistas identificar teorias verdadeiras e separá-las de hipóteses falsas (Lipton, 2004, p. 170).

Por vezes, antirrealistas sugerem que, uma vez que explicamos como teorias são selecionadas, não há necessidade ulterior de explicar por que teorias são bem-sucedidas (Van Fraassen, 1980). Outras vezes, propõem que o sucesso das teorias não precisa ser explicado por sua

verdade, podendo também ser explicado por sua adequação empírica (Ladyman, 1999, p. 186) ou por sua confiabilidade enquanto instrumento preditivo (Fine, 1986a, p. 153, 1991, p. 95; Stanford, 2000, p. 275). A ideia comum é a de que podemos explicar o sucesso de uma teoria relativamente aos fenômenos observados através de uma propriedade da teoria que afirma sua compatibilidade geral com fenômenos observáveis. Para diversos autores, esta é uma explicação satisfatória e mais parcimoniosa para o sucesso das teorias (Mizrahi, 2011). Outros sugerem que, mesmo que não seja inteiramente convincente, ela coloca um obstáculo ao argumento do milagre: se tanto a verdade quanto a adequação empírica de uma teoria implicam seu sucesso empírico, por que a explicação realista seria melhor do que a explicação pela adequação empírica? (Fine, 1986a; Kukla, 1998).

A reação realista mais comum é a de afirmar que a explicação pela adequação empírica também é compatível com o realismo. Leplin, por exemplo, aponta que “considerada como uma explicação do que é observado ou de como uma teoria consegue prever o que é observado, a adequação empírica é ela mesma uma propriedade que clama por uma explicação” (Leplin, 1997, p. 23). Há, assim, uma corrente de fatos em relação explicativa: o sucesso empírico de uma teoria pode ser explicado pela sua adequação empírica, que pode ser explicada pela sua verdade. Uma maneira mais clara de apreciar o ponto é notar que “a explicação do sucesso de uma teoria está dentro da própria da teoria” (Levin, 1984, p. 129). Ou seja, explicar o sucesso de uma teoria através de sua verdade é o mesmo que afirmar a teoria como uma explicação para os fatos que servem de evidência para ela. Por exemplo, a razão pela qual a teoria celular é bem-sucedida é que células existem e se comportam tal como descrito pela teoria (ou seja, a teoria é verdadeira). Uma vez que formulamos a explicação realista desse modo, fica mais claro que o antirrealista não está realmente oferecendo uma explicação alternativa, mas simplesmente recusando a se comprometer com a verdade da teoria. Se tentarmos elaborar uma explicação antirrealista dizendo algo como “a teoria celular é bem-sucedida porque é um instrumento preditivo confiável, embora não seja verdadeira”, não estamos realmente apontando para fatos do mundo que expliquem a evidência em favor da teoria, mas simplesmente contornando a questão. Essa é uma postura que pode ser razoável em contextos nos quais a evidência em favor de uma

teoria é pouco convincente. Mas quando a evidência é convincente o suficiente para obter um consenso científico (por exemplo, acerca da existência de células e átomos), a atitude antirrealista de evitar comprometer-se com a verdade fica parecendo um ceticismo exagerado.

#### **4. Objeção 2: A acusação de circularidade**

A formulação do argumento do milagre acima apresentada possui a forma de uma inferência para a melhor explicação, ou inferência abdutiva.<sup>3</sup> Em tal modelo, realiza-se uma inferência “da premissa de que uma dada hipótese fornece uma melhor explicação para a evidência do que qualquer outra hipótese, para a conclusão de que a dada hipótese é verdadeira” (Harman, 1965, p. 89; *cf.* também Lipton, 2004). Ao encontrar pegadas no chão de meu banheiro, por exemplo, posso inferir que meu gato entrou no box e saiu de lá com as patas molhadas. Há outras explicações possíveis (talvez haja um felino invasor no recinto), mas, dadas as circunstâncias, essa é a melhor e mais plausível explicação para as pegadas (um felino invasor dificilmente conseguiria entrar no décimo terceiro andar onde moro).

Visto que o argumento do milagre é uma abdução, alguns críticos o acusaram de ser um argumento circular. Afinal, se um antirrealista aceitasse a confiabilidade de inferências abdutivas, então aceitaria as inferências abdutivas realizadas pelos próprios cientistas em favor das teorias. Se o antirrealista não acredita na verdade de muitas teorias, é justamente porque coloca em dúvida a confiabilidade de inferências abdutivas. E, nessa medida, o argumento do milagre pressupõe o ponto fundamental do debate: a confiabilidade de inferências abdutivas. Mais, pressupõe que inferências abdutivas são confiáveis para inferir uma conclusão sobre entidades não-observáveis a partir de premissas sobre entidades observáveis (Fine, 1986b, cap. 7; Laudan,

---

<sup>3</sup> O termo “abdução” remete ao modelo inferencial proposto por Peirce, possuindo um significado técnico (Douven, 2011). Em um sentido mais geral, o termo também é usado para classificar quaisquer inferências que se baseiam no papel explicativo de uma hipótese. Nesse caso, as inferências para a melhor explicação seriam apenas um dentre outros tipos de inferências abdutivas. Para nossos propósitos, o único modelo de inferência abdutiva relevante será o de inferências para a melhor explicação. Assim, usarei os dois termos como intercambiáveis.

1984, p. 242-243). Mas que razões temos para saber que inferências abduativas são confiáveis, especialmente em domínios inobserváveis?

Muitos realistas admitem que o argumento do milagre é circular em seu nível mais fundamental, mas sugerem que ele é virtuosamente circular, isto é, que apesar de circular ele ainda justifica sua conclusão (Boyd, 1980; Sankey; Nola, 2007; Psillos, 1999; 2011). É comum assumir que argumentos circulares são automaticamente falaciosos, pois uma argumentação circular poderia provar qualquer coisa. Assumindo que a lua é feita de queijo, segue-se que a lua é feita de queijo. Entretanto, se exigirmos infinitamente uma justificação prévia para cada um de nossos métodos de justificação, em algum momento teremos de parar e assumir um método (ou um critério de justificação) como ponto de partida. Assim, nosso empreendimento epistêmico parece fadado a algum tipo de dogmatismo (uma crença sem justificação prévia) ou de circularidade. Isso fornece uma motivação para repensar se todo argumento circular deve realmente ser descartado de modo automático. Stathis Psillos (1999, 2011) explora essa estratégia de modo mais aprofundado (cf. também Boyd, 1980; Douven, 2002; Kitcher, 2001; Malavolta, manuscrito não-publicado).

Primeiramente, precisamos identificar que tipo de circularidade existe no argumento do milagre. Na defesa de Psillos, o argumento do milagre deve possuir duas partes e estabelecer duas conclusões complementares (Psillos, 1999, p. 81-90; 2011, p. 23). A primeira parte é o argumento do milagre que apresentamos na sessão 2 e que defende a verdade de teorias como a melhor explicação para seu sucesso empírico. A segunda parte complementa:

- (5) Teorias científicas empiricamente bem-sucedidas são aproximadamente verdadeiras.
- (6) Estas teorias foram descobertas e justificadas a partir de métodos abduativos.
- (7) Logo, (é razoável crer que) inferências abduativas são confiáveis: elas tendem a gerar teorias aproximadamente verdadeiras.

Aqui, temos uma inferência indutiva: do fato de que as inferências abduativas dos cientistas funcionaram no passado, infere-se que continuarão funcionando no futuro e, logo, que são confiáveis. Essa

etapa presume a verdade das teorias, pois é baseada na etapa anterior do argumento. Mas, a partir disso, ela oferece uma razão diretamente voltada para a confiabilidade de abduções.

Estritamente, nem (1)-(4) nem (5)-(7) são argumentos circulares. Ainda assim, Psillos concede que a defesa como um todo possui certa circularidade, dado que a conclusão (7) afirma que abduções são confiáveis, mas para concluir (7) precisamos primeiro inferir (4) via abdução. Todavia, essa estrutura permite ver que o argumento é circular de uma maneira pouco usual. Há uma diferença importante entre circularidade de regras e circularidade de premissas. Um argumento com circularidade de premissas usa sua conclusão como uma de suas premissas. Um argumento com circularidade de regras usa uma regra de inferência ao mesmo tempo que defende a confiabilidade desta regra como sua conclusão principal (Braithwaite, 1960, p. 276). Nesses termos, Psillos ressalta que a defesa explicativa do realismo científico contém circularidade de regras, mas não contém circularidade de premissa, visto que (7) não é afirmada em nenhuma premissa anterior do argumento. A partir de então, a questão relevante é saber se a circularidade de regras é tão problemática quanto a circularidade de premissas.

Para Psillos (2011), argumentos com circularidade de premissas são sempre falaciosos. Mas argumentos com circularidade de regras, tal como o argumento do milagre, podem ser virtuosos. Afinal, se negamos a possibilidade de utilizarmos regras de inferência para justificar a confiabilidade dessas mesmas regras, de que outra maneira poderíamos justificar as regras inferenciais que pressupomos em nossa vida cognitiva? Na medida em que fazemos inferências, nos baseamos em regras de inferência. E essas regras são o único e o melhor ponto de partida que temos para avaliar nossos próprios métodos de inferência. Isto é o que Psillos (2011) denomina de “argumento da boa companhia”. O argumento afirma que devemos aceitar a circularidade de regras como virtuosa porque esta é única maneira minimamente plausível de justificar nossas regras de inferência mais básicas, incluindo as regras tradicionais de indução e até mesmo de dedução (não podemos elaborar a prova de completude de um sistema lógico sem nos basear em regras fundamentais do próprio sistema). E se aceitamos que a circularidade de regras é virtuosa para estas regras,

então o mesmo deve valer para uma justificação circular da abdução, tal como propõe o argumento do milagre.

O argumento da boa companhia nos fornece uma motivação para aceitar a circularidade de regras como virtuosa. Temos alguma razão para rejeitá-la? Um problema proeminente é o de que podemos facilmente conceber regras de inferência absurdas e usá-las de modo circular para defender a si mesmas. Boghossian denomina este problema de “objeção da má companhia” (Boghossian, 2000, p. 245). O exemplo clássico é o uso da “contraindução” ou “falácia do apostador”, a regra de que quando um evento ocorre algumas vezes seguidas, isso diminui a chance de ele ocorrer novamente em sequência: quanto mais vezes o apostador perde a aposta, mais confiante ele fica de que ganhará na próxima vez. De modo semelhante, alguns pais, após terem muitos filhos de um mesmo sexo, acreditam que o próximo filho provavelmente será do sexo oposto, já que seria muito improvável tantos filhos nascerem com o mesmo sexo. Se a circularidade de regras é aceita como virtuosa, então a regra de contraindução parece ser justificável através de si mesma: dado que diversas contrainduções falharam, a próxima provavelmente será bem-sucedida. De modo análogo, Douven (2011) sugere que seria possível elaborar uma regra de inferência para a pior explicação e usá-la em defesa de si mesma: o uso da regra conduz a muitas conclusões erradas; a pior explicação para isso é que a regra seja confiável; logo, a regra é confiável. Se tratamos a circularidade de regras como virtuosa, parece que teríamos que tratar estes argumentos esdrúxulos como corretos, visto que são baseados em premissas verdadeiras e regras justificadas (circularmente). O que um defensor da circularidade de regras pode dizer para evitar a conclusão indesejada de que estas regras de inferência seriam justificadas?

Psillos defendeu respostas diferentes ao longo do tempo. Em seu trabalho prévio (1999, 2006), sua defesa do argumento do milagre é baseada em uma epistemologia externalista e confiabilista, segunda a qual uma crença justificada é uma crença produzida por uma fonte cognitiva confiável. Nesse caso, o que torna uma inferência justificada é o fato de que a regra inferencial empregada nela é uma regra objetivamente confiável (condutiva à verdade). Assim, se a regra de inferência para a melhor explicação é confiável, então seu uso

(incluindo seu uso circular) gera crenças justificadas, mesmo que não tenhamos como provar sua confiabilidade por meio de razões não-circulares. Estudar a confiabilidade de uma regra de justificação usando-a não é mais problemático do que estudar a estrutura de um olho humano a partir de observações: se nosso aparato perceptivo é confiável, e uma crença é justificada quando advinda de uma fonte cognitiva confiável, então crenças perceptivas serão justificadas, mesmo se forem crenças sobre o nosso próprio aparato perceptivo. De modo parecido, o argumento do milagre utiliza uma regra de inferência para gerar crenças reflexivas acerca de quais regras são confiáveis. A conclusão do argumento é justificada na medida em que a regra de inferência abdutiva é objetivamente confiável.

Em seu trabalho posterior, Psillos (2011) oferece uma base epistemológica alternativa. Sua defesa da circularidade virtuosa não é mais baseada numa epistemologia confiabilista, e sim na epistemologia do conservadorismo, defendida por Gilbert Harman (1999). Embora haja diversas versões de conservadorismo epistêmico, a ideia geral é a de *que estamos justificados em continuar acreditando no que atualmente acreditamos*, até que nos sejam dadas razões melhores (ou tão boas quanto as que temos) para acreditar no contrário (Christensen, 1994; McCain, 2008). Ou seja, o ônus inicial da justificação não está em fornecer razões para fundamentar as crenças que atualmente temos, mas em fornecer razões para mudar de crenças. Psillos expressa isto através do Princípio de Tratamento Justo: “uma prática doxástica/inferencial é inocente até que provem o contrário” (Psillos, 2011, p. 28). Por exemplo, dado que inferências abdutivas são uma parte integral da atividade científica e de nossa vida epistêmica, estamos *prima facie* justificados em tomar a regra de inferência abdutiva como confiável, até que nos apresentem boas razões para duvidar disso. E isto implica que nós (isto é, aqueles que de fato assumem a regra de inferência abdutiva como confiável) estamos justificados a usar a regra inclusive para avaliar circularmente nossas práticas inferenciais, como propõe o argumento do milagre.

De um lado, o princípio de tratamento justo legitima o uso de argumentos com circularidade de regras como sendo legitimamente capazes de transmitir justificação. De outro lado, o princípio fornece uma base para responder à objeção da má companhia. Pois

avaliaremos a proposta de novas regras de inferência a partir de nossas crenças e regras atualmente aceitas. Por exemplo, nos casos da contraindução e da inferência pela pior explicação, temos razões claras para rejeitar a confiabilidade destas regras, já que elas contradizem os nossos cânones atuais de indução e abdução. Nas palavras de Psillos (2011, p. 28), “a racionalidade precisa começar de algum lugar, e não há outro lugar de onde começar senão o em que efetivamente estamos, ou seja, de nossas crenças e práticas inferenciais atuais”. Neste ponto, sua posição é de fato muito próxima da defendida por Harman (1999, p. 23):

Começamos de onde estamos, com nossas crenças e intenções atuais. A racionalidade ou a razoabilidade então consistem em tentar melhorar nossas perspectivas. Nossas crenças e intenções iniciais possuem uma posição privilegiada no sentido de que começamos com elas em vez de nada.

O argumento do milagre oferece uma boa razão para o realismo científico. A circularidade do argumento não o torna em uma falácia, mas reflete o fato de que é inevitável partirmos de alguns pressupostos para analisar nossa vida epistêmica.

### **5. Objeção 3: A indução pessimista**

Quanto mais cuidadosamente estudam, digamos, a dinâmica aristotélica, a química flogística, ou a termodinâmica calórica, tanto mais certos tornam-se de que, como um todo, as concepções de natureza outrora correntes não eram nem menos científicas, nem menos o produto da idiosincrasia do que as atualmente em voga. Se essas crenças obsoletas devem ser chamadas de mitos, então os mitos podem ser produzidos pelos mesmos tipos de métodos e mantidos pelas mesmas razões que hoje conduzem ao conhecimento científico. Se, por outro lado, elas devem ser chamadas de ciência, então a ciência inclui conjuntos de crenças totalmente incompatíveis com as que hoje mantemos. [...] Contudo, esta escolha torna difícil conceber o desenvolvimento científico como um processo de acréscimo (Kuhn, 2009, p. 21).

Para muitos, as teorias científicas parecem ter uma data de validade tal que, se estudarmos a história da ciência, veremos um “grande cemitério de teorias científicas”. Veremos que as teorias são sucessivamente abandonadas, resultando em “ruínas empilhadas sob ruínas”, que revelam a “falência da ciência” e “o quão efêmeras são as teorias científicas” (Poincaré, 1992).<sup>4</sup> Para muitos, como Thomas Kuhn (2009), a existência de revoluções científicas não é mero acaso, mas uma parte necessária e recorrente do desenvolvimento científico. Se isso é correto, que segurança temos de que as teorias atuais serão mantidas no futuro?

Nesse contexto, a chamada indução pessimista<sup>5</sup> constitui uma das principais críticas ao realismo científico. Em sua formulação mais simples, o argumento afirma que, se as teorias científicas já foram abandonadas tantas vezes mesmo após terem sido amplamente acreditadas, então é razoável ser pessimista com a estabilidade das teorias atuais. E, portanto, não devemos nos comprometer com sua verdade.

Em “*A Confutation of Convergent Realism*”, Laudan (1981) traz o problema à tona. Ele argumenta que o realismo científico é incompatível com a história da ciência. Ao afirmar que “o realismo é a única explicação que não torna o sucesso da ciência um milagre”, o realismo científico declara que o sucesso empírico de uma teoria nos autoriza a inferir sua verdade. Assim, o argumento do milagre assume tacitamente um princípio inferencial:

---

<sup>4</sup> A expressão “falência da ciência” é canonicamente referida a Poincaré (1900, p. 14), onde ele a usa para representar uma visão que não é estritamente sua, mas do “homem do mundo”. Poincaré não era pessimista acerca da futura estabilidade da ciência. Para ele, partes das teorias eram sempre retidas e “ruínas ainda podem servir para algo” (como fica claro em Poincaré, 1992, p. 26).

<sup>5</sup> Alguns autores adotam a expressão “metaindução pessimista” em vez de “indução pessimista”. Não há consenso sobre qual nome é preferível, e os nomes nem sempre são usados como intercambiáveis. Aqui, adoto “indução pessimista”, tendo em mente que a indução não precisa ser focada na metodologia científica indutiva. Ela pode também focar diretamente a falsidade das teorias científicas, a existência de revoluções científicas, ou a falha de outras metodologias científicas (como as abduativas). Portanto, tomada literalmente e assumindo uma definição estreita de indução (onde ‘indução’ não significa simplesmente ‘inferência ampliativa’, mas sim um modelo específico de indução enumerativa), a metaindução pessimista seria apenas uma entre outras formulações da proposta geral de uma indução pessimista baseada na história da ciência contra o realismo científico.

Princípio de Sucesso-Verdade: Se uma teoria científica é empiricamente bem-sucedida, então ela é (aproximadamente) verdadeira.

Para investigar se este princípio é confiável, podemos utilizar a história da ciência. Uma teoria bem-sucedida e falsa constitui um contraexemplo que falsifica o princípio. Tendo isto em vista, Laudan sustenta que a história está repleta de teorias que, em sua época, foram amplamente tratadas como empiricamente bem-sucedidas, mas que são teorias radicalmente falsas segundo a ciência atual. Para ilustrar, apresenta a seguinte lista de teorias:

- As esferas cristalinas da astronomia antiga e medieval;
- A teoria humoral da medicina;
- A teoria efluvial da eletricidade estática;
- A geologia “catastrofista”, com seu compromisso com um dilúvio universal (“Noéliano”);
- A teoria do flogisto da química;
- A teoria do calórico;
- A teoria vibratória do calor;
- As teorias da força vital da fisiologia;
- O éter eletromagnético;
- O éter óptico;
- A teoria da inércia circular;
- As teorias da geração espontânea (Laudan, 1981, p. 33).

A lista apresenta teorias que no passado foram aceitas como empiricamente bem-sucedidas, mas que atualmente são consideradas teorias cujos conceitos centrais não se referem a nada real. Este ponto é importante, pois o realismo científico assume que as teorias científicas são apenas aproximadamente verdadeiras. Assim, se a lista mostrasse apenas teorias falsas, muitos realistas concordariam prontamente, replicando que, embora as teorias atuais não sejam estritamente verdadeiras, são aproximadamente verdadeiras. Para eliminar esta possível réplica e tornar a indução pessimista em uma ameaça mais eficiente, Laudan se concentra em teorias cujos termos centrais não se referem a nada real (como o termo “éter” ou “flogisto”). Pois teorias sem referentes reais não podem ser consideradas “aproximadamente verdadeiras” em nenhum sentido plausível, visto

que uma teoria não pode ser aproximadamente verdadeira sobre algo real se não se refere a algo real. Nesse sentido, teorias cujos conceitos centrais são sem referentes são teorias radicalmente falsas, isto é, nem sequer aproximadamente verdadeiras.

A lista de Laudan ilustra como o princípio inferencial de sucesso-verdade é incompatível com a história da ciência. Laudan afirma que não se trata de poucos exemplos escolhidos a dedo, mas que a lista poderia ser estendida *ad nauseum*:

Ouso dizer que para cada teoria altamente bem-sucedida no passado da ciência que agora acreditamos ser uma teoria genuinamente referencial, poderíamos encontrar meia dúzia de teorias outrora bem-sucedidas, mas agora consideradas como substancialmente não-referenciais e, portanto, falsas (Laudan, 1981, p. 35).

Repare-se que a argumentação de Laudan não consiste em oferecer literalmente uma indução pessimista. Ele não afirma que, porque teorias foram abandonadas no passado, as teorias atuais provavelmente serão. Em vez disso, ele propõe um desafio cético. Sua argumentação demonstra que o sucesso empírico de uma teoria, entendido como a capacidade de fazer explicações e previsões bem-sucedidas, não é um critério confiável para demonstrar a verdade aproximada. Ora, se o sucesso empírico não é um bom critério para justificar o realismo científico, como podemos justificá-lo?

Perante o desafio da indução pessimista, diversas formas de realismo científico seletivo passaram a propor explicações mais sofisticadas para o sucesso da ciência, explorando a ideia de que teorias abandonadas foram capazes de obter sucesso empírico porque possuíam partes verdadeiras. Com isso, embora o princípio de sucesso-verdade não se mantivesse correto nos termos simples postos acima, seria possível utilizar uma noção mais exigente de sucesso empírico como critério para identificar que uma teoria possui "algo" de correto, em algum sentido a ser elaborado. Dentre os principais exemplos, realistas estruturais propõem explicar o sucesso preditivo de teorias científicas a partir da adequação de sua estrutura matemática (Worrall, 1989) ou de sua estrutura lógica (Frigg e Votsis, 2011; Worrall, 2007) com a realidade. O realismo de constituintes ativos propõe explicar o sucesso de novas previsões a partir da verdade dos postulados da teoria que foram indispensáveis para a derivação de tais

predições (Kitcher, 1993; Peters, 2012; Psillos, 1999; Vickers, 2013). E diante do sucesso de uma teoria em capacitar a manipulação causal de uma entidade, o realismo fenomenológico propõe explicar tal sucesso a partir da verdade das leis fenomenológicas da teoria (Cartwright, 1983, 2009), enquanto o realismo de entidades sugere que tal sucesso estabeleça apenas a existência da entidade postulada (Hacking, 1983), e o semirrealismo propõe que tal sucesso seja explicado pela verdade das propriedades detectáveis postuladas pela teoria (Chakravartty, 2007). Por fim, o realismo de melhores teorias propõe que, mesmo se no passado teorias científicas obtiveram sucesso empírico sem serem verdadeiras, nossas melhores teorias atuais possuem um grau de sucesso empírico muito mais elevado e que só pode ser explicado pela sua verdade aproximada (Doppelt, 2014; Fahrbach, 2017). De modo geral, tal debate investiga quais propriedades verossímeis devemos inferir do fato de uma teoria ser bem-sucedida, revelando que há diferentes maneiras de explicar o sucesso de uma teoria a partir de sua verdade parcial (isto é, da verdade de partes da teoria).

Conforme o debate avançou, nenhuma versão de realismo seletivo se mostrou capaz de explicar o sucesso empírico da ciência como um todo (Vickers, 2013). A discussão recente difunde a ideia de que devemos adotar uma postura caso a caso, invocando diferentes formas de realismo seletivo para explicar o sucesso empírico encontrado nas diferentes disciplinas científicas, em vez de defender uma única forma de realismo seletivo para a ciência como um todo (Asay, 2019; Saatsi, 2017). Se tal postura localista é adotada, as diferentes versões de realismo seletivo não oferecem explicações rivais para o sucesso da ciência. Em vez disso, oferecem diferentes modelos explicativos que servem de ferramentas complementares para compor uma explicação heterogênea do sucesso da ciência, apontando como refinar a aplicação do argumento do milagre no contexto de cada disciplina científica.

## **6. Conclusão**

Meio século desde suas primeiras formulações, o argumento do milagre permanece sendo a razão mais influente em defesa do realismo científico. Nesse ínterim, o argumento foi criticado e reformulado de muitos modos. Os critérios para considerar uma teoria

empiricamente bem-sucedida foram refinados ao longo do debate, passando da mera capacidade de realizar previsões e explicações para abarcar fatores como a capacidade de realizar manipulações causais, novas previsões, observações instrumentais, construções tecnológicas, ou graus mais altos destes mesmos fatores. Acima disso, o argumento é fundamentalmente motivado pela evidência experimental em favor das teorias científicas, que se mostra convincente o suficiente para gerar consenso entre cientistas e gerar a impressão de que seria um “milagre” ou uma “coincidência cósmica” se uma teoria falsa encaixasse tão bem com os fatos observados. Em paralelo, diversas formas de realismo – como o realismo estrutural, o realismo fenomenológico, o realismo de constituintes operantes, o realismo de entidades, o semirrealismo e o realismo de melhores teorias – revelaram diferentes maneiras com que uma teoria pode corresponder parcialmente à realidade, oferecendo diferentes ferramentas para analisar como devemos explicar o sucesso de cada teoria individualmente. Neste ponto, o realismo torna-se complexo para ser sensível ao pluralismo de metodologias científicas e à heterogeneidade de assuntos investigados pela ciência. Cada área e cada método de estudo deverá ser analisado individualmente para determinarmos qual forma de realismo (ou antirrealismo) é mais razoável em cada contexto. E tendo em mãos as bases teóricas para defender o argumento do milagre contra seus ataques mais gerais – como a explicação evolucionária, a acusação de circularidade e a indução pessimista – ficamos aptos a considerar sua aplicação em contextos específicos e avançar para análises de caso.

### **Referências**

ASAY, J. Going local: a defense of methodological localism about scientific realism. *Synthese*, v. 196, n. 2, p. 587-609, 2019.

BOGHOSSIAN, P. Knowledge of logic. *In*: BOGHOSSIAN, P.; PEACOCKE, C. (ed.) *New essays on the a priori*. Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 229-254.

BOYD, R. N. Scientific realism and naturalistic epistemology. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. *Anais...* 1980.

BOYD, R. N. Realism, approximate truth and philosophical method. *In*: PAPINEAU, D. (ed.) *The philosophy of science*. Oxford: Oxford University Press, 1996. p. 215-255.

- BRAITHWAITE, R. *Scientific explanation*. New York: Harper Torchbooks, 1960.
- BRODY, E.; BRODY, A. *The science class you wish you had: the seven greatest scientific discoveries in history of science and the people who made them*. New York: The Berkeley Publishing Group, 1997.
- BUENO, O. *O empirismo construtivo: uma reformulação e defesa*. Campinas: CLE/Unicamp, 1999.
- CARNAP, R. *The logical structure of the world*. London: Routledge, 1928.
- CARTWRIGHT, N. *How the laws of physics lie*. Oxford: Oxford University Press, 1983.
- CARTWRIGHT, N. Entity realism versus phenomenological realism versus high theory realism. London School of Economics: Scientific Realism Revisited Conference. *Anais...* London, 2009.
- CHAKRAVARTTY, A. *A metaphysics for scientific realism: knowing the unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- CHAKRAVARTTY, A. Scientific realism. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2017 Edition). Stanford: The Metaphysics Research Lab, 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/scientific-realism/>>.
- CHRISTENSEN, D. Conservatism in epistemology. *Noûs*, v. 28, n. 1, p. 69-89, 1994.
- DOPPELT, G. Best theory scientific realism. *European Journal for Philosophy of Science*, v. 4, n. 2, p. 271-291, 2014.
- DOUVEN, I. Testing inference to the best explanation. *Synthese*, v. 130, n. 3, p. 355-377, 2002.
- DOUVEN, I. Abduction. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2011 Edition). Stanford: The Metaphysics Research Lab, 2011. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/abduction/>>.
- DUHEM, P. *The aim and structure of a physical theory*. New York: Atheneum, 1906.
- FAHRBACH, L. Scientific revolutions and the explosion of scientific evidence. *Synthese*, v. 194, n. 12, p. 5039-5072, 2017.
- FINE, A. Unnatural attitudes: realist and instrumentalist attachments to science. *Mind*, v. XCV, n. 378, p. 149-179, 1986a.
- FINE, A. *The shaky game: Einstein, realism, and the quantum theory*. Chicago: University of Chicago Press, 1986b.
- FINE, A. Piecemeal realism. *Philosophical Studies*, v. 61, n. 12, p. 79-96, 1991.
- FRIGG, R.; VOTSIS, I. Everything you always wanted to know about structural realism but were afraid to ask. *European Journal for Philosophy of Science*, v. 1, n. 2, p. 227-76, 2011.
- HACKING, I. *Representing and intervening: introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

- HARMAN, G. H. The inference to the best explanation. *The Philosophical Review*, v. 74, n. 1, p. 88-95, 1965.
- HARMAN, G. *Reasoning, meaning and mind*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- KITCHER, P. *The advancement of science: science without legend, objectivity without illusions*. New York: Oxford University Press, 1993.
- KITCHER, P. Real realism: the Galilean strategy. *Philosophical Review*, v. 110, n. 2, p. 151-197, 2001.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.
- KUKLA, A. *Studies in scientific realism*. New York e Oxford: Oxford University Press, 1998.
- LADYMAN, J. Review of Leplin's A novel defense of scientific realism. *British Journal for Philosophy of Science*, v. 50, n. 1, p. 181-88, 1999.
- LATOUR, B. *Science in action*. Milton Keynes: Open University Press, 1987.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *Laboratory life: the social construction of scientific facts*. Beverly Hills: Sage, 1979.
- LAUDAN, L. A confutation of convergent realism. *Philosophy of Science*, v. 48, n. 1, p. 19-49, 1981.
- LAUDAN, L. Explaining the success of science: beyond epistemic realism and relativism. In: TAUBER, A. I. (ed.). *Science and the quest for reality*. London: Palgrave Macmillan, 1984. p. 137-161.
- LEPLIN, J. *A novel defense of scientific realism*. New York: Oxford University Press, 1997.
- LEVIN, M. What kind of explanation is truth? In: LEPLIN, J. (ed.). *Scientific realism*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1984. p. 124-39.
- LIPTON, P. *Inference to the best explanation*. 2.ed. London: Routledge, 2004.
- MACH, E. *Popular scientific lectures*. Chicago: Open Court, 1910.
- MALAVOLTA, B. Local scientific realism as scientific particularism. Unpublished manuscript.
- MCCAIN, K. The virtues of epistemic conservatism. *Synthese*, v. 164, n. 2, p. 185-200, 2008.
- MIZRAHI, M. Why the ultimate argument for scientific realism fails. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 43, n. 1, p. 132-138, 2011.
- MUSGRAVE, A. The ultimate argument for scientific realism. In: NOLA, R. (ed.). *Relativism and realism in science*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988. p. 229-252.
- NAGEL, E. *The structure of science*. 2.ed. Indianapolis: Hackett, 1979.
- NIINILUOTO, I. *Critical scientific realism*. Oxford: Oxford University Press, 1999.

- PARK, S. On the evolutionary defense of scientific antirealism. *Axiomathes*, v. 24, n. 2, p. 263-273, 2014.
- PETERS, D. *How to be a scientific realist (if at all): a study of partial realism*. London: London School of Economics, 2012.
- POINCARÉ, H. Sur les rapports de la physique expérimentale et de la physique mathématique. *Rapports Présentés au Congrès International de Physique*, v. XCVI. Paris: Gauthier-Villars, 1900. p. 245-263.
- POINCARÉ, H. *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion, 1992.
- PSILLOS, S. *Scientific realism: how science tracks truth*. London: Routledge, 1999.
- PSILLOS, S. The scope and limits of the no miracles argument. In: DIEKS, D. et al. (ed.). *Explanation, prediction, and confirmation: the philosophy of science in a european perspective*, v. 2. Dordrecht: Springer, 2011. p. 23-36.
- PUTNAM, H. *Mathematics, matter and method: philosophical papers*, v. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- ROWBOTTOM, D. P. *The instrument of science: scientific anti-realism revitalised*. New York: Routledge, 2019.
- SAATSI, J. T. Replacing recipe realism. *Synthese*, v. 9, n. 194, p. 3233-3244, 2017.
- SANKEY, H. Scientific realism: an elaboration and defense. *Theoria*, v. 98, p. 35-54, 2004.
- SANKEY, H.; NOLA, R. *Theories of scientific method*. Auckland: Acumen. 2007.
- SMART, J. J. C. *Philosophy and scientific realism*. London: Routledge & Kegan Paul, 1963.
- STANFORD, K. P. An antirealist explanation of the success of science. *Philosophy of Science*, v. 67, n. 2, p. 266-284, 2000.
- STANFORD, K. *Exceeding our grasp: science, history, and the problem of unconceived alternatives*. Oxford, New York: Oxford University Press, 2006.
- VAN FRAASSEN, B. C. *A imagem científica*. São Paulo: EdUNESP/Discurso Editorial, 2007.
- VICKERS, P. A confrontation of convergent realism. *Philosophy of Science*, v. 80, n. 2, p. 189-211, 2013.
- WAISMANN, F. Verifiability. *Journal of Symbolic Logic*, v. 19, n. 1, p. 117-44, 1951.
- WORRAL, J. Structural realism: the best of both worlds? *Dialectica*, v. 43, n. 1-2, p. 99-124, 1989.
- WORRAL, J. Miracles and models: why reports of the death of structural realism may be exaggerated. *Royal Institute of Philosophy Supplements*, v. 82, n. 61, p. 125-154, 2007.

# O TESTE CIENTÍFICO: A PRÁTICA E O PONTO DE VISTA LÓGICO

Luiz Ben Hassanal Machado da Silva

## Ideias centrais do capítulo:

- Dentre as organizações que envolvem conhecimento, as chamadas científicas são as que gozam de maior prestígio, orientando ações políticas de alcance global.
- O caráter empírico da teoria a ser testada tem como sua característica lógica uma determinada relação com alguns enunciados singulares: a possibilidade de falseamento por *modus tollens*. Dessa forma, o falseamento se estabelece como o critério de demarcação entre empírico e metafísico.
- É somente através da prática efetiva do teste que uma teoria pode ser cientificamente justificada, isto é, que é formado um juízo lógico e metodologicamente válido a respeito dela.
- A ideia de ciência, a partir de nossas observações, não é equivalente à ideia de método formal de transformação do conhecimento em geral, mas mais adequadamente pensada como uma determinada atividade prática de transformação de conhecimento.

Uma ideia comum sobre o que torna uma atividade científica é o método. No entanto, não há um consenso sobre o que caracteriza o método científico. O próprio objetivo do método científico é discutido e diferentes respostas marcam distinções entre filósofos da ciência. Uma ideia sobre a qual há pouco dissenso a esse respeito é a ideia de que o objetivo da ciência e de seu método é conhecer. A ciência é uma forma pela qual os seres humanos se organizaram para conhecer, e o método científico seria a forma específica na qual esse conhecimento é alcançado ou construído. Esse objetivo é uma escolha; adotar as medidas metodológicas da ciência para conhecer é uma decisão.

Conhecer é um verbo transitivo, o que reflete o fato de que a ação de conhecer exige um objeto. Segundo Popper (2002, p. 16), o objeto do método científico é o mundo de nossa experiência e conhecer implicaria explicá-lo. Dessa forma, a atividade científica seria

um conjunto de ações organizadas voltadas para explicar o mundo no qual ocorrem nossas experiências. Entretanto, a atividade científica não é a única atividade humana organizada que envolve esse objetivo. Assim, o método científico seria uma forma específica para atingir esse propósito.

Entre os elementos que são mobilizados para conhecer, a experiência empírica e as ferramentas lógicas são os principais envolvidos no método científico, por mais que não sejam exclusivos da atividade científica. A discussão sobre o método científico se direciona, pois, para a discussão acerca do que distingue a atividade científica das demais atividades organizadas que envolvem conhecimento, mas não são científicas, como a filosófica, a religiosa, a artística, etc. Uma marca das explicações científicas é a desconfiança com respeito às explicações metafísicas, que envolvem princípios ou entidades que, por definição, não são suscetíveis à experiência, isto é, não são empíricos.

Essa discussão tem uma importância central na própria organização social e política, considerando a autoridade que as instituições reconhecidas como científicas têm. Dentre as organizações que envolvem conhecimento, as chamadas científicas são as que gozam de maior prestígio, orientando ações políticas de alcance global. A questão de como distinguir entre o científico e o não-científico – considerando ainda outras distinções congêneres como empírico e metafísico – é conhecida na filosofia como o problema da demarcação.

O maior defensor da centralidade dessa questão para uma compreensão filosófica correta da ciência é o filósofo austríaco Karl Popper (Popper, 2002, p. 10-11). Sua proposta é definir o método científico como um método dedutivo, consequentemente atribuindo protagonismo às relações lógicas entre os enunciados científicos e não às origens sensoriais dos enunciados empíricos. Isto é, o método seria definido pelas relações argumentativas entre as formulações públicas dos enunciados científicos (incluindo descrições de testes) e não no quanto a experiência sensível de observação e experimentação do sujeito sustenta os enunciados científicos como crenças legítimas. Também as preocupações com princípios metafísicos são substituídas

por preocupações de ordem metodológica para orientação da prática científica.

A preocupação é apresentar o método científico da forma mais consistente possível em termos lógicos. Tem, portanto, a validade lógica das conclusões científicas como critério para organizar a descrição do método científico e forma de justificar o juízo a respeito de uma teoria científica. O ponto fundamental é a identificação do que é logicamente válido nas relações entre os enunciados das teorias científicas e os resultados de testes que sustentam as conclusões a respeito dessas teorias.

Popper defende a falseabilidade como critério de demarcação considerando os aspectos formais da dedução. Ao focar nas características negativas do método dedutivo, o teste surge como o elemento central da atividade científica e, de um ponto de vista pragmático, como o edifício estruturante da atividade científica. No entanto, tão logo a atividade científica é ancorada em procedimentos de teste, a dimensão prática da ciência se torna um elemento tão central quanto a forma lógica.

Veremos, neste capítulo, como o filósofo austríaco desenha seu critério de demarcação a partir de considerações sobre a lógica dedutiva e como ele é aplicado à formulação lógica de testes científicos. Posteriormente, avaliaremos os elementos pressupostos na descrição do teste que são suprimidos em seu esquema lógico formal. Analisaremos o papel do conhecimento de fundo e condições iniciais como elementos mobilizados para a dedução de um juízo sobre uma teoria em teste e como condições materiais ou prática necessárias para a própria execução do teste.

## **1. Contexto da formulação popperiana do teste científico**

Popper se opõe à visão tradicional de que processos indutivos sejam a base das teorias científicas. Esta visão remonta ao pensamento de

Bacon<sup>1</sup> e estava presente em interlocutores contemporâneos de Popper que frequentavam o importante círculo de Viena, grupo de filósofos que investigavam questões concernentes à epistemologia, filosofia da ciência, lógica, filosofia da linguagem e outros assuntos relacionados. Eram identificados pela aversão à metafísica e busca de compreensão de mundo a partir do conhecimento científico. Ficaram conhecidos como positivistas lógicos, neopositivistas, ou ainda empiristas lógicos (Städler, 2015).

A indução é caracterizada pelo processo de inferência que parte de enunciados singulares, como “Algum a é F”, para enunciados universais como “Todo a é F”. O problema da indução é: dado qualquer número ( $n_o$ ) finito de enunciados singulares de objetos (a) observados, como “Este a é F”, se o número de objetos (a) possíveis ( $n_a$ ) for maior que ( $n_o$ ), não é possível concluir a partir dos enunciados singulares que “Todo a é F”, pois sempre será possível que algum objeto (a) não observado seja (não-F). A indução somente é justificável logicamente se for completa ( $n_a = n_o$ ),<sup>2</sup> se todo objeto (a), ao qual se atribui o predicado (F) apontado no enunciado universal “Todo a é F”, for observado. Ou seja, em toda situação em que não são observados todos os objetos sobre os quais o enunciado universal diz respeito, a inferência indutiva é logicamente inválida.

Qualquer tentativa de se evitar o problema acima através de um princípio que permita a extrapolação de qualquer número ( $n_o$ ) de enunciados singulares, sendo ( $n_o < n_a$ ), resulta em problemas lógicos como a petição de princípio (argumento circular) ou a regressão ao infinito. Suponhamos um princípio de indução que permita a

---

<sup>1</sup> Aforismo XIV do *Novum Organon* de Francis Bacon (2003, p. 35): “O silogismo consiste de proposições, proposições consistem de palavras e palavras são o signo das noções. Portanto se as próprias noções (que são a base dos fatos) são confundidas e abstraídas de coisas sem cuidado, não há nada sólido que possa ser construído sobre elas. A única esperança é a verdadeira indução”.

<sup>2</sup> Mach, precursor do positivismo lógico, ressalta que a indução completa não amplia o conhecimento empírico, embora seja logicamente justificável. No espírito humeano, ele considera que a indução incompleta é fundamentada sobre hábitos e costumes e seria válida, tanto quanto o silogismo e a indução completa, como passo intermediário para alcançar o novo conhecimento (Mach, 1976, p. 228 e 231). Para Carnap, membro do círculo de Viena, um enunciado universal sempre ultrapassa o número finito de sentenças singulares, portanto não há regras de indução nem indução completa, nem método indutivo, mas uma prática indutiva psicológica (Carnap, 2001, p. 317).

extrapolação: Considerando (P) uma classe de propriedades que inclui (F) e (não-F) e dado (a) como um objeto e (F) por uma propriedade. O princípio de indução (PI) seria formulado como um enunciado universal como: “Todo conjunto ( $C_{n_o}$ ) de enunciados singulares observados da forma ‘Algum a é P’ suficientemente grande e composto exclusivamente por ‘Algum a é F’, não havendo nele nenhum “Algum a é não-F” implica ‘Todo a é F’ para além de  $C_{n_o}$ ”. Dessa forma, se for dado um conjunto ( $C_{n_o}$ ), sendo ( $n_o < n_a$ ), composto exclusivamente por “Algum a é F” e (PI), então “Todo a é F”.

Contudo, sendo (PI) um enunciado universal, ou ele é tautológico, ou ele é empírico, ou ele é indutivo. (PI) não é tautológico, pois não decorre de verdades lógicas, não é empírico, pois não decorre de experiências sensíveis, portanto somente poderia ser provado por indução. Dessa forma, deveria haver um princípio anterior, um princípio do princípio da indução (PPI) que justificasse (PI). Assim, dado o conjunto ( $C_{n_o}$ ) composto exclusivamente por “Algum a é F” e (PI) e (PPI), então “Todo a é F”. Porém, (PPI), por sua vez, também careceria de justificação, necessitando ou de um princípio do princípio do princípio de indução – digamos, (PPPI) – ainda anterior ao (PPI) ou recorrendo ao (PI). A suposição de um princípio de indução, dessa forma, resulta ou em uma regressão infinita ou em uma petição de princípio. Dessa forma, nos procedimentos científicos nos quais necessariamente não são observados todos os objetos singulares sob os quais as teorias científicas dizem respeito, a indução não seria logicamente válida.

Mesmo havendo diversidade dentro do círculo de Viena, a posição do grupo com respeito à indução se sustentava sobre dois pontos fundamentais:

(a) A indução não é justificada do ponto de vista lógico.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Membro do círculo de Viena, Neurath (1983, p. 53) afirma que a “indução que leva a leis é uma questão de decisão, ela não pode ser deduzida. As tentativas de dar à indução um fundamento lógico estão, portanto, fadadas ao fracasso”. Carnap (2001, p. 317-318) argumenta contra regras da indução, dizendo: “Que não pode haver regras da indução é mostrado pelo fato de que o conteúdo-L [conteúdo lógico] de uma lei, por razão de sua universalidade irrestrita, sempre vai além do conteúdo-L [conteúdo lógico] de toda classe finita de sentenças protocolares”.

(b) Há um processo indutivo basilar no conhecimento científico que associa elementos psicológicos e sensoriais e leva a concepções teóricas universais através de hábitos e costumes.<sup>4</sup>

Popper critica a posição do Círculo de Viena com relação à indução por incorporar justificção por hábitos e costumes, posição que ele chama de psicologismo. Ele considera essa posição uma noção ingênua por aceitar que em algum momento uma afirmação de convicção subjetiva bastaria para justificar logicamente um enunciado científico. Lembremos da famosa passagem de *The Logic of Scientific Discovery*:

[...] não tentamos justificar enunciados básicos por essas experiências [perceptuais/psicológicas]. Experiências podem motivar uma decisão, portanto uma aceitação ou uma rejeição de um enunciado, mas um enunciado básico não pode ser justificado por elas – não mais do que bater na mesa (Popper, 2002, p. 88).

Tal passagem deixa bem claro que o principal motivo para se evitar o chamado psicologismo é a centralidade da justificção lógica. Isto é, a defesa do que formalmente implica uma inferência dedutivamente válida sobre o enunciado em questão e que fundamenta o procedimento de justificção científica.

Contra as propostas do círculo de Viena, Popper aponta para o *modus tollens* para caracterizar a relação entre a teoria científica, um enunciado universal, e o resultado do teste, um enunciado singular, relação chamada de falseabilidade. O *modus tollens* é o seguinte modo de inferência da lógica dedutiva clássica:  $(a \rightarrow b); \neg b; \therefore \neg a$ . Exemplo: se sou paulista, então sou brasileiro; não sou brasileiro; portanto não sou paulista. Estabelecendo a relação hipotética paulista implica brasileiro, o antecedente “paulista” pode ser falseado pela negação do conseqüente “brasileiro”. Não ser brasileiro implica não ser paulista.

---

<sup>4</sup> Para Mach, a principal influência do círculo de Viena ao lado Wittgenstein, o novo conhecimento não pode ser obtido através da lógica, mas através da intuição de elementos singulares baseados em um fundo biológico e psicológico. “A base para qualquer conhecimento é a intuição que pode dizer respeito tanto às percepções sensíveis quanto às ideias intuitivas” (Mach, 1976, p. 233). O conhecimento lógico é inoperante sem a base de percepções sensíveis e ideias previamente fixadas (Mach, 1976, p. 233). Influenciado por Mach, Neurath, por exemplo, afirma que, apesar de não haver uma justificção para inferências indutivas, “todas as leis naturais são derivadas indutivamente” (Neurath, 1983, p. 312).

## 2. Assimetria

Popper investiga as relações lógicas dedutivas entre os enunciados científicos a partir da ideia de assimetria nas direções da transmissão de verdade e de falsidade na lógica dedutiva. Em *Realism and the Aim of Science*, Popper apresenta a assimetria da seguinte forma:

De uma afirmação universal, que diz respeito a todas as coisas de um determinado tipo ou a todos os elementos de um determinado universo não vazio de discurso,

(1) Todas as coisas têm a propriedade  $P$ ,

podemos derivar que para qualquer coisa  $a$  pertencente a esse tipo ou universo,

(2) A coisa  $a$  tem a propriedade  $P$ ;

e de (2), por sua vez, podemos derivar

(3) Existe uma coisa que tem a propriedade  $P$ .

Assim, (1) implica (2) e (3) e (2) implica (3). Mas (3) não implica nem (1) ou (2) e (2) não implica (1).

Em outras palavras, (1) é logicamente mais forte do que (2) e (3), e (2) é logicamente mais forte do que (3) (Popper, 1992, p. 184).

A atribuição dedutiva de verdade é estabelecida de um enunciado mais forte para um logicamente mais fraco e a atribuição de falsidade de um enunciado mais fraco para um enunciado mais forte.

Considerando a assimetria, entende-se a verificabilidade de um enunciado como a característica de ser suscetível de predicação como verdadeiro e a falseabilidade como a qualidade de um enunciado de ser suscetível de predicação como falso de forma dedutivamente válida. Suponha um enunciado universal como "Todos os corvos são pretos". Não é possível verificar a verdade dessa afirmação, pois para isso precisaríamos observar todos os corvos, mas a observação de um corvo não-preto a falseia. Agora suponha um enunciado singular como "Algum corvo é preto", para verificar basta observar um corvo preto, de outro lado não é possível falseá-lo, pois para isso precisaríamos observar todos os corvos. Enunciados universais (mais fortes) podem ser falseados, mas não verificados, enquanto enunciados singulares (mais fracos) podem ser verificados, mas não falseados.

Exigindo uma relação dedutiva entre os enunciados científicos como meio de justificação e esse meio de justificação dedutiva como o objeto de análise da lógica da pesquisa científica, tem-se como estrutura formal do método científico a relação dedutivamente válida entre enunciados singulares e enunciados universais. Essa relação apresenta duas características: 1) são enunciados singulares que estabelecem (justificam) um juízo a respeito de uma teoria científica, portanto o valor lógico atribuído é transmitido do singular para o universal, e 2) considerando a assimetria entre verificação e falseamento, a justificação não é positiva, no sentido de estabelecer as bases para o juízo de verdade de uma teoria, mas somente pode estabelecer que ela é falsa (falseacionismo).

A proposta seria focar no uso lógico dos enunciados científicos e como as relações entre eles podem ser compreendidas de forma dedutiva. Os cientistas se utilizariam das leis naturais e teorias científicas como sendo enunciados universais, portanto esse uso deve ser espelhado na forma lógica atribuída à descrição do método. As formulações dos enunciados científicos e a elaboração de testes devem, seguindo esse ponto de vista, estabelecer a relação de falseabilidade.

A direção da transmissão do valor de verdade nas ciências empíricas é a “direção indutiva”. Para argumentar a favor da falseabilidade, Popper (2002, p. 19) afirma: “Tal argumento para a falsidade de enunciados universais [*modus tollens*] é o único tipo de inferência estritamente dedutiva que procede, por assim dizer, na ‘direção indutiva’; isto é, de enunciados singulares para universais”.

Por causa dessa característica da cadeia de inferência lógica, um enunciado universal somente pode ser empírico e científico – isto é, estabelecer alguma relação com um enunciado resultante de um teste – se for possível estabelecer o falseamento dele através do *modus tollens*, tendo como premissa um enunciado singular, que nessa função é chamado de enunciado básico. O caráter empírico da teoria a ser testada tem como sua característica lógica uma determinada relação com alguns enunciados singulares: a possibilidade de falseamento por *modus tollens*. Dessa forma, o falseamento se estabelece como o critério de demarcação entre empírico e metafísico.

O enunciado básico – isto é, a base que permite a definição da teoria como empírica e científica – é definido por sua característica lógica em relação à teoria. Essa é a marca da concepção falseacionista de Popper. Já para os membros do círculo de Viena, o papel de basear o caráter empírico e científico de uma teoria é exercido por sentenças atômicas, sentenças que descrevem percepções sensíveis às quais as demais sentenças científicas deveriam ser reduzidas. Segundo o estudo de Städler (2015) das atas dos encontros do círculo de Viena, para Carnap a observação seria incorporada na linguagem científica somente através da construção de uma linguagem fisicalista que incorporasse os termos perceptuais como reações corporais. “[A] vê vermelho = tal e tal estímulo é seguido por tal e tal reação [do corpo de A]” (Städler, 2015, p. 129). Os conceitos científicos devem ser reduzidos aos dados (Carnap, 2005, p. 9), e os dados são expressos por sentenças da linguagem autopsicológica.

Neurath (1983) desenvolve a ideia de sentenças protocolares, na qual um enunciado básico como “O ponteiro do detector marcou 7” corresponderia à sentença protocolar: “[Protocolo de Luiz às 12:27: (às 12:26 foi observado por Luiz que: ‘O ponteiro do detector marcou 7’)]”. Nessa forma, a sentença com a introdução do nome pessoal “Luiz” e de termos da esfera da percepção, como “viu”, completariam a sentença protocolar e a caracterizaria como a básica sobre a qual se fundamenta a linguagem científica, pois marcaria sua função como a sentença mais fundamental correspondente à experiência “de ver” do ponto de vista do sujeito “Luiz” (Neurath, 1983, p. 95).

O filósofo austríaco discorda do caráter monológico atribuído por Carnap às sentenças atômicas (como sentenças protocolares). Ele argumenta que “deve ser possível incorporar protocolos de um momento nos protocolos do próximo momento e protocolos de ‘Luiz’ podem ser incorporados em protocolos de ‘Paulo’”. Portanto não faz sentido falar de linguagens monológicas [privadas]” (Neurath, 1983, p. 96-97). Essa tese é mencionada como um avanço por Popper (2002, p. 78) por não considerar os protocolos invioláveis, embora mantenha o caráter subjetivo da base do juízo a respeito da teoria científica. Os protocolos de “Luiz” podem ser corrigidos por protocolos de “Paulo”.

Note que o caráter fundamental do enunciado básico popperiano é sua relação lógica com a teoria testada, seu papel lógico na

refutação por *modus tollens*. Assim, as relações empíricas seriam organizadas em torno das possibilidades dedutivas de inferência e o caráter basilar do enunciado básico seria atribuído à sua capacidade de contribuir para a refutação justificada da teoria em teste. Já para o círculo de Viena, admitindo-se ou não a inviolabilidade das sentenças protocolares ou atômicas, é seu caráter sensorial subjetivo que o torna o elemento linguístico construtor das sentenças científicas. Em outras palavras, para o positivismo lógico seria a origem psicológica subjetiva das sentenças protocolares que contribuiria para a justificação empírica das teorias que a elas fossem reduzidas.

### **3. Testabilidade**

Na compreensão popperiana de ciência, o processo científico parte de uma nova ideia – uma teoria (um enunciado universal) (Popper, 2002, p. 9) – não justificada logicamente. Daí, por meio da dedução lógica, uma conclusão singular, uma predição, é inferida dela (Popper, 2002, p. 10). Todo esse processo ocorre dentro do escopo da validade dedutiva. Parte-se de um enunciado universal para conclusões singulares.

O que marcaria o método propriamente científico é o teste que justifica o juízo sobre a teoria. O teste empírico consiste na elaboração de um experimento, ou na realização de uma observação, no qual a teoria é pressuposta em uma relação hipotética com uma predição ( $t \rightarrow p$ ) que será comparada com o resultado do teste. O teste marca a experiência como método, o caráter empírico da teoria é a sua suscetibilidade a testes empíricos. O sistema que representa o mundo de nossa experiência é distinguido dos demais “pelo fato de que foi submetido a testes e resistiu aos testes” (Popper, 2002, p. 17). Se o resultado do teste for equivalente à predição, então a teoria passou no teste – o que não significa que a teoria é verdadeira – no caso do resultado de ser equivalente à negação da predição, a teoria é refutada por ser falsa.

Parte-se de uma teoria pressuposta, ou lei natural, (t) (que tem o caráter de enunciado universal), cujo conseqüente (p) (que tem a forma de um enunciado puramente existencial<sup>5</sup>) é uma predição.

$$I. t \rightarrow p$$

Um teste é proposto, no qual conhecimentos de fundo (cf) – isto é, conhecimentos prévios necessários à leitura, interpretação e execução do teste, como teorias envolvidas no uso de instrumentos e na cooperação de outras áreas do conhecimento relevantes – se somam às condições iniciais (ci) – isto é, coordenadas espaçotemporais, instrumentos de registro, detecção e mensuração, condições ambientais (pressão, temperatura, velocidade, umidade, visibilidade, etc) – que condicionam e contextualizam a realização do teste a fim de produzir um resultado (e) a partir do processo concreto de teste. É somente através da prática efetiva do teste que uma teoria pode ser cientificamente justificada, isto é, que é formado um juízo lógico e metodologicamente válido a respeito dela. Temos, então, duas alternativas: 1- (e) é equivalente à predição (p) dedutivamente implicada por (t).

$$II_1. [(cf \wedge ci) \rightarrow e] \wedge (e = p)$$

$$\therefore III_1. t \text{ é corroborada.}$$

Nesse caso, afirmar mais do que a não-falsidade de (t) é incorrer na falácia da afirmação do conseqüente.<sup>6</sup> Assim, a teoria teria sido corroborada, não verificada; não se afirmaria a verdade da teoria, apenas que ela teria passado no teste.

A outra alternativa seria: 2) (e) é equivalente à negação da predição (p) dedutivamente implicada por (t).

$$II_2. [(cf \wedge ci) \rightarrow e] \wedge (e = \neg p)$$

$$\therefore III_2. t, (t \text{ é falso}).$$

---

<sup>5</sup> Enunciados puramente existenciais têm a forma  $(\exists xPx)$ , isto é, “existe um x que é P”, sem a especificação espaçotemporal.

<sup>6</sup> Se t, então p; p; então t. A forma geral da Falácia da Afirmação do Conseqüente. Por exemplo: se sou paulista, sou brasileiro; sou brasileiro; portanto sou paulista.

Nesse caso, aplica-se o *modus tollens* e da negação da predição ( $\neg p$ ), identificada com (e), é inferido um juízo logicamente válido a respeito do enunciado universal (t), a saber, (t) é falso. Um juízo que segue a direção indutiva, própria do método científico.

Nesse esquema, (t) é a teoria testada, ( $t \rightarrow p$ ) é a hipótese pela qual a teoria será testada, ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) é o enunciado básico e ((t) é corroborada) ou ( $\neg t$ ) é o juízo sobre a teoria (t) alcançado pelo teste. O juízo acerca da teoria (t), no sentido de corroboração ou refutação por teste empírico, somente é possível se ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) for aceito.<sup>7</sup> O teste proposto para a formação de um juízo a respeito de (t) somente pode justificar ( $\neg t$ ), (t) é falso, e corroborar (t), asserir que (t) passou no teste, não é possível afirmar de forma justificável que (t) é verdadeiro.

A sustentação desse juízo exige outros enunciados – notadamente, ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) – que, por sua vez, não podem ser justificados pelo mesmo teste e devem ser justificados somente se não houver um consenso entre os cientistas a respeito da validade ou da interpretação do resultado do experimento. Para tal, deve ser proposto outro teste exclusivamente para isso. A justificação de ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) somente poderá ser efetuada se assumir na forma dedutiva da argumentação e na própria prática científica do teste o lugar de (t), isto é, na formação de uma hipótese falseadora.

Qualquer enunciado básico pode, novamente, por sua vez, ser submetido a teste, usando como pedra de toque qualquer enunciado básico que possa ser deduzido dele com a ajuda de alguma teoria, ou aquela sob teste, ou outra. Esse procedimento não tem fim natural (Popper, 2002, p. 86).

A justificação lógica do enunciado básico ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) somente é possível se ele for transformado em um enunciado universal, digamos ( $p'$ ) (uma hipótese falseadora), e propusermos a hipótese ( $p' \rightarrow q$ ), realizando o mesmo procedimento, obedecendo às mesmas condições do teste de (t).

---

<sup>7</sup> Se a equivalência ( $e = p$ ) ou ( $e = \neg p$ ) não for determinável, o resultado do experimento não é conclusivo.

$$\begin{array}{ll}
 \text{I. } (p' \rightarrow q) & \\
 \text{II. } [(cf \wedge ci) \rightarrow e'] & \\
 (e' = q) & (e' = \neg q) \\
 \text{III}_1 \therefore p' \text{ é corroborado} & \text{III}_2 \therefore \neg p'
 \end{array}$$

É importante salientar nesse caso o fato de que o teste da hipótese falseadora ( $p' \rightarrow q$ ) é um teste específico para o fim de corroborar ou refutar o enunciado básico do teste da hipótese ( $t \rightarrow p$ ) e condicionado à necessidade pelo desacordo na comunidade científica a respeito do resultado do teste de ( $t \rightarrow p$ ).

#### 4. Análise da proposta de Popper

Para Popper, toda justificativa de um enunciado científico está contida no processo de teste empírico da teoria. Nada anterior à própria possibilidade lógica do teste é suscetível de justificação. Nada fora das relações dedutivas entre enunciados pode justificar uma teoria. Nesse sentido, a proposta de premissas e a introdução do enunciado de observação não são justificadas pelo teste em questão, pois são condições da própria justificação – que começa a partir das propostas que serão submetidas ao teste – e às condições do teste empírico.

Hacohem ressalta que, embora o falseamento de enunciados específicos seja bastante problemático e Popper tenha reconhecido em 1932 os problemas em torno do falseacionismo,<sup>8</sup> “seu argumento central [...] permaneceu intacto. O falseamento é tecnicamente difícil, mas logicamente possível. Teste dedutivos de hipóteses e falseamento empírico provê um modelo viável” (Hacohem, 2002, p. 205). Esse ponto, ressaltado por Hacohem, demonstra o foco de Popper na forma lógica do enunciado a despeito da existência de contraexemplos da

---

<sup>8</sup> “Carnap conclui de modo inteiramente correto: ‘Como se vê, não há refutação (falsificação) em sentido estrito para uma lei, mas apenas uma, por assim dizer, refutação suficiente do ponto de vista prático’” (Popper, 2013, p. 443).

história da ciência que seriam lembrados por seus críticos.<sup>9</sup> O ponto de interesse é que Popper direciona sua análise para o teste empírico, considerando que o esforço para aplicar métodos dedutivos de teste sobre teorias científicas e leis naturais é parte característica da atividade científica prática.

Como vimos, o resultado do teste e o enunciado básico  $\{(cf \wedge ci) \rightarrow e\} \wedge (e = \neg p)$  – ou  $\{(cf \wedge ci) \rightarrow e\} \wedge (e = p)$  – não são justificados na própria argumentação do teste empreendido. Como estão presentes como premissas, os elementos que constroem o resultado do teste e o enunciado básico indicam que há aspectos importantes que não são abarcados pela análise puramente lógica.

Estou pronto a admitir que se impõe uma análise puramente lógica das teorias, análise que não leve em conta como essas teorias se alteram e se desenvolvem. Contudo esse tipo de análise não elucida aqueles aspectos das ciências empíricas que eu prezo muito (Popper, 2002, p. 28).

O parágrafo em que se encontra a passagem acima encerra concluindo que o cientista que exija refutação conclusiva “jamais se beneficiará da experiência e jamais saberá como está errado” (Popper, 2002, p. 28). O que leva o leitor à conclusão de que o cientista, embora deva reconhecer que não há refutação conclusiva, deve agir no que concerne às refutações reais como se algumas delas fossem conclusivas e que essa prática não é sustentada por nenhuma necessidade lógica formal, mas seria uma questão de decisão prática.

Para compreender como se opera o teste científico é preciso observar o que se esconde por trás da forma do teste. Por mais que não seja passível de uma análise lógica estrita, como os processos que se enquadram na relação de falseabilidade, a elucidação dos

---

<sup>9</sup> Para Neurath, a forma do teste de Popper, sustentada na falseabilidade, não poderia ser generalizada porque na pesquisa prática “resultados negativos abalam sua [cientista] confiança [...], mas não a reduz automaticamente a zero” (Neurath, 1983, p. 123). A falseabilidade, nesse ponto de vista, não estaria em melhores condições do que a verificabilidade estrita para decidir os destinos de teorias. A crítica de Thomas Kuhn, no artigo “*Logic of Discovery or Psychology of Discovery*”, aponta para a peculiaridade dos exemplos de testes “com resultados destruidores” (Kuhn, 1974, p. 801) selecionados por Popper. Kuhn afirma que tais testes são “muito raros no desenvolvimento da ciência” (Kuhn, 1974, p. 801).

elementos objetos de decisão prática abrem espaço para investigações a respeito dos processos decisórios. Na sequência, nos restringimos a esclarecer quais elementos práticos aparecem na descrição do teste segundo a falseabilidade e seu papel na argumentação do teste científico.

Suponhamos que a teoria (t) em teste diga respeito à radioatividade de um minério. Realiza-se um teste simples que consiste em apontar um contador Geiger em direção ao minério. A hipótese em teste ( $t \rightarrow p$ ) será formada pela teoria (t) “O mineral (x) apresenta decaimento radioativo” e pela consequência (p) “uma amostra (y) qualquer do mineral (x) apresenta decaimento radioativo”, a hipótese será, portanto ( $t \rightarrow p$ ) “Se ‘o mineral (x) apresenta decaimento radioativo’, então ‘uma amostra (y) qualquer do mineral (x) apresenta decaimento radioativo’”.

As condições iniciais (ci) serão a distância entre o contador Geiger e uma amostra (y) do mineral (x), o local e o tempo da medição (k), as condições ambientais relevantes e o uso do contador Geiger. A concretização do teste incluirá conhecimento de fundo (cf), por exemplo, o uso do instrumento incluirá teorias como a teoria do campo elétrico e a teoria da radiação. O resultado do teste pode ser apresentado como um enunciado de existência singular<sup>10</sup> (e) como: “O ponteiro do contador Geiger permaneceu em repouso na coordenada espaçotemporal (k)”, do qual, supondo a validade das condições iniciais e conhecimento de fundo, deduz-se o enunciado de existência singular: “A amostra (y) do mineral (x) não apresentou decaimento radioativo na coordenada espaçotemporal (k)”. O enunciado puramente existencial<sup>11</sup> “uma amostra do mineral (x) não apresentou decaimento radioativo” é obtido do enunciado de existência singular pela omissão das coordenadas espaçotemporais (k) e a equivalência de (e) com a negação do consequente ( $\neg p$ ) da hipótese em teste ( $t \rightarrow p$ ). O enunciado básico é o enunciado que equivale ao resultado do

---

<sup>10</sup> Enunciados singulares com definição do objeto, por exemplo, com a especificação da coordenada espaçotemporal. Exemplos: “A caneta localizada à minha direita agora é preta”; “A minha gata é tricolor”; “A amostra (x) de zircão localizada na coordenada espaçotemporal (k) apresenta decaimento radioativo”.

<sup>11</sup> Enunciados singulares com objetos indefinidos. Exemplos: “Algumas canetas são pretas”; “Há ao menos uma gata que é tricolor”; “Algumas amostras de zircão têm decaimento radioativo”.

teste (e), nesse caso, com a negação da predição ( $\neg p$ ) da teoria (t), ( $e = \neg p$ ). Vide o esquema completo:

- I.  $(t \rightarrow p)$  (hipótese)
- II.  $\{[(ci \wedge cf) \rightarrow e] \wedge (e = \neg p)\}$  (resultado do teste e enunciado básico)
- III.  $\therefore \neg t$  (t é falsa) (juízo sobre a teoria em teste)

Esse modelo, que chamaremos de modelo completo, pode ser reduzido pela omissão dos elementos pressupostos na pesquisa científica prática para exibir com mais precisão os elementos lógicos formais do teste. O conjunto das condições iniciais (ci) do teste pressuposto por sua efetivação em determinada coordenada espaçotemporal e o conhecimento de fundo (cf) – pressuposto, no caso acima, pela utilização de determinado instrumento de medição – são omitidos. Por sua vez, o enunciado de existência singular (e) pode ser substituído pelo enunciado puramente existencial ( $\neg p$ ) obtido pela omissão das coordenadas espaçotemporais e a equivalência ( $e = \neg p$ ) – o enunciado puramente existencial ( $\neg p$ ) e a negação do consequente (p) da hipótese ( $t \rightarrow p$ ) da premissa I. Assim, o esquema reduzido assume a forma:

- I.  $(t \rightarrow p)$  (hipótese)
- II.  $\neg p$  (enunciado básico)
- III.  $\therefore \neg t$  (juízo sobre t)

O papel do falseacionismo como demarcação, um papel que assume o caráter normativo, exige que os cientistas se concentrem fundamentalmente no caráter formal das relações lógicas entre os enunciados científicos para a justificação da teoria em teste. Dessa forma, aspectos importantes na descrição do teste, como as condições iniciais e o conhecimento de fundo, são tornados coadjuvantes do esquema que é reduzido ao emprego do *modus tollens*.

A testabilidade é tratada como tendo sua severidade e força para a corroboração ou rejeição de uma teoria proporcional às características lógicas da teoria em teste, portanto na caracterização puramente formal da atividade científica. O esquema reduzido, que

ressalta o papel do *modus tollens*, é considerado como a própria definição formal do critério de demarcação, cumprindo também o papel de método de justificação lógica do enunciado científico.

Contudo elementos do esquema completo que não estão presentes entre os elementos do esquema reduzido são fundamentais, e ao analisá-los temos melhores condições para compreender o processo de teste científico. Ressaltamos que o que se sobressai é como o aspecto lógico do teste se sustenta sobre aspectos práticos. Parte dos passos lógicos não são conduzidos por regras de dedução, mas por decisões de ordem prática.

Os procedimentos que viabilizam e dirigem as decisões e compromissos que permitem os pressupostos necessários para a efetivação do teste são tão centrais quanto os procedimentos lógicos que, segundo a concepção falseacionista de Popper, definem o método científico. Neste capítulo buscamos somente identificá-los na descrição lógica do teste para sublinhar a importância de sua investigação para a compreensão do método científico e apontar para a relevância de seu estudo.

## **5. Questões práticas**

A base prática da proposta se apresenta em todo passo suprimido pela forma reduzida, isto é, o que leva das condições iniciais e conhecimento de fundo à aceitação do enunciado básico. A relação necessária entre o enunciado resultado do teste e o enunciado singular consequente da hipótese em teste – que notamos como  $(e = \neg p)$  ou  $(e = p)$ , o enunciado básico – é um passo fundamentalmente prático, sustentado sobre antecedentes teóricos, mas efetivados por orientações de ordem pragmática. Esses passos escapam da epistemologia no sentido popperiano de lógica da pesquisa científica, sendo elementos da pesquisa científica prática.

Em *The Logic of Scientific Discovery* há elementos como as condições materiais: observabilidade e reprodutibilidade (Popper, 2002, p. 84). Tais elementos dizem respeito às condições da pesquisa científica prática. Poderíamos chamá-los de condições práticas. As condições materiais, ou condições práticas, são fundamentais para a consensualidade metodológica que possibilita o desenvolvimento dos

passos argumentativos de corroboração e refutação de teorias científicas.

### 5.1. Observabilidade

Os enunciados básicos devem preencher a regra metodológica da observabilidade, isto é, devem se referir a “um evento envolvendo a posição e o movimento de corpos macroscópicos” (Popper, 2002, p. 85). A observabilidade não diz respeito a crenças ou experiências subjetivas, mas a uma característica intersubjetivamente reconhecível do evento descrito pelo enunciado básico, portanto seria objetiva. No exemplo apresentado na seção 28 de *The Logic of Scientific Discovery*: “‘Há um ponteiro no lugar k’ [...] ‘não há um ponteiro em movimento no lugar k’” (Popper, 2002, p. 84), o enunciado de existência singular se apresenta com elementos da definição da observabilidade, a descrição de posição e movimento de um objeto macroscópico,<sup>12</sup> o ponteiro. A observabilidade é um elemento de posição espaçotemporal.

A regra metodológica de Popper sugere que o conteúdo de tipo macroscópico de enunciados básicos seja epistemologicamente privilegiado – isto é, assuma uma posição fundamental na efetivação prática do teste científico – por estabelecer uma relação específica com as nossas experiências sensíveis. A epistemologia popperiana não nega a relevância da experiência na atividade científica, pelo contrário, afirma que o objetivo da ciência é descrever “o mundo de nossa experiência” (Popper, 2002, p. 16), como já ressaltamos.

O objetivo fundamental é a obtenção do esclarecimento lógico da relação entre a teoria em teste e o enunciado básico considerando um teste empírico, um esclarecimento de ordem formal a respeito de um teste realizável na prática. Mesmo quando a questão é a respeito do tipo de conteúdo que se caracterizaria como observável, no caso conteúdos macroscópicos (descrição de ocorrências com posições e movimentos macroscópicos), o fim é o esclarecimento lógico da

---

<sup>12</sup> Hilary Putnam classifica esse tipo de posição como empirista: “Em física, ao menos, filósofos da ciência empiristas gostam de alegar que podemos tratar o ‘vocabulário observacional’ como fixo, pois qualquer fenômeno físico, sendo pesquisado, deve, se demonstrado, fazer diferença nos movimentos de alguns objetos de tamanho medianos, tais como nossos familiares mostradores e placas fotográficas” (Putnam, 1995, p. 16).

relação. A observabilidade é definida como objetiva e introduzida como elemento do teste empírico, como parte da construção da premissa II da forma do teste empírico.<sup>13</sup>

No exemplo da seção anterior, a observabilidade do enunciado básico (e) “O ponteiro do contador Geiger permaneceu em k” não seria uma característica subjetiva do enunciado, não dependeria do observador e, por isso, seria intersubjetiva. Isto é, se for verdadeira, então é verdadeira para todos os sujeitos que observarem o teste. Sobre a condição de observabilidade, Popper (2002, p. 84) escreve: “esse requisito, obviamente, apenas pode se referir a observadores que estejam adequadamente situados no espaço e no tempo”. A descrição de uma ocorrência espaçotemporal é uma condição para a observabilidade do teste, portanto somente os enunciados de existência singular podem preencher essa condição prática para a efetivação do teste.

Do enunciado de existência singular, marcado por seu caráter espaçotemporal, é derivado o enunciado puramente existencial “que pode, de fato, contradizer uma teoria” (Popper, 2002, p. 84). Por sua vez, o enunciado puramente existencial não é observável,<sup>14</sup> uma vez que a observabilidade pressupõe considerações espaçotemporais de posição. Isso significa que a simples derivação lógica de um enunciado singular (p) de uma teoria científica (t) não a torna empírica. As condições iniciais são um elemento fundamental para o caráter empírico da teoria, pois definem as condições ambientais e espaçotemporais do resultado do teste relacionado ao enunciado

---

<sup>13</sup> Em sua forma reduzida ( $\neg p$ ) ou (p) e em sua forma completa  $[(cf \wedge ci) \rightarrow e] \wedge (e = \neg p)$  ou  $[(cf \wedge ci) \rightarrow e] \wedge (e = p)$ .

<sup>14</sup> Em *Realism and the Aim of Science*, Popper (1992, p. xx) afirma que enunciados puramente existenciais não são falseáveis e são verificáveis. É importante ressaltar a diferença entre observável e verificável. O exemplo dado por Popper, citação de Carnap, é: “Há uma cerimônia cuja execução precisa forçar o demônio a aparecer” (Popper, 1992, p. xx) é logicamente verificável, embora a falta de referências espaçotemporais que permitam as condições de observação do evento o impeça que seja observável. Uma modificação que poderia torná-lo, em princípio, observável é o enunciado resultante da adição de condições iniciais, como: “A cerimônia de sacrifício do animal x durante a leitura do verso y que será realizada no bosque z à meia-noite de 3 de janeiro de 2018 forçará o demônio a aparecer na figura de um bode preto situado em um lugar k visível aos participantes do ritual”. Note que tal modificação é a transformação do enunciado puramente existencial em enunciado de existência singular, uma mudança lógica.

básico e à experiência sensorial da observação do teste. Uma teoria por si só não tem um caráter empírico por sua forma lógica, mas pela possibilidade de teste, o que envolve condições práticas para sua efetivação, incluindo a observabilidade.

O procedimento prático adotado para buscar a observabilidade seria a adoção de uma premissa na argumentação lógica do teste, que é: *a observação macroscópica de posição e movimento descrita pelo enunciado básico é apreensível por todos adequadamente situados no espaço-tempo*, que podemos chamar de regra metodológica da observabilidade objetiva.

A regra da observabilidade objetiva não é empírica, mas de caráter não falseável, portanto metafísica. Como não é falseável, sua adoção é uma questão de decisão e, do ponto de vista estritamente lógico, sua negação *a observação macroscópica de posição e movimento descrita pelo enunciado básico não é apreensível por todos adequadamente situados no espaço-tempo* não sofre de menor apelo lógico do que ela. A aceitação de uma ou de outra é uma questão de decisão livre e dependente da atitude que for exigida na prática pelos objetivos do método científico.

Também não é uma premissa *a priori* que coaja todo sujeito observador por sua constituição cognitiva ou psicológica, mas é uma premissa prática, válida enquanto elemento da intersubjetividade exigida para a prática do teste empírico, é uma convenção (Popper, 2002, p. 32). A regra da observabilidade seria aceita consensualmente por todos os cientistas enquanto condição para o exercício prático da ciência. Como convenção, a regra depende da intenção das atividades científicas empreendidas, como a prática de pesquisa laboratorial, pesquisa de campo e a interação entre os sujeitos que participam da atividade científica, que geralmente ocorre pela publicação de relatórios de testes e artigos científicos.

Os pontos fundamentais dessa argumentação de Popper são: a) a forma lógica do enunciado básico como enunciado de existência singular; b) o conteúdo do enunciado básico como conteúdo observável (macroscópico e espaçotemporalmente localizados). Ambos os pontos (a) e (b) são considerados de acordo com o objetivo do método científico como sendo *grosso modo* explicar o “mundo de nossa experiência” (Popper, 2002, p. 16) por meio do teste de nossas

teorias “contra a experiência pela observação” (Popper, 2002, p. 03). O ponto (a) compõe a estrutura lógica da falseabilidade que demarca e justifica o enunciado científico, o ponto (b) é um ponto prático para a garantia da intersubjetividade do enunciado no contexto de um teste empírico.

## **5.2. Modificação da regra da observabilidade**

Popper está apontando para um conjunto de ocorrências macroscópicas, como um conjunto de conteúdo de enunciado – portanto elementos que escapariam de definições meramente formais – como o referente empírico necessário dos resultados de testes e enunciados básicos. O conjunto seria caracterizado por descrições de ocorrências reais que entram em contato com os nossos órgãos sensoriais. Quando as ocorrências não-macroscópicas – microscópicas, ou muito velozes, ou muito distantes de nossos órgãos sensoriais, etc. – são mediadas, detectadas e registradas por instrumentos, o enunciado observável seria a descrição da modificação observável no registro instrumental. A relação entre o registro instrumental macroscópico e a ocorrência não-macroscópica é dada pelo conhecimento de fundo, portanto é conjectural.

Tradicionalmente o caráter conjectural da relação entre os enunciados básicos e a ocorrência seria considerado um elemento que comprometeria ou dificultaria a observabilidade da teoria em teste. A mediação instrumental entre o observador e o observado abriria uma lacuna intransponível sem a aceitação de teorias que servissem de ponte. Dessa forma, o papel de base do resultado experimental como enunciado básico estaria comprometido, afinal o conhecimento de fundo seria mais básico do que o enunciado básico nesse arranjo.

O movimento argumentativo de Popper é considerar o caráter conjectural como característica dos enunciados científicos, mais do que isso, considerar nesse caráter a própria definição lógica de enunciado científico pelo critério de demarcação como falseabilidade. Ter algo mais básico do que os enunciados básicos somente seria um problema se a origem fosse o critério de demarcação e o meio de definição de uma sentença ou enunciado como científico. Se o caráter conjectural é bem-vindo, as mediações teóricas e instrumentais não

colocariam em risco o papel da observabilidade na caracterização do enunciado básico como a base do juízo a respeito da teoria em teste.

No entanto, a construção da noção de observabilidade nesses termos ainda pode ser questionada, afinal a impregnação teórica sobre a observação impede inclusive que todos adequadamente situados no espaço-tempo observem o mesmo objeto da mesma forma, colocando em xeque a aplicação prática da regra da observabilidade. A filósofa Susan Haack lembra que um médico, ao observar uma chapa radiográfica, observa coisas que os leigos não observam e que “exige treinamento fazer alguns tipos de discriminação perceptual” (Haack, 1993, p. 110). Além disso, se o médico e o leigo fossem para o laboratório e fosse para ambos explicado o mesmo procedimento de teste experimental, o resultado ainda pareceria diferente para cada um, pois para que ambos vejam a mesma coisa exige-se que o leigo não apenas tenha ciência do conhecimento especializado do médico, mas que o tenha aprendido.

O que difere o médico do leigo é o conhecimento de fundo incorporado pelo processo de formação científica do médico. Dessa forma, não basta a adequação espaçotemporal, a prática exige uma adequação por aprendizado prévio na leitura de observações, isto é, a incorporação de conhecimentos de fundo para a leitura científica dos testes. Essa noção também é apresentada por Thomas Kuhn, que ressalta que o consenso necessário para a atividade científica é trazido em parte pela educação pelos manuais, sendo a educação científica dos estudantes de ciências naturais, tanto graduandos quanto pós-graduandos, tipicamente feita por meio de livros escritos para estudantes (Kuhn, 1999, p. 142). São livros que reforçam a tradição recebida e apresentam os exemplos de métodos e problemas resolvidos por tais métodos como paradigmáticos.

Compreendendo esse papel da educação na construção do consenso, temos um resultado que ainda parece pouco satisfatório. Afinal, exigir a aceitação do conhecimento de fundo para a prática de observação parece arbitrário e comprometido com uma visão de mundo predefinida. Se certos conhecimentos de fundo devem ser pressupostos no processo de observação, a observação não pode refutá-los. Esse procedimento imporá limitações à falseabilidade como critério de demarcação, fundamento do pensamento popperiano.

Não nos resta alternativa além de aceitar esse ponto. O processo de aprendizado científico faz parte dos pressupostos daquilo que o cientista considera como observação. O cientista está comprometido com um grande número de conhecimentos de fundo que ele não coloca necessariamente em questão. Isso fica claro quando notamos que na construção do enunciado básico os conhecimentos de fundo cumprem um papel necessário ao lado das condições iniciais.

Agora, a aceitação desses conhecimentos de fundo não precisa ser necessariamente dogmática, no sentido de ser considerada inquestionável. O comprometimento com conhecimentos de fundo que formam a visão de mundo na qual a observação será considerada não significa que os elementos que os compõem não possam ser questionados dentro de procedimentos específicos para isso. Pensamos que as mesmas exigências para o questionamento dos enunciados básicos são ampliáveis para os conhecimentos de fundo. Isto é, se o conhecimento de fundo se mostrar questionável, se o consenso em torno do conhecimento de fundo for abalado, uma hipótese que tenha a teoria problemática que compõe o conhecimento de fundo em questão como antecedente hipotético pode ser formulada e submetida a teste empírico.

A regra da observabilidade objetiva resultante das nossas considerações é: *a observação macroscópica de posição e movimento descrita pelo enunciado básico é apreensível por todos devidamente educados, adequadamente situados espaçotemporalmente*. A educação mencionada inclui a adequação com respeito ao conhecimento de fundo. Essa adequação teórica, a consistência do conhecimento de fundo e a amplitude de sua introdução nos programas de educação científica, é parte do processo que leva ao consenso com respeito ao resultado do teste. A regra da observabilidade, sendo incorporada pela exigência de educação científica, é um elemento que aponta para o caráter público da atividade científica.

### **5.3 Reprodutibilidade**

A condição da observabilidade é acompanhada pela condição de reprodutibilidade que, assim como a observabilidade, relaciona-se com o caráter público da atividade científica. De fato, "somente quando

certos eventos ocorrem de acordo com regras ou regularidades, como é o caso com eventos repetíveis, *nossas observações podem ser testadas* – em princípio, por qualquer um” (Popper, 2002, p. 23). As condições práticas da observabilidade e da reprodutibilidade são interdependentes.

A introdução dos elementos condicionantes da efetivação da observação científica aponta para o fato de que a observação científica é distinta da noção comum de observação. Popper (2002, p. 88) trata da especificidade da observação científica:

[...] se eu for ordenado: “Relate o que está vivenciando agora”, dificilmente saberia como cumprir essa ordem ambígua. Devo relatar que estou escrevendo; que minha campanha está tocando; um jornaleiro gritando; um alto-falante zunindo; ou, talvez, deva reportar que esses ruídos me irritam? E mesmo se essa ordem puder ser obedecida, por mais rica que seja uma coleção de enunciados dessa maneira, pode jamais adicionar nada à ciência. A ciência precisa de pontos de vista e problemas teóricos (Popper, 2002, p. 88).

A observação científica é guiada por teorias que direcionam questões científicas que devem ser respondidas por observações específicas. A definição da observação buscada pelo experimentador envolve a definição do teste que será empreendido a fim de obtê-la. O acordo a respeito da validade desses enunciados de observação é uma “ação proposital” (Popper, 2002, p. 89) que envolve a busca da observabilidade e reprodutibilidade do enunciado.

O enunciado básico é a resposta a uma questão teórica que deve ser a mais precisa possível. A questão é direcionada ao mundo, não ao sujeito que realizará o teste, nem à percepção sensível ou ao seu estado mental. Dessa forma, a questão não deve ser subjetiva, não deve conter em sua formulação menções ao sujeito. A formulação não subjetiva do enunciado básico apresenta de forma mais clara o caráter reprodutível do resultado do teste, uma vez que não é a percepção subjetiva que é reprodutível, mas a causa considerada externa ao sujeito dessa percepção subjetiva.

A reprodutibilidade pode ser entendida como manifestação metodológica de uma noção metafísica, o princípio de uniformidade da natureza. Como outros princípios desse tipo, Popper (2002, p. 250,

grifo meu) afirma que sua adoção é fundamentada em uma “fé que eu [Popper] compartilho e sem a qual a *ação prática* dificilmente é concebível”. O princípio asserve que a definição cientificamente adequada, do ponto de vista prático, de uma lei natural é que “elas devem ser invariáveis com respeito ao espaço e tempo [...] e não há exceção” (Popper, 2002, p. 251).

Essa regra metodológica implica a adoção da atitude prática de formular um teste de observação e/ou experimental que deve ser realizável em qualquer ponto do espaço-tempo e que, no que concerne à sua validade, é independente das variáveis de localização espaçotemporal. Dessa independência deriva a atitude de considerar o teste e o resultado dele obtido como reprodutíveis.

Temos uma manifestação lógica do princípio de uniformidade da natureza na derivação do enunciado obtido pela omissão das coordenadas espaçotemporais, a passagem do enunciado de existência singular para o enunciado puramente existencial. Vejamos como o princípio da reprodutibilidade se manifesta no argumento do teste analisado: “se ‘uma amostra qualquer do mineral (x) apresenta decaimento radioativo, então todas as outras amostras do mineral (x) apresentam decaimento radioativo *independentemente da coordenada espaçotemporal*’ e ‘a interação determinada espaçotemporalmente de uma amostra específica (y) do mineral radioativo (x) com um contador Geiger, em condições iniciais adequadas, aponta decaimento radioativo’, então ‘a interação de qualquer outra amostra do mineral (x), em qualquer coordenada espaçotemporal, em condições iniciais adequadas, apontará o decaimento radioativo’”.

Nota-se ainda que a derivação que mencionamos é o enunciado de uma descrição de um experimento ou observação cujo resultado é um enunciado de existência singular objetivamente observável, um enunciado básico. Como enunciado básico, pressupõe a regra de observabilidade *a observação macroscópica de posição e movimento descrita pelo enunciado básico é apreensível por todos adequadamente educados e situados no espaço-tempo* e somado ao princípio de uniformidade da natureza aplicado à lei natural em teste, o efeito de reprodutibilidade se segue. O enunciado de existência singular resultado do teste e a adequação espaçotemporal são válidas, por

pressuposto, para todos que reproduzirem as condições iniciais do teste em qualquer lugar e instante.

Vale mencionar que a independência espaçotemporal ocorre segundo as especificidades da área de pesquisa. Por exemplo, na biologia o alcance das considerações é a biosfera terrestre, sendo, em princípio, impossível expandir as considerações para além desse alcance espaçotemporal. No caso de questões como as que envolvem a relação entre a altitude e a pressão atmosférica, a própria teoria apresenta fórmulas para neutralizar a variação espacial, estabelecendo relações entre variáveis que possibilitam a comparação entre quaisquer pontos nos quais tais variáveis podem ser aplicadas. Vale ressaltar que as condições de neutralização da variação espacial fazem parte, quando aplicável, das condições práticas de teste, das condições iniciais e do conhecimento de fundo.

A relativização da independência espaçotemporal de acordo com a área de pesquisa poderia, à primeira vista, lançar dúvida com respeito ao uso desses expedientes práticos como condições para aceitar enunciados básicos, tal como a relativização da refutação lança dúvida a respeito do falseacionismo. Contudo as condições práticas não são critérios lógicos, não buscam demarcar o que é científico, mas guiar a ação, enquanto o falseacionismo é um critério lógico que foi formulado para demarcar o que é científico. Ao ser relacionado ao princípio metafísico da uniformidade da natureza, o princípio da reprodutibilidade é abrandado e seu uso contextualizado, não fortalecido. As condições práticas não são axiomas do método científico, mas guias práticos usados de acordo com o bom senso. Estão presentes na medida exigida para a prática do teste, não mais do que o exigido.

A observabilidade e a reprodutibilidade dizem respeito às características espaçotemporais da prática do teste, não somente do enunciado básico enquanto formulação. Como elementos espaçotemporais, dizem respeito às condições iniciais, seja como prática efetiva, seja como prescrição para a reprodução do teste. A exigência de treinamento e a incorporação do conhecimento de fundo para a compreensão da observação marcam o caráter convencional da observação e das condições concretas para a reprodução do teste. Há uma contextualização da convenção e uma estruturação prática dos

meios de justificação lógica. Na observação desse ponto prático, saltam à vista a peculiaridade da atividade científica e sua estrutura convencional e contextualizada. A ideia de ciência, a partir de nossas observações, não é equivalente à ideia de método formal de transformação do conhecimento em geral, mas mais adequadamente pensada como uma determinada atividade prática de transformação de conhecimento.

Na forma reduzida do esquema de teste, as relações entre conhecimentos de fundo com os enunciados básicos, a postura com respeito à observação, própria e do outro, e a construção de testes reproduzíveis são resumidas na expressão  $(\neg p)$ . Somente a expressão completa da premissa II apresenta na forma lógica a complexidade dos elementos que constroem o teste científico:  $[(ci \wedge cf) \rightarrow e] \wedge (e = \neg p)$ , incluindo, nos elementos de condições iniciais e conhecimento de fundo, as condições práticas da observabilidade e reprodutibilidade. A aceitação do resultado do teste é um acordo complexo e fundamental na pesquisa científica prática, cuja relevância para a compreensão da atividade científica rivaliza com a relevância da própria forma lógica do teste.

## 6. Considerações finais

A relação entre a descrição lógica das inferências científicas e a prática da atividade científica não nos parece comportar a priorização de uma das dimensões à outra. De um lado, no desenvolvimento da pesquisa científica, a parte lógica é publicada em artigos e suas relações estão presentes nas discussões da literatura específica que desdobra, por exemplo, uma descrição de um teste prático e concreto em discussões teóricas e abstratas. Tal dimensão da pesquisa científica é aquela que Popper buscou caracterizar como a lógica da pesquisa científica, definida pela falseabilidade e descrita pelo *modus tollens*.

Por outro lado, o conjunto do que é mobilizado para a efetivação prática do teste, aqui simplificado nos conceitos de condições práticas (observabilidade e reprodutibilidade), conhecimento de fundo e condições iniciais, segue um desenvolvimento que mobiliza compromissos dos agentes com a própria comunidade científica e com procedimentos de ordem prática e não são fundamentados em coações de ordem lógica. Tais compromissos são expressos pelos

protocolos de segurança e publicidade de pesquisa laboratorial e de campo, manuais de operação instrumental, formulações curriculares de cursos de graduação e pós-graduação em ciências, entre outros tantos procedimentos que conferem coesão à comunidade científica. Aqui expressamos a prática do teste como  $\{(t \rightarrow p); [(cf \wedge ci) \rightarrow e] \wedge (e = \neg p); \therefore (\neg t)\}$ , mas tal fórmula não a define, apenas apresenta seus elementos práticos em relação com a argumentação lógica. Seu valor é sugerir que é possível uma abordagem do método científico que o compreenda tanto formalmente pelo esclarecimento das relações lógicas quanto concretamente pelo esclarecimento dos procedimentos práticos.

## Referências

- BACON, F. *The new organon*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- CARNAP, R. *Logical syntax of language*. London: Routledge & Kegan Paul, 2001.
- CARNAP, R. *The logical structure of the world and pseudoproblems in philosophy*. Chicago: Open Court, 2005.
- HAACK, S. *Evidence and inquiry*. Oxford: Blackwell, 1993.
- HACOHEN, M. H. *Karl Popper - the formative years, 1902-1945: politics and philosophy in interwar Vienna*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- KUHN, T. Logic of discovery or psychology of discovery. In: SCHILPP, P. A. (ed.). *The philosophy of Karl Popper*. La Salle: Open Court, 1974. p. 798-819.
- KUHN, T. Scientific revolutions. In: GASPER, P.; TROUT, J. D. (ed.). *The philosophy of science*. Boston: The MIT Press, 1999. p. 139-158.
- MACH, E. *Knowledge and error*. Dordrecht: Reidel, 1976.
- NEURATH, O. *Philosophical papers 1913-1946*. Dordrecht: Reidel, 1983.
- POPPER, K. *Realism and the aim of science*. London: Routledge & Kegan Paul, 1992.
- POPPER, K. *The logic of scientific discovery*. London: Routledge & Kegan Paul, 2002.
- POPPER, K. *Os dois problemas fundamentais da teoria do conhecimento*. Organização de T. E. Hansen e tradução de A. I. Segatto. São Paulo: EdUNESP, 2013.
- PUTNAM, H. *Pragmatism*. Cambridge: Blackwell, 1995.
- STÄDLER, F. *The Vienna Circle: studies in the origin, development, and influence of logical empiricism*. Dordrecht: Springer, 2015.

# PENSAR O MUNDO PELA PERSPECTIVA DA FILOSOFIA DA QUÍMICA

Luciana Zaterka

Ronei Clecio Mocellin

## Ideias centrais do capítulo:

- A filosofia da química começou a se consolidar como campo disciplinar próprio e a ganhar uma organização institucional somente a partir da década de 1990.
- Os pesquisadores contemporâneos acerca dos aspectos filosóficos da química enfatizam que a autonomia do saber químico se encontra efetivamente no comportamento das substâncias químicas em contextos materiais precisos. Esse comportamento indica uma característica fundamental da química, seu interesse pelas substâncias e por suas transformações, provocadas por diferentes relações reativas.
- As substâncias químicas não interagem somente entre elas, mas também com o meio-ambiente e os sistemas sensoriais dos seres vivos em geral. Elas são parte da história do nosso planeta e da história humana, pois estão intimamente associadas à história dos recursos naturais e dos materiais artificiais produzidos por homens e mulheres desde o domínio do fogo até a contemporaneidade.
- A filosofia e a história da química podem contribuir para uma reflexão que toma as substâncias químicas, os químicos que as criam e as indústrias que as fabricam como fazendo parte da cultura, das sociedades e da natureza.

## 1. Da invisibilidade à institucionalização do conhecimento químico

Filósofos da ciência durante um tempo considerável não tiveram grande interesse no estudo de questões epistemológicas, metodológicas, éticas ou historiográficas ligadas à ciência química. É no mínimo importante refletir sobre a razão desse desinteresse, afinal somos literalmente envolvidos, rodeados e constituídos por elementos e substâncias químicas, basta pensarmos na água que bebemos, no ar que respiramos, no carbono que fundamenta a vida. Do ponto de vista

da história da filosofia da química, notamos que foi somente na década de 1990 que ela começou a se consolidar como campo disciplinar próprio e a ganhar uma organização institucional. Antes disso, ao contrário dos inúmeros trabalhos desenvolvidos no âmbito da filosofia da física, matemática, astronomia etc., não se publicavam com regularidade pesquisas na área de filosofia da química.

De fato, a consolidação disciplinar e a organização institucional da filosofia da química começaram efetivamente nos anos 1990. Em 1994, realizou-se em Londres a *First International Conference on Philosophy of Chemistry*, além de várias reuniões e congressos realizados na Alemanha, na Itália e nos EUA. Em 1995, foi criada a revista *Hyle: International Journal for Philosophy of Chemistry*, cujo editor-chefe é, desde então, Joachim Schummer. Em 1997, organizou-se a *International Society for the Philosophy of Chemistry* (ISPC). Em 2021, em Buenos Aires, realizou-se a 24ª edição da ISPC, o que aponta uma sólida consolidação da filosofia da química como domínio de pesquisa acadêmica. O periódico *Foundations of Chemistry* foi criado nos EUA em 1999, com Eric Scerri como editor-chefe. A partir disso um crescente número de universidades tem oferecido cátedras de filosofia da química nos cursos de filosofia e de química, além de mestrados e doutorados específicos na área (Baird, Scerri e McIntyre, 2006; Scerri e Fischer, 2016; Bensaude-Vincent e Eastes, 2020; Zaterka e Mocellin, 2022).

Todavia, cabe observar que a filosofia da ciência praticada na França teve suas particularidades. A filosofia da ciência francesa é herdeira da tradição enciclopedista, na qual o problema da definição e da classificação de um conhecimento sempre foi considerado indissociável de sua história. Quer dizer, diferentemente da tradição de língua inglesa, filósofos com Auguste Comte (1798-1857), Pierre Duhem (1861-1916), Emile Meyerson (1859-1933), Gaston Bachelard (1884-1962) e Hélène Metzger (1889-1944) sustentaram que as análises filosóficas acerca do desenvolvimento das ideias científicas não poderiam estar dissociadas do contexto histórico na qual elas operaram, embora chegassem a conclusões filosóficas bastante diferentes. Outra característica das reflexões dos autores franceses foi a de considerar que cada campo de investigação científica tem uma identidade epistêmica, ou seja, existe uma *philosophie des sciences* e não uma

*philosophy of science*. As investigações sobre teorias da matéria também tiveram lugar privilegiado, e era na química, ciência que se ocupava especificamente com as transformações materiais, que se encontravam os melhores casos histórico-epistemológicos. Um deles, por exemplo, foi o longo debate sobre a existência dos átomos no século XIX, que gerou um confronto conceitual entre atomistas e energeticistas, positivistas e antipositivistas, realistas e antirrealistas e que durou até o início do século XX (Bensaude-Vincent, 2005, 2009).

As pesquisas em ensino da química contribuíram para a institucionalização da filosofia da química nos departamentos de química e de educação. Uma das questões que têm demandado uma análise filosófica detalhada da parte dos educadores consiste no entendimento dos procedimentos adequados na construção de modelos explicativos em química. Como os alunos devem aprender os conceitos químicos? Quais estratégias devem ser adotadas no aprendizado da linguagem química, uma nova linguagem que rompe e ao mesmo tempo resta imbricada em outros níveis linguísticos (cotidiano, informal, midiático...)? Qual o perfil do profissional que tem por tarefa promover esta “apropriação científica”, essencial para a formação cidadã? É consenso que a realização de experimentos é indispensável no entendimento de conceitos químicos, mas como organizá-los? Como interligar de modo significativo este ir e vir entre teoria e prática que caracteriza a ciência química? Quais os instrumentos didáticos mais eficientes nessa tarefa? Nas últimas décadas grandes esforços na construção de bases epistêmicas e metodológicas mais adequadas têm sido feitos para o ensino de química. Assim, a centralidade da ciência química nas sociedades contemporâneas e a obrigação republicana (*res publica*) de promover o domínio público desse conhecimento são razões mais que suficientes para a promoção de seu ensino. Embora as abordagens e propostas não sejam uniformes, o elemento comum dessas investigações está no esforço de promover o aprendizado da química, processo que passa pelo domínio de suas linguagens e pela capacidade daquele que aprende (e daquele que ensina) de identificar “problemas químicos” próprios a seus contextos histórico-culturais e a habilidade de propor soluções (Erduran, 2001). Mais que um desafio aos profissionais dessa área, trata-se de uma das questões-chave no processo de construção de sociedades democráticas e uma reflexão

filosófica apurada é fundamental nesta tarefa (Neto, 2009; Gois, 2012; Labarca, Bejarano e Eicher, 2013; Ribeiro, 2014; Gois *et al.*, 2019).

Certamente, o ensino de química é um dos focos importantes de investigação conceitual, porém filósofos e historiadores têm explorado outros eixos de pesquisa, ramificando, assim, a institucionalização da filosofia da química nos departamentos de filosofia e de história das ciências. Além das relações entre filósofos canônicos e o pensamento químico, questões relativas à história da alquimia e da química, historiografia, epistemologia, ontologia, tecnologia, metodologia, mereologia, ética, estética, lógica, linguagem, semiótica e literatura apontam para a existência de uma disciplina madura, praticada por uma comunidade de pesquisadores bem estabelecida.

Enfim, a consolidação acadêmica e disciplinar da filosofia da química nas últimas décadas veio acompanhada de sua mundialização. Atualmente, além da Europa, dos Estados Unidos e do Canadá, a filosofia da química é ensinada e suas investigações realizadas por pesquisadores da América Latina, da África e da Ásia. Isso constitui, sem dúvida, um dado consistente de sua implementação acadêmica e de sua maturidade enquanto um domínio de pesquisa específico. Embora reflexões filosóficas, históricas ou sociológicas acerca de um determinado domínio do conhecimento humano não tenha por objetivo “melhorar” sua imagem social, nós consideramos que os esclarecimentos que pesquisas nesses domínios oferecem servem, ao menos, para oferecer à opinião pública elementos para tomadas de decisões melhor fundamentadas.

## **2. Identidade cognitiva**

Qual a identidade cognitiva da química? Essa identidade poderia ser apreendida ao longo da história? O que seria próprio à química e irreduzível a outras ciências? Quais são as entidades químicas e como elas se relacionam? Como os químicos as representam em sua estrutura lexical e as relacionam com o mundo objetivo? Qual o nível de materialidade que interessa aos químicos? Como definir conceitos como os de elemento químico, molécula, estrutura, fase, valência, aromaticidade, ressonância, quiralidade, mol? A lei periódica é uma lei natural? A tabela periódica pode ser axiomatizada? Questões como

essas apontam para a permanente necessidade dos químicos definirem seu território de investigação, com quais entidades materiais trabalham, como nomeá-las e classificá-las, enfim, sobre o estabelecimento de uma autonomia cognitiva para a química no nível epistêmico, metodológico e ontológico.

Os conceitos químicos não são puramente teóricos nem simplesmente empíricos, eles são na verdade um híbrido entre teoria e prática. Joachim Schummer, ao discutir a especificidade da ciência química, a sua identidade cognitiva, localiza o núcleo químico da química nos aspectos materiais de seus objetos (Schummer, 1998). De fato, ela é um saber único, afinal ela implode dicotomias importantes como teoria e prática, abstrato e concreto, natural e artificial. O importante é que, diferentemente da física ou da astronomia, por exemplo, suas principais raízes localizam-se na tradição dos artesãos e artífices, produtores de conhecimentos técnicos e operativos. É por isso que suas operações são predominantemente efetivadas num espaço epistêmico singular, qual seja, o laboratório. Não existe ciência química sem laboratório químico. Para um químico, o laboratório nunca foi um gabinete de curiosidades ou um espaço de demonstração de leis naturais, mas um lugar onde ocorrem transformações, onde se articulam e relacionam não apenas os componentes materiais, mas diversos níveis da estrutura social. Assim, o conhecimento químico pode mesmo ser caracterizado como uma racionalidade que se fundamenta em um espaço epistêmico específico de produção e de criação de teorias e de artefatos. Portanto, o experimentalismo e a operacionalidade da química fizeram emergir uma prática científica cujos conceitos somente tinham sentido caso pudessem ser reconstruídos no laboratório (Bensaude-Vincent, 2005).

Mas se nos voltarmos para a história da filosofia, pelo menos na sua vertente majoritária ocidental, desde Platão o âmbito da materialidade e do corporal é o âmbito do contaminado, misturado, falsificado; o âmbito do simulacro, das meras cópias imperfeitas e impuras. Kant, sabemos, embora afirme que a química é um saber racional, não a valora como uma ciência propriamente dita, mas sim como uma 'arte sistemática', pois ela operaria com juízos *a posteriori*; segundo o filósofo alemão, uma ciência para ser pura deve ser matematizada. É por isso que, para o pensador de Königsberg, a física

é genuína, pois possui uma parte pura e outra empírica e a pureza teórica é garantida pela matemática. Nos anos 1790, o seu ponto de vista mudará após tomar contato com a nova química de Lavoisier e de seus colaboradores franceses e passará a considerar que a química também é uma ciência da natureza. Todavia, os historiadores da filosofia e os herdeiros da filosofia kantiana no início do século XX privilegiaram o seu ponto de vista anterior à revolução lavoisieriana (Brakel, 2006). É claro que essas posições epistêmicas e ontológicas acarretaram sérios problemas para a consolidação da filosofia da química, por exemplo, como vimos, a sua institucionalização tardia.

Já do ponto de vista dos físicos, a química seria, no limite, redutível a esta ciência e, portanto, não mereceria estudos exaustivos, afinal para entender o que é ciência seria suficiente compreender a própria física. A opinião expressa pelo físico britânico Paul Dirac (1902-1984) de que a totalidade das leis da química poderiam ser explicadas pela mecânica quântica contribuiu para que os filósofos da ciência considerassem a química como redutível ontológica e epistemologicamente à física (Dirac, 1929). Esse ponto de vista de Dirac convergia com a filosofia normativa da ciência que teve início a partir do desenvolvimento da lógica clássica no final do século XIX por Frege e no início do XX por Russell, Wittgenstein e pelos positivistas lógicos. Por isso, a história e a filosofia das ciências demoraram bastante para introduzir a química no rol de seus estudos, afinal durante muito tempo o que interessava para tais historiadores e filósofos era o conhecimento e o domínio de grandes teorias, sistemas, leis e hipóteses, os quais muitas vezes operam, por um lado, no âmbito mecânico matemático, e por outro, no mundo 'ideal', sem atritos, resistências, purificações ou dissoluções.

Mas será que não seria no mínimo ingênuo pensar que uma ciência de longa história, cuja atual comunidade de pesquisa é a que mais produz artigos e livros científicos, cujos produtos são indissociáveis do modo de vida das sociedades industriais, que fabrica todos os anos milhares de novas moléculas (novos objetos materiais (técnicos) que terão implicações ambientais, econômicas, farmacológicas, tecnológicas, éticas, estéticas...), não produz questões filosóficas próprias? É a prática experimental que fornece a condição para comprovar ou não a existência de determinadas entidades

químicas. É interessante pensarmos que, talvez por essa ser a sua identidade cognitiva, a química nunca tenha estado na modernidade no rol das ciências centrais. Nesse sentido, como mostra Bernadette Bensaude-Vincent, a química sempre foi como uma ciência impura e, ao mesmo tempo, o modelo ideal de tecnociência (Bensaude-Vincent e Simon, 2008). Contudo, se considerarmos que a química é tecnocientífica, devemos precisar que não se trata apenas de apontar que existe uma predominância da tecnologia sobre a ciência pura e do direcionamento da pesquisa científica em benefício de certos setores sociais. Trata-se de um sentido mais preciso, de que ela é e sempre foi um híbrido entre ciência e tecnologia, não subordinando a primeira à segunda. A química é uma atividade científica que historicamente jamais separou aquilo que Bruno Latour chama de “lado de dentro” (os laboratórios) e o “lado de fora”, que inclui desde o processo de recrutamento de novos profissionais até a promoção de certas pesquisas ou ainda a assimilação social de seus produtos (Latour, 2000, cap. 2).

Além desse aspecto prático-experimental, acreditamos que as relações das entidades químicas e suas propriedades são o resultado de uma emergência material. Embora os debates sobre a realidade ou a natureza precisa da emergência sejam em grande parte impulsionados pela teorização científica contemporânea, a noção básica tem uma história bastante longa que se estende pelo menos até Aristóteles (384-322 a.C). A teoria da matéria de Aristóteles fundamentava-se na aceitação da existência de quatro princípios elementares (terra, água, ar e fogo), eles próprios produtos da associação entre duas qualidades essenciais com o substrato material inerte (terra – seco e frio; água – frio e úmido; ar – úmido e quente; fogo – quente e seco). Para Aristóteles, uma substância composta por elementos constituintes distintos é homogênea quando todas as suas partes são idênticas (homeômeras), de modo que as propriedades individuais deixam de existir e dão lugar a novas. Aristóteles introduz a ideia de *mixto* (mescla) para explicar a constituição dessas substâncias homogêneas a partir das quais todas as coisas no mundo sublunar são feitas. Em um *mixto*, os ingredientes interagem uns com os outros para dar origem a uma nova substância, qualitativamente diferente, mas preservando os ingredientes originais em potência, para que possam ser novamente separados (Scaltsas, 2009). Explicar a emergência das

novas qualidades da *mixis* e o que acontecia com as propriedades de seus constituintes foram questões intensamente debatidas pelos comentadores de Aristóteles e continuam a interessar filósofos preocupados com a emergência de diferentes substâncias químicas a partir de algumas dezenas de elementos químicos (Needham, 2006).

Embora Aristóteles e seus comentadores rejeitassem a existência de partículas materiais indivisíveis, sua doutrina do contínuo não excluía a ideia de que a combinação ocorria a partir de partículas mínimas de matéria, denominadas de *minima naturalia*. Mesmo críticos modernos de Aristóteles, como Bacon e Boyle, ressignificaram o conceito de *minima naturalia* em suas respectivas teorias da matéria, que rejeitavam tanto o atomismo quanto os *elementos* portadores de qualidades de Aristóteles, pois resultavam de investigações empíricas guiadas por um rigoroso controle experimental (Zaterka, 2004).

De fato, se nos voltarmos para a gênese da filosofia experimental na Inglaterra do século XVII, especificamente para a obra de Robert Boyle (1627-1691), podemos observar como estas questões de fundo já estavam presentes. Boyle, em uma obra importante intitulada *The Origin of Forms and Qualities* (1666), discute a constituição do mundo material. Para tanto, ele divide os corpos em três níveis distintos: a) os *minima naturalia*, ou as partículas mais simples encontradas na natureza; b) os agregados ou corpúsculos de segunda ordem, formados pela extrema adesão das partículas mais simples; e c) os corpos do mundo manifesto aos sentidos humanos. Segundo nosso químico, as partículas mais simples são difíceis de serem rompidas ou quebradas, no limite, inatingíveis a experimentos controlados. Ora, Boyle ao preocupar-se com o âmbito químico material e não com o âmbito físico, se concentra nos agregados corpusculares, ou seja, aqueles que resultam do arranjo das partes mínimas. Afinal, são estes agregados corpusculares, que possuem determinados arranjos, ou seja, determinadas texturas, que serão as responsáveis por afetar os nossos sentidos.

A textura é, assim, uma propriedade dos agregados das partículas, ela não é constitutiva das partes mínimas, mas é essencial para a identificação pelos químicos dos corpúsculos constituintes de uma determinada amostra. De fato, um “átomo” não causaria em nós cheiro, cor, sabor, etc., afinal são as texturas dos corpúsculos as

responsáveis pelas diferentes naturezas e propriedades da matéria. Como Boyle está preocupado com os efeitos manifestos dos corpos, ele terá que focalizar necessariamente nestes corpúsculos, pois a pesquisa experimental revelou que eles têm uma existência independente e permanente. Se assim for, então, segundo Boyle, para podermos elaborar uma classificação das substâncias químicas e entendermos seus modos de operação e até mesmo seus efeitos, temos que nos voltar para esses corpúsculos e não para as partículas diminutas constituintes da matéria, os *minima naturalia* (Zaterka, 2004, 2012).

Essa perspectiva aponta para um conceito boyleano preciso, qual seja, as substâncias químicas devem ser compreendidas como um todo funcional, cujas propriedades emergem não apenas do ordenamento microestrutural de suas partes, mas sobretudo de sua relação com outras substâncias químicas no contexto da própria prática experimental (Banchetti-Robino, 2022). Em outras palavras, para Boyle as propriedades da matéria não podem ser redutíveis às chamadas qualidades primárias (forma, tamanho e movimento), mas são propriedades emergentes que sobrevivem à microestrutura dos átomos. Solubilidade, acidez, magnetismo são exemplos destas propriedades que emergem da interação das qualidades primárias em determinadas condições. É claro que Boyle não se refere ao nosso âmbito contemporâneo de emergência, mas já aponta para a não redutibilidade do âmbito químico ao registro físico ou matemático. Assim, com o autor do *Químico cético* a química ganha um estatuto próprio, uma identidade precisa.

Na atualidade, o conceito de emergência material em química refere-se a um estado de coisas no qual as propriedades de um determinado domínio (ligações, orbitais, moléculas, etc.) não se reduzem inteiramente às propriedades de outro domínio, apesar de serem produzidas por esta outra esfera (elétrons, prótons, nêutrons). Na perspectiva emergentista, as propriedades de um determinado nível de materialidade, embora derivadas de um nível inferior, são exclusivas desse nível. Mesmo que as propriedades químicas emergissem de um universo físico mais básico (subatômico), isso não implicava que elas fossem redutíveis às propriedades dessas entidades físicas, muito menos às proposições ainda mais básicas, como as da

matemática. De fato, os próprios teóricos da perspectiva emergentista têm na química um território favorito de exemplos de emergência material (Luisi, 2002).

Porém, apesar de sustentar a autonomia epistêmica e fenomênica da química, algumas interpretações emergentistas continuam admitindo uma dependência ontológica em relação à física quântica. Nesse sentido, alguns filósofos da química defendem que a química é autônoma tanto epistemológica quanto ontologicamente, pois, segundo eles, podemos dispor de um pluralismo ontológico, de modo que entidades químicas, ligações químicas ou orbitais moleculares existem dentro de um escopo ontológico próprio da química (Labarca e Lombardi, 2010; Llored, 2013; Lewowicz e Lombardi, 2013). Os críticos dessas posições emergentistas consideram que, embora defendam um monismo fisicalista não redutivo, elas continuam admitindo a prioridade ontológica do mundo físico, de modo que as entidades e propriedades químicas teriam uma existência ontologicamente secundária.

Além desse aspecto relativo à não redutibilidade dos fenômenos materiais a estruturas físicas, a química, diferentemente da filosofia, não está preocupada, por um lado, com o conceito de substância em geral, ou seja, com aquilo que permanece idêntico para além de sua mutabilidade, algo nunca conhecido diretamente pelas experiências e que seja indiferenciado e autossuficiente; e, por outro, não se limita a campos específicos como a química dos polímeros, dos materiais magnéticos ou nanomateriais, pois os conceitos da química devem ser aplicados a todas entidades químicas. Sabe-se que em escala nanométrica os materiais possuem numerosas propriedades exclusivas, que incluem novos comportamentos em mudanças de fase, novas características térmicas e mecânicas, novas reatividades (catálises), ou ainda comportamentos óticos, elétricos ou magnéticos poucos usuais. Além disso, a escala nano de uma estrutura química suscita questões de grande interesse para a filosofia da química. Trata-se, nesse caso, da singularidade das emergências dos níveis macroquímicos e do nível nanoquímico a partir das estruturas moleculares ou cristalinas. Isso quer dizer que essas emergências não são sucessivas, mas ocorrem de modo paralelo e engendram propriedades e comportamentos originais (Zambon e Córdoba, 2021).

Assim, a química, por um lado, investiga um conceito mais abrangente de substância: a) que não seja um substrato hipotético, mas que se efetive na prática química e, portanto, seja um composto específico presente do início ao fim de um determinado processo químico, pois as questões relativas à sua realidade não dizem respeito à sua existência, mas a como ela se dá a conhecer; b) que permita projetar os corpos materiais para além de seu contexto de produção. Aqui o mais importante é tanto a preocupação em conhecer a gênese dos produtos químicos, sua fabricação em laboratórios ou indústrias, como os seus modos de existência, isto é, a sua capilarização na sociedade. Essa capilarização não deve ser somente compreendida como uma simples penetração ou difusão, mas a maneira como os novos produtos químicos são postos em circulação por meio de processos industriais, econômicos e sociais nem sempre claramente transparentes para a sociedade.

Outro aspecto central dessa identidade cognitiva é a linguagem própria da química. A partir do século XIX com o modelo atômico de Dalton, tornou-se possível representar um composto a partir da proporção dos corpos simples que o formavam. O químico sueco Jacob Berzelius foi o primeiro a propor fórmulas químicas como  $H_2O$  para a água e  $C_2H_5OH$  para o álcool comum, um modelo de representação que logo foi adotado pelos químicos europeus. As representações estruturais surgiram a partir dos anos 1860 com o surgimento da química orgânica, com a teoria dos tipos do químico francês Charles Gerhardt (1816-1856) e com a descoberta da estrutura cíclica do benzeno pelo químico alemão August Kekulé (1829-1896) em 1865. Assim, as fórmulas empíricas, as estruturas planas e tridimensionais, os gráficos, os modelos icônicos, os diagramas, as tabelas, além dos textos são fundamentais para as práticas de laboratório e constituem um campo de estudo da semiótica. Os sistemas de signos podem ser considerados como ferramentas que são manipuladas e sobrepostas com outros tipos de sinais para forjar novas representações que se referem às entidades químicas. Os modos de representação conceitual são essenciais ao discurso dos químicos, eles são verdadeiros instrumentos de papel (Klein, 2001).

É interessante pensar que estudiosos contemporâneos de filosofia da química enfatizam que a autonomia do saber químico se

encontra efetivamente no comportamento das substâncias químicas em contextos materiais precisos. Esse comportamento indica uma característica fundamental da química, seu interesse pelas substâncias e por suas transformações, provocadas por diferentes relações reativas. Tanto a composição quanto a “reatividade” das substâncias químicas resultam, não de uma essencialidade substancial, mas de um jogo de relações entre elas próprias. Essas substâncias não eram conhecidas *a priori*, mas construídas por meio de processos de purificação ou de síntese e deveriam ser compreendidas como os nós de uma rede de relações. Em outras palavras, o conhecimento de substâncias *a priori* não basta, o importante é sua “ecologia”, isto é, seu contexto e suas relações. Em *“New Tools for Philosophy of Chemistry”*, Rom Harré afirma que os fatos químicos não são atributos de um mundo independente revelado pelo uso do aparato, mas são propriedades disposicionais de uma entidade híbrida – uma união indissolúvel de aparato, experimentador e mundo. Não estamos mais no campo da química elementar, aquela ainda ensinada no ensino médio, a qual descreve as reações por meio de um ambiente estável, estático, “limpo”. Aquela que sempre ocorre a temperatura e pressão em ‘escala normais’. Ao adotar o termo *affordances* para a compreensão de alguns aspectos da filosofia da química, Harré (2014) discute um de seus aspectos fundamentais: a importância do ambiente químico como um todo.

### **3. Biografia das substâncias químicas**

O gênero biográfico tem sido empregado a fim de fazer convergir narrativas historiográficas, filosóficas e sociológicas, com o objetivo de analisar tanto os objetos científicos quanto as particularidades de diversos materiais presentes nas sociedades contemporâneas. Cabe observar, no entanto, que por “biografia” dos objetos científicos e dos materiais pretende-se fazer apenas uma analogia a seus ciclos de vida (*lifespan*), nos quais esses objetos adquirem variados modos de existência. Esse gênero de narrativa não sugere qualquer antropomorfização de objetos materiais, nem lhes atribui alguma “consciência”. Trata-se de uma tentativa de reconciliar a realidade da ciência do presente com a sua história (Daston, 2000).

Essas biografias são constituídas a partir de diversos modos de existência de um produto da química. Quando e como um determinado objeto químico passa a existir? Poderíamos nos contentar com respostas que nos remetem ao nome de seu descobridor e à descrição das técnicas por ele empregadas, mas estaríamos nos contentando com pouco. A existência de tal objeto material significa mais do que sua descoberta ou sua invenção, significa que o objeto em questão passa a fazer parte de um conjunto de entidades, com propriedades materiais que lhes são próprias e que deve ser nomeado e classificado entre os já conhecidos. A expressão “modos de existência” já foi empregada como um operador conceitual por filósofos como Gilbert Simondon e, mais recentemente, por Bruno Latour (Simondon, 2020; Latour, 2019). A expressão também nos parece adequada para se referir aos objetos materiais produzidos pela ciência química, com o objetivo de tentar compreender o gênero de ontologia que engaja as práticas dos químicos em função de suas próprias exigências sociais (Bensaude-Vincent, 2005, cap. 9). Para compreendermos os modos de existência dos materiais químicos, o debate não deveria ocorrer apenas em torno da questão “o que posso conhecer?”, mas também em torno da questão: “o que posso fazer?” Assim, não devemos nos perguntar “o que é” um objeto químico, mas “de quais maneiras ele é”, o que constitui seus modos de existência no mundo natural e social.

A química e seus produtos se capilarizam permanentemente nas sociedades contemporâneas e nos ambientes naturais. A ocupação do mundo por produtos da indústria química passou a uma nova escala ao longo do século XX com demandas crescentes, tanto da sociedade civil quanto dos aparatos militares. Embora materiais como o carvão, a madeira, o ferro fundido e o aço continuaram a ser os mais postos à disposição para uso social, novos materiais entraram em cena, como o alumínio e outros metais leves, a borracha (natural e sintética), os polímeros sintéticos (como plásticos e elastômeros), as cerâmicas, o silício ou ainda os compósitos e híbridos materiais. Por exemplo, os polímeros sintéticos derivados do petróleo são certamente alguns dos materiais que mais contribuem para a “presença” humana na nossa biosfera. Criados nos laboratórios dos químicos e produzidos pela indústria química, eles estão presentes na grande maioria dos objetos utilizados em nosso cotidiano. Leves, baratos, resistentes, esses

materiais sintéticos substituíram progressivamente materiais tradicionais e tornaram-se o símbolo de modernidade das últimas décadas. Eles são essenciais para o modo de vida contemporâneo, uma importante criação dos químicos, prova da inventividade de engenheiros, de *designers* industriais, de metalurgistas-arquitetos e, ao mesmo tempo, uma ameaça real ao ambiente natural, talvez sem precedentes (Rasmussen, 2018).

As substâncias químicas não interagem somente entre elas, mas também com o meio-ambiente e os sistemas sensoriais dos seres vivos em geral. Elas são parte da história do nosso planeta e da história humana, pois estão intimamente associadas à história dos recursos naturais e dos materiais artificiais produzidos por homens e mulheres desde o domínio do fogo até a contemporaneidade. A filosofia e a história da química podem contribuir para uma reflexão que tomam as substâncias químicas, os químicos que as criam e as indústrias que as fabricam como fazendo parte da cultura, da sociedade e da política. Os materiais moldaram os químicos e a sua ciência, estimulando a fundação ou a reorganização de campos disciplinares, comunidades epistêmicas, conjuntos de ferramentas e instrumentais, representações simbólicas e práticas experimentais. Existe, assim, uma coconstrução do sujeito químico e do objeto da química. Desse modo, biografar uma substância química significa, sobretudo, fazer convergir elementos da história da química, mas também aspectos sociais, culturais, históricos, geopolíticos, ambientais etc. Os produtos da química demandam, portanto, a escrita de histórias compostas (Bensaude-Vincent e Loeve 2018; Bensaude-Vincent, 2022; Mocellin e Zaterka, 2022).

#### **4. Conclusão**

Nas últimas décadas, a filosofia da química se estabeleceu como área de investigação reconhecida institucionalmente. Isso não significa que tenha sido apenas a partir desse momento que químicos e filósofos começaram a trabalhar em questões comuns. Também não significa que essa nova disciplina acadêmica possua um *corpus* teórico homogêneo e bem definido. Na verdade, os pesquisadores que mais têm se destacado neste campo, tais como Rom Harré, Davis Baird, Eric Scerri, Joachim Schummer, Jaap van Brakel, Bernadette Bensaude-Vincent, Olímpia Lombardi, Hasok Chang, divergem em pontos

importantes. Porém, essas divergências só existem à medida que todos partem de uma base comum, que consiste em tomar o conhecimento químico como uma forma própria do pensar e do fazer humanos.

Se refletirmos acerca das substâncias químicas, veremos que elas não são boas ou más em si mesmas. Talvez uma forma mais objetiva seja pensar uma sociedade com química, tomando todos os seus produtos como *pharmaka* (s. *pharmakon*), para utilizarmos um termo empregado por Jacques Derrida em seu *A farmácia de Platão* (Derrida, 2005). A química tanto pode ser um remédio quanto um veneno, de modo que quanto melhor for o diálogo entre os químicos, a indústria e a sociedade menores serão os efeitos deletérios provocados por ela. Para isso, parece-nos importante o aprofundamento de reflexões e esclarecimentos acerca de questões filosóficas, epistemológicas, metodológicas e valorativas que são próprias das atividades dos químicos e de suas relações com outros ramos da ciência e com a sociedade.

O caso da cloroquina ( $C_{18}H_{26}ClN_3$ ) e da hidroxicloroquina ( $C_{18}H_{26}ClN_3O$ ) pode ilustrar esse ponto de vista. Utilizada desde os anos 1930 para tratamento da malária, a cloroquina ganhou projeção durante a pandemia quando alguns pesquisadores passaram a considerá-la no combate ao coronavírus. Isso fez surgir algumas confusões, comparando os efeitos positivos da droga em tratamentos tradicionais (como os obtidos contra malária) com a possível prevenção e cura da Covid-19. Os entusiastas a elevaram à condição de panaceia estimulada por alguns representantes políticos de extrema-direita, como por exemplo os na época presidentes do Brasil e dos Estados Unidos, Jair Bolsonaro e Donald Trump. Outros chegaram a dizer que ela não serve nem mais para a malária, o que é contestado pela Organização Pan-americana de Saúde, ligada à Organização Mundial da Saúde (OMS). A questão posta não é sobre a eficácia da droga em si, mas de como ela deve ser utilizada e capilarizada na nossa sociedade. De fato, depois de encaminhar cloroquina e hidroxicloroquina a pretexto de combater a Covid-19, o Brasil deparou-se com a escassez dos fármacos para a proteção da população indígena da Amazônia no tratamento de malária (Sassine, 2022; Ribeiro, 2022).

Nesse sentido, ao trabalhar com as diferentes substâncias químicas devemos levar em consideração a dimensão ética da produção, do uso e da disseminação de produtos químicos, afinal química e sociedade são indissociáveis, o que pode acarretar graves riscos e incertezas para a sociedade. Lembremos, por exemplo, que ao longo do século XX foram recensados mais de 30.000 acidentes ou incidentes no mundo. O último em data (2020) devastou o porto e parte da cidade de Beirute, no Líbano, tendo sido provocado pelo nitrato de amônio, fundamental para a fabricação de fertilizantes, mas com sua conhecida propriedade explosiva. Assim, melhor do que fantasiar com um risco zero é necessário, além de uma máxima prevenção, promover pesquisas que antecipem a reparação dos efeitos de acidentes, que sempre podem ocorrer (Bensaude-Vincent e Eastes 2020, p. 294). Pensar em química significa refletir sobre as relações de seus produtos com a vida humana, animal, vegetal e planetária. Assim, ao manusearmos essa 'ecologia molecular', não podemos nunca nos esquecer da ética da responsabilidade de Hans Jonas e, assim, considerar o princípio de responsabilidade, além do de precaução. Evidentemente, isso não significa imobilizar o progresso da humanidade, da ciência, ou da economia. Pelo contrário, significa propor uma durabilidade da qualidade de vida das gerações humanas e de toda natureza existente no planeta.

### Referências

- BAIRD, D.; SCERRI, E.; McINTYRE, L. (ed.). *Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline*. Dordrecht: Springer, 2006.
- BANCHETTI-ROBINO, M. P. Robert Boyle and the relational and dispositional nature of chemical properties. *Foundations of Chemistry*, v. 24, p. 423-431, 2022.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Chemistry in the French tradition of philosophy of science: Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 36, n. 4, p. 627-649, 2005.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Philosophy of chemistry. In: GAYON, J.; BRENNER, A. (ed.). *French studies in the philosophy of science: contemporary research in France*. Dordrecht: Springer, 2009. p. 165-187.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; EASTES, R-E. (ed.). *Philosophie de la Chimie*. Paris: DeBroeck Supérieur, 2020.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; LOEVE, S. *Carbone, ses vies, ses œuvres*. Paris: Seuil, 2018.

- BENSAUDE-VINCENT, B.; SIMON, J. *Chemistry: the impure science*. London: Imperial College Press, 2008.
- BENSAUDE-VINCENT, B. (ed.). *Between nature and society: biographies of materials*. New Jersey and London: World Scientific, 2022.
- BRAKEL, J. Van. Kant's legacy for the philosophy of chemistry. In: BAIRD, D.; SCERRI, E.; McINTYRE, L. (ed.) *Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 43-68.
- DASTON, L. (ed.). *Biographies of scientific objects*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2000.
- DERRIDA, J. *A farmácia de Platão*. São Paulo: Iluminuras, 2005.
- DIRAC, P. Quantum mechanics of many-electron-systems. *Proceeding of the Royal Society A*, v. 123, p. 714-733, 1929.
- ERDURAN, S. Philosophy of chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. *Science & Education*, v. 10, p. 581-593, 2001.
- FOUNDATIONS OF CHEMISTRY. *Philosophical, Historical, Educational and Interdisciplinary Studies of Chemistry*. Disponível em: <<https://www.springer.com/journal/10698>>.
- GOIS, J. *A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein*. 2012. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GOIS, J.; RIBEIRO, M. A. P. (org.) *Filosofia da química no Brasil*. Porto Alegre: Fi, 2019.
- HARRÉ, R. New tools for philosophy of chemistry. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 20, p. 77-91, 2014.
- HYLE. *International Journal for Philosophy of Chemistry*. Disponível em: <<https://www.hyle.org/>>.
- ISPHILCHEM. *The International Society for the Philosophy of Chemistry*. Sem data. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/socphilchem/>>.
- KLEIN, U. (ed.). *Tools and modes of representation in the laboratory sciences*. Dordrecht: Springer, 2001.
- LABARCA, M.; BEJARANO, N.; EICHLER, M. L. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1256-1266, 2013.
- LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Acerca del status ontológico de las entidades químicas: el caso de los orbitales atómicos. *Principia*, v. 14, n. 3, p. 309-33, 2010.
- LATOURE, B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: EdUNESP, 2000.
- LATOURE, B. *Investigação sobre os modos de existência: uma antropologia dos modernos*. Petrópolis: Vozes, 2019.
- LEWOWICZ, L.; LOMBARDI, O. Stuff versus Individuals. *Foundations of Chemistry*, v. 15, n. 1, p. 65-77, 2013.

- LLORED, J. P. *Chimie, chimie quantique, et concept d'émergence: étude d'une mise en relation*. Thèse de doctorat soutenue à l'Ecole Polytechnique et à l'Université Libre de Bruxelles. Direction de Michel Bitbol et Isabelle Stengers, 2013.
- LUISI, P. L. Emergence in chemistry: chemistry as the embodiment of emergence. *Foundations of Chemistry*, v. 4, p. 183-200, 2002.
- MOCELLIN, R. C.; ZATERKA, L. Materials and their biographies: the case of titanium and its dioxide. *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, v. 13, p. 01-18, 2022.
- NEEDHAM, P. Aristotle's theory of chemical reaction and chemical substances. In: BAIRD, D.; SCERRI, E.; McINTYRE, L. (ed.). *Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 43-68.
- NETO, W. N. A. *Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de Química*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RASMUSSEN, S. C. Revisiting the early history of synthetic polymers: critiques and new insights. *Ambix*, v. 65, n. 4, p. 356-372, 2018.
- RIBEIRO, E. Falta cloroquina para tratamento de malária em aldeias indígenas. *Amazonia Real*. 2022. Disponível em: <<https://amazoniareal.com.br/falta-cloroquina/>>.
- RIBEIRO, M. A. P. *Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores: contributos para uma filosofia do ensino*. 2014. Tese (Doutorado em Educação) — Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SASSINE, V. Indígenas foram sem cloroquina para malária após Saúde desviar uso para Covid. *Folha de S. Paulo*. 2022. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/08/indigenas-ficam-sem-cloroquina-para-malaria-apos-saude-desviar-uso-para-covid.shtml>>.
- SCALTSAS, T. Mixing the elements. In: ANAGNOSTOPOULOS, G. (ed.). *A companion to Aristotle*. Hoboken: Blackwell Publishing, 2009. p. 242-259.
- SCERRI, E.; FISHER, G. (ed.). *Essays in the philosophy of chemistry*. New York and Oxford: Oxford University Press, 2016.
- SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v. 4, n. 2, p. 129-162, 1998.
- SIMONDON, G. *Do modo de existência dos objetos técnicos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020.
- ZAMBON, A.; CÓRDOBA, M. Nanomaterials and intertheoretical relations: macro and nanochemistry as emergent levels. *Foundations of Science*, v. 26, n. 2, p. 355-370, 2021.
- ZATERKA, L. *A filosofia experimental na Inglaterra do século XVII*. São Paulo: Humanitas, 2004.

ZATERKA, L. As teorias da matéria de Francis Bacon e Robert Boyle: forma, textura e atividade. *Scientiae Studia*, v. 10, n. 4, p. 681-709, 2012.

ZATERKA, L.; MOCELLIN, R. C. *Ensaio de história e filosofia da química*. São Paulo: Ideias & Letras, 2022.

# **BURACOS NEGROS E ONDAS GRAVITACIONAIS:** PROBLEMATIZANDO DESCOBERTAS CIENTÍFICAS PARA SE TRABALHAR A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Luiz H. M. Arthury

## **Ideias centrais do capítulo:**

- Notícias recentes a respeito da descoberta de buracos negros e ondas gravitacionais podem gerar entendimentos inadequados a respeito do funcionamento da ciência.
- O professor de ciências pode usar esses exemplos como oportunidade para se falar sobre a atividade científica.
- As descobertas científicas geralmente estão atreladas a desenvolvimentos teóricos que guiam o processo de investigação.
- Elementos da epistemologia de Imre Lakatos podem auxiliar o professor interessado em trabalhar visões mais adequadas a respeito da atividade científica junto aos alunos.

## **1. Introdução**

Em 2019 foi divulgada a primeira imagem de um buraco negro, com ampla cobertura midiática (ainda que em sua habitual efemeridade). Alguns anos antes, em 2015, foram detectadas as ondas gravitacionais, o que gerou burburinho semelhante. Ambos os eventos, dada a maneira como foram propalados, podem facilmente passar uma imagem de que a ciência progride simplesmente através de “descobertas”, de modo cumulativo, onde a tarefa do cientista não é outra senão buscar por elas (o termo “descoberta científica”, imensamente empregado em publicações de divulgação, exprime exatamente isso).

Ao mesmo tempo que são temas de alto apelo à curiosidade dos estudantes, percebemos também como podem reforçar entendimentos inadequados sobre a ciência, particularmente na educação básica, onde é muito comum uma visão majoritariamente

empírico-indutivista da atividade científica (Fernández *et al.*, 2002). E se não é assim que a ciência funciona, também não é assim que devemos trabalhar temas como esses no ensino (Moreira e Ostermann, 1993), que são historicamente muito importantes para o desenvolvimento da ciência e, desse modo, deveriam igualmente ser para se falar sobre ciência em sala de aula.

Justamente buscando subsidiar o professor que, não apenas quer trabalhar esses temas em suas aulas como também quer fazê-lo de modo a sofisticar a visão de ciência por parte dos alunos, este capítulo apresenta uma discussão sobre buracos negros e ondas gravitacionais a partir de um olhar epistemológico que melhor contextualiza e (re)significa essas descobertas.

## **2. Teorias e descobertas**

Bem, de certo modo é claro que são descobertas. Algo não era presenciado, e agora o é. Mas precisamos então diferenciar ao menos duas acepções de descoberta que frequentemente se confundem nas narrativas da ciência e sua comunicação, e mais propriamente no ensino de ciências. Temos uma descoberta que denotaremos por acepção 1, representando uma serendipidade (não totalmente, como veremos), onde não se estava propriamente buscando o que se descobriu. Mas isso não significa que o descoberto não fosse esperado por outros cientistas. Fosse o caso, e poderíamos falar ainda em uma descoberta de acepção 1 “forte”, que seria aquela totalmente ao acaso, onde não apenas não se estava esperando nada do tipo, como nem sequer havia uma estrutura teórica que sugerisse o descoberto.<sup>1</sup> E temos uma descoberta que denotaremos de acepção 2, onde o que é encontrado era previsto por uma teoria que não apenas o significa como também costumeiramente guia a própria atividade de busca. Como veremos, no caso das grandes descobertas que são anunciadas

---

<sup>1</sup> Mas isso é mais raro, não representando o que normalmente se entende por descoberta científica, como veremos.

pela divulgação científica, como os buracos negros e ondas gravitacionais, quase sempre se recai na descoberta<sup>2</sup> na acepção 2.

Como o foco de nosso trabalho é o professor de ciências, e não o epistemólogo especializado, precisamos também diferenciar duas acepções de teoria. Temos uma teoria que denotaremos por acepção 1, como representando popularmente a mera hipótese ou ideia sem confirmação. Essa primeira acepção é amplamente mobilizada pelo público não especializado, sendo mesmo usada para diminuir e relativizar uma ideia qualquer (“mas isso é só na teoria, não foi provado”). Claro, uma teoria científica não compartilha dessa acepção, embora o cientista possa assim o fazê-lo pontualmente, mas de modo essencialmente coloquial, como fazemos todos em conversas descompromissadas, quando dizemos que temos uma teoria para isso ou aquilo.

A teoria numa acepção 2, a acepção científica, é um conjunto sólido e bastante articulado de princípios, ideias, conceitos e relações com uma ampla correlação empírica. Não são invencionices ao vento, onde facilmente recaem as teorias de acepção 1. Enfatizemos esse aspecto se não ficou suficientemente contundente: uma teoria científica quase invariavelmente recai na acepção 2. Uma teoria científica possui uma história, um devir que a faz um guia heurístico para o que o cientista faz, uma ferramenta abrangente que aponta caminhos para onde ir, o que buscar, e até mesmo o que rejeitar. E, como buscaremos exemplificar na sequência, as descobertas da ciência, a acepção 2 de descoberta, estão diretamente relacionadas às teorias científicas, a acepção 2 de teoria.

Intentando descrever (ou mesmo prescrever) o funcionamento básico da ciência,<sup>3</sup> há séculos diversos pensadores buscaram sistematizar suas características e até mesmo determinar seus passos. Na impossibilidade de discorrermos mesmo sobre apenas um punhado deles, traremos neste trabalho um autor, Lakatos, cuja epistemologia consideramos bem didática para ilustrar elementos gerais da atividade científica.

---

<sup>2</sup> Usamos essas duas acepções como categorias mais gerais, suficientes para nossos propósitos aqui. Na literatura especializada, podemos encontrar autores que fazem uma distinção mais pormenorizada de descoberta, como, por exemplo, Hanson (1967).

<sup>3</sup> Sempre usaremos ciência, aqui, como denotando diretamente ciências da natureza.

Nascido na Hungria em 1922, Imre Lakatos foi um influente filósofo da ciência e matemática com contribuições importantes no debate sobre ciência e epistemologia, interagindo com outros nomes influentes como Karl Popper, Thomas Kuhn e, particularmente, Paul Feyerabend, de quem era amigo pessoal. Lakatos usa o termo programa de pesquisa (Lakatos, 1978) para se referir ao que, em outros contextos, chamamos apenas de teorias. Ele faz uma categorização mais rigorosa, onde teorias e hipóteses auxiliares são tidas como elementos de uma estrutura mais abrangente (o programa de pesquisa). Essa estrutura possui elementos conceituais, os conceitos e leis que fundamentam o programa, e elementos heurísticos, que determinam regras metodológicas: “algumas nos dizem quais caminhos de pesquisa evitar (heurística negativa), e outras quais caminhos prosseguir (heurística positiva)” (Lakatos, 1978, p. 47).

Um programa de pesquisa representa um recorte temporal de seu desenvolvimento, que já possui um conjunto de ideias, conceitos e proposições diversas que se consubstanciam no núcleo firme do programa. Este núcleo naturalmente é resultado de uma história de debates, investigações e corroborações, implicando um conjunto de proposições das quais o cientista não vê razões para questionar. Naturalmente não devido a uma espécie de dogmatismo (embora possa haver condutas nesse sentido), mas simplesmente porque essas proposições possuem uma história de sucesso anterior.<sup>4</sup>

Justamente pela contundência e grau de corroboração das proposições do núcleo firme, quando surge uma anomalia, uma discordância entre as teorias e os fenômenos observados, a primeira atitude do cientista costuma incorrer em explicações e hipóteses que evitam um ataque direto ao núcleo firme. Essa é a heurística negativa, ou seja, formas de organizar o pensamento de modo a não permitir mudanças nas proposições do núcleo firme, que é visto, assim, como inicialmente “irrefutável por decisão metodológica de seus protagonistas” (Lakatos, 1979, p. 163). De fato, se abandonássemos

---

<sup>4</sup> Lakatos não restringe o estabelecimento do núcleo firme, por parte do cientista, como proposições necessariamente justificadas por um sucesso explicativo anterior, como atributo. O cientista pode adotar quaisquer razões para isso, e o programa de pesquisa que “responda” pelos resultados. Mas na prática, no contexto das teorias abrangentes e paradigmáticas da ciência, este é um atributo onipresente. Do contrário, não seriam paradigmáticas.

nossas teorias ao primeiro sinal de inadequação em relação aos fenômenos observados, não seria possível haver a própria ciência como nós conhecemos, uma vez que todas as nossas principais teorias passaram por momentos desse tipo. Todas elas precisaram acomodar anomalias para se estabelecerem consensualmente como nossas melhores explicações para a natureza, conforme ilustraremos na sequência.

As hipóteses que lançamos para explicar as anomalias sem um ataque ao núcleo firme formam o que Lakatos chama propriamente de cinturão protetor, resultado de uma heurística positiva que “consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as ‘variantes refutáveis’ do programa de pesquisa” (Lakatos, 1979, p. 165). Ou seja, este cinturão representa formas de organizar o pensamento de modo a possibilitar os ajustes necessários nas “bordas” do núcleo firme, nas hipóteses auxiliares que são aventadas para explicar as anomalias.

A partir das possíveis hipóteses auxiliares para explicar uma anomalia, podem-se estabelecer elementos preditivos que podem ser usados como processo de teste da teoria. Se estes testes conduzem a corroborações positivas, isto é, as hipóteses são confirmadas, dizemos que o programa como um todo se encontra progressivo. Se as hipóteses não são confirmadas ou, melhor, se as hipóteses vão se acumulando sem corroborações ou mesmo possibilidades de teste, o programa estará em regressão ou degenerescência.

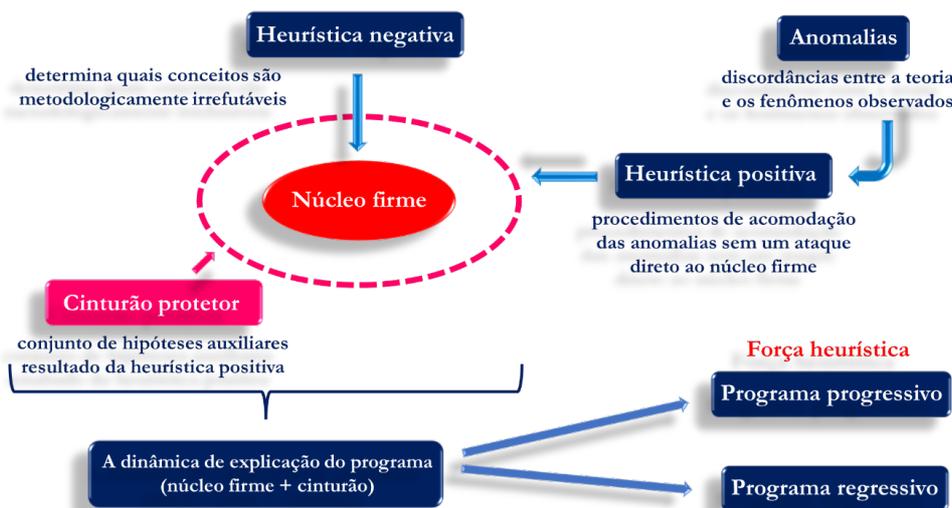
É no contexto de teste de uma teoria que podemos avaliar mais frontalmente a validade do que se afirma a partir dela. A própria testabilidade pode ser vista como critério de cientificidade, como defende o também influente epistemólogo Karl Popper (1993). Mais especificamente, Popper afirma que uma teoria científica deve se “abrir ao teste”, ou seja, oferecer maneiras de ser refutada.

[...] não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico (Popper, 1993, p. 42).

Assim, se uma teoria é positivamente corroborada, isso não será naturalmente uma prova categórica, indiscutível (de fato nunca o é). Por outro lado, uma refutação contundente pode destruí-la. Mas é importante enfatizar que, em ambas as situações, não se tem um sistema de escolha objetivo e, principalmente, definitivo. Mas para Popper é natural que o cientista escolha trabalhar com teorias que tenham sobrevivido sucessivamente pelos ataques (benéficos e necessários) da comunidade científica. A cada novo teste, a cada nova possibilidade de refutação, uma boa teoria vai se mantendo como boa explicação. A epistemologia de Lakatos sofisticava um pouco essas ideias, com o mecanismo de proteção ao núcleo firme. Uma teoria progressiva, para Lakatos, é justamente aquela cujas previsões foram corroboradas ou, em sentido análogo, que sobreviveu às possíveis refutações, conforme coloca Popper.

A Figura 1 apresenta um diagrama para ilustrar os principais elementos da epistemologia de Lakatos. Antes de adentrarmos os buracos negros e ondas gravitacionais para mobilizar esses elementos, ilustremos didaticamente essas ideias com um exemplo da biologia, mais especificamente sobre a coevolução.

**Figura 1.** Um diagrama para os elementos da epistemologia de Lakatos (elaboração do autor).



No contexto da teoria da evolução (teoria na acepção 2!), Charles Darwin sugeriu que diferentes espécies, mesmo de diferentes reinos, apresentariam um processo mútuo de evolução, como é o caso das plantas e insetos polinizadores delas (Dawkins, 2009). As abelhas, por exemplo, “evoluíram” (já veremos como esse termo talvez não seja o mais adequado) de modo que sua visão e seu olfato ficassem mais sensíveis às cores e odores das flores cujo néctar lhes é mais interessante, assim como essas plantas evoluíram para que suas flores e néctar atraíssem as abelhas. Claro, o processo é bem mais intrincado. O próprio termo “evolução” pode gerar uma visão de que há um constante processo de melhoria teleológica, enquanto o processo é essencialmente estocástico. A variabilidade genética das espécies, a mutação e a adaptação ao ambiente são mais bem descritas por uma deriva natural (Maturana e Varela, 1995), onde as modificações não são guiadas por nenhuma entidade ou propósito. É uma questão de favorecimento estatístico. Neste exemplo das abelhas, as modificações da espécie com o tempo são aleatórias e sem nenhuma teleologia por parte de sua relação com as plantas, o mesmo valendo para essas plantas. Mas aquelas modificações que incorrem em alguma vantagem adaptativa são naturalmente preservadas no *pool* gênico da espécie (Dawkins, 2009), estatisticamente favorecendo as referidas modificações pela simples hegemonia do indivíduo e conseqüentemente sua prole (que pode ou não herdar a modificação anterior em questão, mas as que herdarem continuarão estatisticamente esse processo adaptativo e assim por diante).

Pois bem, em meados do século XIX foi identificada uma espécie de orquídea, a *Angraecum sesquipedale* (Wasserthal, 1997), também popularmente conhecida como Orquídea Estrela de Madagascar. Essa espécie de orquídea possui um “copo” (estrutura de folhas com uma base profunda onde é produzido o néctar) com uma profundidade em torno de 30 centímetros, mais longo do que as probóscides das mariposas que se sabiam polinizar espécies semelhantes. As mariposas então conhecidas possuíam probóscides (aparelho bucal alongado que elas utilizam para alcançar o néctar nas bases dos copos) mais curtas, e o problema então (a anomalia) era explicar como essa espécie de orquídea era polinizada. No contexto da evolução, o núcleo firme nesse caso específico pode ser considerado justamente o processo de coevolução, onde se considera que há um mecanismo de mútua

modificação entre as espécies por meio das necessidades de subsistência de ambas: obter alimento por parte da mariposa, ser polinizada no caso da planta. Como sugerido anteriormente, o próprio núcleo firme possui uma história anterior que o justifica, e nesse caso os pesquisadores naturalistas já tinham presenciado a relação entre plantas semelhantes e mariposas com probóscide adequada à sua polinização.

Com a percepção de que não se conhecia uma espécie de mariposa com probóscide longa o suficiente para chegar até a base do copo da orquídea, é mobilizado então o cinturão protetor do programa ou teoria. A heurística positiva incorre, pois, em hipóteses auxiliares, que possibilitem uma explicação sem um ataque ao núcleo firme (heurística negativa). Uma hipótese auxiliar aventada pelo próprio Darwin sugeria que haveria, sim, uma mariposa com probóscide longa o suficiente para chegar até a base do copo. Ou seja, uma previsão genuína a partir do núcleo firme e seu cinturão protetor: sem atacar o núcleo (a ideia própria da coevolução), Darwin elaborou uma hipótese que, uma vez confirmada, agregaria um maior conteúdo, exatamente o que Lakatos chamava de excesso de conteúdo corroborado (Lakatos, 1979), o que metodologicamente coloca o programa (nesse caso a coevolução) como progressivo.

Darwin, por meio de uma hipótese auxiliar, no caso a própria existência ou não da possível mariposa, ofereceu um elemento preditivo importante para a avaliação da progressão (ou não) da teoria da evolução, o que foi feito também alguns anos depois pelo também biólogo e naturalista Alfred Russel Wallace. Este chegou a dizer: “Pode-se prever com segurança que existe uma mariposa com essa característica em Madagascar; os naturalistas que visitarem essa ilha devem procurar por ela com tanta confiança quanto os astrônomos procuraram pelo planeta Netuno, e serão igualmente bem-sucedidos!” (Wallace *apud* Dawkins, 2009, p. 24).

Consideramos bastante contundente a proposta de Wallace, referindo-se à busca pelo planeta Netuno. Este planeta foi efetivamente previsto por dois astrônomos na primeira metade do século XIX, sendo mais um exemplo bastante ilustrativo de como as descobertas da ciência se relacionam com um esquema teórico anterior. No caso, a teoria da gravitação universal de Newton, que permite a determinação

matemática da órbita dos planetas em torno do Sol. No fim da primeira metade do século XIX foi constatado que o planeta Urano apresentava uma anomalia, uma discordância em relação à órbita prevista matematicamente pela gravitação newtoniana e a órbita efetivamente observada.

Adams e Le Verrier, por volta de 1845, atribuíram tal discordância à existência de um planeta ainda não conhecido – o planeta Netuno – e, portanto, não levado em consideração na órbita de Urano. Essa hipótese permitiu também calcular a trajetória de Netuno, orientando os astrônomos para a realização de novas observações que, finalmente, confirmaram a existência do novo planeta (Silveira, 1996, p. 221).

A descoberta do planeta Netuno em 1846, pelo astrônomo alemão Johann Gottfried Galle, mostra uma das características mais determinantes do fazer científico, justamente a capacidade preditiva de nossas teorias. Sua descoberta, guiada por uma teoria (Galle foi orientado por Le Verrier a buscar pelo hipotético planeta), é exatamente de mesma natureza que a descoberta da referida mariposa prevista por Darwin e Wallace. A mariposa foi finalmente encontrada no século XX, sendo sua subespécie propriamente batizada de *praedicta*, com o nome completo *Xanthopan morgani praedicta* (Wasserthal, 1997).

Uma vez corroborada a hipótese, a teoria recebe então um reforço que a mantém progressiva aos olhos do cientista, que continua então se utilizando de suas proposições para outros estudos e mesmo outras descobertas, o que Lakatos chama de força heurística: a capacidade de não apenas possibilitar a explicação dos fenômenos pretendidos, como também antecipar novos fenômenos e mesmo novas teorias auxiliares. “A ciência madura – à diferença do ensaio-e-erro corriqueiro – tem força heurística” (Lakatos, 1979, p. 217).

Percebemos então que, assim como a descoberta do planeta Netuno, a descoberta dessa mariposa é claramente um caso de descoberta na acepção 2, onde uma estrutura teórica apontava para sua existência (ou, mais rigorosamente, onde o cientista, utilizando-se de uma teoria, prevê criativamente algum fenômeno). É claro que outras descobertas podem acontecer em um contexto menos

preditivo, particularmente no contexto da história natural (biologia, teoria da evolução). Mas a existência de elementos preditivos mostra como precisamos ultrapassar uma noção equivocada de que a ciência progride simplesmente por acúmulo de descobertas desconexas e fortuitas. E mesmo descobertas não propriamente guiadas por teorias, como a descoberta de diferentes espécies de insetos, por exemplo, geralmente só são acomodadas frente a um esquema teórico de reconhecimento delas.

No caso das descobertas guiadas por teoria, caso as hipóteses não sejam corroboradas, o programa passa a ser visto como regressivo, pelo menos até novas hipóteses serem aventadas para explicar o ocorrido. Em casos extremos é onde o próprio núcleo firme pode ser modificado. Nos exemplos da física a seguir, veremos como isso pode acontecer mesmo com grandes teorias, como a gravitação universal de Newton. Não importa o quão progressiva seja uma teoria, sempre pode chegar um momento em que ela não consegue mais manter essa progressão. Mas, antes disso, mesmo resultados experimentais negativos podem se converter em um sucesso para a teoria. Afinal, o experimento pode ter apresentado algum problema. A interpretação dele, *idem*. Algum elemento ainda não conhecido pode estar causando a aparente anomalia (como o exemplo da órbita de Urano) sem que isso signifique um problema com o núcleo firme da teoria.

Apenas à guisa de conclusão desse exemplo com a evolução, poderíamos perguntar que tipo de evidência, além do exemplo discutido, representaria um elemento potencialmente refutador da teoria, conforme exigido por Popper para atestarmos sua cientificidade. E existem inúmeros. A evolução possui diversos elementos de interseção com a história geológica, passando pelos fósseis e sua datação. A teoria abarca diversas eras, com cada camada temporal-geológica associada a essas eras. Por exemplo, sabemos até o momento que os mamíferos não surgiram antes do período triássico, há 220 milhões de anos. Um possível elemento refutador da evolução seria simplesmente encontramos, por exemplo, um fóssil de coelho no período cambriano (Dawkins, 2009), quase três vezes mais antigo que o triássico. O mesmo raciocínio pode ser feito para múltiplas espécies e múltiplos períodos e eras geológicas. Isso ajuda a sustentar todo o

núcleo firme da evolução, que abrange, claro, diversos outros elementos, como toda a nossa moderna biologia molecular e genética.

### **3. Buracos negros e ondas gravitacionais: ressignificando descobertas**

No fim do século XIX foi percebida uma anomalia com a órbita do planeta Mercúrio, onde seu periélio (ponto de maior proximidade com o Sol) se modifica com o tempo com uma velocidade maior que o previsto pela teoria da gravitação.<sup>5</sup> Mas essa teoria já tinha mostrado um imenso sucesso nas explicações relativas aos movimentos celestes, como a fantástica constatação de Edmond Halley de que a passagem de (tidos então como) diferentes cometas, registrados por diferentes astrônomos em sua história recente, mostrava que na verdade eram um mesmo cometa, com período determinado por ele como sendo de 76 anos. Sem contar, claro, a igualmente fantástica descoberta de um novo planeta, como vimos.

Devido a esse sucesso anterior, era natural que se preservasse o núcleo firme da gravitação (as leis básicas da dinâmica e o próprio conceito de gravidade) mesmo diante da nova anomalia relacionada à órbita de Mercúrio. A resolução anterior, a descoberta de Netuno, poderia funcionar também aqui, com a descoberta de um novo planeta nas proximidades de Mercúrio. Mas esse planeta nunca foi encontrado. Na mesma época em que esse problema com Mercúrio estava em aberto na ciência de então, o sujeito que o resolveria ainda estava em sua adolescência pensando no porquê de uma bússola manter sua direção e no que aconteceria se ele corresse ao lado de um raio de luz.

Nascido em 1879 na cidade de Ulm, na Alemanha, Albert Einstein elaborou uma nova teoria da gravidade, entre outros trabalhos revolucionários. Ele se formou em física em 1900, no Instituto Federal de Tecnologia de Zurique. Embora não tenha conseguido um cargo acadêmico logo em seguida, como queria, trabalhando em uma repartição pública manteve seus estudos em física que culminaram, em 1905, em um conjunto de trabalhos que mudariam a história da

---

<sup>5</sup> Esse “avanço do periélio”, como é conhecido, resulta numa órbita elíptica onde ela própria rotaciona em torno do Sol, fazendo com que cada novo periélio esteja avançado em relação ao anterior.

ciência. Entre esses trabalhos, um se referia a uma teoria que modificava as noções de tempo e espaço até então, mais tarde conhecida como teoria da relatividade restrita. Mas foi uma generalização dessa teoria (relatividade geral), a partir de 1907 e finalizada só em 1915, que acabou representando uma nova teoria da gravidade, distinta da de Newton (Pais, 1995).

Usando essa nova teoria, foi possível determinar matematicamente uma órbita para Mercúrio que se mostrou mais acurada do que a obtida com a gravitação newtoniana. Mas entre as possibilidades preditivas com a gravitação einsteiniana, havia elementos que praticamente inaugurariam o que chamamos hoje de modelo padrão da cosmologia. Um dos primeiros foi a previsão de que a luz seria curvada pela gravidade,<sup>6</sup> que, por sua vez, seria o resultado da curvatura do tecido espaço-tempo: uma estrutura geométrica que abarca as três dimensões do espaço e mais uma, a do tempo. Essa estrutura causa exatamente o que chamamos de gravidade: a ideia básica é que os corpos produzem uma curvatura nesse tecido ao seu redor, e a curvatura desse tecido determina o movimento dos corpos. Assim, por exemplo, a Terra produz uma curvatura no tecido espaçotemporal ao seu redor, e a Lua acompanha essa curvatura em seu movimento. Em suma, para Newton a gravidade é resultado de uma força que atua à distância entre os corpos, mas para Einstein a gravidade é resultado das curvaturas do espaço-tempo causadas pelos corpos, que determinam o movimento dos objetos ao seu redor.

Um teste adicional então foi possibilitado pela previsão de que um raio de luz, ao passar próximo de um corpo massivo,<sup>7</sup> como uma estrela, teria sua direção afetada em função da curvatura espaçotemporal provocada por esse corpo. Os primeiros resultados foram constatados em 1919, quando expedições no Brasil e na costa da África monitoraram um eclipse total do Sol, o que permitiu que se medisse a alteração aparente na posição de estrelas distantes vistas

---

<sup>6</sup> Também é possível prever isso com a gravitação de Newton, mas os experimentos simplesmente não concordam com os valores determinados no contexto newtoniano, com a gravitação einsteiniana produzindo os melhores resultados.

<sup>7</sup> Essa curvatura é produzida por qualquer massa de qualquer magnitude. Mas seus efeitos serão naturalmente mais bem percebidos por corpos mais massivos, que produzem uma maior curvatura.

nas proximidades das bordas do Sol eclipsado. Essa alteração aparente na posição da estrela era justamente o previsto caso essa nova forma de ver a gravidade fosse uma boa teoria (ou seja, uma teoria progressiva).

Talvez o leitor já esteja fazendo aqui as relações pretendidas entre descobertas e teorias, mas faremos uma síntese mais enfática a esse respeito na sequência. Antes, vamos justamente avançar no espaço-tempo, rumo aos buracos negros e às ondas gravitacionais.

Assim que concluiu sua teoria da relatividade geral em 1915, Einstein percebeu que sua equação de campo (o análogo à equação da gravitação universal de Newton, mas tecnicamente bastante diferente) necessitava que o universo não fosse estático, o que contrariava suas crenças de um universo que não modifica sua estrutura global com o tempo. O universo precisaria estar se contraindo ou se expandindo para que a equação resultasse na descrição de um universo consistente com o tempo (Gribbin, 1995), já que todos os objetos estão sujeitos a esta dinâmica de atração e, portanto, o universo deveria estar ou “encolhendo” devido a essa mútua atração entre seus corpos, ou se expandindo de algum modo justamente para contrabalançar esta atração. Einstein chegou mesmo a acrescentar uma constante matemática em sua equação para contrabalançar essa tendência de expansão, recusada por ele.

Embora ao longo da década de 1920 alguns teóricos já estivessem lidando com as equações de Einstein de modo a comportar uma expansão para o universo, foi em 1929 que surgiram evidências a favor dessa expansão (Arthur e Peduzzi, 2015; Bagdonas, 2020). O astrônomo norte-americano Edwin Hubble, estudando propriedades da luz advinda de estrelas em diferentes galáxias (desvios espectrais) e relações já estabelecidas entre o período e a luminosidade de estrelas variáveis,<sup>8</sup> percebeu que a maioria das galáxias estava se distanciando

---

<sup>8</sup> A astrofísica Henrietta Leavitt descobriu, no início do século XX, que estrelas variáveis, que têm seu brilho oscilando no período de alguns dias, possuem uma relação matemática entre sua luminosidade e seu período de oscilação. Logo, medindo seu período, o que é relativamente simples de ser feito, pode-se determinar sua luminosidade. E como se sabe que a luminosidade aparente de uma estrela depende de sua distância até nós, o trabalho de Henrietta permitiu que os astrônomos pudessem determinar a distância de uma estrela variável (e consequentemente da galáxia onde ela se encontra, se for o caso) (Marchi, 2011).

de nós, os observadores. Logo, é evidente que elas estavam mais próximas umas das outras no passado, o que acabou se mostrando uma ideia bastante progressiva. Não só porque trabalhos anteriores envolvendo a gravitação einsteiniana lhe davam suporte, mas também porque outras previsões correlacionadas foram sendo corroboradas experimentalmente.

Ainda em 1915, o também físico alemão Karl Schwarzschild obteve uma solução para a equação de campo de Einstein que sugeria que um corpo muito massivo poderia deformar o espaço-tempo ao seu redor de modo que qualquer coisa não escape de um certo raio em relação ao seu centro. Ou seja, uma estrutura onde a própria luz não pode deixar seu interior, e por isso esse objeto seria, para observadores externos, totalmente negro. Essa não era uma ideia propriamente nova. No fim século XVIII o filósofo natural John Michell e o físico e matemático Pierre-Simon Laplace já tinham discorrido sobre “estrelas negras” (Machado e Tort, 2016), que poderiam ter essa estranha propriedade de não ter sua luz escapando de seu interior. Mas foi com Einstein, Schwarzschild e avanços posteriores que os buracos negros se tornariam um objeto regular da astrofísica.

Nas décadas seguintes ao trabalho de Schwarzschild não se conheciam estrelas densas o suficiente para resultar num buraco negro. As anãs brancas eram os objetos mais massivos estudados até então, e mesmo assim muitos cientistas as tratavam com descrença (Almeida, 2021). A densidade das (até então possíveis) anãs brancas era esperada como sendo de milhões de vezes a densidade da água, e os buracos negros bilhões de vezes a densidade das estrelas de nêutrons, que, por sua vez, seriam bem mais densas que as anãs brancas. A história que se segue a partir daí é intrincadíssima, e por isso vamos nos limitar aqui aos momentos mais recentes do estabelecimento dos buracos negros como objetos “ordinários” da astrofísica em função das crescentes evidências de sua existência.

Na década de 1960 observaram-se estruturas que se mostravam ser bem mais densas que as estrelas anãs brancas, fazendo as resistências em relação aos buracos negros também se arrefecer. Tanto os quasares (estruturas “quase estelares” de alta emissão de radiação) quanto os pulsares (estrelas de nêutrons, previstas na década de 1930) reacenderam o interesse por corpos extremamente densos

no universo. E foram justamente os quasares os primeiros candidatos a serem estruturas associadas a buracos negros. O quasar conhecido como Cygnus X-1 foi a primeira estrutura a mostrar características esperadas por um buraco negro interagindo com um disco de acreção, isto é, gases e poeira estelar sendo violentamente acelerados em torno do buraco negro em função de sua gravidade (Steiner, 2010). Esse disco produz intensa radiação, o que pode ser então percebido por telescópios e radiotelescópios (que atuam em outras frequências eletromagnéticas, não visíveis).

Na década de 1990 houve uma inferência mais contundente, por meio da observação direta de estrelas (estrelas!) orbitando uma região no centro de nossa galáxia. Pela órbita dessas estrelas foi possível estimar a massa da região central, o que levava provavelmente a um buraco negro. Após evidências posteriores, este trabalho resultou no prêmio Nobel de Física de 2020, concedido aos pesquisadores Andrea Ghez e Reinhard Genzel, “pela descoberta de um objeto compacto supermassivo no centro da nossa galáxia”, e também ao físico e matemático Roger Penrose “pela descoberta de que a formação de buracos negros é uma predição robusta da teoria da relatividade geral” (The Nobel Prize, 2022). Chamamos atenção para essas justificativas da Academia Real das Ciências da Suécia, que outorga o prêmio Nobel de Física. Vemos que em ambas as justificativas temos o “pela descoberta de”. Pelo já discutido até aqui, fica evidente como estas descobertas só se consubstanciaram por meio de um corpo de conhecimento teórico, o que é contundentemente reforçado pela justificativa ao prêmio concedido a Penrose. Em síntese, a descoberta dos buracos negros é resultado de previsões só possibilitadas por meio de uma teoria de grande força heurística.

Precisamos nos voltar agora para outro fenômeno correlacionado. Assim como os buracos negros em seu contexto teórico, as ondas gravitacionais eram também esperadas pela mesma teoria abrangente, a teoria da relatividade geral, a gravitação de Einstein. O leitor deve lembrar que citamos como a gravidade era vista por Einstein como resultado da curvatura do espaço-tempo. Pois bem, assim como essa curvatura é produzida pelos corpos, um evento suficientemente intenso (já veremos de que tipo) pode produzir uma perturbação nesse tecido, de modo análogo às ondas na superfície de

um lago quando nele atiramos uma pedra. Essa perturbação pode então se propagar à distância, assim como as ondas produzidas pela pedra eventualmente chegarão às margens do lago.

Essa perturbação no tecido na verdade deve ser produzida quando qualquer objeto é acelerado, mas, para ser percebida aqui na Terra, naturalmente precisa ser intensa o suficiente para produzir efeitos mensuráveis com os equipamentos que dispomos. No caso, um interferômetro, que é um aparato experimental por onde lançamos dois feixes de laser por caminhos perpendiculares entre si. Esses caminhos são cuidadosamente calibrados para serem idênticos (dentro dos limites experimentais para tal). Os feixes vão e voltam, e se houver qualquer diferença entre os braços do interferômetro (os caminhos perpendiculares), a diferença de caminho será acusada pelo equipamento, dizendo-nos que houve uma perturbação nos braços. Ora, é o que se espera que aconteça se houver a passagem de uma onda gravitacional pelo equipamento, uma vez que essa onda, a depender de sua intensidade, produzirá uma alteração assimétrica<sup>9</sup> perceptível no comprimento dos braços do interferômetro. No caso dos eventos mais energéticos previstos, junções de buracos negros e estrelas de nêutrons, essa alteração será de nanômetros, a bilionésima parte do metro. Mas o suficiente para ser captado por um interferômetro sensível como o LIGO,<sup>10</sup> construído nos Estados Unidos (Levin, 2016).

Assim como as outras previsões da relatividade de Einstein, esse fenômeno foi espetacularmente constatado. Em 2016, o LIGO detectou as ondas previstas por Einstein. Pela intensidade e características da onda gravitacional registrada pelo interferômetro, sabia-se ser o resultado de uma junção de buracos negros, que produziria o tipo de sinal captado (Levin, 2016). Isso aconteceu antes mesmo da divulgação

---

<sup>9</sup> A depender da direção com que as ondas chegam no interferômetro.

<sup>10</sup> *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*, ou Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferometria a Laser, construído na Louisiana e em Washington (Levin, 2016).

da primeira imagem de um buraco negro, divulgada em 2019.<sup>11</sup> Essa constatação de 2016 foi, ao mesmo tempo, uma grande corroboração das ondas gravitacionais e da própria existência de buracos negros. E ambos os fenômenos, uma corroboração adicional da relatividade geral.

Logo na sequência, em 2017, o mesmo LIGO fez outra descoberta espetacular, um choque, uma junção de estrelas de nêutrons. Foi a primeira vez que foi constatado esse evento, já previsto e necessário para explicar a abundância de alguns elementos atômicos no universo, particularmente os “elementos pesados” (como Urânio ou Plutônio), esperados para serem produzidos em um evento como esse (Mendes, 2021).

Uma consequência bastante interessante desta fusão de estrelas de nêutrons foi que, como esse fenômeno leva alguns dias para ocorrer, assim que o primeiro sinal resultante das ondas gravitacionais foi captado pelo LIGO, foi possível rastrear a origem do evento. Astrônomos do mundo inteiro foram comunicados do ocorrido, correndo para seus melhores telescópios para literalmente enxergar a explosão resultante da junção estelar. Dezenas dos mais potentes telescópios do planeta registraram o evento óticamente, que se assemelha a uma estrela que começa a brilhar muito intensamente, e vai arrefecendo ao longo de alguns dias. Todo o processo foi acompanhado de perto por diferentes equipes de pesquisa, inaugurando uma nova era na astronomia mundial, onde agora podemos não apenas ver os fenômenos astronômicos e cosmológicos (o que até então era tudo o que podíamos fazer), para também agora “ouvir”, através das ondas gravitacionais (Levin, 2016). Podemos agora sondar o universo com uma fonte nova de informação, prevista há mais de um século por Albert Einstein. E a primeira imagem de um buraco negro em 2019 trouxe ainda mais confiança para a força heurística da relatividade geral (Neves, 2020), o que pode muito bem ter reforçado as intenções da Academia Sueca de Ciências de outorgar o Nobel de 2020 para trabalhos sobre buracos negros.

---

<sup>11</sup> Essa primeira imagem foi obtida por meio de uma conjunção de oito telescópios espalhados pelo planeta formando uma “face de observação” global, conhecida como *Event Horizon Telescope* (EHT), ou Telescópio Horizonte de Eventos (The Event Horizon Telescope Collaboration, 2019).

Assim, descobertas científicas, em geral, são guiadas por teorias. Nós não construímos instrumentos caríssimos e incrivelmente sofisticados, como o LIGO ou o LHC,<sup>12</sup> o maior acelerador de partículas em funcionamento, apenas para “ver no que dá”. A própria construção desses equipamentos está carregada de teorias sem as quais nem mesmo haveria sentido sua construção. Isso não impede que descobertas ao acaso tenham lugar na ciência, mas mesmo essas descobertas na acepção 1 exigem um olhar que as diferenciam de um “achado” fortuito. A astrônoma Jocelyn Bell não estava buscando por pulsares quando se deparou com sinais de rádio em 1967, que mais tarde se mostraram serem oriundos de estrelas de nêutrons girantes, justamente o que conhecemos como pulsares (Pires e Peduzzi, 2022). Mas ela estava preparada, em função de sua especialidade, para reconhecer a anomalia nos dados de seu radiotelescópio. Caso bastante análogo houve com a descoberta da radiação cósmica de fundo (radiação remanescente dos estágios iniciais do universo) descoberta em 1964 por Arno Penzias e Robert Wilson (Arthur e Peduzzi, 2015). Eles inicialmente nem sequer reconheceram a natureza do sinal captado por seu radiotelescópio, mas tinham a *expertise* para reconhecerem suas características. De todo modo, em ambos os exemplos o fenômeno descoberto já era um conceito trabalhado teoricamente por outros pesquisadores, o que permitiu inclusive a explicação do fenômeno.

Os exemplos trabalhados aqui mostram claramente como descobertas científicas são resultado de desenvolvimentos de teorias contundentes, com excesso de conteúdo corroborado, conforme aponta Lakatos. E exemplos como esses podem ser usados para se confrontar uma concepção comum e equivocada de que a ciência simplesmente descobre coisas e inventa explicações para elas.

#### **4. Considerações finais**

O físico Werner Heisenberg (2000) dizia que a ciência está entre a natureza e o homem. Ao longo da história da ciência, e particularmente da filosofia da ciência, diferentes pensadores penderam suas exegeses

---

<sup>12</sup> *Large Hadron Collider*, ou Grande Colisor de Hádrons, onde se “descobriu” o bóson de Higgs em 2013, uma partícula prevista meio século antes. Sim, esse é outro exemplo contundente do que estamos argumentando aqui.

para um ou outro lado. Sujeito e objeto. Ser humano e natureza. Hoje parece claro e consensual que a ciência não lida com elementos de realidade objetiva e incontestes, mas, se lembrarmos, já o era assim na filosofia de Platão, há mais de dois mil anos. A visão sofisticada e crítica de que nossos constructos mentais são relações abstratas que não decorrem imediatamente de uma realidade objetiva não é propriamente algo novo. Mas talvez o sejam tentativas de usar essa criticidade para diminuir os intentos da ciência de se conhecer uma realidade, o que tem produzido diversos ruídos na sociedade, como o movimento antivacina que, por si só, já deveria nos deixar alertas em relação à nossa responsabilidade como educadores em ciência (Arthury e Garcia, 2020).

Para além das abstrações, da criatividade do cientista ou mesmo suas crenças e apegos, nossas teorias entram em conflito direto com a realidade (Popper, 1989), apontando caminhos para se atestar tanto a qualidade dessas teorias em reproduzir o devir observado quanto a própria natureza dessa realidade. Não vemos como formar cidadãos cientes das potencialidades e das limitações da ciência mantendo-nos focados apenas em transmitir os resultados da ciência, o que tradicionalmente se faz nas escolas. Além de seus resultados, é salutar mantermos uma cultura científica, que permita que o estudante visualize todo o alcance de nossa ciência, que perceba suas características, enfim, sua natureza.

Ao mesmo tempo que pululam na noosfera sob um amplo espectro de qualidade, as descobertas recentes da ciência, tão efusivamente recebidas por muitos estudantes e professores sinceramente curiosos, representam oportunidades certas para se adentrar nessas questões. E esperamos que efetivamente o sejam para que os estudantes possam construir uma visão mais sofisticada a respeito das teorias científicas e suas descobertas, sendo a presente discussão apenas um breve exemplo do que pode ser levado para a sala de aula.

## **Referências**

ALMEIDA, C. R. Buracos negros: mais de 100 anos de história. *Cadernos de Astronomia*, v. 2, n. 1, p. 93-105, 2021.

- ARTHURY, L. H. M.; GARCIA, J. O. Em prol do realismo científico no ensino. *Ciência & Educação*, v. 26, e20011, 2020.
- ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A teoria do *big bang* e a natureza da ciência. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 20, p. 59-90, 2015.
- BAGDONAS, A. A favor e contra o método: a tensão entre racionalismo e anarquismo epistemológico na controvérsia entre *big bang* e estado estacionário. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 3, p. 1250-1277, 2020.
- DAWKINS, R. *O maior espetáculo da terra: as evidências da evolução*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- FERNÁNDEZ, I.; PÉREZ, D. G.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.
- GRIBBIN, J. R. *No início: antes e depois do Big Bang*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- HANSON, N. R. An anatomy of discovery. *The Journal of Philosophy*, v. 64, n. 11, p. 321-352, 1967.
- HEISENBERG, W. *et al. Problemas da física moderna*. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix e EdUSP, 1979. p. 109-243.
- LEVIN, J. *A música do universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.
- MACHADO, R. R.; TORT, A. C. Michell, Laplace e as estrelas negras: uma abordagem para professores do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 2, e2314, p. 01-08, 2016.
- MARCHI, M. C. de B. *Henrietta Swan Leavitt e a relação período-luminosidade de estrelas variáveis*. 2011. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- MATURANA, H.; VARELA, F. J. *A árvore do conhecimento*. Campinas: Psy II, 1995.
- MENDES, R. F. P. Estrelas de nêutrons e seus múltiplos mensageiros. *Cadernos de Astronomia*, v. 2, n. 2, p. 58-70, 2021.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.
- NEVES, J. C. S. O buraco negro e sua sombra. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, e20200216, 2020.

- PAIS, A. *Sutil é o senhor: a ciência e a vida de Albert Einstein*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- PIRES, L. N.; PEDUZZI, L. O. Q. *Little green men: o episódio de detecção dos pulsares e o protagonismo de Jocelyn Bell Burnell*. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 27, n. 1, p. 108-136, 2022.
- POPPER, K. *A teoria dos quanta e o cisma na física*. Lisboa: Dom Quixote, 1989.
- POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1993.
- SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 219-230, 1996.
- STEINER, J. E. Buracos negros: sementes ou cemitérios de galáxias? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. Especial, p. 723-742, 2010.
- THE EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 875, n. 1, p. 01-17, 2019.
- THE NOBEL PRIZE. *The Nobel Prize in Physics 2020*. Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/>>.
- WASSERTHAL, L. T. The pollinators of the Malagasy Star Orchids *Angraecum sesquipedale*, *A. sororium* and *A. compactum* and the evolution of extremely long spurs by pollinator Shift. *Plant Biology*, v. 110, n. 5, p. 343-359, 1997.

# QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E CONTROVÉRSIAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: BUSCANDO TEMAS COM POTENCIAL PARA O ENSINO DE FÍSICA

Alexandre Bagdonas

## Ideias centrais do capítulo:

- Pesquisas em educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) têm apontado a alfabetização científica e tecnológica como um de seus objetivos principais.
- Um dos temas estruturantes da alfabetização científica é a natureza da ciência (NdC).
- Questões sociocientíficas (QSC) são problemas controversos, envolvendo temas científicos e tecnológicos de relevância social e sua dimensão ética.
- Construções sustentáveis e a produção de armas nucleares são dois exemplos de pesquisas envolvendo QSC.
- Casos controversos da ciência, tanto a partir de estudos históricos quanto de casos contemporâneos, têm potencial para promover um ensino adequado sobre NdC.
- História da astronomia, cosmologia e física nuclear no século XX são exemplos de casos históricos que podem promover discussões sobre aspectos controversos da NdC e sobre a relação entre ciência e seu contexto social.

## 1. Introdução

Com base em estudos sobre teorias de currículo e, defendendo um papel político para o ensino de história e filosofia da ciência, Ivã Gurgel (2020) abordou algumas ênfases curriculares presentes na educação científica:

- i) Formal
- ii) Epistemológica-Conceitual
- iii) Filosófica-Cultural

- iv) Habilidades Científicas
- v) Cotidiano
- vi) CTSA-QSC
- vii) Identitária

A educação científica tem encontrado cada vez mais desafios na busca por formar cidadãos aptos a enfrentar os problemas socioambientais que, como previsto há décadas, tem se intensificado em todo o planeta. As pesquisas envolvendo a educação em ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA) têm enfatizado a urgência premente de que temas como o aquecimento global, a extinção de espécies e mudanças climáticas sejam discutidos na escola como forma de preparar estudantes para enfrentar as consequências desastrosas desta crise ambiental e social, que deve agravar as já absurdas desigualdades socioeconômicas existentes (Santos, 2008; Pedretti e Nazir, 2011; Strieder, 2012; Conrado, 2017; Conrado e Nunes Neto, 2018).

Nesse sentido, um dos focos da educação CTSA seria o processo de dominação do atual sistema tecnológico que impõe valores culturais e oferece riscos para a vida humana. Ao tratar de uma questão ambiental, como por exemplo, o lixo, mostra-se essencial que sejam abordadas questões políticas e econômicas que permeiam o tema (Santos, 2008). Com este objetivo, a seleção curricular de temas deve privilegiar aqueles que são de natureza controvertida, que tenham significado social e que envolvam aspectos relevantes sobre a interação entre CTSA. Como exemplo, temos temas ambientais; aquecimento global, desmatamento, saúde, economia e trabalho, transporte e comunicação; alimentos e fome; energia e questões militares (Santos e Mortimer, 2000).

Descrevendo as abordagens presentes na educação CTSA, Pedretti e Nazir (2011), apresentam seis vertentes para esta abordagem educacional:

- 1) aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos na resolução de problemas sociais do cotidiano;
- 2) o aspecto histórico e sociocultural da ciência;
- 3) raciocínio lógico e argumentação;

- 4) valores e debates envolvendo ética na ciência;
- 5) aspectos socioculturais e multiculturalismo e
- 6) justiça socioambiental e ativismo (Conrado, 2017).

Como objetivos centrais para enfrentar estes desafios, pesquisadores em educação científica têm defendido a ênfase na alfabetização científica (Auler e Delizoicov, 2001; Hodson, 2014; Sasseron e Carvalho, 2011), privilegiando além do domínio de conteúdos específicos das ciências naturais, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade e aspectos da chamada “natureza da ciência”, que envolve questões como valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e seu desenvolvimento (Lederman, 1992; Gil Perez *et al.* 2001; Abd-El-Khalick, 2012).

Estudando concepções de professores de ciências sobre alfabetização científica, Auler e Delizoicov (2001) encontraram três categorias que chamou de mitos: a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista da ciência e tecnologia e o determinismo tecnológico. As decisões sobre as interações entre a ciência, tecnologia e a sociedade podem ser tomadas de acordo com os modelos tecnocráticos, decisionistas e pragmático-políticos. No modelo tecnocrático, a decisão política é tomada exclusivamente em função do referencial dos especialistas em ciências e em tecnologia. No modelo decisionista, os cidadãos determinam os fins, os meios e os técnicos que vão participar da decisão, mas essa é tomada pelo especialista, segundo os critérios estabelecidos. Já no modelo pragmático-político, há uma interação e negociação entre os especialistas e os cidadãos (Habermas, 1973 *apud* Fourez, 1995).

Mesmo que estes sejam objetivos almejados para a educação científica há décadas, recentemente questões envolvendo a autoridade científica tem se mostrado cada vez mais relevantes. Um dos aspectos mais preocupantes em relação à crise global socioambiental é o aumento de discursos que questionam os resultados de pesquisas praticamente consensuais para a comunidade científica. O desenvolvimento científico e tecnológico aumentou a possibilidade de se produzir notícias e evidências falsas. Assim têm sido criadas falsas

controvérsias e torna-se um desafio checar a veracidade de boatos, fake news, e até artigos científicos criados propositadamente, com a estratégia lucrativa de questionar a autoridade das pesquisas sobre aquecimento global e mudanças climáticas, ou sobre a eficácia de vacinas para o controle de epidemias (Oreskes, 2019).

No Brasil, também vemos a urgência da necessidade de inclusão de aspectos sobre natureza da ciência na educação, se mostra pelo crescimento de movimentos de ataque a autonomia dos professores, como o projeto Escola Sem Partido e outras propostas conservadoras, que pautadas em visões epistemológicas ingênuas, defendem que a educação deveria ser neutra, livre de influências políticas. Além de epistemologicamente equivocadas, estas propostas são inadequadas pedagogicamente, por não reconhecer que ao excluir a dimensão política da educação, estaríamos realizando um tipo perigoso de manipulação, promovendo a visão ingênua de que o que é apresentado pelo professor de forma supostamente neutra seriam fatos, a verdade e que esta não deve ser questionada ou problematizada (Bagdonas e Azevedo, 2017).

Neste capítulo, a partir de estudos de pesquisas da área de história e filosofia da ciência e de educação CTSA, buscamos casos controversos interessantes para integrar os requisitos didáticos destas duas áreas de pesquisa, tendo como objetivo dar subsídios para a formação de professores. Para isso, temos como base os estudos desenvolvidos pelos membros do GESTHA “Grupo de Estudos sobre Ciência, Sociedade, Tecnologia e Educação Ambiental), da Universidade Federal de Lavras.<sup>1</sup> Inicialmente, abordamos as chamadas questões sociocientíficas (QSC), questões controversas que têm sido enfatizadas para promover a educação CTSA. Em seguida, discutimos controvérsias sobre a natureza da ciência e exemplos para discuti-los a partir da história da física nuclear, cosmologia e astronomia no século XX.

## **2. Questões sociocientíficas**

As QSCs são situações ou eventos complexos que têm como características, não apenas a necessidade de conhecimentos

---

<sup>1</sup> Fazem parte deste grupo estudantes da Licenciatura em Física, com pesquisas de Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso, e mestrandos do Programa do Programa de Pós Graduação Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGCEM) e do Programa de Educação Científica e Ambiental (PPGECA).

científicos, mas também conhecimentos filosóficos (em sua maioria éticos e morais) e históricos para a sua solução, tendo assim uma forte característica inter ou multidisciplinar. Alguns exemplos comuns de QSCs são: efeito estufa, chuva ácida, lixo, saneamento básico, cotas raciais, agrotóxicos, etc. (Conrado, 2017; Conrado e Nunes Neto, 2018).

Para seu enfrentamento, conteúdos científicos são importantes, mas permeados de outros elementos, como conhecimentos de filosofia, ética, política entre outros. Almeja-se assim uma educação transformadora, voltada não só para o conhecimento teórico e reflexivo, mas também para a discussão e ação coletiva (Santos, 2008; Conrado, 2017; Hodson, 2018). Portanto, uma dimensão importante nesta visão educacional é o ensino de ética. Com o objetivo de promover a formação de *agentes virtuosos*, Nunes Neto e Conrado (2021), valorizam a dimensão atitudinal na formação de cidadãos, buscando permitir que reconheçam a relevância social dos conteúdos aprendidos na escola, e com o intuito de mobilizá-los para uma tomada de decisão socioambientalmente responsável, considerando uma reflexão crítica sobre problemas socioambientais e um consenso de que todos devem participar para uma transformação da sociedade em direção a maior justiça social e sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, têm trabalhado uma série de exemplos de questões sociocientíficas na educação, tendo como um dos objetivos que os sujeitos manifestem virtudes epistêmicas (como mente-aberta, honestidade intelectual, precisão semântica, qualidades na construção da argumentação, entre outras) e virtudes morais (benevolência, humildade, coragem, solidariedade, entre outras) ao lidarem com tais problemas socioambientais, formando-se, assim, *agentes virtuosos*.

Um tema socialmente relevante, mas que não se configura exatamente como uma QSC, foi a investigação da dissertação de mestrado de Alexandre Pereira (2022), sobre construções sustentáveis. O tema foi abordado em uma disciplina de Projetos Interdisciplinares para a Licenciatura em Física, e investigou as escolhas dos alunos em dilemas éticos envolvendo educação ambiental e os impactos da construção civil para questões como as mudanças climáticas, a produção de resíduos e o papel da pesquisa científica como forma de reduzir os impactos humanos na crise ambiental planetária.

Como forma de análise, fizemos agrupamentos de palavras-chaves que indicassem a consideração moral presente nas escritas e analisamos as gravações dos debates ocorridos nos encontros síncronos e entrevistas, com a finalidade de classificar as tendências dos estudantes, utilizando como categorias algumas teorias ético-normativas, tais como utilitarismo, ética kantiana e ética das virtudes, além de ontologias morais: individualismo, antropocentrismo, antropocentrismo seletivo e biocentrismo. Observamos na turma uma predominância de posições próximas ao antropocentrismo, com menos casos de egoísmo e individualismo. Ao longo das discussões, surgiram mais posturas tendendo ao biocentrismo. Desta forma, consideramos que a sequência de atividades mostrou-se promissora para promover a problematização de posturas éticas dos estudantes. Além disso, a atividade demonstra potencial educacional ao estimular a empatia e reflexões sobre políticas públicas, ética, condições de trabalho e sustentabilidade.

Um exemplo de abordagem de QSC no ensino de física, tendo como objetivo o ensino de ética, foi a abordagem de uma dissertação de mestrado (Gois, 2022) sobre armas nucleares, desde a Segunda Guerra Mundial até as discussões contemporâneas, envolvendo debates recentes sobre armas nucleares no Brasil. O principal objetivo desta pesquisa foi desenvolver e auxiliar a argumentação crítica dos estudantes de Física, sobre os dilemas éticos envolvendo as ações dos físicos na criação de armas nucleares, com base na categorização de seus argumentos e visões de acordo com as teorias da ética utilitarista, ética deontológica e/ou ética das virtudes, presentes no campo de estudo da filosofia moral. A investigação empírica se deu em uma disciplina de Física Moderna na Licenciatura em Física da UFLA, e encontrou um predomínio de visões utilitaristas. Além disso, reafirmou a importância de que este tema seja problematizado na formação de professores, sendo naturalmente muito difícil falar em alterações profundas de concepções, sejam elas sobre ética ou natureza da ciência, em qualquer intervenção didática de curta duração, como foi o caso desta pesquisa de mestrado profissional.

Como energia nuclear é um tema de relevância social, se entende que episódios como este, que permitem a integração de abordagens de história e filosofia da ciência, com abordagens da educação CTSA

são ricas para promover a formação de cidadãos, preparados para debater a questão energética nacional e atuar de modo crítico nas decisões democráticas envolvendo este tema (Valente, 2015; Schmiedecke, 2016).

A história da física nuclear, e sua relação com a produção de armas, sem dúvida é um dos episódios históricos da física do século XX com mais potencial para integrar discussões didáticas envolvendo história e filosofia da ciência e relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Sorpreso e Almeida, 2010, Souza, 2019, Bagdonas, 2019; Bagdonas, 2020a).

Constata-se nestas pesquisas que em meio a discussões de interesse político e social, emerge a necessidade de se entender e problematizar a confiança atribuída aos especialistas, e daí a importância de tratar as visões sobre a natureza da ciência.

### **3. Controvérsias sobre a natureza da ciência**

As questões de Natureza da Ciência, um dos eixos estruturantes da alfabetização científica, é reconhecida pelos pesquisadores como um conceito dinâmico, complexo, mutável, que recebe contribuições de campos de estudo diversos, em especial história, filosofia e sociologia, que têm a ciência como objeto de estudo (Lederman, 1992; Abd-El-Khalick, 2012; Bagdonas e Silva, 2013; Bagdonas, Zanetic e Gurgel, 2014; Rozentalski, 2018).

Estas questões podem ser trabalhadas a partir de QSC, como discutimos acima. Outra forma, que aliás é a que tradicionalmente tem sido mais abordada na pesquisa em ensino de ciências, é a partir do estudos de casos históricos (Forato, Bagdonas e Testoni, 2017).

Um dos desafios reconhecidos no ensino de NdC tem sido como lidar com aspectos controversos. Na década de 1990, aconteceu a chamada “Guerra das Ciências”, em que autores se dividiram dicotomicamente na defesa ou ataque da autoridade e racionalidade da ciência. A maioria dos defensores eram estudiosos de ciências da natureza (química, física, biologia, entre outras), e os atacantes de ciências humanas, como história, filosofia e sociologia da ciência. Alguns dos autores que receberam mais críticas foram os defensores do relativismo, de teses como a de que os eventos naturais são

construções sociais, questionando conceitos caros à ciência como “verdade” e “progresso” (Bagdonas, 2015; Bagdonas, 2019).

Recebendo contribuições de campos tão distintos, e com tradições que valorizam o confronto construtivo de ideias, é natural que se encontre discordâncias. Uma das saídas, que foi muito influente nas pesquisas até o final da primeira década do século XXI, foi a chamada “visão consensual” da NdC, que consiste em evitar os temas mais controversos e dar preferência aos aspectos da NdC que podem ser pragmaticamente considerados como praticamente consensuais. Muitas vezes, estes aspectos eram apresentados na forma de tópicos, considerados como visões “deformadas” ou “inadequadas”, como por exemplo, uma visão de que a ciência seria neutra, não influenciada por fatores culturais, sociais, econômicos e religiosos (Lederman, 1992; Gil Perez *et al.* 2001; Abd-El-Khalick, 2012).

Reconhecendo o valor destas propostas que buscaram problematizar visões “deformadas” ou inadequadas sobre a natureza da ciência, consideramos essencial que isso seja feito valorizando a dúvida, o questionamento, o debate e a tomada de decisões de cada indivíduo sobre questões controversas. Apesar da fecundidade de desdobramentos que a abordagem consensual da NdC trouxe para a Educação em Ciências, ela tem recebido desde a década de 1990 críticas construtivas oriundas da comunidade de pesquisa em HFC no ensino.<sup>2</sup> Dentre as principais objeções estão o risco de interpretações ingênuas de enunciados declarativos na forma de listas, a pouca atenção dada a diferença entre disciplinas, além do desencorajamento de que se aborde temas com relevância educacional por serem controversos (Bagdonas e Silva, 2013; Bagdonas, Gurgel e Zanetic, 2014; Bagdonas *et al.* 2017; Noronha, Bagdonas e Gurgel, 2018; Rozentalski, 2018)

Nesse sentido, André Ferrer Martins (2015) argumentou que embora os enunciados simples e categóricos da “visão consensual da natureza da ciência” possam ser interessantes para professores, já que

---

<sup>2</sup> Como detalha Rozentalski (2018, p. 130), dentre os críticos estão “filósofos (Alters, 1997b; Eflin, Glennan e Reisch, 1999; Irzik e Nola, 2011, 2014), historiadores (Allchin, 2011, 2012) e educadores (Campanario, 1999; Dagher e Erduran, 2016; Erduran, 2013a; Erduran e Dagher, 2014; Hodson, 2014; Martins, 2015; Matthews, 2012; Teixeira *et al.*, 2009; Vázquez-Alonso *et al.*, 2008; Vesterinen *et al.*, 2014)”.

podem contribuir para a condução de discussões concretas e diretas em sala de aula, por outro lado, eles também podem causar certa confusão. Quando apresentados de forma descontextualizada e sem aprofundamento, estes tópicos simplificados podem fomentar inclusive o relativismo ingênuo, por exemplo, ao defender que “A ciência tem um elemento subjetivo”. Numa extrapolação indevida desta afirmação, pode-se flertar “perigosamente com uma visão de senso comum que iguala “teoria” a mera 'opinião', 'visão' pessoal” (Martins, 2015, p. 713).

Surgiram também algumas propostas alternativas à visão consensual. Rozentalski (2018) sintetizou algumas:

1. A substituição do termo Natureza da Ciência por Características da Ciência (Matthews, 2012).
2. A adoção da ciência integral, que visa contribuir para o aprendizado de habilidades interpretativas a respeito da confiabilidade de afirmações científicas em casos que enfatizam tomadas de decisão e cidadania, incluindo estudos oriundos da psicologia e sociologia da ciência (Allchin, 2011).
3. A proposta de André Ferrer Martins (2015), que consiste em substituir enunciados declarativos e lista por temas e questões, também incorporando dimensões sociológicas, as tradicionais contribuições históricas e epistemológicas.
4. A abordagem de semelhança de família (Erduran e Dagher, 2014), que envolve “a investigação das similaridades e diferenças que cada ciência possui em relação às demais, de maneira a se construir um conjunto de características para cada ciência em particular” (Rozentalski, 2018, p. 146).

Em todas estas abordagens, nos parece importante ressaltar que os professores de ciências perdem muito ao evitar casos controversos, já que para abordar os temas discutidos acima, as chamadas QSC, fica nítido que uma visão “consensual” da natureza da ciência vai acabar deixando de fora do currículo boa parte das questões que têm relevância social.

Neste cenário conturbado, tem sido comum que se responsabilize o pós-modernismo ou outros estudos sobre a ciência com ênfase sociológica, como os *Science Studies*, por subsidiar teoricamente tais movimentos (Graca e Freire Jr., 2004; Bagdonas,

Zanetic e Gurgel, 2014; Lima et al., 2019; Crochik, 2019; Martins, 2019; Bagdonas, 2019; Bagdonas, 2020b; Gurgel, 2020; Guerra e Moura, 2022), o que pode nos levar a pensar que em vez de abordar controvérsias com base em história e filosofia da ciência, agora seria mais adequado fortalecer a confiança na ciência a partir de um ensino mais tradicional, pautado em conteúdos, teorias e experimentos, enaltecendo a confiança que devemos ter na autoridade da ciência.

Ao contrário, assim como os autores citados no parágrafo anterior, consideramos que os *Sciences Studies* como perspectiva teórico-metodológica que busca mostrar, na medida do possível, a ciência como ela é; desnaturalizando, desessencializando e desidealizando a ciência (Gurgel, 2020). Portanto, defendemos que as contribuições oriundas da histórica social e cultural, assim como de filósofos, antropólogos de linha pós-moderna podem enriquecer as discussões sobre a educação científica, ao promover uma visão mais realista do fenômeno complexo e multifacetado que é a ciência. Nos parece sem sentido simplesmente negar ou atacar estas críticas. Ao contrário, estes desafios nos impelem a retomar e ressignificar a defesa da História, Filosofia e Sociologia da Ciência mais do que nunca (Martins, 2019).

A complexidade de abordagens sobre a NdC pode se dar de forma gradual, iniciando na educação infantil com abordagens mais consensuais, sobre o que são os métodos utilizados pelos cientistas para questionar e embasar suas hipóteses. Então, podem ser introduzidos aspectos controversos progressivamente, ao longo do ensino fundamental e médio, buscando ensinar a riqueza e complexidade da ciência, e, ao mesmo tempo, contribuir para posições críticas conscientes do limite de sua autoridade (Abd-El-Khalick, 2012; Bagdonas et al., 2017; Noronha, Bagdonas e Gurgel, 2018; Bagdonas, 2020b).

Repensando criticamente o papel da escola, é importante ressaltar que uma visão de conhecimento limitada a proposições positivas sobre o mundo acabaria por formar sujeitos alienados. Há uma antiga tradição de professores pesquisadores engajados na problematização do conhecimento, nas abordagens temáticas e na busca de conscientização por meio do diálogo mediado pelas suas condições de existência, a partir de “temas geradores”, que organizam

o conteúdo programático (Freire 1970 e 1993; Delizoicov *et al.*, 2002). Sendo assim, é importante também que se problematize a concepção de “verdade”, evitando assim a apresentação da ciência como um “conhecimento oficial”, neutro e transparente, que serviria fundamentalmente para validar uma ideologia dominante, sobretudo por esconder as contradições e limites que qualquer afirmação sobre o mundo pode ter (Apple, 1999; Lopes e Macedo, 2011; Bagdonas, Zanetic e Gurgel, 2014).

Por outro lado, esta problematização da autoridade da ciência envolve riscos, agravados nestes tempos em que é lucrativo gerar confusão e comoção para atrair atenções e tirar o foco de debates essenciais. A intensidade crescente e influência de propagação de notícias falsas, incluindo as que tratam de avanços científicos, vai exigir muito empenho e estudo dos professores nas próximas décadas.

No Grupo Gestha diversas pesquisas têm abordado a natureza da ciência, principalmente a partir de *narrativas interrompidas* (Schiffer e Guerra, 2019; Domingos, Zanetic e Bagdonas, 2020), o estudo de casos históricos adaptados para a educação, em que as interrupções enfatizam discussões sobre a natureza da ciência.

Em uma dissertação de mestrado, Fernando Domingos (2022) estudou a história da astronomia no período posterior a Primeira Guerra Mundial, com foco nas expedições lideradas por Arthur Eddington para avaliar a relatividade geral, dando atenção para elementos controversos sobre a natureza da ciência: a influência de aspectos não epistêmicos, religiosos, políticos e econômicos, sobre a ciência nesse período marcado pelo intenso nacionalismo e disputas entre nações européias. Sua narrativa histórica é interrompida por questões didáticas propostas para os estudantes se imaginarem no contexto histórico, então tomando decisões, podendo assim estudar e aprender sobre a natureza da ciência.

Também com base em estudos de história da ciência, sobre a história da cosmologia na primeira metade do século XX, Maria Emília Seabra (2018) utilizou narrativas e peças de teatro para discutir aspectos de natureza ciência, como a questão de se a teoria do Big Bang foi provada por observações astronômicas. De modo semelhante, Gabriel Morais (2022), fez uma intervenção didática no ensino médio, baseada em estudos sobre a revolução copernicana com enfoque

histórico e filosófico, com foco em Galileu. Inspirado na oposição entre Lakatos e Feyerabend (Bagdonas, 2020b) abordou visões conflitantes sobre a natureza da ciência neste episódio histórico.

Em ambas as pesquisas, como esperado pelos resultados de investigações sobre concepções de natureza da ciência realizados nas últimas décadas, há um predomínio de visões de senso comum sobre a natureza da ciência, tais como a visão de um método científico rígido e do papel da experimentação como critério confiável e definitivo para validar as hipóteses científicas (Gil Perez *et al.*, 2001; Abd-El-Khalick, 2012). Como essas intervenções foram pontuais, possivelmente a primeira oportunidade em que estes professores discutiam a natureza da ciência de forma explícita em sala de aula, é esperado que a problematização destas visões de senso comum tenha sido tímida, mas já notamos alguns indícios de como aulas baseadas em debates, leitura e interpretação de textos e encenação de peças de teatro podem, apesar de certo estranhamento causado em alunos mais acostumados a aulas tradicionais, promover discussões ricas sobre a natureza da ciência.

O episódio da história da física nuclear no século XX, mencionado anteriormente como um dos focos de pesquisa do grupo por ser uma QSC, também tem sido trabalhado em pesquisas sobre natureza da ciência, em particular o conceito de descoberta científica (Cordeiro e Pedruzzi, 2014). Outra abordagem interessante para a educação CTSA é o emprego didático da peça de teatro Copenhague, que trata da atuação de Niels Bohr e Werner Heisenberg nos projetos de criação de armas nucleares durante a Segunda Guerra Mundial. Heisenberg e Bohr eram muito próximos e mantiveram colaboração intensa antes da Guerra. Suas discussões foram importantes na criação do Princípio da Incerteza e da Complementaridade. Porém, quando o exército nazista invadiu a Dinamarca, aconteceram interações entre ambos repletas de tensões, segredos e possibilidades de especulações sobre os possíveis motivos de seus encontros. Heisenberg continuou na Alemanha e trabalhou no projeto nuclear Alemão, enquanto Bohr, mesmo numa nação ocupada pelo exército nazista, manteve colaboração secreta com cientistas aliados, de forma que poderia ter informações sobre a produção de armas nucleares nos EUA (Silveira, Filho e Silva, 2011; Silva e Barros, 2021).

Além da peça de teatro, foram utilizadas como fontes para os estudos históricos biografias e documentários sobre cientistas que tiveram papel proeminente em pesquisas sobre armas nucleares, como Bohr, Heisenberg e Oppenheimer (Heilbron, 1986; Cassidy, 2009; Galiston *et al.*, 2018; Carson e Hollinger, 2005; Bagdonas, 2019, 2020a).

Com base nestes estudos, no grupo GESTHA, foram desenvolvidas diversas propostas didáticas para trabalhar este episódio histórico. Em um trabalho de conclusão de curso, Vanderson Santos (2021) desenvolveu uma narrativa histórica sobre história da física nuclear, que é inspirada em séries ficcionais sobre viagem no tempo. Os personagens da narrativa participam de uma história fictícia, que estimula a imaginação, mas que também contém elementos que emergiram dos estudos sobre história da física nuclear citados acima.

Também em um trabalho de conclusão de curso, André Gomes (2021) desenvolveu um jogo de tabuleiro, com uso de dados e outros aspectos lúdicos, além da leitura e interpretação de cartões. O jogo foi baseado no Jogo COSMIC, desenvolvido pelo Grupo TeHCO da USP para o ensino de cosmologia com enfoque histórico, para discutir natureza da ciência (Bagdonas, 2015; Bagdonas, Zanetic e Gurgel, 2018; Bagdonas, 2020b).

O mesmo jogo foi adaptado para o ensino de energia nuclear, numa versão simplificada do mesmo jogo, em que estudantes e professor atuam como membros de uma comissão sobre energia e armamentos nucleares (Gois, 2022).

Finalmente, na dissertação de Samantha Lemos Souza (Souza, 2018), foi criada uma peça teatral inspirada na peça *Copenhague*, de Michael Frayn. Ela foi encenada e discutida por estudantes do ensino médio em uma escola estadual de Minas Gerais. Esta investigação empírica em aulas do ensino médio ocorreu em 2018, num período em que o grupo ainda iniciava os estudos sobre QSC, ética e educação científica, portanto não foi este o foco da dissertação de mestrado. Contudo, notamos que o tema foi instigante e motivador para os alunos, e que emergiram das discussões sobre peça teatral, como esperado, muitas questões com potencial para pesquisas tanto sobre natureza da ciência, quanto de ética.

#### **4. Considerações finais**

Em um livro com dezenas de exemplos de abordagens de QSC no ensino de ciências, tais como agrotóxicos, abelhas polinizadoras, próteses, transgênicos, cotas raciais, entre outros (Conrado e Nunes Neto, 2018), todos os temas que envolviam mais diretamente a física tratavam de energia, em particular a energia nuclear. Sem deixar de enfatizar a importância deste tema, fica o desafio de que mais pesquisadores do ensino de física desenvolvam propostas que permitam empregar a física para abordar estas questões ambientais mais complexas.

Nesse sentido, nosso grupo de estudo tem decidido direcionar seu foco para o estudo de outros casos históricos que permitam, como no caso da energia nuclear, integrar discussões sobre QSC e/ou controvérsias sobre a natureza da ciência. Alguns dos temas das pesquisas em andamento no grupo são construções sustentáveis e história da energia solar.

Buscamos assim, além de fortalecer os estudos teóricos da área, investigar em aulas da educação básica e formação de professores, possíveis estratégias para lidar com os riscos de se adotar temas controversos, com o intuito de promover uma confiança mais madura, complexa e robusta no valor da ciência para compreender e atuar em sociedade. Se nos últimos anos no Brasil, com cortes sucessivos no financiamento para pesquisa científica e aumento sucessivo de medidas governamentais que contribuíram para o agravamento da crise socioambiental planetária, agora temos esperança que este quadro desolador possa começar a ser revertido.

#### **Referências**

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the sources for our understandings about science: enduring conceptions and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

APPLE, M. *Conhecimento oficial: a educação democrática numa era conservadora*. Petrópolis: Vozes, 1999.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio*, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.

BAGDONAS, A.; SILVA, C. C. Controvérsias sobre a natureza da ciência na

- educação científica. In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. (orgs.) *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Carlos: Tipografia, 2013. p. 209-218.
- BAGDONAS, A. *Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia*. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) — Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino de física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014.
- BAGDONAS, A.; AZEVEDO, H. L. O projeto de lei “Escola sem Partido” e o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 2, p. 259-277, 2017.
- BAGDONAS, A.; FABRÍCIO, V.; GURGEL, I.; NORONHA, A.; VELASQUEZ, F. A didactic game about cosmology designed to discuss controversies about science. In: PIETROCOLA, M.; GURGEL, I. (ed.). *Crossing the border of traditional science curriculum: innovative teaching and learning in Science Basic Education*. Boston: Sense Publishers, 2017. p. 163-179.
- BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I.. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, p. 97-117, 2018.
- BAGDONAS, A. História da física para o ensino de física como cultura: debates sobre a neutralidade da ciência no período entreguerras. In: MARTINS, A. F. P. (org.). *Física, cultura e ensino de ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2019. p. 195-214.
- BAGDONAS, A. Propostas para a educação científica com base em estudos de história da física na primeira metade do século XX em uma abordagem transnacional. *Em Construção: Arquivos de Epistemologia Histórica e Estudos de Ciência*, n. 7, p. 113-123, 2020a.
- BAGDONAS, A. A favor e contra o método: a tensão entre racionalismo e anarquismo epistemológico na controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 3, p. 1250-1277, 2020b.
- BAGDONAS, A.; KOJEVNIKOV, A. Funny origins of the Big Bang Theory. *Historical Studies in the Natural Sciences*, v. 51, n. 1, p. 87-137, 2021.
- CARSON, C.; HOLLINGER, D. (ed.). *Reappraising Oppenheimer: centennial studies and reflections*. Berkeley: University of California Press, 2005.
- CASSIDY, D. C. *Beyond uncertainty: Heisenberg, quantum physics, and the bomb*. New York: Bellevue Literary Press, 2009.
- CONRADO, D. M. *Questões sociocientíficas na educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico*. 2017. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) — Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana,

Salvador.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (orgs.) *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EdUFBA, 2018.

CORDEIRO, E. L. *Ênfases históricas no Ensino de Cosmologia do Século XX: uma revisão bibliográfica*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) — Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 536-563, 2014.

CROCHICK, L. A ficção criadora do real. In: MARTINS, A. F. P. (org.). *Física, cultura e ensino de ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2019. p. 195-214.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

DOMINGOS, F.; BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.. "Então as luzes se curvaram": uma narrativa histórica para debater a ascensão da relatividade geral. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2020, Florianópolis (online). Atas do III Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2020. Disponível em: <[http://www1.fisica.org.br/~epef/xviii/images/Anais\\_XVIII-EPEF.pdf](http://www1.fisica.org.br/~epef/xviii/images/Anais_XVIII-EPEF.pdf)>

DOMINGOS, F. L. L. *Sobre a influência do "não-epistêmico" na prática científica de Arthur S. Eddington (1882-1944): o caso da expedição do eclipse solar de 29 de maio de 1919*. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: EdUNESP, 1995.

FORATO, T.; BAGDONAS, A.; TESTONI, L. A. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. *Enseñanza de las Ciencias*, n. Extra, p. 3511-3516, 2017.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

GALISON, P. L.; HOLTON, G.; SCHWEBER, S. S. (ed.). *Einstein for the 21st century: his legacy in science, art, and modern culture*. Princeton: Princeton University Press, 2018.

GÓIS, P. J. *Dilemas éticos envolvendo a produção de armas nucleares em um jogo didático*. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática) — Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORAIS, G. H. G. C. *Natureza da ciência, Galileu e o ensino da revolução copernicana*. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática) — Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GURGEL, I. Reflexões político-curriculares sobre a importância da História das Ciências no contexto da crise da modernidade. *Caderno Brasileiro de Ensino*

de Física, v. 37, n. 2, p. 333-350, 2020.

GOMES, A. L. L. P. Nuklear. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) — Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GARCIA, L. V. S. *Espaços da física moderna e nuclear nos contextos curriculares e na pesquisa*. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) — Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma Imagem não-deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GRECA, I. M.; FREIRE Jr, O. A “crítica forte” da ciência e implicações para a educação em ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, p. 343-361, 2004.

GUERRA, A. ; MOURA, C. B. História da ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. *Ciência & Educação*, v. 28, e22018, 2022.

HEILBRON, J. L. *The dilemmas of an upright man: Max Planck as spokesman for German science*. Berkeley: University of California Press, 1986.

HODSON, D. Nature of science in the science curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. In: MATTHEWS, M. R. (ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 911-970.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (orgs.) *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EdUFBA, 2018. p. 27-57.

LEDERMAN, N. G. Student’s and teacher’s conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LIMA, N. W.; VAZATA, P.; MORAES, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Educação em ciências nos tempos de pós-verdade: reflexões metafísicas a partir dos estudos das ciências de Bruno Latour. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 155-189, 2019.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. *Teorias de currículo*. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

MARTINS, A. F. P. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, A. F. P. História, filosofia e sociologia da ciência: mais do que nunca! In: MARTINS, A. F. P. (org.). *Física, cultura e ensino de ciências*. São Paulo: Livraria da Física, 2019. p. 195-214.

NORONHA, A.; BAGDONAS, A.; GURGEL, I. Is the electron real? Who discovered the expanding universe? Debating non consensus topics of nature of science in science classrooms. In: PRESTES, M. E. B.; CELESTINO SILVA, C.

- (Eds.). *Teaching science with context: historical, philosophical, and sociological approaches*. Basel: Springer, 2018. p. 99-113.
- NUNES-NETO, N.; CONRADO, D. M. Ensinando ética. *Educação em Revista*, v. 37, n. 1, e24578, p. 01-28, 2021.
- ORESKES, N. *Why trust science?* Princeton: Princeton University Press, 2019.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, v. 95, p. 601-626, 2011.
- PEREIRA, A. *A construção de uma casa como tema para discussões sobre ética em aulas de ciências*. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática) — Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ROZENTALSKI, E. F. *Indo além da natureza da ciência: o filosofar sobre a química por meio da ética química*. 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Química) — Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTOS, V. S. *A A.G.E.N.C.I.A do tempo: narrativa para trabalhar a história da física nuclear na sala de aula*. 2021. Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Física) — Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.
- SANTOS, W. L. P. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SCHIFFER, H.; GUERRA, A. Problematizando práticas científicas em aulas de física: o uso de uma história interrompida para se discutir ciência de forma epistemológica-contextual. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 95-127, 2019.
- SCHMIEDECKE, W. G. *A história da ciência nacional na formação e na prática de professores de física*. 2016. Tese (Doutorado em Ensino de Física) — Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SEABRA, M. E. F. *Problematizando o estudo da cosmologia para a Educação Básica: por que a noite é escura?* 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SILVA, H. C.; BARROS, M. A. O princípio da incerteza de Heisenberg pelo texto teatral Copenhague. *Ciência & Educação*, v. 27, e21005, p. 01-18, 2021.
- SILVEIRA, A. F.; RIBEIRO FILHO, A.; SILVA, A. P. B. Os princípios de complementaridade e de incerteza na obra Copenhague de Michael Frayn: a arte e a teoria quântica. In: FREIRE Jr., O.; PESSOA Jr., O.; BROMBERG, J. (orgs.) *Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais*. Campina Grande:

EdUEPB; São Paulo: Livraria da Física, 2011. p. 321-337.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

SOUZA, S. L. *Contribuições de um texto teatral histórico para o estudo da física nuclear no ensino médio*. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STRIEDER, R. *Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas*. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

# **SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: O QUE JOHANNES KEPLER TEM A NOS ENSINAR?**

Luana Paula Goulart de Menezes

Michel Corci Batista

## **Ideias centrais do capítulo:**

- Destaca a possibilidade de articular a ciência nos seus primórdios (como a praticada por Kepler) com a ciência contemporânea, tendo em vista o entendimento da Natureza da Ciência (NdC).
- Aborda disputas na história da astronomia, destacando o conflito entre Ursus e Tycho Brahe, envolvendo Johannes Kepler.
- Identifica e critica visões distorcidas sobre a ciência, como a visão acumulativa e a visão individualista.
- Propõe usar reflexões sobre a Natureza da Ciência (NdC), mas não se restringir a elas, visando uma compreensão mais ampla e dinâmica da ciência.
- Explora diferentes visões sobre a Natureza da Ciência (NdC), destacando a diversidade de áreas envolvidas.

## **1. Introdução**

Uma das questões que mais vêm sendo discutidas na atualidade é o negacionismo científico. A ciência é um empreendimento complexo e algumas vezes o próprio cientista não tem consciência das características da sua própria prática. O resultado disso é notório: a sociedade não vê o impacto que o trabalho do cientista tem em seus cotidianos, não atribuindo importância a itens essenciais à vida que são provenientes dessa atividade humana e, conseqüentemente, a ciência perde recursos todos os anos.

O que muitos não sabem é que nos primórdios da ciência moderna a astronomia também sofreu ataques. Nomes como Nicolaus Reimers Baer (1551-1600), conhecido como Ursus, apontava que nada de certo poderia vir da astronomia. O contexto de tal discussão foi

uma disputa (de um modelo geo-heliocêntrico) de Ursus com Tycho Brahe (1546-1601). Neste momento emblemático, Johannes Kepler (1571-1630) envolveu-se na intriga e se viu pressionado a escrever a *Defesa de Tycho contra Ursus*. Não apenas este texto como também muito do estudo que fizemos em torno da vida de Kepler nos permitiu propor reflexões sobre as características da ciência. Entretanto, para atingir tais reflexões foi necessário revisitar algumas das ideias que estavam sendo discutidas na época e conhecermos um pouco mais sobre as discussões em torno dos modelos astronômicos no tempo de Kepler. Neste sentido, desejamos que este capítulo seja útil não apenas nos elementos teóricos da astronomia, mas também que os professores de diversos níveis possam se guiar ou se inspirar na busca de materiais históricos para ensinar sobre o empreendimento científico.

As ideias aqui desenvolvidas guardam sintonia com discussões publicadas em nosso livro *As hipóteses astronômicas segundo Johannes Kepler* (Menezes e Batista, 2022). De modo geral, para o entendimento da presente proposta, algumas nuances técnicas não serão apresentadas e focaremos em algumas possibilidades de discussão que, a nosso ver, podem ser compreensíveis para o leitor que não possua um conhecimento aprofundado sobre a história da ciência astronômica, mas que deseja ensinar ou aprender sobre o tema.

É nítido que os aspectos históricos e filosóficos no ensino podem trazer muitas vantagens, uma vez que é possível a humanização da ciência, sendo capaz de aproximar essa atividade aos interesses políticos, éticos, pessoais da comunidade. Além disso, é capaz de promover o entendimento mais integral da matéria científica, podendo assim contribuir para a falta de significação que ocorre nas salas de aulas, onde fórmulas e equações são reproduzidas sem que nem sequer seja sabido o que elas significam (Matthews, 1995).

Na literatura encontramos “Natureza da Ciência” (NdC)<sup>1</sup> como um tema importante, porém controverso. Uma das principais críticas é que esse tratamento da NdC, muitas vezes apresentado em listas, pode não

---

<sup>1</sup> Optamos por traduzir o acrônimo em inglês NOS (*Nature of Sciences*).

contemplar toda a complexidade e as nuances típicas da ciência, além de ser visto como se fossem mandamentos a serem memorizados.

Recentemente, McComas (2020a) argumentou fortemente que as listas não são destinadas à memorização e, além disso, são injustamente criticadas por aqueles que não reconhecem que essas visões são apresentadas para o começo de discussões e não terminam em si mesmas. Soma-se a isso o fato de que

[os] objetivos da aprendizagem consensual da NdC não são nem sequer concebidos para estudantes, mas sim para professores, desenvolvedores de currículos e especialistas em avaliação. Queremos que os alunos aprendam os princípios da NdC de forma que possam tomar ações responsáveis informadas pela compreensão, não pela memorização (McComas, 2020a, p. 32).

Um outro ponto em favor das visões sobre a NdC é que sabemos que alguns dos nossos alunos se tornarão cientistas ou filósofos da ciência, mas a maioria, não. Entretanto, eles estarão inseridos na sociedade e poderão fazer contribuições como cidadãos, gestores públicos e privados, consumidores, eleitores e outras funções as quais as visões da ciência estão implícitas ou explicitamente dependentes nas decisões. Os alunos particularmente interessados podem futuramente receber o treinamento necessário na História e Filosofia das Ciências. Nesse sentido, segundo McComas (2020a), um dos papéis da NdC consiste em oportunizar o conhecimento para todos, ao passo que alguns se sentirão inspirados a aprofundar seus conhecimentos sobre o assunto.

Mas o que é NdC? Certamente, não existe uma descrição única e bem delimitada para o termo. Todavia temos várias descrições que buscam trazer alguma luz ao assunto e contemplam a diversidade de dimensões que podem ser assumidas, como em McComas, Clough e Almazroa (2002, p. 04, tradução nossa), onde lemos:

A natureza da ciência é um domínio híbrido fértil que mistura aspectos de vários estudos sociais da ciência, incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência combinados com a investigação das ciências cognitivas, tais como a psicologia, numa descrição rica do que é a ciência, como funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade tanto direciona como reage aos esforços científicos.

Perceba que um dos aspectos levantados é a diversidade de áreas que podem ser usadas para a compreensão da NdC, sendo que uma delas é a História da Ciência (HC). McComas (2020c) enfatiza que temos muito a ganhar com a HC, pela sua forma de humanizar o empreendimento científico, além de que conteúdos cuidadosamente escolhidos podem ser usados para descrever a história de como a ciência funciona, suas regras, tradições e como que esse conhecimento é estabelecido.

Também existem tópicos com visões inadequadas sobre o trabalho científico. Gil Pérez *et al.* (2001, p. 129-134) chamam essas de visões deformadas, citando:

A visão empírico-indutivista e ateórica. Inclui nessa visão um papel “neutro” da observação e da experimentação e esquece o papel de hipóteses e teorias disponíveis como orientadoras da investigação.

A visão rígida (algorítmica, exata, infalível...). Nessa, temos a ideia de um método rigoroso, o tratamento quantitativo e é deixado de lado os aspectos de dúvida e criatividade do fazer científico.

A visão aproblemática e a-histórica (portanto, dogmática e fechada). Como apresenta Bachelard, todo conhecimento é resposta a alguma pergunta. Em tal visão, perdemos isso de vista e, desse modo, nos afastamos do entendimento do processo e racionalidade do fazer ciência.

A visão exclusivamente analítica. Nessa, encontramos a valorização do parcelar os estudos, o caráter simplificador e limitado, esquecendo os esforços de unificação e construção de conhecimentos que formam corpos coerentes e amplos e que podem ser encontrados no percurso histórico da ciência.

A visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos. Essa visão ignora que o conhecimento pode apresentar crises e remodelações, sendo uma visão simplista sobre a construção dos conhecimentos.

A visão individualista e elitista da ciência. Os conhecimentos científicos como resultado de gênios isolados, ignorando-se o trabalho coletivo de equipes e fazendo discriminações de natureza social e sexual.

A visão socialmente neutra da ciência. Nessa visão é esquecida as relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e se promove

uma visão de cientistas fechados em torre de marfim e como seres que são “acima do bem e do mal”.

Determinar o número de tópicos nas visões consensuais sobre a NdC ou nas visões deformadas não é tarefa simples. Reconhecemos que podem existir algumas fragilidades e fraquezas nas visões consensuais como escrevem Irzik e Nola (2011). A ciência é uma atividade muito abundante e a filosofia prospera no debate, nas diferenças. Segundo Irzik e Nola (2011), existem muitas disputas sobre a NdC que envolvem realistas, empiristas, multiculturalistas, feministas construtivistas e pós-modernistas. Um outro ponto é que diferentes disciplinas possuem certa “semelhança de família” (*family resemblance*), uma vez que dificilmente teremos as mesmas questões em áreas distintas do conhecimento.

Entendemos McComas (2020b), quando ele aponta que os itens discutidos na lista consensual devem ser incluídos nos currículos e que, dessa forma, devem ter o mesmo nível que os processos tradicionais e fatos que definem o currículo de ciências. Realmente, é necessário um ponto de partida, e o trabalho do grupo McComas e demais autores tem sua importância. Isso, porém, não impede que outras questões também sejam discutidas, como escreve Matthews (2015) ao citar os valores, a matematização, as visões de mundo e religião, o feminismo etc. Todas essas dimensões juntas podem promover uma melhor compreensão sobre a ciência.

O que propomos neste capítulo é usar reflexões contidas nas listas, mas não vamos nos restringir a elas, tentando segui-las rigorosamente. E claro, não temos a intenção de criar uma nova teoria sobre o tema, a HC é uma das formas de pensarmos sobre a ciência e que também envolve aspectos do que é chamado NdC em suas listas ou nas visões mais amplas. Não podemos deixar de mencionar que a astronomia praticada na época de Kepler não tem o mesmo entendimento contemporâneo, mas ainda assim podemos vislumbrar no nosso caso histórico muitos elementos úteis para compreender aspectos do que chamamos ciência. Acreditamos ser possível fazer essa articulação entre a ciência nos seus primórdios e a ciência atual e, ainda que não seja uma visão consensual, é importante conhecermos esses aspectos para que nós mesmos possamos moldar nossa própria

concepção que também tem dinamismo na nossa própria existência. A ciência é um objeto de estudo e podemos discutir suas faces *ad infinitum*. Porém, precisamos dar uma organicidade, principalmente quando tratamos de discussões voltadas para o ensino.

## **2. A liberdade na prática da ciência**

Um ambiente em que é possível discutir livremente as opiniões é fundamental. Tycho Brahe, eminente observador que obteve um incrível financiamento do rei Frederico II (1534-1588) da Dinamarca, foi beneficiado por um ambiente livre. Do rei dinamarquês, ganhou a ilha de Hven e um grande valor para a construção de dois observatórios: um era chamado Uraniburgo – “Cidade dos Céus” ou ainda “Castelo dos Céus” – e outro, construído mais tarde, ganhou o nome de “Stjerneburg” (Cidade das Estrelas), construído sob a terra.

Tycho realizou observações com o auxílio de instrumentos de grande precisão, muitas vezes construídos em grande escala. Ele também possuía uma prensa de impressão e uma fábrica de papel, itens que facilitaram a publicação de trabalhos com suas próprias interpretações sobre o movimento dos astros.

No início do reinado de Christian IV, após a morte de Frederico, Tycho sofreu acusações e foi privado de benefícios. Com sua situação insustentável, foi obrigado a sair da ilha com sua família, assistentes, anotações, livros e alguns dos instrumentos. Ele tinha personalidade forte e cometia vários deslizes com relação ao seu compromisso de cuidado com a ilha. Segundo Tossato (2004, p. 588), “Brahe trata os camponeses de Hven como um verdadeiro tirano e, também, negligencia a realização das funções que Frederico II lhe incumbiu, entre as quais a manutenção do farol em Hven, que Brahe frequentemente descuidava”.

Depois de algumas outras mudanças, Tycho foi acolhido por Rudolph II para viver na Boêmia prestando serviços de astrônomo real. Recebeu uma propriedade e um castelo em Benatky, do qual viveu com recursos reduzidos em comparação com a riqueza que tinha outrora em Hven. Porém em Praga, como aponta Moran (2016, p. 213), “as tradições de inovação astronômica e diversas opiniões filosóficas já

estavam bem estabelecidas na época em que Tycho Brahe e Johannes Kepler (1571-1630) ingressaram na corte como matemáticos imperiais”.

A liberdade de pensamento é uma condição necessária para o desenvolvimento da ciência e Kepler tem consciência disso. Em 17 de fevereiro de 1600, Giordano Bruno foi queimado vivo por suas ideias não estarem de acordo com a Igreja. Kepler também foi atormentado pelas disputas religiosas, mas comenta: “É um grande conforto que não sejamos queimados, mas autorizados a viver, se há algum sentido na permissão de viver para aquele que foi privado dos meios de vida necessários” (Kepler, 1951, p. 154).

Desde o começo das suas investigações, a procura de Kepler pelas causas na astronomia foi algo marcante, e o professor de Kepler em Tübingen, Michael Maestlin (1550-1631), era cauteloso acerca disso. Várias vezes Maestlin se preocupou com que as inovações trazidas por Kepler pudessem causar a ruína de toda a astronomia. Westman (1980) escreve que havia um certo cuidado de Maestlin por conta de sua posição de professor universitário. Kepler, todavia, encontrou um lugar livre para criar e expandir seus domínios cognitivos na corte de Rudolph II. Isso é um ponto importante, pois a parceria entre Kepler e Brahe nos parece ir além da obtenção de dados e fornece um contexto favorável para a prática da astronomia. Westman (1980) aponta que essa característica livre do empreendimento astronômico pode ter sido um fator para a quebra de barreiras entre astronomia matemática e filosofia natural.

### **3. A observação e as aparências**

“Ver” é um aspecto simples da natureza humana? E será que todos “vemos” a mesma coisa a partir de uma determinada situação? Um exemplo interessante nessas indagações é dado no início do livro de Hanson (1958), *Patterns of Discovery: An Inquiry Into the Conceptual Foundations of Science*. A situação imaginada é a seguinte: Kepler e Brahe estão em uma colina vendo o nascer do Sol. A pergunta é: ambos os astrônomos veem a mesma coisa no leste ao amanhecer? Em um primeiro pensar podemos argumentar que existe um processo físico envolvido nessa situação:

Fótons idênticos são emitidos do sol; estes atravessam o espaço solar e nossa atmosfera. Os dois astrônomos têm visão normal; portanto, esses fótons passam pela córnea, humor aquoso, íris, cristalino e corpo vítreo de seus olhos da mesma maneira. Finalmente, suas retinas são afetadas. Mudanças eletroquímicas semelhantes ocorrem em suas células de selênio. A mesma configuração está gravada na retina de Kepler e na de Tycho. Então, eles veem a mesma coisa (Hanson, 1958, p. 06).

Mas Hanson (1958) adverte que ver não é apenas um processo físico e envolve a experiência: “Pessoas, não seus olhos, veem” (Hanson, 1958, p. 6). Nesse sentido, aquele que está vendo “visa apenas fazer com que suas observações sejam coerentes contra um pano de fundo de conhecimento estabelecido” (Hanson, 1958, p. 20) e, assim, em certo sentido, “ver é um empreendimento ‘carregado de teorias’. A observação de  $x$  é moldada pelo conhecimento prévio de  $x$ ” (Hanson, 1958, p. 19).

Para continuarmos nossa linha de raciocínio, convém lembrar que Kepler é um copernicano convicto, ou seja, são os planetas que descrevem seus movimentos ao redor do Sol. Tycho, por outro lado, concorda em partes com o modelo de Copérnico. Em sua visão, o modelo correto para o movimento dos astros deveria ser geoheliocêntrico. A Terra estaria ao centro e a Lua e o Sol girariam ao seu redor. Já os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno deveriam descrever seus movimentos em torno do Sol.

Há uma história interessante em torno desse modelo híbrido. Como citamos no início do capítulo, Tycho disputou a autoria dessas ideias com o astrônomo Ursus. Antes de Kepler mandar o seu primeiro livro, *Mysterium Cosmographicum*, para Ursus, Kepler, que não sabia do conflito, chegou a pedir para que Brahe gentilmente enviasse um exemplar para Ursus. Na opinião de Tossato (2004), Kepler atirou para todos os lados na esperança de encontrar um astrônomo simpatizante com suas novas propostas para a astronomia. Isso foi ingênuo, pois poderia ter acabado com a possibilidade de acesso às observações de Brahe (Tossato, 2004).

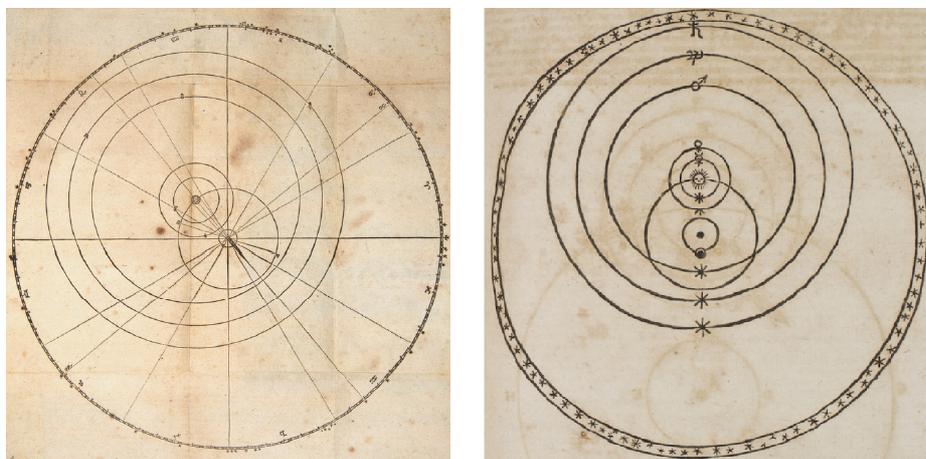
Sem entrarmos nas questões de origem do tão discutido sistema geo-heliocêntrico, deixaremos claro que, na opinião explícita de Tycho, Ursus roubou seus arranjos em uma visita feita a Uraniburgo em 1588. Kepler ao fazer seu acordo de trabalho com Tycho foi incumbido de

escrever um texto defendendo que as hipóteses de tal sistema híbrido eram de Tycho. O trabalho de Kepler não foi terminado, uma vez que Tycho morre. Em Serrano (2013, p. 27), lemos que, em carta para seu amigo Fabricius, Kepler expressa uma intenção de expandir e publicar o material algum dia, pois ele ainda não está satisfeito com que escrevera e, além disso, parece existir um mal-estar pelo fato de Ursus ter sido seu antecessor no cargo de matemático imperial. Apesar de sua vontade, isso não se concretizou. Com a leitura do contexto, percebemos que Kepler não estava confortável nem mesmo antes da morte do Brahe ainda, mais que Ursus já estava morto. Brahe, todavia, não desistiu de fazer valer a promessa de Kepler. Sabemos que Ursus, que estava em Praga, deixou a cidade em julho de 1599, talvez para escapar da ira de Brahe ou, quem sabe, por conta de um possível desentendimento com o imperador por conta da astrologia. Independentemente do motivo, Brahe ficou alarmado com a possibilidade de Ursus escapar da justiça morrendo, fato que acabou acontecendo em agosto de 1600 (Jardine *et al.*, 2005).

Infelizmente, a *Defesa* escrita por Kepler permaneceu desconhecida por muito tempo, até que em 1858 foi publicada por Christian Frisch em sua edição das obras completas de Kepler.

Para terminarmos este desvio, deixamos claro que havia algumas pequenas diferenças entre os modelos de Ursus e Brahe. Por exemplo, no sistema de Ursus, à esquerda na Figura 1, as órbitas do Sol e Marte não se cruzam, enquanto no de Tycho, à direita, isso acontece (Serrano, 2013).

**Figura 1.** Sistema geo-heliocêntrico de Ursus e Tycho (Lynx Open Ed., s/data).



Com essa exposição que fizemos, podemos entender melhor um exemplo típico. Na Figura 2, é possível notar que diante de uma mesma imagem podemos atribuir representações distintas: um olhar poderá observar uma jovem e outro, uma idosa.

**Figura 2.** Mulher jovem ou idosa? (Hanson, 1958, p. 11).



Brahe e Kepler viam diferenças naquele amanhecer, do mesmo modo que nós podemos, diante de uma mesma configuração da imagem, ver figuras diferentes. Nas palavras de Hanson (1958, p. 18): “Tycho e Kepler veem coisas diferentes e, no entanto, veem a mesma coisa. [...] Os elementos de suas experiências são idênticos; mas sua organização conceitual é muito diferente”.

Em uma linha de raciocínio semelhante, também Popper (2004, p. 120) defende que teorias precedem a observação: “Não existem observações puras: elas estão impregnadas pelas teorias e são orientadas pelos problemas e acompanhadas pelas teorias”. Chalmers (1993, p. 51) sintetiza esta ideia:

[...] embora as imagens sobre nossas retinas façam parte da causa do que vemos, uma outra parte muito importante da causa é constituída pelo estado interior de nossas mentes ou cérebros, que vai claramente depender de nossa formação cultural, conhecimento, expectativas etc. e não será determinado apenas pelas propriedades físicas de nossos olhos e da cena observada.

Uma questão que acreditamos ser pertinente aqui é a distinção entre aparências e realidade que a ciência busca alcançar. Essa é uma preocupação científica e está presente explicitamente na agenda de

pesquisa de Kepler. Na *Defesa*, Kepler ilustra uma situação em tom sarcástico. Ele escreve que certa vez um homem estava a olhar pela janela de vidro quando viu alguns bois pastando e uma aranha apareceu. Como a aranha estava pendurada em frente à janela, ele acabou a confundindo com os bois e não notando o espaço intermediário, ele exclamou que estava vendo um milagre: um boi com muitas patas. Nesse sentido, Kepler aponta que o astrônomo deve se preocupar em separar os movimentos verdadeiros do planeta em questão, daqueles que são acidentais e derivados do sentido da visão. Em sua pesquisa, ele se preocupava em procurar os círculos e movimentos regulares para descrever os movimentos “confusos” que nossos olhos veem. Nessas ideias vemos exemplos de como concepções podem previamente guiar observações. Nesse período, Kepler ainda estava preso à ideia, ou talvez possamos escrever regras, de que círculos e movimentos uniformes devem ser usados nas investigações astronômicas. Nessa perspectiva, podemos imaginar como as observações eram feitas inclinadas para tais concepções. Contudo, o que mais nos chamou a atenção é a preocupação de caráter investigativo acerca do engano da nossa visão: a distinção entre o real e o que é aparente. Isso fica bastante claro em Kepler, sendo levado, inclusive, aos limites quando supôs que as manchas solares por ele observadas eram o trânsito de mercúrio:

Kepler tinha errado ao interpretar o significado da sua observação. O que ele viu não foi um trânsito de Mercúrio, mas uma mancha solar notavelmente grande. Não demorou muito tempo para ele reconhecer o seu erro. Alguns anos mais tarde, Johannes Fabricius, filho do conhecido astrônomo David Fabricius, tornou pública a primeira informação sobre as manchas que podiam ser vistas no sol com o telescópio recentemente descoberto. “Sorte a minha”, Kepler mais tarde exclamou, “quem foi o primeiro neste século a observar as manchas”. Devido à sua interpretação errônea do fenômeno, refugiou-se por detrás do enunciado, ainda hoje válido: “Como é muito mutável a sorte da guerra também na astronomia, uma vez que o exército móvel de conjecturas, com vacilante segurança, gira agora aqui e agora ali” (Caspar, 1993, p. 167).

Aqui faz-se importante ressaltar a dinâmica de ideias que estão envolvidas no empreendimento científico. Kepler evidenciou em *Astronomia nova* como em determinadas situações podemos ter arranjos distintos, mas existe apenas uma realidade.

Para Kepler, as hipóteses são verdadeiras e para formulá-las existe o olhar do astrônomo para os fenômenos. A ciência astronômica tem a observação como base. Separando o que é enganoso das observações que podem ser confusas como o movimento retrógrado de Marte, é possível chegar a uma única forma que faz parte da verdadeira estrutura do universo. Dessa forma, nossa intenção aqui foi refletir sobre as observações e as aparências. Ainda que Kepler não estivesse pensando em teorias por trás de observações, ele está refletindo sobre o caráter observacional da astronomia.

Em muitas situações, como o movimento da Terra a aparência diária é que o Sol se move. Logo, isso não é fácil de ser constatado, pois foge da experiência dos sentidos à qual estamos expostos diariamente. Na história, podemos observar as resistências e acreditamos que essa discussão pode ser pertinente aos estudantes.

#### **4. Professores na formação de cientistas**

Antes de realizarmos este estudo, pensávamos em Kepler como um aluno de Tycho, porém, agora podemos perceber que talvez alguém mereça mais ser lembrado como professor de Kepler: Maestlin. Não apenas pela afinidade, mas também pelo fato de que o contato com Brahe foi mais breve do que imaginávamos: Kepler parte de Graz para Praga para trabalhar com Brahe em 30 de setembro de 1600 e Brahe morre em 24 de outubro de 1601. Em nossa pesquisa, lemos muitos fragmentos que expressam uma admiração mútua entre Kepler e Maestlin e podemos ter certeza do quão importante foi a influência deste último, não “apenas” como uma fonte de conhecimento e defesa do copernicanismo, mas pela afetividade que os dois tiveram ao longo de suas vidas.

Maestlin foi quem deu todo seu apoio na publicação de *Mysterium*. Ele ficou admirado com as realizações de seu aluno. Para ele, apesar dos astrônomos procurarem regularidades “por trás” (*a terga*), buscando-as a partir dos efeitos (*a posteriori*), Kepler tinha aberto um caminho “de frente” (*a fronte, a priori*) que conduzia às mesmas conclusões que Copérnico:

[...] nosso ilustre matemático, Mestre Johannes Kepler nos ensina como voar muito mais alto graças as suas asas [matemáticas;

adicionado por Omodeo]. Certamente, os praticantes-astrônomos descobriram até agora grandes coisas. No entanto, todos eles têm lidado até agora com a astronomia por trás. Eles investigaram movimentos, bem como dimensões e distâncias pelo único meio de observação. Ninguém, nem mesmo o praticante mais capaz [*artifex*; adicionado por Omodeo], considerou até agora, nem mesmo em sonhos, se existe um acesso *a priori* (isto é, de frente) a estas medidas, como se não houvesse outra regra geométrica para examinar os números determinados de movimentos e quantidades [celestiais; adicionado por Omodeo], exceto para observações (Maestlin, 1938, p. 82).

Maestlin está nitidamente empolgado com seu aluno que foi capaz de colocar em prática tais realizações na astronomia. E Kepler também expressava sua gratidão por toda a ajuda de Maestlin na publicação do seu primeiro livro.

É bem verdade que eles tiveram seus momentos de silêncio em que ficaram um significativo tempo sem se corresponder. Um desses foi quando Kepler havia implorado a Maestlin uma oportunidade na universidade e este respondeu que não poderia ajudá-lo com nenhuma cátedra e somente poderia orar por Kepler e sua família. Maestlin deixou Kepler sem resposta, mas posteriormente quebrou o silêncio que durou quatro anos, pediu desculpas e disse que agora, que seu aluno ascendeu a uma posição tão elevada, ele poderia desprezar seu ex-professor. Kepler, sem hesitar, respondeu que não tinha nem sequer honra e ficava feliz quando conseguia receber seu salário. Ele deixou claro que nem procurava esse tipo de reconhecimento, que não servia ao imperador e sim toda a raça humana e posteridade. A única honra que recebeu por Deus, segundo ele, foi o acesso às observações de Brahe (Caspar, 1993). Mesmo que não tenha recebido a ajuda de Maestlin, Kepler não teve mágoa de seu estimado professor. Os dois expressavam seus sentimentos francamente e é nessa perspectiva que vemos uma relação de confiança e afetividade. Essa dimensão está presente nos contextos escolares e acadêmicos, vinculada a forma como agimos e aprendemos. Segundo Davis e Oliveira (1994, p. 83-84),

Afeto e cognição constituem aspectos inseparáveis, presentes em qualquer atividade, embora em proporções variáveis. A afetividade e a inteligência se estruturam nas ações e pelas ações dos indivíduos. O afeto pode, assim, ser entendido como a

energia necessária para que a estrutura cognitiva passe a operar. E mais: ele influencia a velocidade com que se constrói o conhecimento, pois, quando as pessoas se sentem seguras, aprendem com mais facilidade.

Davis e Oliveira (1994) também apontam que afeto e cognição estão presentes na interação entre professor e aluno na escola, estabelecendo em ambos fatores que são decisivos. Em sua relação, cada um busca o atendimento de desejos e a partir disso vão construindo imagens do seu interlocutor, criando uma rede de expectativas recíprocas, de forma que pode ou não ser harmoniosa. Ainda que o foco de Davis e Oliveira (1994) seja o ambiente escolar, as relações de afeto fazem parte da vida humana em todas as idades e níveis.

Também podemos contemplar o incentivo de Maestlin concretizado em muito mais que elogios, em gestos concretos. Antes da publicação de *Mysterium*, Maestlin, que era especialista em cálculos astronômicos (chegou a cuidar de segunda edição das Tabelas Prutênicas, por exemplo), enviou para seu aluno dados que determinava para Kepler valores necessários para testar sua teoria (Omodeo, 2014). Todas essas atitudes devem ter sido de grande motivação para Kepler.

Maestlin também defendia Kepler com relação aos modelos geoheliocêntricos. Para ele quem deixa a Terra parada e permite que os outros planetas girem em torno do Sol está mergulhando em absurdos graves. Em referência ao famoso lema “Platão é meu amigo, Sócrates é meu amigo, mas a verdade é um amigo melhor”, Maestlin sugere que o *noster* Kepler (nosso Kepler) deve substituir Brahe. Essas hipóteses que são mistas são para ele um conserto de uma peça velha e gasta com um remendo novo (Omodeo, 2014). Sem dúvida, uma aplicação criativa da passagem bíblica do Evangelho de Mateus. Em suma, muitas vezes o cientista é lembrado como um gênio isolado e totalmente desconectado da realidade (Cachapuz *et al.*, 2011). Essa é uma visão equivocada do trabalho científico. Como humanos, os cientistas também trabalham no coletivo e nessas conexões constroem laços afetivos.

Devemos ressaltar também que estamos usando como exemplo

de Maestlin, mas Kepler também teve outros professores de grande reconhecimento na Universidade de Tübingen. Geração após geração, temos certas heranças que passam de mestres a alunos, e muitas vezes pelo exemplo de características e posturas investigativas são passadas adiante. Como escreve Ziman (1981), as pesquisas originais e criativas não despertam na maioria das pessoas de forma natural. Elas requerem algo que vai além dos importantes atributos de persistência, imaginação e inteligência:

A pessoa tem de aprender a ter autocrítica, a ser cética e a dispor de autoconfiança na busca de idéias que de fato valham a pena. Tendo um grande mestre, tais qualidades poderiam ser aprendidas por imitação. Para que seja capaz de prestar uma contribuição de primeiríssima ordem à ciência, a pessoa deve, por exemplo, possuir uma compreensão bastante sutil daquilo que constitui uma questão verdadeiramente significativa, para a qual há que se providenciar uma resposta adequada (Ziman, 1981, p. 148).

Os comentários de Ziman (1981) se destinam à ciência recente, mas nos parece plausível imaginarmos que uma parte das virtudes de investigação de Kepler foram aprendidas com seus professores. Kepler, por exemplo, é crítico com aqueles que pensam que nada de certo pode ser estabelecido na astronomia. Os argumentos de Kepler são plausíveis, ele usa a história e conhecimentos sobre discussões internas à astronomia. Essas faces fazem parte de um treinamento que recebera de seus professores.

No mais, com esse exemplo de relação professor/aluno esperamos ter gerado uma reflexão que aproxima a figura desses “gênios” da ciência a própria realidade em que alunos estão inseridos. Em síntese, professores podem estabelecer papéis fundamentais, inspirando seus alunos e os ensinando as características e posturas que são imprescindíveis nas investigações. Nesses contextos formativos, cientistas experientes e novatos podem construir relações de afeto que podem durar ao longo de suas vidas.

## **5. Criatividade**

A ciência é uma atividade humana que envolve aspectos como

intuição, imaginação e criatividade para gerar ideias, estruturar investigações, reunir, organizar e conectar conhecimentos. O caminho que o cientista percorre não é um percurso linear que tem um ponto de partida e um ponto de chegada. Na fronteira científica,

[...] o cientista fica entre o conhecido e o desconhecido e pode não ter uma direção clara de onde prosseguir ou o que procurar, mas mantém a persistência e a mente aberta ao explorar novos terrenos. Neste contexto de fase de descoberta, os cientistas podem ver novos padrões, ter tempo para refletir sobre os dados, experimentar diferentes abordagens, fazer muitas perguntas ou usar a própria experiência para se relacionar com novas descobertas (Reiff-Cox, 2020, p. 129).

Persistência e uma mente aberta não faltaram em Kepler; ele explorou as inúmeras possibilidades na astronomia. No caso das hipóteses astronômicas, revirou as construções geométricas e mostrou as diferenças e quais equivalências podem ser observadas nelas. Ele próprio se sente inovando e vê que é esta a missão de seu trabalho: “Se alguém quiser me acusar de vício em inovação, ele deve saber que tais acusações não têm lugar na filosofia. Toda a filosofia é, de fato, uma inovação em relação à velha ignorância” (Kepler *et al.*, 1953, p. 8).

Acreditamos que nosso estudo pode ser um exemplo de como a HC pode favorecer o entendimento de que, ainda que o empreendimento científico seja retratado em forma de fatos e conclusões em livros didáticos, existe um processo estimulante que leva o conhecimento. Os cientistas estão a todo tempo usando a criatividade por intermédio de questões, métodos e inspirações que levam as evidências às conclusões.

Na perspectiva acima, a criatividade deveria ser um elemento do currículo escolar, como escreve McComas (2020b), de forma a aprimorá-la, embora é bem verdade que o pensamento criativo é mais nítido em algumas pessoas do que em outras. Isso também é um elemento que pode ser entendido na ciência, pois, mesmo que duas pessoas tenham em mãos os mesmos dados, é provável que elas cheguem a diferentes conclusões, tendo como base os conhecimentos prévios e a criatividade de cada uma delas (McComas, 2020b). Ilustramos neste capítulo um caso que evidencia esse olhar

diferenciado, uma vez que Brahe e Kepler possuem as mesmas informações em mãos, mas tiram conclusões diferentes com base em suas crenças, conhecimentos prévios e a forma como articulam tudo isso.

Devido à maneira com a qual a ciência é tratada, muitos alunos veem nela uma atividade demasiadamente rígida e sem espaço para criações estimulantes e engenhosas. Dessa forma, alunos que poderiam seguir carreiras brilhantes na ciência acabam procurando outras profissões que os inspiram mais.

Quando Kepler elaborou sua hipótese com os poliedros e a publicou em *Mysterium*, ele havia usado elementos já existentes como ele mesmo afirma, em um conjunto articulado que explicava as devidas distâncias e ordenamento dos planetas. Foi a partir das conjunções de Saturno e Júpiter que ele pensou de uma forma criativa em questões (por que temos seis planetas?, por exemplo) e em suas respectivas explicações. Perceba que a criatividade está envolvida na formulação de perguntas e de hipóteses verdadeiras como Kepler defende.

Essas ideias aqui discutidas fazem parte do trabalho científico e, a partir do planejamento de aulas com discussões, debates, análise de textos de históricos, encenações etc., podemos incentivar os alunos a contemplarem que a ciência envolve a criatividade e a tem como um elemento essencial.

## **6. Comunicação**

Comunicação rápida e em grande escala é uma marca da sociedade contemporânea. Isso de certo modo também modificou a forma que os próprios cientistas se comunicam. Hoje podemos encontrar plataformas em que é possível compartilhar seus escritos, recomendar trabalhos, podemos “seguir” uns aos outros e trocar mensagens instantâneas com pesquisadores de qualquer lugar do mundo. Mas nem sempre foi assim; existiram períodos em que a comunicação era lenta, por cartas e períodos que eram quase inexistentes.

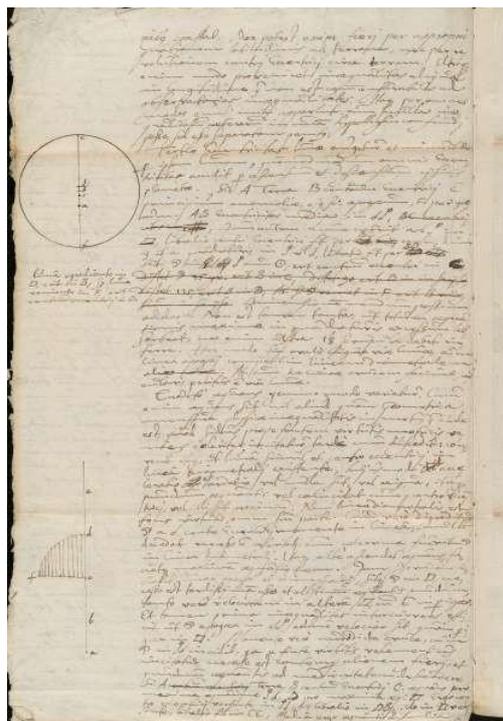
O próprio Kepler afirma que não havia na antiguidade uma escola de astronomia com uma troca de informações. Ele fica nostálgico quando começa a refletir sobre a importância da impressão em sua época. Isso se deve pelo fato de ter sido um grande avanço para o

estabelecimento de uma maior gama de compreensão do mundo, principalmente quando comparado com os antigos. Convém ressaltarmos que a comunicação no período aqui estudado incluía o ensino, relatos privados ou anotações. Estas formas de troca serviam de meios de divulgação científica (Jardine, 1984).

Hoje temos uma variedade de meios de comunicação que vai da internet, revistas científicas até encontros e congressos que reúnem cientistas de diversos níveis e áreas de pesquisa. Isso é importantíssimo, pois a ciência é um conhecimento público e coletivo “aos quais cada pesquisador acrescenta sua contribuição pessoal, corrigida e purificada pela crítica recíproca” (Ziman, 1981, p. 105).

Ainda que na época de Kepler não existissem periódicos acadêmicos, podemos contemplar em suas correspondências muito mais do que a troca de novidades pessoais, sentimentos e pedidos. Podemos ver cálculos, construções geométricas, dados astronômicos, ideias e demais informações que indicavam o avanço desses pesquisadores no assunto em questão. A Figura 3 mostra uma carta de Kepler para Maestlin (quando este astrônomo estava em Tübingen), do dia 8 de fevereiro de 1601. Nela, identificamos informações astronômicas sendo discutidas com ilustrações geométricas.

**Figura 3.** Carta de Kepler para Maestlin em Tübingen (Württembergische Landesbibliothek, 2022).



Apesar de estarmos enfatizando Maestlin, Kepler tinha outros correspondentes, entre eles seu amigo clérigo luterano e astrônomo David Fabricius (1564-1617). Eles nunca se viram pessoalmente, mas mantiveram uma ampla troca de cartas. Fabricius apresenta muita empolgação com Kepler, a ponto de este último deixar acumular correspondências antes de responder às mil perguntas do primeiro (Caspar, 1993).

Diferentemente de Fabricius, um outro amigo de Kepler era o médico Johannes Brengger (c. 1559-1629), que apresentava uma dicção clara e pensamento afiado. Kepler ficava impressionado com ele e podemos notar diferenças até mesmo na caligrafia. Com Fabricius, a escrita era apressada e com Brengger é limpa e clara. Este último não hesitava em contradizer Kepler, mas isso era muito bem vindo ao ponto de Kepler expressar seu desejo de que ele lesse seu livro sobre Marte antes de imprimir (Caspar, 1993). Essa é mais uma situação em que podemos contemplar que a crítica é um elemento que faz parte da ciência, como mencionado por Ziman (1981).

Essas correspondências eram tão importantes que várias vezes foram publicadas em grandes livros. Além disso, em grande parte foi também por meio de correspondências que Kepler selou sua importante parceria com Tycho Brahe. Na ciência atual as parcerias internacionais são bem comuns. Como escreve Ziman (1981), o internacionalismo está implícito na definição de ciência como um conjunto de conhecimentos públicos. Por intermédio dessa rede de cooperação mútua os laços se tornam “bem mais pessoais do que quando nascidos da mera leitura recíproca de seus trabalhos científicos” (Ziman, 1981, p. 123). Segundo Ziman (1981), a generalização mais significativa sobre a comunicação na ciência é que as ideias se difundem por meio das pessoas. Dessa forma, a ciência não é um empreendimento solitário, a comunicação exerce um papel fundamental na troca de ideias, críticas e estabelecimento de parcerias, por exemplo.

## **7. Considerações finais**

É certo que cientistas trabalham de forma árdua na compreensão do mundo, comunicam-se, existem divergências, estabelecem teorias: as

discutem e as alteram. Pensar sobre a ciência é útil não apenas para a ciência em si mesma, mas para que se possa pensar nas melhores formas de educar as crianças e jovens, evidenciando caminhos possíveis e as dificuldades que podem ser analisadas em paralelo com o desenvolvimento histórico. Nesse sentido, é possível contemplar a ciência sendo feita, suas conexões de ideias e entre indivíduos. Todas essas discussões ampliam e podem nos ajudar a superar possíveis visões deformadas da ciência.

Conhecer mais solidamente as características do empreendimento científico é, sem dúvida, algo fundamental. A ciência precisa de novas gerações de cientistas e investimentos. Nesse sentido, é de suma importância poder ensinar elementos sobre as características da ciência ou NdC. Uma possibilidade para esse ensino é o estudo de casos históricos, em que podemos ver a dinâmica da ciência, seu caráter teórico e humano. Kepler não é um cientista muito usado nessas reflexões, mas nesta pesquisa muitas possibilidades em torno da sua vida e aspectos da proposta de astronomia que ele apresenta puderam ser constatados. Esperamos que outros estudos possam apresentar ainda mais possibilidades e também aplicações em sala de aula.

## **Referências**

- CACHAPUZ, A. *et al.* *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2011.
- CASPAR, M. *Kepler*. New York: Dover Publications, 1993.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- DAVIS, C.; OLIVEIRA, Z. *Psicologia na educação*. São Paulo: Cortez, 1994.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.. Para uma imagem não-deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- HANSON, N. R. *Patterns of discovery: an inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.
- IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, v. 20, n. 7, p. 591-607, 2011.
- JARDINE, N. *et al.* Tycho v. Ursus: the build-up to a trial, part 1. *Journal for the History of Astronomy*, v. 36, n. 1, p. 81-106, 2005.

JARDINE, N. The provenance of the apologia. In: JARDINE, N. (ed.). *The birth of history and philosophy of science: Kepler's A Defence of Tycho against Ursus with essays on its provenance and significance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p. 07-80.

KEPLER, J. Kepler to Wilhelm Schickard, professor of Hebrew in Tübingen. In: BAUMGARDT, C. (ed.). *Johannes Kepler: Life and letters*. New York: Philosophical Library, 1951. p. 153-154.

KEPLER, J. et al. *Gesammelte Werke. Epitome astronomiae copernicanae*. München: [s.n.], 1953. (Kepler. *Gesammelte Werke*, v. 7).

LYNX OPEN ED. Sem data. Disponível em: <<https://lynx-open-ed.org/>>.

MAESTLIN, M. Candido Lectori (Narratio Prima). In: *Gesammelte Werke*. München: Beck, 1938, (Johannes Kepler *Gesammelte Werke*, v. 1). p. 82-85. Disponível em: <<http://publikationen.badw.de/de/002334737>>.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the contribution of history and philosophy of science*. 20th anniversary revised and expanded edition. London: Routledge, 2015.

McCOMAS, W. F. Considering a consensus view of nature of science content for school science purposes. In: McCOMAS, W. (ed.). *Nature of science in science instruction: rationales and strategies*. Dordrecht: Springer International Publishing, 2020a. p. 23-34.

McCOMAS, W. F. Principal elements of nature of science: informing science teaching while dispelling the myths. In: McCOMAS, W. (ed.). *Nature of science in science instruction: rationales and strategies*. Dordrecht: Springer International Publishing, 2020b. p. 35-65.

McCOMAS, W. F. A Typology of Approaches for the Use of History of Science in Science Instruction. In: McCOMAS, W. (ed.). *Nature of science in science instruction: rationales and strategies*. Dordrecht: Springer International Publishing, 2020c. p. 527-549.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. In: McCOMAS, W. F. (ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2002. p. 03-39.

MENEZES, L. P. G.; BATISTA, M. C. *As hipóteses astronômicas segundo Johannes Kepler*. São Paulo: Mentis Abertas, 2022.

MORAN, B. T. The court. In: LIGHTMAN, B. (ed.). *A companion to the history of science*. Oxford: Wiley Blackwell, 2016. p. 210-223.

OMODEO, P. D. *A priori and a posteriori: two approaches to heliocentrism*. In: OMODEO, P. D. (ed.) *Copernicus in the cultural debates of the renaissance: reception, legacy, transformation*. Leiden: Brill, 2014. p. 234-270.

POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 2004.

- REIFF-COX, R. Exchanging the myth of a step-by-step scientific method for a more authentic description of inquiry in practice. *In: McCOMAS, W. (ed.). Nature of science in science instruction: rationales and strategies.* Dordrecht: Springer International Publishing, 2020. p. 127-139.
- SERRANO, J. D. Trying Ursus: a reappraisal of the Tycho-Ursus priority dispute. *Journal for the History of Astronomy*, v. 44, n. 1, p. 17-46, 2013.
- TOSSATO, C. R. Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler. *Scientiae Studia*, v. 2, n. 4, p. 537-565, 2004.
- WESTMAN, R. S. The astronomer's role in the sixteenth century: a preliminary study. *History of Science*, v. 18, n. 2, p. 105-147, 1980.
- ZIMAN, J. *A força do conhecimento: a dimensão científica da sociedade.* Belo Horizonte: Itatiaia, 1981.
- WÜRTTEMBERGISCHE LANDESBIBLIOTHEK. An die Schwester. *Cod. Poet. et Phil*, fol. 63, IV, 1b, 14, 2022. Disponível em: <<https://cutt.ly/BxqheOg>>.

# COMPREENDER A NATUREZA DA CIÊNCIA: UM DESAFIO PARA AS CIÊNCIAS HUMANAS

Andrea Mara Vieira

## Ideias centrais do capítulo:

- A compreensão da Natureza da Ciência é um dos principais desafios para as ciências humanas.
- A realidade empírica do desenvolvimento da ciência durante a pandemia da Covid-19 estabelece desafios à epistemologia.
- O “papel da história” é fundamental para a compreensão dos limites demarcatórios da ciência e também como possibilidade de mudança da “imagem de ciência” cientificista, para além de um “repositório de anedotas ou cronologias” (Kuhn, 2009, p. 19).
- Desconstrução da dicotomia internalismo *versus* externalismo e da universalidade da ciência, diante da sua complexidade e múltiplas dimensões.
- A história é “a ciência dos homens no tempo” (Bloch, 2001, p.55) e a ciência, é uma atividade humana que muda no tempo (Kneller, 1980, p. 27).
- A ciência é histórica, marcada pela temporalidade imanente que se mostra essencial para as reflexões acerca da historicidade da ciência.
- A historicidade da ciência considera o “ser-aí” no mundo, como ser temporal e em constante incompletude.
- A NdC histórica amplia o papel da história utilizada no Ensino de Ciências como ferramenta de contextualização, para conceber a história como constitutiva da ciência.

## 1. Introdução

O cientificismo, embora esgarçado pelo tempo e por relevantes debates entre especialistas de diversas áreas por mais de um século (história da ciência, filosofia da ciência, ensino de ciência etc.), surge confrontado pela pandemia do século XXI, aqui tratada como

evidência para compreensão da Natureza da Ciência, e, coloca sob foco a própria ciência.<sup>1</sup>

Compreender a Natureza da Ciência (NdC) pressupõe a análise da ciência do ponto de epistemológico, ou seja, explorar seus limites demarcatórios considerando critérios de cientificidade que a diferenciam da *episteme* grega (*ἐπιστήμη*) ou da *doxa* (*δόξα*) enquanto crença comum ou opinião popular. A proposta de compreender a NdC sob o olhar das humanidades – a ênfase aqui é no papel da história (teoria da história), pouco debatida face à filosofia e sociologia da ciência – utilizando a pandemia como evidência visa compreender a ciência sob a perspectiva da existência, como ela se apresenta no mundo vivido, ou seja, em diálogo vivo com a realidade que a revela dinâmica, complexa, particularizante, multitemporal, multidimensional, provisória, aberta e em constante devir, contrariando a dimensão cientificista, pretensamente neutra, dogmática, lenta (quase estanque) e universal.

Durante a pandemia, a busca pela sobrevivência representada pela “corrida das vacinas” (também pelas medidas sanitárias preventivas) trouxe à tona o desagradável dilema a que se referiu o historiador Carlo Ginzburg. Segundo ele, as ciências da natureza de orientação antiantropocêntrica e quantitativa, a partir de Galileu, colocaram as ciências humanas diante da seguinte questão: “ou assumir um estatuto científico frágil para chegar a resultados relevantes, ou assumir um estatuto científico forte para chegar a resultados de pouca relevância” (Ginzburg, 2007, p. 178).

O debate resgatado por Ginzburg (2007) acerca dos critérios demarcatórios e de objetividade das ciências da natureza e ciências humanas protagonizou, no século XIX, movimentos oscilatórios entre aproximação e distanciamento de ambas. Na França, em 1830, o positivismo de Auguste Comte buscava pautar a aproximação das ciências humanas com as ciências da natureza em defesa de uma “física social”, enquanto na Alemanha, em 1883, o historicista Wilhelm

---

<sup>1</sup> A expressão “Natureza da Ciência” é mais utilizada nos países anglófonos, bem como pelos espanhóis, portugueses e brasileiros. Franceses e canadenses de influência francófona utilizam o termo “epistemologia”.

Dilthey (2010), entre outros,<sup>2</sup> protagonizaram movimentos contrários, distanciando as ciências humanas (*Geisteswissenschaften*) das ciências da natureza (*Naturwissenschaften*) em busca de autonomia e especificidades teórico-conceituais das ciências do espírito (Dilthey, 2010).

No âmbito da história da ciência, as discussões epistemológicas envolvendo critérios de demarcação científica se traduzem em duas grandes “tendências historiográficas” – representadas por variadas “correntes” teóricas (e historiográficas) – dicotômicas que podem ser classificadas como “cientificista” (dogmática/newtoniana-cartesiana) e “anticientificista” (não-dogmática/ histórico-social). A primeira tendência, a tendência cientificista, é constituída pelas correntes historiográficas da ciência: positivista, representada por Georges Sarton e, neopositivista ou positivismo lógico, demarcada pelo verificacionismo e uso da lógica e da linguagem matemática em rejeição à metafísica, representada pelo Círculo de Viena e protagonizada por Rudolph Carnap. A segunda tendência, a anticientificista, constitui-se pelas correntes historiográficas da sociologia da ciência, representada por Ludwik Fleck, Karl Mannheim, Robert Merton, David Bloor e Barry Barnes (Programa Forte) e Bruno Latour; “descontinuista da ciência”, representada por Gaston Bachelard, Georges Canguilhem, Alexandre Koyré e seu núcleo parisiense de historiadores e filósofos da ciência; e pela corrente “histórica da ciência”, que tem Thomas Kuhn como principal expoente, ao lado do físico e historiador da ciência James Bryant Conant e do filósofo e historiador Paolo Rossi.

Existem outros debates relevantes, alguns deles sob o rótulo de racionalismo crítico que não se encaixam nas duas grandes tendências historiográficas, mas que, com elas dialogam, como os adeptos do

---

<sup>2</sup> O advento do historicismo alemão ocorreu ainda no século XVIII com Johann Martin Chladenius (1710-1759), sendo marcado por historicistas realistas como Carsten Niebuhr (1733-1815), Georg Gervinus (1805-1871) e Leopold Von Ranke (1795-1886) e historicistas relativistas como Johann Gustav Droysen (1808-1884) e Wilhelm Dilthey (1833-1911). A *Historik* de Droysen [1883] é uma importante obra do historicismo alemão e o pensamento de Ranke foi fundamental para o surgimento da Escola Metódica da França. O marco inicial da França ocorreu com a publicação da *Revue Historique* em 1876 por Gabriel Monod e Gustave Charles Faganiez e serviu de referência para os metódicos Charles Victor Langlois e Charles Seignobos produzirem o manual *Introdução aos estudos históricos*, publicado em 1898 (Bentivoglio, 2009; Barros, 2012).

falseacionismo de Karl Popper, para quem que as teorias científicas são sempre passíveis de refutabilidade (falseabilidade), cuja atitude científica consiste em submetê-las a testes; ou ainda os “programas de investigação” de Lakatos que propõem o isolamento do “núcleo duro” (*hard core*) interno, que deve permanecer intacto protegido pelo “cinturão protetor” (uma vez refutado, destrói o programa) constituído por hipóteses e metodologias auxiliares que podem ser reformuladas em função de anomalias. Ambas se pautam na dicotomia internalismo/externalismo, distinguindo o “contexto de descoberta” (externo) do “contexto de justificação” (interno), conforme propôs o filósofo da ciência Hans Reichenbach na década de 1930. No entanto, todos convergem para o mesmo objetivo: encontrar princípios e critérios capazes de justificar os limites de demarcação entre ciência e não-ciência.

Os debates acerca dos limites da ciência e compreensão da Natureza da Ciência encontram-se no centro de investigações de especialistas das ciências da natureza e das ciências humanas (história e filosofia da ciência) e provocam discussões também entre especialistas em educação científica. Desde o advento da ciência moderna no século XVII, passando por Descartes, Galileu e Newton, discute-se acerca dos critérios demarcatórios da ciência, relativizados desde o fim do século XIX com a teoria dos *quanta* e no início do século XX com a teoria da relatividade, culminando nos debates epistemológicos nas décadas de 1960 e 1970 oriundos do pensamento de Thomas Kuhn. Debates promovidos no limiar do século XXI por especialistas da área de educação científica e ensino de ciências colocam, como cerne das investigações acerca dos limites demarcatórios da ciência, a essencial compreensão da Natureza da Ciência para a melhoria do processo ensino-aprendizagem de ciências e a qualidade da educação (Bell, Abd-el-Khalick, Lederman e McComas, 2001; Matthews, 1995).

Entretanto, observar a própria dinâmica do desenvolvimento científico pode acrescentar novas questões e/ou confirmar debates

existentes que apontam para a desconstrução<sup>3</sup> de dogmas responsáveis pela imagem de ciência cientificista descolada da realidade. A desconstrução da imagem cientificista da ciência tem como evidência a pandemia de Covid-19 que, neste capítulo, servirá de base para reflexão sobre a NdC, cuja análise epistemológica a partir do concreto trouxe à tona diversos aspectos até então eclipsados envolvendo discussões acerca do critério demarcatório e de objetividade, embora discutidos há mais de um século no campo teórico-metodológico.

Enquanto evidência epistemológica, a pandemia trouxe à luz as diversas dimensões da ciência, entre as quais estão a histórica, a social, a cultural, a política e a econômica que sempre integraram a ciência, mas que, ao mesmo tempo, foram alijadas da epistemologia para garantir o “estatuto forte da ciência” associado a resultados relevantes com o objetivo de reafirmar a imagem dominante de ciência cientificista, dogmática, universal e neutra.

Assim, o presente capítulo deseja identificar, sob o olhar das humanidades, dois aspectos: qual é a Natureza da Ciência revelada pelos impactos da pandemia de Covid-19? Quais os possíveis legados epistemológicos deixados pela pandemia? A hipótese é que os desafios da ciência, em face dos acontecimentos pandêmicos, podem ajudar a compreender a NdC contemporânea, em que a Covid-19, concebida como evidência e investigada a partir de alguns aspectos do processo de desenvolvimento da vacina, confirma a hipótese de que a ciência é complexa e que os limites demarcatórios do cientificismo dogmático, neutro, portador de verdades absolutas e universais, assim como os binarismos ciências humanas *versus* ciências da natureza e internalismo *versus* externalismo, não se sustentam diante da complexidade, historicidade e multidimensionalidade da ciência. A prática e concretude do existencial promoveram a oportunidade de um “diálogo vivo” na consolidação de discussões teóricas desenvolvidas por pesquisadores pertencentes à tradição da “tendência historiográfica anticientificista”

---

<sup>3</sup> Neste capítulo, utilizamos o conceito de desconstrução desenvolvido pelo filósofo Jacques Derrida, inspirado na *Destruktion* de Martin Heidegger. A partir da crítica desenvolvida na conferência *La structure, le signe et le jeu dans le discours des sciences humaines*, proferida na Universidade de Johns Hopkins, nos Estados Unidos (1966), Derrida defende a desconstrução dos cânones do estruturalismo.

(não-dogmática/histórico-social), contribuindo para o que denominamos “virada epistemológica histórico-ontológica”, caracterizada pela historicidade imanente à ciência.

## **2. A pandemia de Covid-19 como possibilidade de desconstrução da tendência historiográfica cientificista**

A ciência, da perspectiva da história do tempo presente, ocupou um papel central na condução de medidas sanitárias preventivas e na busca de solução para o enfrentamento do vírus SARS-CoV-2 causador da Covid-19, tendo as vacinas se transformado nos principais instrumentos de controle da pandemia.

Nos primeiros dias de janeiro de 2020, a “China informou à Organização Mundial da Saúde sobre a epidemia do novo coronavírus e disponibilizou para o mundo a sequência do genoma viral em 11 de janeiro”. A Organização Mundial de Saúde (OMS), “anunciou a pandemia Covid-19 em 11 de março, quando o vírus já se disseminava por inúmeros países” (Homma *et al.*, 2021, p. 166).

A “corrida pela vacina”, embora tenha reafirmado a centralidade da ciência para a sociedade, com a mesma força expôs fragilidades e fissuras na própria epistemologia e formação em ciências, em que a tradição “cientificista”, ainda predominante no imaginário social e na educação científica, reforçou a desconexão entre teoria e realidade do cotidiano dos laboratórios de ciência,<sup>4</sup> contribuindo para gerar confusão e descrença na ciência, facilitando a inserção de discursos ideológicos e religiosos que culminaram em negacionismos e forte adesão aos movimentos antivacina. A corrida pela vacina também revelou um alto grau de desigualdade social e econômica, tanto local quanto global, assim como demonstrou que o investimento em desenvolvimento científico se faz necessário em qualquer país.

A pandemia de Covid-19 oportuniza a análise da ciência por meio de um diálogo vivo e participativo da sociedade, não daquela ciência

---

<sup>4</sup> Destaco aqui a importância do trabalho etnográfico realizado pelo sociólogo Bruno Latour e Steve Woolgar sobre o cotidiano do laboratório *Salk Institute for Biological Studies* descrito no livro *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos* (1997). Latour descreveu o cotidiano do laboratório e as atividades científicas permeadas por aspectos sociais, tendo o seu trabalho sido recepcionado por parte da comunidade científica como relativismo científico.

cientificista ainda parte da Educação Básica e do Ensino Superior, ou seja, epistemologicamente neutra e de viés internalista, mas uma ciência em que as dimensões históricas e sociais lhe são imanentes. Por certo, que admitir as variadas dimensões das humanidades não desconstitui a ciência, visto que devem ser mantidos os critérios demarcatórios estruturantes que a diferenciam da não-ciência ou pseudociência,<sup>5</sup> como uso do método (pluralismo metodológico) e evidência científica.

Para proceder à breve análise da ciência a partir da pandemia, o nosso recorte será o desenvolvimento da vacina cujas variadas fases poderiam perfeitamente se encaixar na visão de ciência dominante, de viés internalista, em que nenhum fator tido como “externo” afetaria o resultado (para alguns, único e absoluto) do experimento científico. Porém, veremos adiante que a realidade concreta e existencial em que a vacina foi desenvolvida revela o predomínio da tendência historiográfica anticientificista, na qual fatores concebidos como “externos” compõem o núcleo da ciência.

Para a análise das fases do desenvolvimento da vacina, utilizamos o infográfico publicado pela FIOCRUZ que sintetiza, de maneira descomplicada, as referidas fases.

**Quadro 1.** Fases do desenvolvimento da vacina (Revista Radis-Fiocruz, n. 216, set. 2020).

**1. FASE EXPLORATÓRIA ou LABORATORIAL**

Estudo do agente causador da doença (no caso, o vírus) e de propostas de vacina.

*Objetivo:* identificar as “peças” que ajudam a montar o quebra-cabeça da vacina.

---

<sup>5</sup> No âmbito da filosofia e história da ciência, a distinção entre teorias científicas e pseudocientíficas é um “problema da demarcação” do qual se ocuparam os filósofos Karl Popper (1902-1944) e Imre Lakatos (1922-1974), entre outros. A resposta de Popper a este problema é que as teorias científicas são refutáveis (falseáveis) e que a atitude científica consiste em submeter as teorias a testes que visam refutá-las ou falsificá-las. Em alternativa ao falseacionismo, Lakatos defende que a solução do problema da demarcação não está em refutar teorias (seria ingênuo, porque os cientistas não rejeitam as teorias apenas porque os fatos científicos as contradizem, “por ensaio e erro”, mas também por aspectos ditos “externos” – disputas políticas, acadêmicas etc.), mas pensar unidades mais abrangentes, ou seja, em “programas de investigação”, investigando o que o torna científico.

<p><b>2. FASE PRÉ-CLÍNICA</b>  Testes <i>in vitro</i> (modelos celulares, com células de rins de macaco) e <i>in vivo</i> (animais).  <i>Objetivo</i>: verificar se há efeito tóxico e como a vacina se comporta no organismo de outros animais.</p>
<p><b>3. ENSAIOS CLÍNICOS</b>  Realizados em seres humanos. São três fases antes do registro.</p> <p>Fase 1  <i>Objetivo</i>: saber se a vacina é segura.  <i>Participantes</i>: dezenas de adultos saudáveis.</p> <p>Fase 2  <i>Objetivo</i>: observar a segurança e verificar a imunogenicidade (capacidade que uma vacina tem de estimular o sistema imunológico a produzir anticorpos). Também testa os diferentes esquemas vacinais (doses e intervalos entre elas).  <i>Participantes</i>: centenas de pessoas.</p> <p>Fase 3  É a última fase do estudo antes do registro.  <i>Objetivo</i>: verificar a eficácia em condições.  <i>Participantes</i>: milhares de pessoas.</p> <p>Como acontece a fase 3?  Uma parte dos voluntários recebe a vacina e a outra parte um produto ineficaz (placebo). Nem os participantes nem os pesquisadores sabem quem recebeu a vacina e quem recebeu o placebo (estudo duplo cego). Ao final, o “cegamento” é quebrado e os resultados são avaliados.</p>
<p><b>4. REGISTRO</b>  Aprovação pela Anvisa, requisito obrigatório antes de aplicar na população.</p>
<p><b>5. FABRICAÇÃO</b>  Envolve a produção em larga escala e atividades como envasar e rotular. É preciso também a produção de insumos, como ampolas e seringas.</p>
<p><b>6. DISTRIBUIÇÃO</b>  Disponibilização para a população e farmacovigilância.  A vacina é aplicada em milhões de pessoas. Essa fase envolve a farmacovigilância ou Fase 4, que avalia a segurança em larga escala, a ocorrência de eventos adversos e a proteção em longo prazo.</p>

Embora todas as fases do desenvolvimento científico da vacina sejam importantes, por certo que o momento decisivo está concentrado nas três primeiras fases (sobretudo na Fase 1), e, talvez, essas fases, se analisadas da perspectiva do cientificismo, representem

o “núcleo duro” (Lakatos, 1998), em que os aspectos “internos” da ciência se encontram protegidos da intervenção ou do impacto dos aspectos ditos “externos”, isto é, sociais, históricos, políticos, ideológicos, econômicos, entre outros.

Das três fases, a fase exploratória ou laboratorial seria ainda mais representativa do modelo cientificista de ciência, visto que, de certo modo, confirmaria a teoria de que a pesquisa realizada dentro do laboratório depende de descoberta científica, que a partir de determinada evidência, utilizando o método científico, conduziria a um resultado também científico decorrente de verdade única, universal e absoluta pautada na neutralidade do cientista.

Contudo, analisar essas fases à luz dos acontecimentos vivenciados na pandemia resulta na desconstrução de dogmas cientificistas que, de certa maneira, tornaram-se conflitantes com a realidade concreta. Este capítulo aponta para algumas evidências desta desconstrução.

## **2.1 Primeira evidência: desconstrução do critério cientificista da dicotomia internalismo vs. externalismo**

Destacamos a dicotomia internalismo *versus* externalismo como principal dogma cientificista, visto que estruturante da discussão acerca dos limites demarcatórios entre ciência e não-ciência. Debates de mais de um século envolvendo expoentes da história e filosofia da ciência como Rudolph Carnap, Thomas Kuhn, Karl Popper, Lakatos, Ludwik Fleck, dentre outros, buscam compreender se a NdC (ou sua epistemologia) se resume a aspectos internos (método, pesquisa científica, etc.) ou inclui aspectos *ditos* externos, como questões econômicas, sociais e históricas, envolvendo inclusive, a pretensa neutralidade e universalidade da ciência.

A corrida das vacinas evidenciou que, para a realização das fases 1 e 2, ou seja, exploratória ou laboratorial e pré-clínica, não bastam disposição e empenho dos cientistas ou demanda em realizar pesquisas e promover descobertas científicas. São necessários aparatos políticos, financeiros, tecnológicos e institucionais, disponibilidade de matéria-prima e insumos, sem os quais a pesquisa nem sequer pode ser começada.

Sem a pretensão de esgotar as possibilidades que são inúmeras e diversas, traremos alguns exemplos de como a pandemia de Covid-19, representada pelo papel da ciência na “corrida das vacinas”, consolida a interferência de fatores *ditos* externos na ciência e, para além, demonstra que a dicotomia internalismo *versus* externalismo não existe, sobretudo porque os tais “fatores externos” são intrínsecos à ciência, ou seja, constitutivos dela própria.

Para a concretização da fase 1, exploratória ou laboratorial, em que ocorre o estudo do agente causador da doença, e da fase 2, de testes *in vitro* e *in vivo* com as respectivas propostas de vacinas e das pesquisas científicas envolvendo o vírus SARS-CoV-2, foram necessários insumos e tecnologias, o que significa que dependeu de investimento e financiamento, bem como de decisões políticas e institucionais capazes de promover o desenvolvimento da pesquisa.

A realidade da ciência brasileira pôde ser acompanhada por milhões de brasileiros, em tempo real pelos mais variados meios de comunicação, explicitando a dimensão política e econômica da ciência, então eclipsada pela imagem de ciência dominante, realçando inclusive a fragilidade da ciência quando exposta a aspectos religiosos, ideológicos e de politização da ciência – que não é sinônimo de dimensão política, visto que a política é intrínseca à ciência, e a politização é o uso da ciência como ferramenta de persuasão política e de manipulação ideológico-partidária.

As pesquisas científicas no Brasil foram claramente definidas por questões político-ideológicas e econômicas, fatores considerados externos à ciência. Entraves políticos e ideológico-partidários aos quais esteve submetida a ciência (referência mundial no campo vacinal) durante o período pandêmico, mesmo ante a gravidade que a transformou em objeto de Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) do Senado Federal,<sup>6</sup> não contemplados aqui, senão como impactos epistemológicos.

A postura política adotada pelo governo federal e pelo Ministério da Saúde impactou diretamente no desenvolvimento científico de vacinas aptas a combater o vírus SARS-CoV-2, revelando que as

---

<sup>6</sup> Todo material da CPI da pandemia encontra-se disponibilizado no *site* do Senado Federal, desde as audiências públicas e oitivas até o Relatório final (1.287 páginas) aprovado pela Comissão em 26/10/2021 (*cf.* Senado Federal, 2021).

descobertas científicas não estão restritas à natureza, à pesquisa ou diretamente ao empenho do cientista e/ou das instituições de pesquisa, não sendo suficientes, se não houver vontade política e investimento econômico, condições que impactam diretamente no resultado da ciência.

Além dos entraves políticos e ideológicos, a problemática envolvendo os insumos farmacêuticos ativos (IFAs), componentes indispensáveis à fabricação das vacinas, corrobora a pandemia como evidência científica capaz de demonstrar que a NdC dissipa a dicotomia internalismo *versus* externalismo. Para a realização da pesquisa científica, além da matéria-prima do vírus, de parte do material genético do SARS-CoV-2 (dependendo da metodologia utilizada), são também necessários os IFAs, entre os quais se encontram os adjuvantes, com o objetivo de melhorar a resposta imune; os excipientes, necessários à estabilização e segurança; e o *buffer*, utilizado como regulador do *ph* e proteção da vacina.

Ocorre que, de acordo com os dados da Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos (Abiquifi), o Brasil produz apenas 5% dos insumos utilizados na fabricação de medicamentos “e precisaria investir US\$ 1 bilhão em desenvolvimento e infraestrutura para ampliar para 20% a produção nacional dentro de cinco a 10 anos”, embora “já foi capaz de elaborar cerca de 50%, na década de 1980” (Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos, 2021, s.p.). São as chamadas “questões externas”, neste caso, econômica e política impactando diretamente nos rumos e resultados da ciência, porque qualquer variação nos insumos importados de países diversos, entre os quais majoritariamente a China, mas também os EUA, a Alemanha, a Índia e a Suécia, pode impactar nos resultados da pesquisa.

A vivência experimentada pela população desconstrói o dogma cientificista de que a ciência se divide em aspectos internos (descoberta científica, pesquisa laboratorial, neutralidade etc.) e aspectos externos (social, histórico, político, econômico etc.). Ao contrário, restou comprovado em diversas e variadas situações, dentre as quais elegemos as questões política (sem adentrar na politização e ideologia) e econômica na perspectiva do investimento em ciência, que os aspectos denominados externos não apenas integram a ciência

como são a ela imanentes, dela constitutivos, visto que sem eles a ciência não se consuma. Com isso, são necessários financiamentos e políticas públicas capazes de garantir minimamente incentivo e investimento em ciência, em formação de cientistas pesquisadores, além dos insumos e aparatos tecnológicos indispensáveis ao desenvolvimento científico.

## **2.2 Segunda evidência: desconstrução do critério de universalidade da ciência**

O conceito de universalidade na ciência pode referir-se, ao mesmo tempo, ao acesso à ciência, numa dupla perspectiva de quem faz ciência e quem se beneficia dela, e, ao método universal como critério de validade e objetividade científica.

### ***2.2.1 Universalidade do acesso de quem faz ciência e de quem dela se beneficia***

Segundo Ilana Löwy (2000, p. 27), não podemos “falar de ‘universal’ (saber universal, valores universais) sem examinar o que esse termo encobre, o que exclui e o que esconde”. Esse argumento aplica-se ao acesso à ciência ou à falta dele, e aos critérios de racionalidade e objetividade definidos por um único método científico. Adverte Löwy (2000) que “o conceito de universal frequentemente serviu de ferramenta de opressão”, em que o universal existente tem sido destinado a impor o “ponto de vista dos dominantes”, sendo desejável a “possibilidade de desenvolver um conceito de universal que inclua o ponto de vista dos dominados” (LÖWY, 2000, p. 27).<sup>7</sup>

Universalidade, ainda na perspectiva do acesso à ciência, no verbete do *Dicionário da Educação Profissional em Saúde*, da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), tem sido relacionada ao campo do direito e dos direitos humanos que “defendem a universalidade do direito à

---

<sup>7</sup> Neste artigo, Löwy desenvolve uma análise crítica do conceito de ciência universal a partir do papel do saber científico nas intersecções entre estudos de gênero e ciências. Não obstante as questões de gênero representem a categoria dos “dominados” ante ao ponto de vista do universal dominante, ampliamos a categoria dos “dominados” para pensar em questões étnico-raciais, de desigualdade econômico-social e relações coloniais entre países, como excludentes do acesso à ciência, seja do viés de quem faz ciência, seja de quem dela se beneficia.

saúde em escala global, como Movimento da Saúde dos Povos, bem como a produção estatal e o fornecimento gratuito de medicamentos essenciais a todos aqueles que necessitam” (Matta, 2009, p. 1) não se reduzindo à categoria de Estado assistencialista, mas representando um “valor a ser fortalecido e defendido como um projeto emancipatório de sociedade” (Matta, 2009, p. 1).

Os “benefícios da ciência devem ser compartilhados por todos”, diz o comunicado conjunto emitido pelo diretor-geral da OMS, Tedros Adhanom, seguido pela diretora-geral Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), Audrey Azoulay, e pela alta comissária da ONU para os Direitos Humanos, Michelle Bachelet, reafirmando a necessidade de cooperação entre todos os países durante a pandemia de Covid-19 (Nações Unidas Brasil, 2020). Tedros Adhanom defende que a pesquisa aberta ajuda a promover transparência, inclusão e solidariedade, visto que as “melhores tecnologias de saúde e descobertas não podem ser privilégio de poucos, mas precisam estar à disposição de todos” (Nações Unidas Brasil, 2020, s.p.). Audrey Azoulay ressaltou a necessidade de acesso universal à ciência, pois a “solidariedade demonstrada na comunidade científica global é um modelo para o futuro”, destacando que “antes da Covid-19 apenas uma em cada quatro publicações científicas era aberta e acessível a todos, excluindo milhões de pesquisadores da possibilidade de intercâmbio com colegas de outras partes do mundo” (Nações Unidas Brasil, 2020, s.p.). Michelle Bachelet defendeu a emergência em democratizar a ciência, não apenas com acesso a publicações, mas também, com o “compartilhamento de dados, protocolos, software e infraestrutura”, sendo que a “partilha de conhecimento é uma questão de direitos humanos” (Nações Unidas Brasil, 2020, s.p.).

A assertiva dos líderes da ONU diante do mais grave quadro pandêmico do último século, no qual a ciência se apresentou como a principal solução, confirma que a universalidade de acesso à ciência pode ser uma meta, mas não é uma realidade. Não se vislumbra a universalidade de acesso à ciência: acerca de quem faz ciência ou de quem dela se beneficia.

A constatação da não-universalidade da ciência tornou inevitável a criação de um mecanismo de acesso mundial equitativo à ciência. O

*Access to Covid-19 Tools (ACT) Accelerator*, lançado em abril de 2020, liderado pela OMS em parceria com as principais organizações internacionais de saúde do mundo, é uma colaboração global única que apoia o desenvolvimento e a distribuição equitativa dos testes, tratamentos e vacinas de combate à Covid-19. O *ACT Accelerator* é composto por quatro pilares: diagnóstico, terapêutica, vacinas e fortalecimento do sistema de saúde. Destacamos que o “ pilar vacinas ” procurou acelerar a busca por uma vacina eficaz para todos os países e, ao mesmo tempo, apoiou a construção de capacidades de fabricação e compra antecipada de suprimentos para que dois bilhões de doses pudessem ser distribuídas de forma justa até o fim de 2021. Com o objetivo de garantir que essas ferramentas chegassem às pessoas e países que delas necessitassem, o “ pilar fortalecimento do sistema de saúde ”, liderado pela OMS, pelo Banco Mundial e pelo Fundo Global, foi essencial ao cumprimento dos quatro pilares (World Health Organization, 2022).

O *ACT Accelerator* demonstra que a universalidade de acesso à ciência pode ser uma meta, porém, até o momento, apresenta-se como uma falácia, seja do ponto de vista de quem faz ciência, seja do ponto de vista de quem dela se beneficia. No âmbito global, o acesso à ciência é desigual entre países economicamente desenvolvidos e periféricos, seguindo a dinâmica dos colonizadores e colonizados, tornando-a ainda mais complexa ao revelar que o jogo não envolve apenas a descoberta científica, mas, principalmente, envolve um jogo econômico de relação política e de poder entre quem detém e constitui o monopólio da tecnologia e dos insumos, reafirmando no cenário atual as potências chinesa, norte-americana e de alguns países europeus. No âmbito local de muitos países, entre eles o Brasil, teve desvelado e ampliado o fosso da desigualdade socioeconômica e étnico-racial, em que o acesso à ciência ainda é excludente de pobres que, em nosso país, coincide com negros periféricos.

Segundo o *Boletim Observatório Covid-19/Fiocruz*, o Brasil figurar entre os “ dez países com maiores desigualdades socioeconômicas do mundo ” (Fiocruz, 2021, s.p.) e se apresenta como um desafio adicional para o enfrentamento da pandemia. “ Embora a pandemia afete a população do país como um todo, seus impactos não afetam do mesmo modo todas as pessoas ” (Fiocruz, 2021, s.p.), sendo os mais

impactados aqueles que “possuem condições de vida e trabalho mais precárias” (Fiocruz, 2021, s.p.) e “maiores dificuldades no acesso aos bens e serviços essenciais” (Fiocruz, 2021, s.p.), tornando-se ainda vulneráveis a médio e longo prazo.

Boletins epidemiológicos das favelas do Rio de Janeiro confirmam a prejudicial reciprocidade entre desigualdade socioeconômica e étnico-racial e a Covid-19. O *Radar Covid-19 Favelas*, vinculado ao Observatório Covid-19 da Fiocruz, traz relatos de moradores, notas de movimentos sociais e coletivos, denúncias e reportagens sobre o contexto enfrentado por territórios de favela e periferia durante a pandemia. Relata que, em síntese, é das favelas (e das periferias em geral) que vem o “pobre que está se espremendo dentro de trens, metrô, ônibus e BRT lotados para servir ao eixo centro-zona sul” (Lima *et al.* 2020, p. 11). O viés empírico dos *Boletins*, para além de estudos científicos e estatísticas, destaca as dificuldades básicas do morador de favela em lidar com questões da pandemia diante da falta de acesso e oportunidades de outros cidadãos, visto que o morador da favela não teve direito à quarentena, lidou com a falta de água para fazer sua higiene e de espaço nas ruas, nos transportes coletivos e em suas próprias casas para fazer o distanciamento (Lima *et al.*, 2020).

Vivenciamos o indispensável distanciamento e isolamento social como forma de reduzir a circulação do vírus, assim como medida de proteção da população a fim de evitar a contaminação e o colapso no sistema de saúde. Essa vivência revelou que o vírus potencialmente atingiria a todos, porém os riscos e os efeitos mais danosos e, até mesmo, letais tiveram maior impacto junto à população mais vulnerável.

A universalidade de acesso à ciência foi desconstruída em todas as fases da pandemia, desde a inviabilidade do cumprimento de regras e orientações científicas de medidas sanitárias e prevenção, considerando higiene, distanciamento e isolamento social, até a dificuldade de acesso a hospitais por parte da população em condição de vulnerabilidade social, o mesmo ocorrendo em nível global com relação aos países periféricos.

### **2.2.2 Universalidade do método vs. pluralismo metodológico: entre o cientificismo e o relativismo**

No livro *Contra o método* (2011[1977]), o físico e filósofo da ciência austríaco Paul Feyerabend rechaça a unicidade do método, defendendo um anarquismo que valida um pluralismo metodológico. Embora rotulada de relativista por parte da comunidade científica, sua posição mostra-se compatível com a complexidade e historicidade da ciência.

A essência da universalidade do método científico reside na possibilidade de repetibilidade do experimento com vistas a um único resultado absoluto passível de reprodução, sendo que, ao longo de vários séculos e, ainda hoje, para muitos, representa o núcleo do estatuto forte das ciências da natureza, sobretudo do cientificismo, em oposição ao relativismo das ciências, em especial promovido pela história, cujo cerne é a irrepetibilidade dos resultados, visto que são particularizantes, ou seja, relativos.

A ideia de universalidade da ciência, embora pertença à tradição cientificista, de certo modo está presente no pensamento anticientificista quando Thomas Kuhn defende o engajamento da comunidade científica na manutenção do paradigma a fim de retardar uma eventual revolução científica.<sup>8</sup> Segundo Kuhn (2006, p. 180), a “ciência normal, processo geralmente cumulativo, por meio do qual as crenças aceitas de uma comunidade científica ganham substância e são articuladas e ampliadas” é responsável pela manutenção do paradigma e, ordinariamente, representa o desenvolvimento da ciência.

Tudo o que envolve manutenção e repetibilidade do resultado por meio de um método e/ou teoria, que determina a prática da comunidade científica na fase de ciência normal, pode conduzir à universalidade em forma de totalitarismo na ciência, que pouco tem a ver com leis e teorias e muito com o poder econômico e interesses de grandes potências, em que um dos grupos ou comunidade científica

---

<sup>8</sup> “[...] quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações extraordinárias, que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. Os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais são denominados, neste ensaio, de revoluções científicas” (Kuhn, 2009, p. 24).

consegue persuadir os demais a adotar o seu modelo de ciência com vista à manutenção da hegemonia.

O desenvolvimento das vacinas de Covid-19 é uma evidência comprobatória acerca da diversidade de abordagens e metodologias, isto é, do conjunto de atividades sistemáticas que permite alcançar os objetivos da pesquisa. Porém, paradoxalmente, mesmo na diversidade está presente a busca pela preservação da universalidade controlada e centralizada pelas mesmas potências econômicas norte-eurocêntricas.

A universalidade e a unicidade do método cedem espaço à diversidade e ao pluralismo metodológico. Centros de pesquisa, universidades e laboratórios do mundo utilizaram três principais abordagens para o desenvolvimento da vacina, que basicamente se dividem em: utilização do “vírus inteiro ou bactéria; ou apenas partes do germe que desencadeia o sistema imunológico; ou ainda o material genético que fornece as instruções para fazer proteínas específicas e não todo o vírus” (World Health Organization, 2021a, s.p.). Essas três abordagens comportam variadas metodologias: a) vacina inativada, contém o vírus SARS-Cov-2 por inteiro, porém quimicamente inativado; b) vacina atenuada ao vivo, versão viva mas enfraquecida do vírus ou uma muito semelhante; c) vacina vetorial viral, utiliza um “vírus seguro para fornecer subpartes específicas – chamadas proteínas – do germe de interesse para que possa desencadear uma resposta imune” (World Health Organization, 2021a, s.p.), em que o vírus seguro serve de plataforma ou vetor para entregar a proteína no corpo responsável por desencadear a resposta imune; d) vacina de subunidade, utiliza apenas partes muito específicas (as subunidades) de um vírus ou bactéria que o sistema imunológico precisa reconhecer (não contém micróbio inteiro e não utiliza vírus seguro como vetor); e) vacina de RNA mensageiro (ácido nucleico), introduz no organismo a sequência do RNA mensageiro que contém a fórmula para que essas células produzam proteínas específicas do agente que se quer imunizar (World Health Organization, 2021a).

Esse pluralismo metodológico, representado pelo uso de variadas metodologias para o desenvolvimento da vacina de Covid-19, desconstrói de forma empírica a ideia de universalidade da ciência. Ademais, demonstra o contrário, a diversidade da pesquisa científica, proveniente do uso de metodologias e/ou abordagens e teorias científicas distintas conduzindo a resultados relativos, porém igualmente eficazes e passíveis de reprodução.

A universalidade do método, sustentáculo do projeto hegemônico de ciência produzido pelas potências econômicas norte-eurocêntricas, foi substituída pelo pluralismo metodológico, ao que parece, preservando a função de manutenção da hegemonia por parte das mesmas potências, conforme informações do Quadro 2.

**Quadro 2.** Tipos de vacina da Covid-19 e metodologias, elaborado pela autora, com base em dados da World Health Organization (2021), Organização Pan-americana da Saúde (2021) e Portal do Butantan (2021).

<p><b>CoronaVac/Sinovac</b>  Desenvolvida no Brasil em parceria com o Instituto Butantan  <i>Metodologia:</i> vírus inativado/enfraquecido  <i>Origem:</i> China  <i>Eficácia:</i> a eficácia global pode chegar a 62,3% se o intervalo entre as duas doses for igual ou superior a 21 dias. Nos casos que requerem assistência médica, a eficácia pode variar entre 83,7% e 100%.</p>
<p><b>AstraZeneca/Oxford</b>  Desenvolvida no Brasil, em parceria com a Fiocruz  <i>Metodologia:</i> Vetor viral  <i>Origem:</i> Reino Unido  <i>Eficácia:</i> 76% após a primeira dose e 81% após a segunda.</p>
<p><b>Janssen</b>  <i>Metodologia:</i> vetor viral  <i>Origem:</i> Estados Unidos  <i>Eficácia:</i> 66,9% em casos leves e moderados; 76,7% contra casos graves, 14 dias após a aplicação.</p>
<p><b>Moderna</b>  <i>Metodologia:</i> RNA mensageiro  <i>Origem:</i> Estados Unidos  <i>Eficácia:</i> 94,1% com base em um acompanhamento médio de dois meses. Alta eficácia mantida em todas as faixas etárias (acima de 18 anos) e não foi modificada por sexo ou etnia (OPAS).</p>
<p><b>Biontech/Pfizer</b>  <i>Metodologia:</i> RNA mensageiro  <i>Origem:</i> Estados Unidos/Alemanha  <i>Eficácia:</i> 95% após a segunda dose.</p>

A diversidade metodológica decorre dos impactos causados pela dimensão política e econômica, por escolhas científicas ou facilidade de acesso a determinado tipo de IFA, mas não somente. Ela também acontece para atender à diversidade humana e demandas de variados grupos populacionais cuja eficácia das vacinas está relacionada à

idade ou comorbidades por exemplo, e ainda depende de aspectos logísticos quanto a fabricação, armazenamento ou aplicação de uma ou mais doses.

O cientificismo, representado pela unicidade do método com vistas à busca da verdade absoluta do resultado científico, cede lugar ao pluralismo científico e metodológico garantindo as mesmas condições de cientificidade (não de cientificismo) e de objetividade científica e, neste sentido, desconstruindo também a visão de ciência que insere o pensamento feyerabendiano no rol do relativismo capaz de comprometer os critérios de objetividade científica.

### **3. Compreender a Natureza da Ciência e os legados da pandemia para a epistemologia: um desafio para as ciências humanas**

Por meio de acontecimentos vivenciados pela sociedade, com destaque para o protagonismo da comunidade científica, não somente em face da Covid-19 (doença) e das vacinas, mas também em relação às pesquisas científicas em busca da prevenção e controle, confrontou-se a imagem de ciência amplamente disseminada com uma realidade em que dogmas cientificistas, como neutralidade e universalidade, estão sendo desconstruídos. Com isso, foi possível o surgimento de legados relevantes para a compreensão de uma visão acerca da Natureza da Ciência distanciada do epistemologismo neutro, mas forjada no rio lamacento de sangue da história (Rossi, 2001, p. 9), dando lugar a uma espécie de epistemologia histórico-ontológica (Vieira, 2022, p. 195), em que a história e a ontologia são imanentes à ciência, cujas aberturas estão dadas pela historicidade advinda do mundo vivido a ela intrínseco, em que acontecimentos em torno dos aspectos científicos da Covid-19 surgem como legado epistemológico relevante para compreender a imagem de ciência complexa e multidimensional.

O mais impactante legado da pandemia reside na desconstrução da imagem-concepção de ciência (não desconstrução da própria ciência) encoberta pela frágil camada de cientificismo que ainda insiste em mantê-la sob controle, sem interferências denominadas “externas” que possam conduzi-la ao relativismo científico e comprometer os critérios demarcatórios que a definem. Por certo que

essa desconstrução não saiu incólume, pois contribuiu para ascensão do discurso negacionista e anticientífico, que, embora possua diversas causas possíveis, a exemplo da mobilização político-ideológica e religiosa, também a negação da ciência se deu diante do descompasso entre a imagem de ciência cultivada pela sociedade e a realidade científica.

O desenvolvimento das vacinas, acompanhado em tempo real pela população, evidenciou tanto as dificuldades das pesquisas quanto o incessante processo de “tentativa e erro” inerente aos processos de pesquisa, desconstruindo a imagem de ciência cultuada ao longo dos séculos, na qual os resultados exitosos representam verdades absolutas, ainda hoje, reiteradamente reproduzidas pela educação científica.

Os binarismos presentes nos debates historiográficos da ciência, *internalismo versus externalismo*, *verdade absoluta versus verdades relativas*, *ciências humanas versus ciências da natureza*, consolidados pelas tradições *cientificismo versus anticientificismo*, representam dicotomias que não se sustentam diante da complexidade explicitada pela pandemia.

A posição binária dicotômica que sustenta a ciência demanda crítica passível de desconstrução, não no sentido de destruição, mas naquele proposto pelo filósofo franco-argelino Jacques Derrida, que significa decomposição com o objetivo de descobrir partes encobertas e dissimuladas, nas quais aspectos ditos externos à ciência contribuem para o abalo no pensamento metafísico. O pensamento pautado em relações binárias não permite coexistência, desvelamento de nuances e complexidade, mas, contrariamente, estabelece hierarquia de um sobre o outro. No entanto, a desconstrução está estreitamente relacionada à dissolução das rígidas e binárias oposições conceituais, pois “não estamos lidando com uma coexistência pacífica de um face a face, mas com uma hierarquia violenta. Um dos dois termos comanda (axiologicamente, logicamente etc.), ocupa o lugar mais alto” (Derrida, 2001, p. 48).

Desconstruir a oposição significa primeiramente inverter a hierarquia, isto é, “significa [ainda] operar no terreno e no interior do sistema desconstruído” (Derrida, 2001, p. 48), revelar as ambiguidades e contradições, interrogar e desestabilizar o pensamento dominante,

desvelando as nuances e os matizes que entremeiam os polos do binarismo, sem necessariamente escolher entre um e outro dentre os múltiplos existentes, mas conceber a possibilidade de coexistência. Por fim, a desconstrução operada pela pandemia que estimulou novos questionamentos acerca da ciência não visa à destruição da ciência e seus critérios de cientificidade, mas o ato de questionar com o objetivo de decompor estabelecendo a crítica ao pensamento canônico para (re)organizar.

Em síntese, percorrer as veredas pela via da compreensão da NdC não

[...] destrói [a ciência], apenas [a] desconstrói, porém, atinge moradores antigos e tradições arraigadas que alimentam e se retroalimentam da hegemonia local, modifica a paisagem assentada pelo tempo provocando desarmonia, até que refloresça o novo entrecruzado pelo antigo, atraia olhares que incentivam novos cultivos. A muitos agrada, a outros incomoda. Talvez a descoberta de que as mudanças e o movimento sempre integraram a paisagem (de modo latente e silencioso, ou quem sabe, apenas controlados e sufocados), que agora a fazem irromper viva e pulsante. Ainda assim, apenas o tempo e os usos que os passantes fizerem dessa estrada dirão se terá valido a pena tentar compreender “Gaia” em lugar de apenas domesticá-la (Vieira, 2022, p. 342).

### **3.1 Primeiro legado epistemológico: desconstrução da dicotomia internalismo vs. externalismo e o desvelamento da complexidade da ciência**

A pandemia, no âmbito científico, revela que não se sustenta a NdC representada pela imagem de ciência dominante na qual há a neutralidade dos cientistas encastelados em suas “torres de marfim”, produzindo ciência na “tranquilidade dos *campus* ou no clima um tanto artificial dos laboratórios de pesquisas”, a partir de teorias, leis, fórmulas (internalismo) sem quaisquer interferências de fatores histórico-sociais *tidos* como externos à ciência (externalismo), diante do rio “ensanguentado e lamacento da história” (Rossi, 2001, p. 9). A realidade da ciência é histórico-social, por conseguinte ela se encontra perfeitamente adequada à tendência historiográfica anticientificista e suas várias correntes, sem com isso comprometer a sua objetividade,

estando os aspectos então considerados externos intrinsecamente ligados à ciência, ao seu desenvolvimento e às descobertas científicas, como o caso do vírus SARS-CoV-2 e a busca de vacina ou antiviral para a Covid-19, que são diretamente dependentes de políticas públicas, financiamentos e insumos, por exemplo, sem os quais a ciência não se realiza.

Desconstruir o binarismo internalismo/externalismo se torna possível pela realidade concreta e existencial analisada sob as lentes das humanidades, sobretudo pela via da dimensão histórica, cuja criticidade na análise do objeto ciência como um todo, incluindo a teoria do conhecimento (*episteme*) e as realizações práticas (*phronésis*) da existência humana, desencadeia rupturas com visões de mundo e imagens de ciência tradicionais dominantes, permitindo a revisão e ressignificação dessas mesmas imagens e conteúdos de forma a modificar a concepção dominante de ciência. A dinâmica de desconstrução permite (re)organizar a ciência, ou seja, promover, nos moldes da perspectiva derridiana, a recomposição ressignificada do que foi decomposto pela desconstrução.

Considerando a “dimensão histórica”,<sup>9</sup> a ciência desenvolvida ao longo da pandemia permitiu antever que, em lugar de aspectos internos e externos, a ciência possui múltiplas e dinâmicas dimensões que atuam de maneira simultânea (ou não), podendo ser composta pelas tradicionais dimensões que constituem o cientificismo, ou seja, dimensão da natureza, empírica e epistemológica, inevitavelmente imbricadas às dimensões que constituem o anticientificismo, isto é, dimensão social, econômica, histórica, ideológica ou política, por exemplo, interagindo reciprocamente e tornando inviável a clivagem entre externo e interno na ciência.

Cada uma dessas dimensões funciona como um “complexo rizomático” nos moldes do pensamento de Deleuze e Guattari (2011), não como unidades distintas (por exemplo, ciências da natureza *versus* ciências humanas ou laboratório *versus* política) que comportem

---

<sup>9</sup> É importante destacar que concebemos o conceito de “dimensão histórica da ciência” com base no conceito de “rizoma” em Deleuze e Guattari (2011). Neste sentido, tal dimensão é complexa e, portanto, composta de outros conceitos que integram a complexidade histórica: historiografia, historicidade, tempo, narrativa, memória, discurso, representação, entre outros, que podem ser utilizados em conjunto ou separadamente, preservando a singularidade de cada um dos conceitos.

clivagem entre interno e externo, mas, tal qual o rizoma, são direções dinâmicas e abertas, sem centralidade de interações (todas dimensões estão aptas a dialogar entre si sem hierarquia), sem relações binárias ou pontos de causalidade, sem ligações preestabelecidas, sem começo nem fim, sempre um meio, um emaranhado de linhas de intensidade (dimensões) que se interconectam, entrecruzam, sobrepõem, coexistem (ou não), justapõem, entrelaçam e interagem mesmo que à distância, cada uma comportando o seu próprio devir.

As dimensões (econômica, social, política, empírica, cultural, da natureza, epistemológica, da educação, sociológica, filosófica, epistemológica, tecnocientífica, antropológica, cognitiva, ideológica, institucional, psicológica, entre outras) são o próprio movimento, a ciência viva. São linhas de intensidade, de fuga ou de desterritorialização que escapam da tentativa totalizadora seguindo em direções movediças, estabelecendo múltiplas e complexas interações (com influências recíprocas) que metamorfoseiam a si e a outras sem apresentar uma forma fechada ou definitiva, isto é, a ciência é dinâmica e aberta a novas interações e resultados.

Ao longo das pesquisas em busca de controle da pandemia, vimos que várias dimensões da ciência foram determinantes para o desenvolvimento da pesquisa científica, por exemplo, a dimensão econômica foi determinante para o acesso aos insumos e quanto ao modo de fazer ciência e ao uso da metodologia científica, e, não fosse a questão política representada pela intervenção da OMS com o *ACT Accelerator*, apenas os países ricos teriam acesso à pesquisa científica e/ou resultados científicos eficazes.

O comportamento da ciência em busca de resultados para a Covid-19 revelou a existência de uma intrincada rede de dimensões complexas heterogêneas que agem umas com as outras de forma rizomática, em que a dimensão da natureza e ambiental interage com as dimensões culturais, históricas e sociais. A vivência e os modos de vida da população local de Wuhan, na China, contribuíram, a longo prazo, para a mutação do novo coronavírus originariamente causador da infecção de morcegos passando à infecção de humanos (INI/Fiocruz, 2020 [2022]). Vejamos uma problematização exemplificativa envolvendo variadas dimensões da ciência:

No caso do vírus, a “dimensão da natureza” tem alto fator de impacto, uma vez que é sujeito a mutações, e por isso, para cada novo vírus demanda nova pesquisa. A “dimensão econômica” e a “dimensão política”, seja do país ou interna às próprias instituições de pesquisa, precisam estar em sintonia, além de existir interesse na pesquisa, para destinar investimentos com vistas à prevenção ou erradicação da doença, aliada à “dimensão social”, que deve contar com políticas públicas para a redução da pobreza e melhoria das condições básicas sanitárias da população, a fim de que o combate não se torne prioridade apenas em momentos de surtos, epidemias ou pandemias. A “dimensão ideológica” também pode retardar pesquisas ou conduzi-las para outros rumos se, por exemplo, um governo neoliberal ou negacionista científico substitui o respaldo científico pelo mercado, por meio da indústria farmacêutica ou por crenças religiosas. A “dimensão ambiental” e a “dimensão cultural” atuam como veículos de aceleração da disseminação do vírus em descompasso com os investimentos e a realização de pesquisas científicas, seja pela degradação ambiental e dos habitats, o que aumenta a exposição dos demais animais e a possibilidade de contaminação em outras espécies, seja em decorrência de práticas e hábitos de alimentação de animais silvestres, por ex., expondo-se a potenciais patógenos. Toda essa complexidade multidimensional aliada às múltiplas, heterogêneas e coexistentes temporalidades faz com que a resposta científica seja de acordo com o desenvolvimento científico, cultural e econômico de cada região, desconstruindo a ideia dominante de verdade científica absoluta e universal (Vieira, 2022, p. 274).

Não se pode olvidar: a ciência é uma atividade humana, portanto histórica, complexa, dinâmica, ausente de neutralidade, o que não se confunde com ausência da objetividade necessária às ciências, tanto humanas quanto da natureza. Nesse sentido, a ciência “é uma atividade [humana], uma instituição e um corpo de conhecimentos que mudam no tempo” (Kneller, 1980, p. 27) ou, especificamente, mudam *com* o tempo, conforme veremos adiante na abordagem do conceito de historicidade.

A realidade complexa e multidimensional da ciência não coaduna com o cientificismo e seu viés internalista, neutralismo epistemológico e sua lógica interna de teorias, leis e fórmulas, visto que a ciência, no interior de sua estrutura, é, antes de tudo, constituída por uma

realidade complexa dinâmica e multifacetada, portanto histórico-ontológica (vivências enquanto ser social e sujeito), caracterizada por múltiplas dimensões e temporalidades, como se houvesse uma complexidade dentro da outra, imbricada, entrelaçada, entrecruzada que se interpenetra, perfazendo uma espécie de “complexidade das complexidades”<sup>10</sup> ou “complexo multidimensional”, sobretudo porque a ciência é feita pelo humano, que é por sua natureza, enquanto sujeito e ser social, complexo.

### **3.2 Segundo legado epistemológico: desconstrução do dogma do cientificismo e antirrelativismo e a ampliação dos limites demarcatórios da NdC**

Revelar que a ciência é uma atividade humana e que ela tem história resultaria, ainda hoje, no “mesmo fantasma que assombrou Mannheim e também acometeu o ‘programa forte’: a acusação de relativismo” (Maia, 2010, p. 9). Seria o antirrelativismo o caminho para a manutenção e o fortalecimento dos critérios cientificistas?

A dicotomia relativismo/antirrelativismo, em que o primeiro está associado à tendência histórico-social e, o segundo, à tendência cientificista, carece de desconstrução ante à complexidade da ciência. Embora o relativismo (ou os relativismos) identificado pela presença de fatores sociais e históricos na ciência seja um debate antigo protagonizado em 1929 com a “sociologia do conhecimento” de Mannheim, a partir do livro *Ideologia e utopia*, e reforçado na década de 1930 pelo médico e biólogo polonês Ludwik Fleck, no ano de 1962 é que ele despontou de forma ainda mais contundente com a publicação de *A estrutura das revoluções científicas*, de Thomas Kuhn. Este livro

---

<sup>10</sup> Ao abordar a ontologia do ser social, o filósofo húngaro György Lukács (1885-1971) defende que o ser social é um complexo composto de complexos heterogêneos e dinâmicos, isto é, um “complexo de complexos”, por possuir uma dinâmica interna do complexo em questão e por considerar a relevância de seus processos de interação e inter-relação com outros complexos (Lukács, 2013, p. 201).

fomentou, nos anos 1970, o *Programa Forte*<sup>11</sup> de Edimburgo, quando os sociólogos Barry Barnes e David Bloor retomaram as bases do pensamento mannheimiano e a defesa de que os conteúdos cognitivos do conhecimento não são atos em si, mas produtos de um processo social. Destaca-se também como integrante do chamado relativismo científico o pensamento de Bruno Latour e Paul Feyerabend.

Demonstra Condé (2017) que o movimento de aproximação das ciências da natureza com as ciências humanas rendeu a Fleck, a Kuhn e aos *Sciences studies* o rótulo de portadores de “relativismo científico”, já que eles admitiam a influência de “elementos externos” históricos e sociais na ciência. Segundo os críticos, isto conduziria a padrões de cientificidade epistemologicamente frágeis por não possuírem leis gerais e padrões observáveis, bem como por não serem passíveis de repetibilidade e comprovação empírica.

No entanto, o eco do fantasma do relativismo de Mannheim continua, ainda hoje, assombrando a ciência e a história da ciência cientificista, reforçando o cientificismo como forma de garantir a objetividade da ciência e fixação dos limites demarcatórios, o que, por sua vez, reforça também o antirrelativismo científico. Situação semelhante ocorreu na história, que desde o século XVIII foi acusada de relativismo quando o historicismo alemão,<sup>12</sup> ao opor-se às perspectivas universalistas do positivismo, passou a reconhecer os particularismos das sociedades analisadas de uma perspectiva temporal, em que as fontes constituem também o discurso de uma época e de um lugar (Barros, 2012, p. 396).

---

<sup>11</sup> Quatro princípios que definem o Programa Forte em Sociologia do Conhecimento no livro *Knowledge and Social Imagery* (2009 [1976]): causalidade, imparcialidade, simetria e reflexividade. 1. Deveria ser *causal*: preocupar com as condições que dão origem às crenças ou aos estados de conhecimento. 2. Deveria ser *imparcial* com respeito à verdade ou falsidade, racionalidade ou irracionalidade, sucesso ou fracasso. Os dois lados dessas dicotomias requererem explicação. 3. Seria *simétrica* no seu estilo de explicação tanto de crenças verdadeiras quanto de crenças falsas. 4. Seria também *reflexiva*. Em princípio seus padrões de explicação teriam que ser aplicáveis à própria Sociologia (Bloor, 1991, p. 21).

<sup>12</sup> O rótulo de relativismo surgiu na própria historiografia aplicado a autores do historicismo, tais como Johann Gottfried Von Herder (1744-1803), Johann Gustav Droysen (1808-1884), Wilhelm Dilthey (1833-1911), entre outros que compõem o “arco historicista” (Barros, 2012) da história.

A evidência pandêmica ratificou concepções consideradas relativistas, como o pluralismo metodológico defendido por Feyerabend e a gênese do fato científico no fato social defendida por Fleck. No caso da pandemia, desde a sua gênese em Wuhan até o desenvolvimento das vacinas, deixa claro que os aspectos da natureza e da ciência estão permeados pelas dimensões histórico-social, política e econômica, demonstrando que a realidade da ciência é muito mais complexa, e que mesmo a imanência das variadas dimensões foi capaz de neutralizar a objetividade da ciência, como admitido pelo relativismo ingênuo, ante à ampliação dos limites demarcatórios propostos pelo cientificismo, colocando, desse modo, fim ao dilema ginzburgiano referido no início deste capítulo.

A compreensão da NdC à luz do diálogo vivo com a pandemia demonstra que a fase exploratória ou laboratorial, consistente em mapear, identificar e sequenciar o agente causador da Covid-19 e a testagem de metodologias diversas de vacinas nos ensaios clínicos, flexibilizou os limites cientificistas da ciência para incorporar dimensões *ditas* externas abalando os dogmas estruturantes do cientificismo e realçando a complexidade e as dimensões da ciência multidimensional. De outro lado, vimos também, com os movimentos anti-ciência e negacionismo científico, a existência de uma linha tênue que separa a ciência da não-ciência, da pseudociência ou da *doxa*.

Todavia, não será o antirrelativismo a solução para evitar o negacionismo científico, até porque muitas vezes o negacionismo não está relacionado à discussão de critérios estritamente científicos, mas, refere-se a outras questões que distorcem e manipulam as dimensões da ciência, visando usá-la para finalidades ideológicas, religiosas e de politização, por exemplo.

Importante destacar que, a exemplo dos relativismos presentes no historicismo (“arco historicista”), os relativismos científicos também demandam análises de seus matizes. O filósofo da ciência Martin Kusch (2020) desenvolveu um modelo esquemático de relativismo que denominou “espectro relativista”, considerando cinco noções que ele interpretou como essenciais para caracterizar esta perspectiva: dependência, pluralidade, conflito, conversão e simetria. A dependência alerta para a forma como as teorias são consideradas verdadeiras ou falsas, na conformidade das regras do conjunto de

normas a que pertencem; a pluralidade atribui legitimidade a mais do que um conjunto de normas para explicar a mesma dimensão do mundo; o conflito ocorre quando os julgamentos epistêmicos de diferentes conjuntos de normas se excluem mutuamente; a conversão ocorre quando o indivíduo adota um conjunto de normas diferente do anteriormente partilhado; e a simetria encontra a existência de conjuntos simétricos de padrões quando: a) têm causas de credibilidade locais, contingentes e variáveis; (b) não são avaliáveis como verdadeiras ou falsas pelos termos de classificação de outro conjunto de normas do qual não se originaram; e c) são igualmente verdadeiras (Kusch, 2020 *apud* Nogueira, 2021).

Pensar em critérios de objetividade da ciência considerando o espectro relativista implica transitar entre o cientificismo e o relativismo sem dicotomizar. O objetivo é compreender as nuances da NdC de forma crítica, flexibilizando os limites demarcatórios da ciência propostos pelas tendências cientificista e anticientificista, concebendo-os em complexidade, preservando, contudo, dois critérios de objetividade: evidência científica e métodos científicos.

A dimensão da evidência científica, não apenas a evidência empírica mas também o modelo científico lógico-matemático, assim como a teoria científica mesmo que não verificada empiricamente, é um aspecto fundamental da demarcação dos limites entre a ciência, não-ciência ou pseudociência, pois pressupõe o conjunto de critérios definidores de objetividade utilizados para confirmar, manter ou refutar uma hipótese ou teoria científica. Do mesmo modo, o método científico também é um critério de objetividade. Ele demanda, entretanto, o pluralismo metodológico e não a unicidade de método que pressupõe universalidade. Como vimos, a diversidade vacinal da Covid-19 foi marcada por aplicações de metodologias distintas, desde a tradicional, desenvolvida com vírus inativado, até a metodologia do RNA, mas todas permeadas pelos aspectos econômicos, sociais e culturais de cada país e/ou região (tempo-espaco em níveis local, regional e global), cujos diferentes contextos, situações geopolíticas e econômicas lidam com fenômenos científicos de modo diverso. A realidade viva é sempre mais rica, variada e multiforme do que as regras ingênuas e simplórias que os metodólogos tomam como guia e,

como tal, é capaz de explicar o “labirinto de interações” (Feyerabend, 2011, p. 31-32).

Por óbvio, os critérios demarcatórios, a evidência científica e o método científico carecem de revisão, ressignificação e flexibilização, visto que são essenciais para a demarcação dos limites da ciência, caracterizando-a como tal e atuando como contraponto à pseudociência, *doxa* e opinião. Contudo, esses critérios de objetividade não são os mesmos critérios do cientificismo, dogmático, estanque, neutro e absoluto, uma vez que a realidade histórica intrínseca à ciência se consolida pela historicidade da ciência, desvelando a sua dinamicidade, multidimensionalidade e complexidade e promovendo a desconstrução do binarismo internalismo/externalismo e o respectivo pluralismo metodológico.

Assim, análises mais aprofundadas do relativismo científico, em diálogo com o relativismo advindo do historicismo, permitem a existência de um “espectro relativista” em que o cientificismo dogmático e o relativismo científico sejam representados por um espectro capaz de abrigar relativismos, possibilitando a concepção de ciência que seja, ao mesmo tempo, demarcada por critérios que lhe confirmem objetividade científica e histórico-social, compreendendo-a como complexa, portadora de múltiplas dimensões (social, histórica, econômica, institucional, política...), e verdades relativas, sem, com isso, ser rotulada de relativista, como se o relativismo fosse destituído de objetividade.

### **3.3 Terceiro legado epistemológico: a historicidade da ciência e a desejável “virada epistemológica histórico-ontológica”**

Thomas Kuhn, em sua obra magna, já alertava para que o papel da história não fosse reduzido a um “repositório de anedotas ou cronologias” (Kuhn, 2009, p. 19) para a ciência. Entretanto, a história não se constitui apenas pela história vivida do ser humano (individual ou social) representada pelo “passado prático”, mas se constitui pela história científica, em que o “passado histórico” é representado por meio do ofício do historiador (Oakeshott, 2003, p. 62). É justamente o campo científico da história (*tout court*), notadamente da teoria da história, que define conceitos fundamentais para subsidiar debates

próprios da história da ciência, em que conceitos como *res gestae* (história como objeto) e *rerum gestarum* (narrativa histórica ou historiografia), que se desdobram em variadas correntes historiográficas (historicismo, Escola Metódica, *Annales*, entre outras), se tornam relevantes para distinguir os conceitos: história (objeto); historicismo voltado para demarcação científica; historiografia diz respeito à narrativa; e historicidade que considera a temporalidade na história<sup>13</sup> – conjunto de conceitos que denominamos dimensão histórica.

Colocando sob foco a Covid-19 a partir da visão usual da história, teríamos, além da abordagem cronológica acerca da disseminação do vírus e do desenvolvimento vacinal, também a possibilidade de contextualização crítica dos acontecimentos, por exemplo: os impactos causados à ciência pela ausência de financiamento, políticas públicas ou insumos necessários até mesmo ao início da fase 1 (exploratória ou laboratorial), são suficientes para comprometer até mesmo o sequenciamento indispensável à descoberta de possíveis mutações do vírus, tudo isso considerando os contextos local, global e a geopolítica. Essa dinâmica desconstrói a dicotomia internalismo/externalismo. Ela revela os *ditos* aspectos externos, que interferem e são constitutivos do desenvolvimento científico.

A partir da perspectiva da historicidade, essas mesmas condições de falta de financiamento, de políticas públicas ou de insumos indispensáveis à implementação da fase 1 das pesquisas da vacina de Covid-19, repercutindo inclusive no sequenciamento, não se considera apenas o contexto histórico (tempo-espço) em que ocorreram os fatos por muitos considerados “externos” à ciência, mas sim, esses acontecimentos são concebidos como intrínsecos à própria ciência que exige sintonia no funcionamento de suas múltiplas dimensões (por exemplo, política, econômica, empírica, natureza) para a realização da pesquisa científica, e, além de matéria-prima, serão necessários IFAs, financiamento, entre outros. Uma vez deficitária ou ausente qualquer das dimensões necessárias ao desenvolvimento científico, modificada a tecnologia ou presente qualquer alteração por parte dos fabricantes,

---

<sup>13</sup> Esse assunto encontra-se mais bem desenvolvido no livro *Natureza da ciência e a educação científica: compreendendo a dimensão histórica e o papel da historicidade* (Vieira, 2022) e no artigo *The Place of History in the History of Science: Notes for Reflections in the Brazilian Context* (Vieira, 2021).

ou mesmo uma mudança de fornecedor, pode comprometer ou alterar os resultados ou os rumos da pesquisa científica. A história é constitutiva da ciência, e, como tal, a ciência é forjada no curso da temporalidade histórica, não paralelamente a ela.

Discutir a historicidade da ciência vai ao encontro da perspectiva kuhiana, permitindo conceber a ciência não somente como detentora da sua própria história, mas também considerar que essa história lhe é imanente e não externa, como usualmente utilizada para fins de cronologia<sup>14</sup> e contextualização. Isso é possível porque a historicidade<sup>15</sup> se funda no ser humano enquanto ser histórico (que faz ciência inclusive), no qual a questão do tempo é relevante para as reflexões acerca do sentido do ser (em sua ontologia) e suas próprias ações no tempo.

Em que pese toda a discussão em torno das suspeitas de envolvimento do filósofo Martin Heidegger com o nazismo (acontecimento que tem o nosso repúdio), a sua obra seminal *Ser e tempo* e os escritos anteriores à viragem (*Kehre*) da década de 1930 se apresentam como importantes ferramentas para a reflexão da historicidade da ciência. Em Heidegger, o que se busca é a compreensão do ser – destruição<sup>16</sup> do ser metafísico e a busca pelo sentido do ser – e do conceito de tempo enquanto temporalidade

---

<sup>14</sup> Heidegger utilizou em sua aula de habilitação, *O conceito de tempo na ciência histórica* (1915), ministrada em Friburgo, a metáfora do relógio para referir-se ao tempo cronológico.

<sup>15</sup> O conceito de historicidade é polissêmico. Em *Historicités*, os autores referem-se a “historicidades” (no plural), uma vez que as experiências do tempo não são universais, além do viés pluridisciplinar que convoca contribuições da filosofia, antropologia, psicanálise, linguística de que viabilizam interpretar a complexidade da noção de historicidade (Delacroix, Dosse e Garcia, 2009). O historiador francês François Hartog, em diálogo com o historiador alemão Reinhart Koselleck, coloca em discussão os “regimes de historicidade”. Em Maia, a historicidade é uma “condição inseparável de toda e qualquer atividade humana, claro, inclusive da ciência”, em que “tudo que é inescapavelmente humano encontra-se imerso na historicidade”, não havendo “humanidade sem história”, assim como “não há história sem a presença humana” (Maia, 2013, p. 14). Para Condé (2017), a história é constitutiva da ciência ao afirmar que “mais do que ter história, a ciência tem uma historicidade” (Condé, 2017, p. 21).

<sup>16</sup> *Destruktion* em Heidegger é o processo de desmonte hermenêutico e crítico dos conceitos filosóficos realizado com o objetivo de recuperar os *insights* que originalmente os motivaram. Heidegger emprega uma série de palavras para “destruição” incluindo *Destruktion*, *Zerstörung* e “desmantelamento” ou desconstrução (*Abbau*)” (Moran, 2021, p. 223, tradução livre).

originária do ser-aí (*Dasein*),<sup>17</sup> ou seja, intrínseca ao ser e não externa a ele. A temporalidade não é tempo-espaco ou mundo onde as coisas acontecem; a temporalidade é inerente ao *ser-aí*, sendo exatamente “a temporalidade do *Dasein* que torna o mundo genuinamente temporal, que abre o ‘tempo-do-mundo’ e desvela um mundo que perdura” (Inwood, 2002, p. 85). O ser é tempo.

Os acontecimentos histórico-sociais foram determinantes para o direcionamento, percurso e resultado das pesquisas e desenvolvimento das vacinas contra a Covid-19. Eles permitem repensar a NdC complexa e multidisciplinar com respaldo na historicidade heideggeriana, promovendo contribuições estruturantes para a historiografia da ciência, em que a história deixa de ser apenas ferramenta destinada à cronologia e contextualização da ciência, para se caracterizar também como constitutiva da ciência que é uma atividade humana, e, como tal, a historicidade é intrínseca à vivência e à experiência na qual a estrutura ontológica fundamental do ser, ao temporalizar-se, surge como constitutiva da existência humana e da própria ciência, uma vez que todo “comportamento do *Dasein* deve ser interpretado a partir do seu ser, isto é, a partir da temporalidade” (ST, 78) (Heidegger, 2012, p. 1.095).

O tempo é elemento primordial da ciência, da natureza e da própria história. A história, “a ciência dos homens no tempo” (Bloch, 2001, p. 55), e a ciência, atividade humana que muda no tempo (Kneller, 1980, p. 27), permitem conceber a condição histórica do humano por meio da “analítica existenciária do *Dasein*” (ST, 78) (Heidegger, 2012, p. 1.093). O “ser-aí” já é sempre no mundo, surge como abertura histórica e finita,<sup>18</sup> como modo de *ser-em-o-mundo* a partir da temporalidade da existência, uma vez que a “essência do

---

<sup>17</sup> *Dasein* é um ente *ex-sistem* (passo-para-fora), uma vez que “a ‘essência’ de *Dasein* encontra-se na sua existência”. Ele detém o privilégio ôntico que lhe permite estabelecer a relação de ser com seu próprio ser e de “se compreender”, bem como de ser por si mesmo ontológico. O conceito *Dasein* não se refere ao ser humano biológico, psicológico, empírico ou transcendental, também não é sujeito na relação sujeito-objeto (Heidegger se opõe ao dualismo cartesiano) e não representa uma visão antropocêntrica do mundo. *Dasein* é um ente *ex-sistem* (passo-para-fora), uma vez que “a ‘essência’ de *Dasein* encontra-se na sua existência”. Ele detém o privilégio ôntico que lhe permite estabelecer a relação de ser com seu próprio ser e de “se compreender”, bem como de ser por si mesmo ontológico.

<sup>18</sup> Sintetiza Heidegger: “ser para a morte” que somos.

*Dasein reside na sua existência*” (*Das “Wesen” des Daseins liegt in seiner Existenz*) (ST, 9) (Heidegger, 2012, p. 139).

Essa existência, “o *ser-no-mundo* é uma constituição-fundamental do *Dasein*”, na qual “se move no *modus* da cotidianidade” (ST,13) (Heidegger, 2012, p. 187). Segundo o filósofo, a “determinação de historicidade é anterior ao que se chama de história”, sendo que a “historicidade significa a constituição-de-ser do ‘gestar-se’ do *Dasein*” (ST, 6) (Heidegger, 2012, p. 81) e a “análise da historicidade do *Dasein* procura mostrar que esse ente não é ‘temporal’ por estar na história, mas, ao contrário, só existe e pode existir historicamente porque é temporal no fundo do seu ser” (ST, 72) (Heidegger, 2012, p. 1.021). A “historicidade deveria ser compreendida como a temporalização da temporalidade humana, ou, em outras palavras, a efetivação dessa condição estrutural do humano, o tempo histórico” (Araújo, 2013, p. 39).

Neste sentido, a concepção heideggeriana de ciência em ST, enquanto atividade humana histórica enraizada no solo ontológico, fundamenta o “conceito existencial de ciência”, em que a ciência é concebida como modo de existência elucidando o *sentido-de-ser* e suas conexões, pois, em sintonia com a tradição anticientificista, Heidegger defende que as “ciências têm como comportamentos do homem, o modo-de-ser desse ente (homem)” (ST, 4) (Heidegger, 2012, p. 57), distanciando-se do conceito “lógico”<sup>19</sup> de ciência, como conexão de proposições verdadeiras, a exemplo, da tradição cientificista. No curso das análises ontológico-existenciárias, em busca da gênese ontológica do comportamento teórico (ST, 69b) (Heidegger, 2012, p. 969), o pensador alemão se ocupa da indagação acerca de quais são as condições existenciárias necessárias à possibilidade para que o *Dasein* possa existir no modo da “pesquisa científica”. A investigação científica é concebida como “modo da existência e, assim, como *modus* do ser-no-mundo” (ST, 69b) (Heidegger, 2012, p. 969), na qual a realidade a ser apreendida e observada é complexa e integra a dinâmica do tecido social.

---

<sup>19</sup> *Davon unterscheidet sich der »logische« Begriff, der die Wissenschaft mit Rücksicht auf ihr Resultat versteht und sie als einen “Begründungszusammenhang wahrer, das ist gültiger Sätze” bestimmt* (ST, 69b) (Heidegger, 2012, p. 969).

As ciências são os saberes que se ocupam dos domínios particulares dos entes, com os quais o ser já possui relação específica a partir de seus aspectos ontológicos, o “ser é a cada vez o ser de um ente”, porém o ente só pode existir historicamente por meio da forma em que nos posicionamos no mundo, dada a temporalidade do ser. No entanto, o que define o modo do ser são as perguntas feitas a partir do *Dasein*, de forma que os entes não existem por si mesmos, ou seja, não são, apenas existem (*Existenz*) pelo ato do *Dasein* (contrariamente, as coisas e Deus são, não existem). É no horizonte da pergunta que se estabelece o sentido do ser que se conecta à existência e não ao pensamento, reforçando ainda mais a historicidade da ciência. No limite, podemos pensar que o sentido do ser é o sentido da ciência, visto que o *Dasein*, por meio das perguntas, confere sentido à natureza e à ciência.

Nessa perspectiva, o pensamento heideggeriano conciliatório entre a fenomenologia de Husserl e o historicismo de Dilthey, transformado em hermenêutica da facticidade, apresenta-se como elemento balizador do papel da historicidade constitutiva da ciência, uma vez que a contraposição entre “concepção lógica de ciência” e “concepção existencial de ciência” provoca o deslocamento da análise centrada na epistemologia e sua perspectiva internalista de neutralidade e de metafísica esvaziada de realidade, para a ontologia-existencial, portanto histórica, inserida no mundo (com o mundo) em que “ser é tempo” e a ciência é uma atividade humana.

A base historicista diltheyana foi fundamental para a proposta heideggeriana relativa à recuperação do mundo vivido, implicando na rejeição da autonomia do método explicativo (método nomotético) como base das ciências da natureza para considerar o método compreensivo (método idiográfico), até então aplicado somente às ciências humanas. Heidegger vislumbrou em Dilthey a possibilidade de apreender a relação entre experiência fática histórica da vida e o conhecimento lógico-teórico, na medida em que o ser já é lançado no mundo, representado pelo *ser-no-mundo* (*In-der Welt-sein*), em que o mundo circundante (*Umwelt*), o mundo compartilhado (*Mitwelt*) ou o mundo do si-mesmo (*Selbstwelt*), somente faz sentido em função do próprio *ser-aí* (*Dasein*), uma vez que é concebido como horizonte de sentido (Inwood, 2002, p. 132).

A hermenêutica da facticidade supera a compreensão teórica para atingir a compreensão do *Dasein* já-lançado no mundo fático e por ser “histórico, o *Dasein* somente é possível sobre o fundamento da temporalidade” (ST, 76) (Heidegger, 2012, p. 1.071), viabilizando a compreensão dos seus modos de existência a partir da desconstrução dos dogmas da ciência dominante (cientificismo) em busca de uma situação fática originária, possibilitando a compreensão ontológica de si e o exercício do privilégio ôntico em relação ao seu próprio ente e os que o circundam atribuindo-lhes sentido, visto que o *Dasein* como ente é capaz de interpretar a si mesmo e ao mundo. É na facticidade que o ser humano experiencia a si primariamente sendo a estrutura fundamental da existência, permitindo a atribuição do sentido do ser e seu horizonte de sentido.

Todo esse movimento torna a ciência passível de compreensão hermenêutica junto do ser (não apenas de explicação), visto que a história deixa de ser concebida como externa à ciência para ser a ela imanente, ou seja, historicidade da ciência feita por seres-humanos, em que o ser não está no tempo, mas existe como temporalização originária. Esse manuscrito representa uma ruptura com o epistemologismo esvaziado internalista com vistas a considerar os aspectos denominados externalistas da ciência enquanto modo de existência.

Por meio da análise do ser que é tempo, o papel da historicidade (integrante da dimensão histórica) atua de maneira primordial na epistemologia, desvelando-lhe o viés histórico e ontológico, e, via de consequência, desvela também a complexidade com a presença da multiplicidade de dimensões heterogêneas e temporalidades múltiplas, que coexistem e se interconectam. A história, intrínseca à ciência, faz com que a análise desta ocorra a partir de um horizonte sedimentado por significações históricas, com a desconstrução de dogmas que sustentam a imagem dominante de ciência representada por uma lógica esvaziada de realidade, em direção à construção de uma situação fático-científica mais originária, considerando o ser histórico e seus modos de existência sintetizando o que denominamos de “virada epistemológica histórico-ontológica”. Ou seja, pressupõe o afastamento do epistemologismo neutro de caráter internalista e negacionista da ontologia em seu modo tradicional, que permanece

cega e desconsidera o sentido do ser, possibilitando a emergência da história – marcada pela historicidade – intrínseca à ciência (Vieira, 2022, p. 195) e cumprindo o papel de desvelar a natureza complexa e multidimensional da ciência.

A “virada epistemológica histórico-ontológica” traz dois aspectos relevantes: o primeiro, diz respeito à crucial desconstrução do cientificismo com vistas à ampliação da reflexão ontológica acerca do ente (do sentido do ser) e da autorreflexão sobre o modo de se relacionar com a ciência, com o objetivo de compreendê-la e repensar a NdC de uma perspectiva da historicidade, considerando a flexibilização dos limites demarcatórios da ciência e os mecanismos de controle de objetividade; o segundo, a problemática histórico-ontológica após a re colocação da questão do *ser-no-mundo*, não exclui a natureza como portadora de relevante papel para a ciência, sendo inclusive o ser humano parte dessa natureza, o que rechaça a artificial separação (necessária em certo momento da historiografia) entre ciências humanas (*Geisteswissenschaft*) e ciências da natureza (*Naturwissenschaft*), que não mais se justifica para a compreensão da NdC, senão apenas do ponto de vista de compreensão pedagógica e administrativo-institucional.

No cerne da desconstrução epistemológica da ciência cientificista está a pandemia, que deixou como legado a possibilidade de compreensão da Natureza da Ciência a partir do olhar das humanidades diante da complexidade, uma ciência concebida como “modo da existência e, assim, como *modus* do ser-no-mundo” (ST, 69b) (Heidegger, 2012, p. 969).

#### **4. Considerações finais**

A pandemia de Covid-19, analisada a partir da realidade do *ser-no-mundo*, demonstrou que a ciência é muito mais dinâmica e complexa do que aquela representada pela imagem dominante de ciência, revelando, por sua vez, limites demarcatórios mais amplos e flexíveis, contribuindo para a desconstrução da imagem dominante de ciência cientificista e trazendo à tona a complexidade do real que apontou duas principais evidências de desconstrução dos critérios

cientificistas: da dicotomia internalismo *versus* externalismo e da universalidade da ciência.

Não obstante o triste momento histórico da humanidade, o resultado da desconstrução dos dogmas científicas deixou importantes legados epistemológicos analisados neste texto, no qual está demonstrada a superação da dicotomia internalismo *versus* externalismo que contribui para o desvelamento da complexidade da ciência e da multiplicidade de dimensões que a compõem; a comprovação da existência de um “espectro relativista” que flexibiliza e amplia os limites demarcatórios da ciência para além dos extremos, científicoismo *versus* anticientíficoismo, relativismo *versus* antirrelativismo; a consolidação da possibilidade de compreensão da Natureza da Ciência, considerando o mundo vivido, em que a ciência, como uma atividade inexoravelmente humana, possui a sua própria historicidade e o epistemologismo neutro, uma vez considerada a dimensão histórica, se desdobra na desejável “virada epistemológica histórico-ontológica”.

Aos poucos, as dimensões histórica, social, econômica e política, agregadas ao dilema de vida e de morte, escancararam a realidade encoberta pela frágil superfície representada pela concepção de ciência neutra de viés científicoista newtoniano-cartesiano. Foi necessário desconstruir, no sentido de decompor, problematizar e interrogar, com o objetivo de desestabilizar o pensamento dominante e revelar-lhe as nuances que entremeiam os polos binários, sem necessariamente substituir um pelo outro. O desafio para as ciências humanas que surge enquanto resultado dessa desconstrução (que é também hermenêutica) é promover o deslocamento do método idiográfico hermenêutico compreensivo, até então principal característica das ciências humanas, para as ciências da natureza que se pautam pelo método nomotético explicativo. Dessa maneira, a ciência e sua natureza tornam-se passíveis de serem compreendidas e não somente explicadas.

A despeito da grande área das ciências humanas, a proposta deste capítulo foi compreender a ciência sob o viés da dimensão histórica, em especial a partir da teoria da história em diálogo com o pensamento heideggeriano, deleuziano e derridiano, tendo como ponto de inflexão a *Destruktion* e o questionamento do sentido do ser

histórico, esse *ser-aí-no-mundo (Dasein)* que só existe e pode existir historicamente a partir da forma em que se posiciona no mundo (“ser é tempo”), consolidando o “conceito existencial de ciência” e suas múltiplas potencialidades e reafirmando a historicidade como núcleo fundante. Nesse sentido, a história surge imanente à ciência, cujo papel extrapola o seu uso como simples contextualização cronológica de retorno ao passado estanque e acabado, portanto, para além de um “repositório de anedotas ou cronologias” (Kuhn, 2009, p. 19), ou ainda, supera o uso como ferramenta pedagógico-metodológica do ensino de ciências, mas, diametralmente, surge como um “passado-futuro” dinâmico em diálogo vivo com a realidade.

Aos legados epistemológicos soma-se outro desafio para as ciências humanas que consiste nas aberturas para os debates em educação científica (compreendida pelo ensino de ciências formal e não formal), responsável por estimular o pensamento crítico por meio da problematização, da desconstrução e dos questionamentos capazes de abalar as certezas a partir de situações concretas. As aberturas educacionais para o “presente-futuro”, dadas pela historicidade, permitem compreender a Natureza da Ciência, que além de complexa e multidimensional é também dinâmica e inacabada, estritamente associada à inconclusão do humano, “seres que estão sendo, como seres inacabados, inconclusos, em e com uma realidade, que sendo histórica também, é igualmente inacabada [...]. Daí que seja a educação um que-fazer permanente. [...] Desta maneira, a educação se refaz constantemente na *práxis*. Para ser tem que estar sendo” (Freire, 2003, p. 47). Esse ser inconcluso, no projeto educacional de Freire, também de cunho existencial, vai ao encontro da “essência da constituição-fundamental do *Dasein* [na qual] reside uma constante incompletude” (ST, 46) (Heidegger, 2012, p. 653).

Colocar sob foco o humano como parte da natureza e da ciência significa abrir a “caixa-preta dos fatos científicos” (Latour, 2017), cuja gênese está no meio histórico-social (Fleck, 2010). Porém, a caixa-preta que se manteve hermeticamente fechada enquanto a ciência permaneceu dicotomizada entre duas culturas que se “autoempobreciam”, cultura científica e cultura literária (Snow, 1995, p. 32), nas últimas décadas vem sendo aberta à medida que ocorre a (re)aproximação entre ciências humanas e ciências da natureza. Com a

pandemia, essa (re)aproximação ganhou um novo e decisivo capítulo face à vivência compartilhada e global aliada ao protagonismo da ciência acompanhado em tempo real, e contribuiu para a abertura da caixa de Pandora, que, nas palavras de Latour, está sujeita a espalhar pragas e maldições, pecados e doenças, metáfora suficiente para abalar o “consolidado” edifício da ciência ao considerar a história como constitutiva da ciência. Todavia, junto com os possíveis problemas vem a “esperança de Pandora” representada pela desconstrução do cientificismo, com vistas à (re)organização e compreensão da Natureza da Ciência capaz de se reconhecer e se assumir complexa, multidimensional e portadora de historicidade.

### Referências

- ARAÚJO, V. L. História da historiografia como analítica da historicidade. *História da Historiografia*, v. 12, p. 34-44, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE INSUMOS FARMACÊUTICOS. O custo do atraso: Brasil produz apenas 5% dos insumos de medicamentos. *Abiquifi*, 2021. Disponível em: <<https://abiquifi.org.br/o-custo-do-atraso-brasil-produz-apenas-5-dos-insumos-de-medicamentos/>>.
- BARROS, J. A. *O campo da história: especialidades e abordagens*. Petrópolis: Vozes, 2011.
- BARROS, J. A. Historicismo: notas sobre um paradigma. *Antíteses*, v. 5, n. 9, p. 391-419, 2012.
- BELL, R.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G.; McCOMAS, W. F. The nature of science and science education: a bibliography. *Science & Education*, v. 10, n. 1-2, p. 187-204, 2001.
- BENTIVOGLIO, J. Apresentação. In: DROYSEN, J. G. *Manual de teoria da história*. Petrópolis: Vozes, 2009. p. 07-26.
- BLOCH, M. *Apologia da história, ou, O ofício do historiador*. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- BLOOR, D. *Knowledge and social imagery*. Chicago: The University of Chicago Press, 1991.
- CONDÉ, M. L. L. *Um papel para a história: o problema da historicidade da ciência*. Curitiba: Editora UFPR, 2017.
- DELACROIX, C.; DOSSE, F.; GARCIA, P. (ed.). *Historicités*. Paris: La Découverte, 2009.
- DELEUZE, G.; GUATTARI, F. *Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia*. São Paulo: Ed. 34, 2011.

- DERRIDA, J. *Gramatologia. Mal de Arquivo: uma impressão freudiana*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2001.
- DILTHEY, W. *A construção do mundo histórico nas ciências humanas*. São Paulo: EdUNESP, 2010.
- FEYERABEND, P. *Contra o método*. 2.ed. São Paulo: EdUNESP, 2011.
- FIOCRUZ. Um balanço da pandemia em 2020. *Boletim Observatório Covid-19*. 2021. Disponível em: <[https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/iciict/45793/boletim\\_observatorio\\_covid\\_balanço\\_2020.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/iciict/45793/boletim_observatorio_covid_balanço_2020.pdf)>.
- FLECK, L. *Gênese e desenvolvimento do fato científico*. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010 [1935].
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2003.
- GINZBURG, C. *Mitos, emblemas, sinais: morfologia e história*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- HEIDEGGER, M. *O conceito de tempo*. Lisboa: Fim de Século, 2003.
- HEIDEGGER, M. *Ser e tempo*. Edição bilíngue. Campinas: Editora da Unicamp; Petrópolis: Vozes, 2012.
- HOMMA, A. et al. A crise das vacinas e de insumos e a produção local para enfrentar a pandemia. In: BUSS, P. M.; BURGER, P. (orgs.). *Diplomacia da saúde: respostas globais à pandemia*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2021. p. 165-184.
- INI/FIOCRUZ – Instituto Nacional de Infectologia Evandro Chagas. *Qual a origem do novo coronavírus?* 2020 [2022]. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/pergunta/qual-origem-desse-novo-coronavirus>>.
- INWOOD, M. *Dicionário Heidegger*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- KNELLER, G. *A ciência como atividade humana*. São Paulo: Zahar/EdUSP, 1980.
- KUHN, T. S. *O caminho desde a Estrutura*. São Paulo: EdUNESP, 2006.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2009.
- KUSCH, M. *Relativism in the philosophy of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- LAKATOS, I. *História da ciência e suas reconstruções racionais e outros ensaios*. Lisboa: Edições 70, 1998.
- LATOUR, B. *A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*. São Paulo: EdUNESP, 2017.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LIMA, A. et al. *Radar Covid-19: favela*. Rio de Janeiro: Fiocruz, edição 05 [jul. 2020]. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/iciict/46179>>.
- LÖWY, I. Universalidade da ciência e conhecimentos “situados”. *Cadernos Pagu*, v. 15, 15-38, 2000.

- LUKÁCS, G. *Para uma ontologia do ser social II*. São Paulo: Boitempo, 2013.
- MAIA, C. A. *História das ciências: uma história de historiadores ausentes – precondições para o aparecimento dos sciences studies*. Rio de Janeiro: EduERJ, 2013.
- MATTA, G. C. *Dicionário de educação profissional em saúde*. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz, 2009. Disponível em: <<http://www.sites.epsjv.fiocruz.br/dicionario/verbetes/uni.html>>.
- MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MORAN, D. Destruction (Destruktion, Zerstörung) and Deconstruction (Abbau). In: WRATHALL, Mark. (ed.). *The Cambridge Heidegger lexicon*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 223-226.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Chefes da ONU pedem acesso universal à ciência*. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/97963-chefes-da-onu-pedem-acesso-universal-%C3%A0-ci%C3%Aancia%C2%A0>>.
- NOGUEIRA, F. S. The rehabilitation of the uses of relativism. *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, v. 10, p. 01-07, 2021.
- OAKESHOTT, M. *Sobre a história*. Rio de Janeiro: Topbooks/Liberty Fund, 2003.
- ROSSI, P. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Bauru: EdUSC, 2001.
- SENADO FEDERAL. *CPI da Pandemia*. 2021. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/comissoes/comissao?codcol=2441>>.
- SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura: uma versão ampliada das duas culturas e a revolução científica*. São Paulo: EdUSP, 1995.
- VIEIRA, A. M. R. S. The place of history in the history of science: notes for reflections in the Brazilian context. *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, v. 11, p. 01-19, 2021.
- VIEIRA, A. M. R. S. *Natureza da ciência e a educação científica: compreendendo a dimensão histórica e o papel da historicidade*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2022.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Os diferentes tipos de vacinas covid-19*. 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/pt/news-room/feature-stories/detail/the-race-for-a-covid-19-vaccine-explained>>.

# **(RE)PENSANDO THOMAS KUHN:** REFLEXÕES SOBRE MAL-ENTENDIDOS DA ESTRUTURA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS<sup>1</sup>

Anabel C. Raicik

Fábio Peres Gonçalves

## **Ideias centrais do capítulo:**

- O conceito de revolução de Kuhn precisa ser associado à sua rede de ideias.
- O processo de revolução científica pode envolver mudanças e descontinuidades em distintos níveis.
- O termo incomensurabilidade kuhniana funciona metaforicamente, ele transforma-se em incompatibilidade.
- O progresso científico ocorre com a proliferação de especialidades científicas e no aumento de suas articulações.
- A atualidade de Kuhn se mostra de extrema relevância, sobretudo, quando a ciência vive sua descrença.

## **1. Introdução**

*A estrutura das revoluções científicas*, publicado em 1962, é um livro célebre e singular. Thomas Kuhn concebeu-o não apenas como físico, mas como filósofo e historiador da ciência. Nele, ele busca delinear um entendimento e funcionamento da ciência em oposição ao positivismo lógico e à historiografia tradicional. Adotando a história como um instrumento analítico, apresenta limitações de uma visão cumulativa de ciência. Embora notável, seu texto foi, e continua sendo, o escopo de inúmeras e distintas críticas – nem sempre procedentes, ao menos para Kuhn e seus adeptos.

---

<sup>1</sup> Uma versão anterior deste trabalho foi publicada no v. 21 da Revista de Estudios y Experiencias en Educación (Raicik e Gonçalves, 2022).

O autor do livro, que foi traduzido para mais de vinte línguas e se tornou um *bestseller* acadêmico (Condé, 2013) – e, por que não, indispensável ou um clássico (Cupani, 2013, p. 18; Kind e Arabatzis, 2012) –, foi acusado de traçar uma imagem não racional da ciência, de não atribuir precisão ao conceito de paradigma, de defender a concomitância entre os contextos da descoberta e da justificativa, de sobrestimar a sub e a intersubjetividades, de atribuir ao cientista uma postura acrítica no período de ciência normal, de ser relativista, de negligenciar o diálogo com a ideia de incomensurabilidade, de sustentar revoluções científicas, de antiprogressista, e a lista continua... Não obstante, o filósofo, considerado um dos mais influentes do século XX, rebateu com elegância e certa objetividade as críticas recebidas, seja esclarecendo discordâncias/objeções, seja amenizando termos que podem não ter refletido, de fato e satisfatoriamente, seus ideais.

Ao elaborar um prefácio à edição especial da *Estrutura* comemorativa aos seus cinquenta anos, completados em 2012, Hacking, um dos filósofos da ciência mais respeitados na contemporaneidade, enfatizou que, como todos os grandes livros, a obra kuhniana é sobretudo “um trabalho de paixão e de um desejo apaixonante de acertar as coisas” (Hacking, 2012a, s.p.), de olhar a ciência como ela realmente parece ser.

Em *Kuhn’s The Structure of Scientific Revolutions Revisited*, publicado também em 2012 e organizado por Vasso Kindi e Theodore Arabatzis, encontram-se distintos artigos que reavaliam a *Estrutura* em termos de seu valor, impacto e relevância na atualidade. Dividido em três partes, os trabalhos perpassam as origens e primeiras reações ao livro, pela revisão de conceitos e metáforas como o de paradigma, ciência normal, revolução científica, incomensurabilidade, evolução e, por fim, suas implicações atuais. Como os organizadores explicitam na introdução, estes artigos fazem justiça ao “poderoso e sutil relato filosófico do desenvolvimento científico” (Kindi e Arabatzis, 2012, p. 11). Kuukkanen (2012), ao tratar especificamente da relação entre os conceitos de evolução e revolução para Kuhn, enfatiza que a filosofia kuhniana, em geral, e seu conceito de evolução, em particular, são desenvolvidos o suficiente para contribuir com a filosofia e a história da ciência contemporânea.

O livro *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas* [50 anos] (Condé e Penna-Forte, 2013), a título de exemplo, de mesmo modo evidencia a riqueza conceitual das ideias kuhnianas e suas diferentes possibilidades de abordagem. Um dos capítulos discorre sobre a aproximação desenvolvida por Kuhn entre a história e a filosofia da ciência a partir do caso clássico da Revolução Química. Como destaca Mocellin (2013), a abordagem kuhniana acerca dessa revolução torna inquieta e suscita reflexões, ainda hoje, a respeito de sua pertinência.

Conforme enfatiza Cohen (1976), no longo resgate histórico que desenvolve acerca do termo revolução, no decurso da história este vocábulo passou a ser utilizado por vários autores para descrever mudanças significativas nas esferas política e científica. Isso torna ainda mais necessária a clareza em relação ao sentido dado por Kuhn às revoluções científicas, quando se visa discutir e compreender a sua concepção de ciência. Uma das questões levantadas por críticos kuhnianos relativas a revoluções é a de que pode não haver uma linha clara entre mudanças revolucionárias e não revolucionárias (Tozzini, 2014). Torna-se imprescindível então compreender seu conceito de revolução não isoladamente, mas associado à sua rede de ideias que, inclusive, sofreram modificações com o passar dos anos (Hoyningen-Huene, 1993).

Por certo, nas últimas décadas muitos estudiosos têm se interessado pela apreciação da *Estrutura* e, inevitavelmente, aos demais livros de Kuhn. Diversos trabalhos, sejam livros, sejam artigos, demonstram a capacidade de sua concepção trazer à tona distintas e sempre reflexivas análises da ciência em perspectivas não apenas filosóficas, sociológicas e históricas, mas também educacionais (Arruda, Silva e Laburú, 2001; Cordeiro, 2016; Oki, 2004; Peduzzi, 2011; Raicik e Peduzzi, 2016; Raicik, 2020; Ramos e Silva, 2014; Zylbersztajn, 1991).

Loving e Cobern (2000), em edição especial da revista *Science & Education* voltada especificamente a discussões acerca dos trabalhos de Kuhn, desenvolvem um levantamento bibliográfico, em periódicos de educação científica, para investigar como os escritos kuhnianos foram utilizados. Entre os resultados encontrados ressaltam-se as inúmeras citações envolvendo a ideia de paradigma, mudança

conceitual, construtivismo, incomensurabilidade, contextos sociais e filosóficos da ciência. Não obstante, como salientam os autores, muitos trabalhos não se debruçam a questionar, defender ou analisar mais especificamente noções kuhnianas. A concepção de ciência normal e revolucionária e o conceito de incomensurabilidade, por exemplo, alvo de debates calorosos na filosofia da ciência, foram usados de forma geral e limitada entre pesquisadores do ensino de ciências. Ainda há uma carência de artigos voltados às discussões epistemológicas sobre os livros de Kuhn, sobretudo para além da *Estrutura*, com implicações (teóricas ou práticas) ao ensino.

Matthews (2004) sinaliza que muitos mal-entendidos acerca da filosofia kuhniana presentes e disseminados no ensino, em particular acerca do relativismo e do subjetivismo, devem-se a pouca discussão crítica dos escritos de Kuhn entre pesquisadores da área de educação. O autor frisa, nesse sentido, que “a comunidade de educação científica precisa se envolver mais efetivamente com debates e análises sobre a história e a filosofia da ciência” (Matthews, 2004, p. 112). Nas últimas décadas, é certo, a literatura vem defendendo a necessidade de promover discussões sobre a ciência, em distintos níveis de ensino, compatíveis com reflexões filosóficas contemporâneas (Clough, 2007; Martins, 2015; McComas, 2002; Peduzzi e Raicik, 2020). Entretanto, como enfatiza Massoni (2010), mesmo professores que tiveram uma formação mais adequada nesse sentido parecem não estar suficientemente formados para promover reflexões filosóficas em sala de aula. O caminho não é fácil, mas resgates epistemológicos que sinalizam discussões para o ensino, ainda que teoricamente, são essenciais. É possível identificar trabalhos publicados nos últimos anos, em interlocução com as ideias de Kuhn, em sintonia com essa defesa, a exemplo daqueles de Chamizo (2014, 2017). Reflexões epistemológicas em si podem subsidiar práticas de formação de professores de ciências, com abordagens atualizadas, e nisso também reside uma qualidade dessas discussões teóricas.

O presente capítulo visa, portanto, discutir a concepção de revolução kuhniana explicitando alguns mal-entendidos relacionados à sua ideia de incomensurabilidade, procurando compreender, sucintamente, como Kuhn entende o progresso científico por meio de revoluções. Além disso, traz reflexões acerca do (suposto) relativismo

presente na *Estrutura* e a resposta de Kuhn a essa caracterização. Em uma perspectiva educacional, em particular para o ensino das ciências da natureza e à formação de professores, promove reflexões acerca do relativismo que, na atualidade, torna-se mais que necessário quando se visa à formação de sujeitos cada vez mais críticos cientificamente.

## **2. Thomas Kuhn: a revolução de um revolucionário?**

O Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência ocorrido em Londres em 1965 e que contou com um simpósio acerca da *Estrutura*, presidido por Karl Popper, pode ser um exemplo do grande impacto e das primeiras reações suscitadas pelo livro. Um volume das atas do evento transformado no tomo *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*, organizado por Imre Lakatos e Alan Musgrave, reúne manuscritos expandidos que transcendem um simples registro dos debates que ocorreram naquela ocasião. Com reflexões de John Waikins, Stephen Toulmin, Pearce Williams, Margaret Masterman, Paul Feyerabend, além de Popper e Lakatos, a obra é concluída com o texto kuhniano *Reflexões sobre meus críticos*. As palavras de Kuhn expressam o intuito de seu escrito: “tratarei neste ensaio fundamentalmente das questões levantadas por meus críticos atuais, embora esteja convencido de que dirigem com frequência sua atenção de modo errôneo [ao livro]” (Kuhn, 1979, p. 287).

A partir de sua segunda edição a *Estrutura* contou com o *Posfácio – 1969*, em que Kuhn (2011a) visou, também, esclarecer algumas das críticas sofridas. Assim como faz no ensaio, ele discorre acerca do termo paradigma; como apontou Masterman (1979), e reconheceu Kuhn (1979),<sup>2</sup> que teria sido utilizado com distintos significados em sua obra máxima. Introduzindo a noção de matriz disciplinar, ele enfatiza que paradigma pode ser empregado tanto em um sentido mais global como em outro mais restrito. No primeiro caso, paradigma refere-se a todo um conjunto de compromissos de pesquisa de uma comunidade científica, que engloba generalizações simbólicas, modelos, valores e exemplares. Paradigma enquanto exemplos compartilhados compete ao segundo sentido e faz menção à solução desses exemplares que se

---

<sup>2</sup> Cf. a entrevista que Kuhn concedeu a Baltas, Gavroglu e Kindi, em 1995 (Kuhn, 2006, p. 360-361).

tornam modelos para trabalhos futuros. Os exemplos compartilhados são, portanto, as realizações particularmente instrutivas sobre as quais a ciência futura se baseia (Nickles, 2017).

Além de tecer considerações acerca do termo paradigma, Kuhn traz reflexões em torno da ciência normal, incomensurabilidade, escolha teórica, irracionalidade. Em relação a este último ponto ele enfatiza, no referido ensaio, que pretende “eliminar os mal-entendidos” pelos quais seu “próprio passado retórico é, sem dúvida, parcialmente responsável” (Kuhn, 1979, p. 320). “Não vejo com otimismo esse assunto”, continua ele, “pois eu não entendia antes e não entendo agora o que meus críticos querem dizer quando empregam termos como ‘irracional’ e ‘irracionalidade’ para caracterizar meus pontos de vista” (Kuhn, 1979, p. 325).

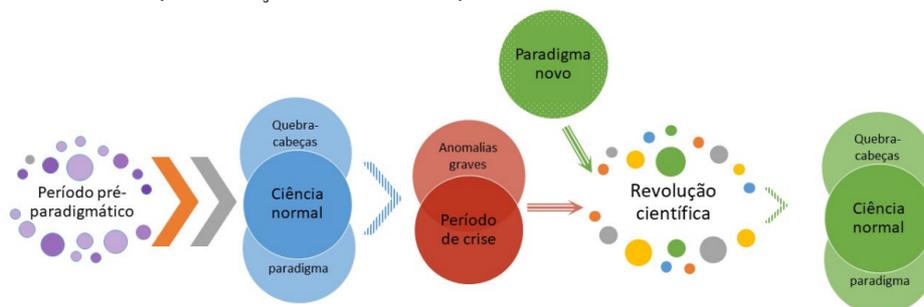
Na *Estrutura* e em escritos posteriores, Kuhn dirige críticas à distinção entre o contexto da descoberta e da justificativa (Raicik e Peduzzi, 2015; Reichenbach, 1938; Schiemann, 2006; Sturm e Gigerenzer, 2006), ao passo que admite que a história não é uma disciplina puramente descritiva, mas também interpretativa e com aportes normativos. Além disso, ele concorda que o contexto da justificação possui elementos sociológicos e psicológicos, por exemplo, e que os contextos são movimentos temporalmente indistintos. Para Kuhn, o processo de investigação científica, e sobretudo o de escolha teórica, não condiz com a dicotomia imposta pela filosofia ‘tradicional’; fatores subjetivos e intersubjetivos, de diferentes naturezas, desempenham um papel na justificativa de teorias (Hoyningen-Huene, 1993). Daí surge uma das críticas de sua suposta propensão à ‘irracionalidade’. Mas ele esclarece:

Não estou menos preocupado com a reconstrução racional, na descoberta dos fundamentos, do que os filósofos da ciência. Meu objetivo também é a compreensão da ciência, das razões de sua eficácia, do *status* cognitivo de suas teorias. À diferença, porém, da maioria dos filósofos da ciência, comecei como um historiador da ciência, examinando atentamente os fatos da vida científica. Tendo descoberto, no decorrer do processo, que muito comportamento científico, incluindo o dos maiores cientistas, violava persistentemente cânones metodológicos aceitos (Kuhn, 1979, p. 292).

No artigo *Objetividade, juízo de valor e escolha de teoria*, de 1973, Kuhn (2011b) defende que é um conjunto de valores existentes na ciência, epistêmicos ou não, que fornece a base partilhada para a escolha teórica. Os papéis dos valores na atividade científica “é um dos refúgios para garantir a defesa da racionalidade científica” (Tozzini, 2014, p. 64). Com efeito, ele é um pioneiro no estudo e análise da relação entre ciência e valores e no reconhecimento dos juízos de valor para a desconstrução da suposta reconstrução racional científica (Cordeiro, 2016; Raicik e Angotti, 2019). “Aquilo que a tradição considera imperfeições elimináveis em suas regras de escolha eu considero”, diz ele, “respostas parciais à natureza essencial da ciência” (Kuhn, 2011b, p. 349). Na perspectiva kuhniana, a escolha teórica envolve fatores objetivos e subjetivos. Mas estes últimos foram negligenciados em concepções positivistas da ciência e é nesse sentido que a ênfase que atribuiu a eles em sua análise dificultou, em suas palavras, “que meus críticos percebessem minha crença nos primeiros” (Kuhn, 2011b, p. 345).

Não obstante, a ciência normal também é um dos tópicos tratados por Kuhn e alvo de críticas. Para o filósofo, ela evocou uma das retóricas mais singulares: a de que “não existe e é desinteressante” (Kuhn, 1979, p. 288). A existência da ciência normal, um período altamente cumulativo, acaba implicando na existência de revoluções científicas (Figura 1). Na *Estrutura*, ele não apenas advoga em favor de revoluções, mas acerca da estrutura que possuem (Hacking, 2012a).

**Figura 1.** Síntese esquemática do pensamento kuhniano da *Estrutura* (elaboração dos autores).\*



\* Estrutura do desenvolvimento científico em nível alto de abstração, de acordo com a *Estrutura*. Depois de um período de crise, com a instituição de um novo paradigma via revolução a ciência move-se a outro período de ciência normal; não retorna ao seu estado anterior.

A ciência para Kuhn passa por um período pré-paradigmático, no qual há escolas competindo por um conhecimento 'consensual'. Ela progride, então, para um período de ciência normal, caracterizado pela resolução de quebra-cabeças imbuídos na confiança depositada em um paradigma estabelecido, o desencorajamento às iniciativas revolucionárias e a inexistência de competições em nível de controvérsias profundas. O paradigma mantém, com seu conjunto de exemplares, por exemplo, o suficiente para definir e resolver, em princípio, estes quebra-cabeças; a solução deles, com efeito, é um empreendimento cumulativo. "Abandonar o paradigma" então aceito seria "deixar de praticar a ciência que este define" (Kuhn, 2011a, p. 56); mas isso pode ocorrer quando aparecem anomalias graves que enfraquecem o paradigma vigente e que levam a crises.

Quando um problema aparece e torna-se intratável (ou de difícil resolução), no âmbito do paradigma vigente, pode surgir uma nova abordagem que lide com a anomalia. Neste momento, estudiosos podem começar a perceber que algumas práticas experimentais e teóricas, por exemplo, comumente utilizadas, são inadequadas ou desnecessárias. O reconhecimento de que um problema é mais do que uma discrepância que se resolverá por si com o tempo, mas uma anomalia que deve ser explicada, é um evento histórico complexo (Hacking, 2012a).

A transição de um paradigma em crise para o novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal, está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma. É antes uma reconstrução da área de estudo a partir de novos princípios, reconstrução que [pode alterar] algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações (Kuhn, 2011a, p. 116).

Com efeito, como enfatiza Kuhn, uma crise envolve um período de ciência extraordinária, em que teorias e articulações concorrentes surgem para lidar com a crise, mas não somente ela. Rejeitar um paradigma envolve aceitar outro; "crise e mudança de teoria andam de mãos dadas" (Hacking, 2012a, s.p.).

O processo de revolução científica pode envolver, então, mudanças e descontinuidades em distintos níveis; nas concepções da área de estudo e seus objetivos, nas metodologias utilizadas, nos valores empregados em uma 'boa pesquisa' etc. A ideia kuhniana central é profunda, ao passo que a mudança de uma matriz disciplinar à outra é uma modificação na constituição base de uma ciência; seu paradigma (Nickles, 2017). Não obstante, as revoluções podem ser grandes e pequenas, isto é, em alguns casos atinge uma subdivisão, uma esfera específica de um campo de estudo. Mas esse processo não é abrupto; não ocorre de forma fortuita e repentina (Oliveira, 2014).

A consciência de uma anomalia, isto é, o reconhecimento de que há um problema não condizente com as expectativas paradigmáticas, pode levar, por exemplo, a descobertas científicas (Raicik e Peduzzi, 2016). Uma descoberta possui também uma estrutura; é um processo complexo que se desenrola no tempo e no espaço. Antes que se abandone o paradigma vigente, busca-se resolver o quebra-cabeça; muita pesquisa é ampliada no entorno dessa anomalia/descoberta. No entanto, várias dessas descobertas não poderiam ser previstas no âmbito do paradigma vigente e acabam trazendo maiores perturbações a ele, como no caso dos raios X.

Ao contrário da impressão predominante, a maioria das novas descobertas e teorias na ciência não é um mero incremento ao estoque acumulado de conhecimento científico. Para assimilá-las, o cientista comumente tem de rearranjar o equipamento intelectual e manipulativo em que confiava, descartando alguns elementos de sua crença e de sua prática anteriores e, ao mesmo tempo, encontrando novos significados e novas relações em outros. Visto que o antigo deve ser reavaliado e reordenado na assimilação do novo, a descoberta e a invenção nas ciências são, em geral, intrinsecamente revolucionárias (Kuhn, 2011b, p. 243).

Enquanto o período de ciência normal caracteriza-se por ser cumulativo, o processo de revolução não o é.<sup>3</sup> O novo paradigma não contém logicamente ou aproximadamente – em algum limite – o antigo no sentido de que subsume o anterior. Não necessariamente o corpo de conhecimento mais recente resolve todos os problemas de seu

---

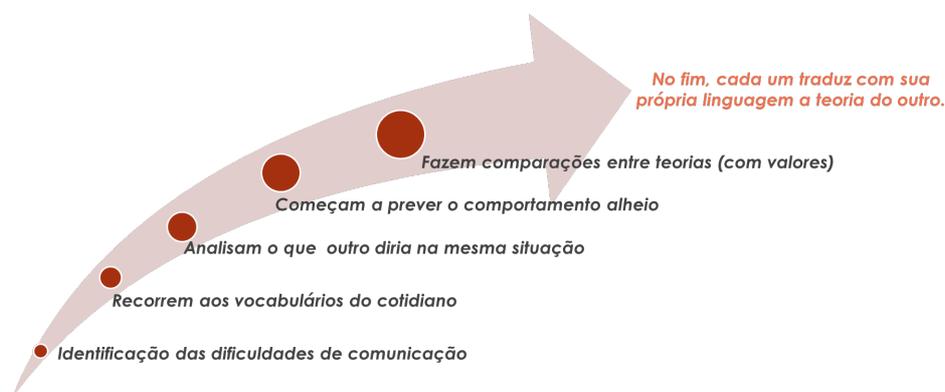
<sup>3</sup> Cumulatividade não deve ser tomada obrigatoriamente como sinônimo de continuidade, como será visto mais adiante.

antecessor e permite, inclusive, predições diferentes. É nesse sentido que Kuhn passou a esclarecer também o termo incomensurabilidade; a ideia de que asserções não podem *estritamente* ser comparadas às antigas (Hacking, 2012a).

Aparentemente, a ideia introduzida na *Estrutura* tornava ininteligível que dois estudiosos, trabalhando sob paradigmas distintos, fossem capazes de se comunicar entre si. Entretanto, como ele esclarece no *Posfácio – 1969*, faz-se necessário aos cientistas reconhecerem “uns aos outros como membros de diferentes comunidades de linguagem e a partir daí tornarem-se tradutores” (Kuhn, 2011a, p. 251). O processo de tradução é, conforme Kuhn, um instrumento de persuasão e conversão (Figura 2).

À medida que a tradução avança, alguns membros de cada comunidade podem começar a compreender, colocando-se no lugar do opositor, de que modo um enunciado, que anteriormente lhes parecia opaco, poderia parecer uma explicação para os membros do grupo oposto (Kuhn, 2011a, p. 252).

**Figura 2.** Processo de tradução kuhniano (elaboração dos autores).



Mas essa tradução não pode ser entendida estrita e literalmente. Antes, deve-se pensar que este processo propicia bilíngues, e não tradutores comuns (Mendonça e Videira, 2007). Isto quer dizer que os estudiosos aprendem a nova teoria a partir de seus próprios termos; há uma modificação na linguagem.

Ademais, no período de transição o antigo e o novo paradigma competem pela preferência dos membros da comunidade científica.

No artigo de 1973, anteriormente citado, Kuhn (2011b) enfatiza que a escolha entre dois paradigmas em competição acontece com a inexistência de regras ou critérios isentos de julgamento. Valores epistêmicos como precisão, consistência, simplicidade, fecundidade e abrangência, entre outros, evidenciam ‘boas’ razões para o abandono de teorias e escolha entre paradigmas (Cordeiro, 2016; Raicik e Angotti, 2019).

É importante ressaltar que o termo incomensurabilidade kuhniana funciona, portanto, metaforicamente, como o filósofo explicita em *O caminho desde a Estrutura* (Kuhn, 2006). Em síntese, “a incomensurabilidade inicial de Kuhn transforma-se em incompatibilidade, porque há tradução” (Peduzzi, 2011, p. 111). Em *O que são revoluções científicas? – 1981 –*, escrito após o *Posfácio – 1969*, Kuhn enaltece três características gerais envolvidas em uma mudança revolucionária: i) mudança holística; ii) mudança de significado; iii) mudança de similaridade.

Admitir que as mudanças revolucionárias são, de certa forma, holísticas envolve reconhecer que, embora muitas coisas precisam ser, ainda, gradualmente completadas em uma revolução, a sua mudança central não é fragmentada. “Ao contrário”, elas, as mudanças centrais, envolvem “uma transformação relativamente súbita”, isto é, “parte do fluxo da experiência se rearranja de maneira diferente e exhibe padrões que antes não eram visíveis” (Kuhn, 2006, p. 27-28). Em um período de ciência normal, há também momentos de mudança, mas elas ocorrem ao passo que se revisa ou acrescenta-se uma única generalização, por exemplo. Em um processo revolucionário, por sua vez, revisa-se uma mescla de generalizações que estão inter-relacionadas.

A mudança de significado é uma característica que já havia sido discutida por Kuhn, em outro nível de abstração, no processo de tradução, anteriormente comentado. Ela envolve uma modificação na linguagem; mas a própria ciência normal também explicita alterações em seus termos – e como eles se ligam à natureza. Não obstante, em um curso revolucionário essa mudança “altera não apenas os critérios pelos quais os termos se ligam a natureza, mas também, por extensão, o conjunto de objetos ou situações a que esses termos se ligam” (Kuhn, 2006, p. 42). Em outras palavras, a descrição e a generalização

científicas envolvem, pois, categorias taxonômicas elementares – premissas – que são modificadas e auxiliam a qualificar revoluções.

Por fim, Kuhn frisa que processos revolucionários envolvem mudanças centrais de modelo, metáfora ou analogia. Isto é, alterações nas noções de similaridades e dessemelhanças. “A característica principal das revoluções científicas é que elas alteram o conhecimento da natureza intrínseco à própria linguagem, e que é, assim, anterior a qualquer coisa que seja em absoluto caracterizável como descrição ou generalização, científica ou cotidiana” (Kuhn, 2006, p. 44). Ele sinaliza, a título de exemplo, que o vazio ou o movimento linear infinito necessitou alterar a linguagem com que se descrevia a natureza para que relatos observacionais pudessem ser formulados. Mas, como o filósofo também salienta, a própria mudança de linguagem envolve resistências. “A violação ou distorção de uma linguagem científica anteriormente não-problemática é a pedra de toque para a mudança revolucionária” (Kuhn, 2006, p. 45).

### **3. Esclarecimentos necessários à incomensurabilidade kuhniana: um ponto-chave para melhor compreender sua ideia de revolução**

Alguns filósofos e historiadores da ciência são céticos em relação às revoluções de quaisquer tipos. Cohen (1976) enfatiza que a partir do fim do século XIX se começou a pensar que as revoluções poderiam ser evitadas e não eram desejáveis. Sobretudo pelos desenvolvimentos políticos e sociais que traziam aspectos negativos a elas, muitos estudiosos, nesse período e depois dele – incluindo Ernest Mach, Ludwig Boltzmann e Albert Einstein – argumentaram que grandes avanços científicos faziam parte de um processo evolutivo, não revolucionário.

No que tange especificamente as alegações referentes às revoluções do tipo (em princípio) kuhniana, as críticas são as mais diversas. Como sintetiza Nickles (2017), alguns: i) aceitam revoluções kuhnianas, mas não todas; ii) não reconhecem que avanços revolucionários sejam precedidos, necessariamente, por uma crise aguda; iii) admitem que uma mudança revolucionária não precisa envolver uma descontinuidade profunda; iv) defendem que em certos casos revolucionários não se tem uma descontinuidade lógica e

linguística etc. Não obstante, mais uma vez, torna-se relevante salientar que muitas críticas recaem sobre declarações ou interpretações que diferem daquelas que Kuhn afirmou ou buscou esclarecer. As suas ideias se entrelaçam e precisam ser vistas, portanto, dentro de sua própria rede conceitual (Hoyningen-Huene, 1993).

O filósofo da ciência alemão Paul Hoyningen-Huene (1946-) tem vários estudos<sup>4</sup> acerca das ideias kuhnianas e buscou esclarecer muitos confrontos com os quais Kuhn teve de se debruçar. Entre 1984 e 1985, enquanto redigia seu livro *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, publicado originalmente apenas em 1989 e que contou com um prefácio de Kuhn, ele interagiu diretamente com o autor da *Estrutura*. No prefácio, Kuhn (1993, p. xi) diz: “rapidamente descobri que Hoyningen conhecia meu trabalho melhor do que eu e o entendia muito bem [...]. Nossas discussões frequentemente se tornaram apaixonantes”.

Um dos conceitos que Hoyningen-Huene (1993, 2012) busca esclarecer é o de incomensurabilidade; uma das noções mais discutidas e controversas da teoria kuhniana, e fundamental para a compreensão de suas revoluções científicas. De acordo com o filósofo alemão, a concepção apresenta alguns mal-entendidos.

O primeiro deles se refere à tese de que Kuhn apresentou, na *Estrutura*, uma ideia de mudança radical de significado, em outras palavras, uma incomensurabilidade radical. No entanto, no próprio *Posfácio – 1969* ele já busca esclarecer esse ponto com seu processo de tradução. Em *Comensurabilidade, comparabilidade, comunicabilidade*, ele restringe sua concepção inicial (ampla) e trata, especificamente, sobre sua argumentação de incomensurabilidade local: “a afirmação de que duas teorias são incomensuráveis é mais modesta do que supuseram muitos dos críticos” (Kuhn, 2006, p. 51). Para ele o que ocorria era uma incomensurabilidade local, no sentido de que a mudança afeta um subgrupo de termos. Isto é, em uma revolução científica, um pequeno grupo de conceitos usualmente interligados muda seu significado, diferindo da ideia comumente associada de que todos os conceitos precisam mudar em uma revolução (Hoyningen-Huene, 2012).

---

<sup>4</sup> Em termos nacionais, a organização de textos selecionados de Hoyningen-Huene, desenvolvida por Abrahão (2012) com tradução para o português, é um exemplo disso.

Deveras, incomensurabilidade não consiste em incomparabilidade, aspecto enfatizado nas reformulações kuhniana. De acordo com Kuhn, teorias incomensuráveis podem ser racionalmente comparadas. Hoyningen-Huene (1993) apresenta três níveis de complexidade que podem existir na comparação de teorias incomensuráveis. Um dos níveis diz respeito às previsões empíricas que não são afetadas pela incomensurabilidade local de conceitos (do léxico; de termos linguísticos utilizados). Isto é, algumas consequências empíricas podem ser, imediatamente, comparadas (Hoyningen-Huene, 2012). Um exemplo esclarecedor reside na mudança de significado de planeta nas teorias ptolomaica e copernicana. Ao contrário de Ptolomeu, Copérnico considerou a Terra como qualquer outro dos astros errantes e, assim, não a diferenciou dos demais planetas. Não obstante, os dados observacionais que possibilitavam o contraste entre os dois sistemas eram os mesmos e suas previsões podiam ser imediatamente comparadas.

Um nível mais elevado de comparações torna-se possível quando são levadas em consideração as mudanças conceituais entre elas. Nesse caso, faz-se necessário identificar as partes dos termos linguísticos cuja estrutura mudou. Pequenos arranjos conceituais inter-relacionados do novo vocabulário precisam ser aprendidos para que as teorias possam ser comparadas. Mas cabe ressaltar que “aprender o novo vocabulário conceitual é diferente da habilidade de traduzir mecanicamente o antigo vocabulário” (Hoyningen-Huene, 2012, p. 82). Em outras palavras, um pequeno grupo de conceitos pode ser comparado em teorias distintas quando, por exemplo, em situações particulares, novos conceitos são identificados por meio de conceitos linguísticos antigos. A relação entre a teoria do flogisto e a química do oxigênio pode ilustrar esse tipo de comparação. Em determinadas situações, os conceitos novos de oxigênio e hidrogênio – quando ainda não entendidos em sua plenitude – podem ser identificados à luz dos termos linguísticos antigos, com ar desflogisticado e flogisto, respectivamente. Por certo, para um estudioso imerso apenas na teoria flogística, essa comparação não será possível, mas para um estudioso que aprendeu novos arranjos conceituais que mudaram sua estrutura linguística, determinadas asserções empíricas, em situações apropriadas, podem ser comparadas. De qualquer modo, as dificuldades de entendimento não são simétricas para quem está

aprendendo o novo conjunto léxico e para quem não está familiarizado com ele.

O último nível de possibilidade de comparação entre teorias incomensuráveis pode ocorrer quando se alcança um domínio pleno da nova teoria e esse processo demanda a familiarização com todo o novo léxico (os novos termos linguísticos). Tendo em vista que uma teoria é um conjunto conceitual e empiricamente articulado e integrado de leis, não se torna possível, e nem desejável, uma comparação sistemática de ponto a ponto; por conseguinte, fragmentada. A comparação não ocorre em situações particulares, mas globalmente. Como enfatiza Hoyningen-Huene (1993, p. 221), qualquer justaposição das teorias deve ter um caráter holístico:

Equilibrar essa comparação pode, é claro, apresentar dificuldades substanciais, pois fraquezas em um domínio podem ser compensadas por forças em outro, onde o oposto se aplica à outra teoria. Mas o fato de que essa comparação holística é difícil e, em algumas situações no desenvolvimento da teoria, sem nenhum resultado inequívoco, certamente não implica que seja impossível.

Caso teorias incomensuráveis não pudessem efetivamente ser comparadas, a escolha teórica não poderia ser feita 'racionalmente'; com efeito, Kuhn foi acusado (impropriamente, pode-se dizer) de propagar uma imagem irracional de ciência. Não obstante, como mencionado na seção anterior, ele defende, 'salvando' a racionalidade científica, um conjunto de valores que fornecem a base para a escolha teórica; inevitavelmente permitem sua justaposição. Quer dizer, as teorias são comparadas em termos de valores epistêmicos que envolvem precisão, consistência, simplicidade, fecundidade e abrangência, entre outros. Kuhn argumenta, ainda, que a escolha teórica depende, além desses valores compartilhados, de fatores idiossincráticos que são tão importantes quanto àqueles (Raicik e Angotti, 2019).

Em síntese, as relações de similaridades e o papel dos objetos e situações problemáticas que devem ser interpretadas no processo de aprender uma teoria tornam-se de extrema relevância. Deveras, "o cerne do argumento de Kuhn consiste em tentar mostrar que a

interpretação não deve ser confundida com a tradução” (Mendonça e Videira, 2007, p. 175). Assim, o sistema conceitual de ambas as teorias, sobretudo no que se refere às suas consequências empíricas, sofre perda ou mudança de significado no processo tradutório. Em outras palavras, a interpretação intermedia pontos não passíveis de uma comparação direta entre os corpos teóricos (Mendonça e Videira, 2007).

Isso leva a outro mal-entendido, não dissociado dos anteriores, explicitado por Hoyningen-Huene (1993), de que uma revolução é uma mudança abrupta e total entre duas teorias incomensuráveis. Entretanto, Kuhn afirma que algumas continuidades,<sup>5</sup> sejam teóricas, sejam experimentais, mantêm-se após uma revolução. Como o filósofo salienta, após esse processo muitas manipulações e medições, por exemplo, passam a ser irrelevantes ou substituídas; mas parte da linguagem e os instrumentos de laboratório continuam sendo os mesmos, embora agora possam ser utilizados com outras funções e objetivos, por certo. Isso quer dizer que “a ciência pós-revolucionária invariavelmente inclui muitas das mesmas manipulações, realizadas com os mesmos instrumentos e descritas nos mesmos termos empregados por sua predecessora pré-revolucionária” (Kuhn, 2011a, p. 168). Um dos motivos pelos quais essas continuidades perduram é que a nova teoria conserva, de sua predecessora, muito de sua habilidade em resolver problemas (Hoyningen-Huene, 2012). Não obstante, embora atestasse para esse aspecto, Kuhn não se debruçou sobre ele com profundidade.

Como uma revolução,

[...] comportou historicamente a concepção de uma ocasião para o surgimento de algo inteiramente novo da ciência, de um completo recomeço, realizado de modo abrupto, Kuhn é visto como um descontinuista radical para quem uma revolução corresponde também a um evento repentino e fortuito (Oliveira, 2014, p. 14).

Mas isso não retrata, como se buscou evidenciar, uma revolução em termos kuhnianos.

---

<sup>5</sup> Continuidade entendida como uma mudança não total.

Além disso, críticas direcionadas especificamente à existência ou não de revoluções recaem sobre Kuhn; como o fez Toulmin (1979) ao questionar se elas realmente existem. “Perguntam-me com frequência se este ou aquele desenvolvimento foi ‘normal ou revolucionário’ e geralmente tenho de responder que não sei”, exprime Kuhn (2006, p. 181). Como ele chama a atenção, para responder a essa questão, deve-se desenvolver um estudo minucioso da história; faz-se necessário entender a natureza e a estrutura dos compromissos de pesquisas daquela disciplina antes e depois da mudança científica. Ele prossegue enfatizando a importância de se perguntar inicialmente “para quem” a mudança pode ser considerada revolucionária.

A título de exemplo, Kuhn diz que a astronomia copernicana foi uma revolução para todos, ao passo que a descoberta do oxigênio, por Lavoisier, foi uma revolução para os químicos, pois era inseparável de uma nova teoria da combustão e acidez. Neste último caso, o filósofo ainda enfatiza que para os astrônomos matemáticos o oxigênio poderia ser visto apenas como um mero acréscimo aos seus conhecimentos.

Sucintamente, “as revoluções científicas precisam parecer revolucionárias somente para aqueles cujos paradigmas foram afetados” (Kuhn, 2011a, p. 126). Portanto, a necessidade de distinguir entre um período revolucionário e um não revolucionário deve ser vista com cautela (Tozzini, 2014).

#### **4. Revolução ou evolução? Evolução via revolução, responde Kuhn**

No livro organizado por Lakatos e Musgrave (1979) supracitado, Toulmin, a título de exemplo, confere críticas direcionadas ao conceito de revolução científica em seu ensaio “*É adequada a distinção entre ciência normal e ciência revolucionária?*” Ele defende uma ciência evolucionária, em que, em vez de mudarem, conceitos agregam-se em uma perspectiva gradualista de mudança conceitual (Ariza e Harres, 2002). A ideia que o incomodava era que, segundo ele, falar de revolução era oposto à defesa de evolução científica. Em *Consolidando o especialista*, também presente nesse livro, Feyerabend (1979) confere uma crítica específica acerca da importância das revoluções. “Não vejo como”, diz ele, “a desejabilidade das revoluções pode ser estabelecida por Kuhn [...]. As revoluções ocasionam uma mudança de paradigma”,

continua, e torna-se “impossível dizer que elas conduziram a algo melhor” (Feyerabend, 1979, p. 251).

Como esclarece Hoyningen-Huene (2012), no entanto, a própria incomensurabilidade kuhniana não exclui a ideia de progresso científico ao longo de revoluções. Com efeito, ela evita a ideia de progresso científico cumulativo como uma aproximação à verdade.<sup>6</sup> Além de ser acusado de traçar uma imagem irracional, relativista, subjetivista da ciência, Kuhn foi apontado como um antiprogressista; não obstante, revolução não precisa ser, necessariamente, antítese de evolução.

Aliás, Kuhn (2011a) explicita que talvez a ideia comumente utilizada para o progresso científico precise ser mudada. “O processo de desenvolvimento descrito nesse ensaio”, diz ele no fim da *Estrutura*, “é um processo de evolução a partir de um início primitivo – processo cujos estágios sucessivos caracterizam-se por uma compreensão sempre mais refinada e detalhada da natureza” (Kuhn, 2011a, p. 215); mas não uma evolução em direção a algo. Ele ainda questiona: “será realmente útil conceber a existência de uma explicação completa, objetiva e verdadeira da natureza, julgando as realizações científicas de acordo com sua capacidade para nos aproximar daquele objetivo último?” (Kuhn, 2011a, p. 215). Com a analogia que estabelece com a teoria darwiniana, Kuhn argumenta que se faz necessário olhar para a história das disciplinas científicas; o quanto se proliferam, se multiplicam e se especializam (Kuukkanen, 2012).

Em *O caminho desde a Estrutura*, ampliando sua analogia, Kuhn (2006) sugere dois paralelos entre a evolução científica e a evolução darwiniana: um diacrônico e um sincrônico. No primeiro caso, já firmado no final da *Estrutura*, que comporta a ideia acima, ele frisa que a história da ciência não corresponde a uma sequência que se aproxima da verdade. O paralelo sincrônico entre o desenvolvimento científico e biológico corresponde às mudanças revolucionárias que produzem divisões entre campos de conhecimento; isto é, a especiação das disciplinas (Kuhn, 2006). Isto resulta que o progresso

---

<sup>6</sup> Kuhn pode ser considerado um antirrealista, antirrealista ontológico ou nominalista (Hacking, 2012b), antirrealista construtivista (Boyd *apud* Hoyningen-Huene, 1993, p. 76).

ocorre com a proliferação de especialidades científicas e no aumento de suas articulações (Hoyningen-Huene, 2013).

O paralelo sincrônico é mais bem compreendido com a ideia de incomensurabilidade local, discutida por Kuhn. Com efeito, essa especiação significa que novos campos desenvolvem seus próprios léxicos, sociedades profissionais etc. “Depois de uma revolução, geralmente são encontradas mais especialidades cognitivas ou campos de conhecimento do que havia antes” (Kuhn, 2006, p. 124). Mas isso não remete a mudança de todos os campos já existentes; eles podem continuar como de costume (Kuukkanen, 2012). Nesse processo,

    Ou um novo ramo separou-se do tronco original, como especialidades científicas repetidamente se separam, no passado, da filosofia e da medicina, ou então uma nova especialidade nasceu em uma área de aparente superposição entre duas especialidades preexistentes, como ocorreu, por exemplo, nos casos da físico-química e da biologia molecular (Kuhn, 2006, p. 124).

Novamente há aqui a noção de que uma revolução não é, nem precisa ser, um evento repentino e abrupto que modifica por absoluto esquemas conceituais.

Mudanças revolucionárias que permitem essa especialização contribuem, ainda mais, para a compreensão daquilo que Feyerabend questiona ser a desejabilidade de revoluções, no sentido de que levam a algo ‘melhor’. Ao que se pode ponderar, esse processo de especialização pode denotar um maior foco em certos problemas da ciência e o desenvolvimento de ferramentas e linguagens mais direcionadas a eles, resultando um maior número de problemas resolvidos. “A diversidade lexical e o limite que, obrigatoriamente, ela impõe à comunicação podem ser o mecanismo isolador necessário para o desenvolvimento do conhecimento” (Kuhn, 2006, p. 125). Além do sucesso de disciplinas individuais, que resolvem problemas anteriormente não solucionados, a ciência em sua abrangência também apresenta vantagens, uma vez que resolve quebra-cabeças que uma ciência lexicamente homogênea não poderia.

Nesse sentido, a incomensurabilidade, sobretudo local, pode ser vista como condição prévia ao progresso científico. Deveras, “um desenvolvimento que cria disciplinas incomensuráveis especializadas e separadas, que continuam a avançar e progredir em seus próprios nichos” (Kuukkanen, 2012, p. 140).

Mais uma vez, aquela ideia de revolução, comumente associada a uma leitura primeira da *Estrutura*, de que as mudanças paradigmáticas ocorrem abrupta e absolutamente em larga escala, não pode ser sustentada. As revoluções tornam-se especiações que, em diferentes graus, apresentam continuidades e contribuem para a evolução da ciência. Evolução ou revolução? Ao que figura uma resposta kuhniana: evolução via revolução, eis outra questão.

##### **5. De mal-entendidos a acusações que excedem incompreensões: algumas ponderações de Kuhn ao seu (suposto) relativismo**

Em entrevista concedida a Aristides Baltas, Kostas Gavroglu e Vassiliki Kindi, em 1995, Kuhn diz lembrar de Peter Hempel comentando que, na ocasião de um congresso em que estivera por volta da década de 1960, alguns estudiosos disseram que o “livro [*Estrutura*] deveria ser queimado! E toda essa conversa sobre irracionalidade! [...] em particular, irracionalidade e relativismo” (Kuhn, 2006, p. 369).

No artigo *A ciência normal e seus perigos*, Popper afirma que a tese relativista – e ele faz alusão ao (suposto) relativismo de Kuhn – “é o baluarte central do irracionalismo” (Popper, 1979, p. 70). Na resenha que desenvolve da *Estrutura*, Shapere (1964) também levanta acusações sobre o relativismo kuhniano. O filósofo enfatiza que Kuhn não esclarece as (boas) razões que levam grupos científicos a escolhas teóricas e mesmo obscurece a existência dessas razões. Lakatos chega a afirmar que a crise é um “pânico contagioso” e não existem padrões racionais para escolhas interparadigmáticas; para ele, “a revolução científica [kuhniana] é irracional, uma questão de psicologia de multidões” (Lakatos, 1979, p. 221).

A repercussão da incomensurabilidade kuhniana pode ser epitomada na frase de Hacking (2012a, s.p.): “nunca houve uma tempestade sobre mundos diferentes, mas um assunto intimamente relacionado incitou um tufão de debates”. Kuhn não nega a existência

de boas razões para a escolha teórica; pelo contrário, as defende na aplicação de valores científicos partilhados, como discute, de forma específica e pormenorizada, em *Objetividade, juízo de valor e escolha de teoria* (Kuhn, 2011b), supracitado. A noção de valor, e não regra, permite que estudiosos possam fazer escolhas distintas quando diante de mesma situação concreta. A escolha teórica depende tanto de critérios compartilhados, que filósofos tradicionalistas qualificavam como regras objetivas, quanto idiossincráticos, considerados subjetivos; mas essa mescla não compromete a adesão, pelos estudiosos, “aos cânones que tornam a ciência científica” (Kuhn, 2011b, p. 344). Caso os membros de uma comunidade aplicassem valores da mesma maneira, não se promoveria um processo de escolha que permitisse que sujeitos racionais discordassem entre si. À vista do risco que sempre está envolvido na introdução de algo novo na ciência, a aplicação de valores (e não regras) pode impedir que a atividade do grupo se dissipe ao distribuir os grandes riscos inerentes ao processo de tomada de decisões.

Não obstante, como bem salienta Kuhn, nada disso leva a uma psicologia de massas ou multidões. “À diferença da maioria das disciplinas, a responsabilidade por aplicar valores científicos partilhados”, enfatiza o filósofo, “deve ser deixada ao grupo de especialistas” (Kuhn, 1979, p. 324). Essa aplicação pode ainda nem se estender a todos os cientistas, mas se restringir a um grupo deles, e “muitos menos a todos os leigos cultos e, menos ainda à multidão” (Kuhn, 1979, p. 325). Além disso, a perspectiva kuhniana não supõe que as teorias sejam escolhidas aleatoriamente, de modo que os cientistas assumam, pura e simplesmente, qualquer uma das que estejam disponíveis; o processo é complexo.

Não há irracionalidade, mas uma tentativa de evidenciar que o entendimento de racionalidade precisa ser modificado ou abarcar novos elementos que deem (mais) conta de explicar o funcionamento da ciência; e não de uma idealização sua. Admitir que existem critérios de racionalidade que independem do entendimento desse funcionamento é “abrir a porta para a fantasia utópica” (Kuhn, 1979, p. 326). Conforme Hacking (2012<sup>a</sup>), a indicação (e crítica) de que Kuhn nega a racionalidade e é um profeta de um simples relativismo é absurda.

Kuhn busca responder ainda mais à acusação de relativismo do qual sofre; mas o faz brevemente, em duas perspectivas. “Num sentido do termo, pode ser que eu seja um relativista; num sentido mais essencial, não o sou” (Kuhn, 2006, p. 198). Para este último caso, ele apresenta uma analogia que mostra o quanto, em essência, ele se distancia do relativismo.

Imaginemos uma árvore representando a evolução e o desenvolvimento das especialidades científicas modernas a partir de suas origens comuns, digamos, na filosofia natural primitiva e no artesanato. Uma única linha, traçada desde o tronco até a ponta de algum galho no alto, demarcaria uma sucessão de teorias relacionadas por sua descendência. Se tomássemos quaisquer dessas duas teorias, escolhendo-as em pontos não muito próximos de sua origem, deveria ser fácil organizar uma lista de critérios que permitiriam a um observador independente distinguir, em todos os casos, a teoria mais antiga da teoria mais recente. Entre os critérios mais úteis encontraríamos: a exatidão nas predições, especialmente no caso das predições quantitativas; o equilíbrio entre o objeto de estudo cotidiano e o esotérico; o número de diferentes problemas resolvidos. Valores como simplicidade, alcance e compatibilidade seriam menos úteis para tal propósito, embora também sejam determinantes importantes da vida científica [...]. Se isso pode ser realizado, então o desenvolvimento científico, tal como o biológico, é um processo unidirecional e irreversível. As teorias científicas mais recentes são melhores que as mais antigas, no que toca à resolução de quebra-cabeças nos contextos frequentemente diferentes aos quais são aplicadas. Essa não é uma posição relativista e revela em que sentido sou um crente convicto do progresso científico (Kuhn, 2011a, p. 255).

A percepção de que a ciência é, metaforicamente, ‘darwiniana’ e que as revoluções levam a especiações, como discutido na seção anterior, não envolve, pois, um “ponto metafísico profundo”; mas um processo científico habitual. A incompreensibilidade parcial existente entre novas disciplinas evidencia uma aplicabilidade real de incomensurabilidade e isto, com efeito, nada ter a ver com “pseudo-perguntas sobre escolha de teorias” (Hacking, 2012b).

A analogia estabelecida acima permite que Kuhn (2011<sup>a</sup>) frise, em crítica específica aos comentários de Shapere e Popper, em que

sentido a ciência se diferencia de outras disciplinas, por exemplo. Ele diz que, pelo fato de defensores de teorias distintas serem como membros de comunidades de cultura e linguagem diferentes, ambos, em princípio, poderiam estar certos. Contudo, a ciência apresenta a habilidade de formular e resolver quebra-cabeças e se essa característica é tomada como um valor relevante, ele pode ser decisivo nas tomadas de decisões. Embora, ainda assim, essa não seja uma aplicação valorada inequívoca, a importância dada a essa habilidade tem mostrado o sucesso da ciência.

Sem embargo, Kuhn reconhece em que sentido existem razões (mas nem todas suficientes) para ser considerado relativista, e elas estão imbricadas à sua noção de verdade. No que se refere ao uso da 'verdade' em termos intrateóricos, ele diz não haver problemas e não se sente, de forma alguma, um relativista. Para o filósofo, "os membros de determinada comunidade científica geralmente se porão de acordo sobre as consequências de uma teoria comum capazes de suportar o teste da experiência e que, portanto, são verdadeiras, sobre as que são falsas segundo a atual aplicação da teoria e sobre as quais ainda não foram testadas" (Kuhn, 1979, p. 326). Há, portanto, uma 'verdade' provisória.

Não dissociada da discussão acima e à luz de uma perspectiva dominante à época de progresso (mas não a dele), Kuhn (2011<sup>a</sup>) resgata que para uma teoria ser considerada superior em relação à outra ela precisa ser uma representação melhor do que a natureza realmente é; quer dizer, em termos tradicionalistas (mas não kuhnianos), não basta a uma teoria ser um instrumento mais adequado de descobrir e resolver quebra-cabeças, ela precisa se aproximar de uma 'verdade'. Cabe lembrar que, para Kuhn (2006, p. 370), faz-se necessário "deixar de nos ver como chegando cada vez mais perto de alguma coisa, mas de nos ver, em vez disso, como movendo-nos para longe de onde estávamos".

Na perspectiva kuhniana, a busca pela conformidade cada vez mais perto de uma 'verdade' refere-se muito mais à ontologia, do que à resolução de quebra-cabeças ou a predições derivadas de uma teoria. É nesse sentido que Kuhn pode ser considerado um antirrealista (antirrealista ontológico ou nominalista revolucionário, em termos das classificações de Hacking). "Parece-me que não existe maneira de reconstruir expressões como 'realmente aí' sem auxílio de uma teoria;

a noção de um ajuste entre a ontologia de uma teoria e sua contrapartida 'real' da natureza parece-me ilusória por princípio" (Kuhn, 2011<sup>a</sup>, p. 256).

Portanto, um sentido em que Kuhn se aproxima de um relativismo, conforme Hacking, relaciona-se com a noção de que não existe uma única caracterização para lidar com um aspecto da natureza. Em outras palavras, categorias como substância e força podem ser abandonadas, modificadas. "Não chegamos ao fim da linha. E, decerto, mal podemos dizer que a noção de um fim da linha, de uma ciência final, nos seja verdadeiramente clara" (Hacking, 2012b, p. 188).

Salienta-se que apesar de Kuhn ter admitido que Shapere – conforme abordado no início da presente seção – em geral resenhou favoravelmente a *Estrutura*, há "fortes reservas" a questões infundadas referentes, especialmente, ao relativismo. Caso Shapere, diz Kuhn (2006, p. 369), "tivesse pensado um pouco mais seriamente sobre o que era relativismo e sobre o que eu estava dizendo, não teria dito nada parecido com aquilo".

Em síntese, enfatiza-se que a incomensurabilidade abarca discussões tanto a respeito da racionalidade quanto do relativismo científico (Hacking, 2012a). Com efeito, *A estrutura*, para Kuhn (2006, p. 369), "não é um livro relativista".

Cumprе registrar que, apesar do posicionamento contrário de Kuhn em relação à sua caracterização como relativista, discussões sobre isso permanecem no âmbito da filosofia da ciência, enriquecendo o debate.

Oliva (2012), por exemplo, ao reconhecer que Kuhn se contrapõe à qualificação de relativista, discute o que poderia levá-lo a essa caracterização. Para tanto, o autor investiga três modalidades de (suposto) relativismo kuhniano:

- (1) O relativismo epistêmico: os métodos de investigação da ciência são relativos a esquemas conceituais, molduras teóricas ou paradigmas; a evidência subdetermina a escolha de teoria na medida em que qualquer teoria pode ser racionalmente retida à luz da evidência disponível ou concebível;
- (2) o relativismo ontológico: o que se toma por existente – objetos, fatos, entidades etc. – é identificado por um modelo teórico, um esquema conceitual, um paradigma etc.;

(3) o relativismo linguístico: o significado dos mesmos termos, sejam teóricos, [sejam] observacionais, varia quando os termos são usados em diferentes teorias; o esquema conceitual não tem como tornar-se inteligível na linguagem de um esquema rival (Oliva, 2012, p. 563).

A primeira modalidade pode ser caracterizada no livro de Kuhn, de acordo com o autor, como não derivada da história da ciência. Para Oliva (2012), a compreensão de Kuhn, de que a avaliação de uma teoria é promovida por critérios associados à própria teoria, é defendida por argumentos majoritariamente epistemológicos que, por sua vez, seriam insuficientes na sustentação da inexistência de metacritérios, por exemplo, para decidir entre teorias científicas diferentes. Oliva (2012, p. 564) descreve que a falta de distinção entre “um relativismo filosoficamente aplicado à ciência e um relativismo metacientificamente derivado da ciência leva a avaliações gerais pouco elucidativas. É fácil condenar o relativismo [...] se visto como sobreposição de uma filosofia à ciência”.

No seu exame sobre o relativismo epistêmico, Oliva (2012, p. 572) conclui: “Apesar das respostas que procura assim dar às críticas [...] Kuhn continua esposando posições relativistas, pois o apoio, quando muito parcial, da história da ciência não elimina sua dependência a argumentos filosóficos”.

Em relação aos relativismos ontológico e linguístico, Oliva (2012) também questiona as contribuições da história da ciência na obra de Kuhn para justificá-los. Sinteticamente, a tese de Oliva (2012, p. 589) considera que “Kuhn passa a destacar a história da ciência como os filósofos fazem com a história da filosofia, mas sem lograr demonstrar que sua metaciência (relativista) é amplamente sustentada pela história da ciência”.

Com efeito, a divergência de concepções em torno do relativismo kuhniano enriquece o debate e, quando alinhada à discussão específica de conceitos kuhnianos, vistos em associação e à luz das modificações que sofreram com reconsiderações de Kuhn, pode contribuir para uma melhor reflexão da *Estrutura* e de pós-escritos, embora não seja necessário concordar com (supostas) caracterizações.

Guitarrari (2016) também retoma a discussão sobre o relativismo no livro de Kuhn a partir da tese de que o relativismo cognitivo<sup>7</sup> é autorrefutante<sup>8</sup> e que essa não se aplica ao entendimento de Kuhn a respeito do desenvolvimento científico. Daquilo que é exposto por Guitarrari (2016), destacamos o seu argumento de que a incomensurabilidade epistemológica – paradigmas rivais possuem seus próprios problemas e padrões de solução, valores etc. – implica um relativismo cognitivo que não se refuta. O autor aponta:

A incomensurabilidade epistemológica também não se refuta, ao ser enunciada. Sua declaração é uma descrição de uma leitura da história da ciência, a saber: há mudanças, no desenvolvimento da ciência, em que os diferentes conjuntos de problemas, padrões de avaliações e valores – utilizados por cientistas para fazer suas escolhas de paradigmas em competição – são irreduzíveis entre si ou em relação a um terceiro. Essa declaração não é autorrefutante, pois não pressupõe padrão cognitivo comum (imparcial e também decisivo) na descrição de (supostos) fatos históricos de que os conjuntos de padrões, problemas e valores cognitivos são distintos e irreduzíveis entre si (ou a um terceiro). Ela apenas procura descrever um estado de coisas, uma diversidade peculiar de compromissos científicos, e, ao fazer isso, ela não pressupõe algo que nega (Guitarrari, 2016, p. 151).

Guitarrari (2016) questiona a própria tese da autorrefutação sem, contudo, descartar a impossibilidade de argumento que implique na rejeição de um relativismo cognitivo. Em outras palavras, é uma questão que está colocada no campo da filosofia.

Enfim, ainda que Kuhn tenha contestado as acusações de relativismo originadas da *Estrutura*, reconhece-se que essa questão concernente ao relativismo permanece em análises sobre sua obra. Ressalta-se que isso configura um indicativo do potencial da *Estrutura* no debate sobre o relativismo e como um exemplo que reforça o exposto por Oliva (2012, p. 561): “Está longe de ser fácil justificar a caracterização de uma concepção ou de um pensador como

---

<sup>7</sup> Guitarrari (2016, p. 140) explica que o relativismo cognitivo “reúne uma família de concepções sobre o conhecimento que é marcada pela defesa da tese de que a compreensão ou a justificação ou a verdade acerca de uma unidade de conhecimento é relativa a algum referencial”.

<sup>8</sup> Para debater a tese de que o relativismo cognitivo é autorrefutante, Guitarrari (2016) considera obras do filósofo Hilary Putnam.

relativista”, de modo que as acusações a Kuhn como simples relativista merecem ser repensadas.

## **6. Implicações ao ensino e à formação de professores de ciências: o problema do relativismo na atualidade**

A *Estrutura* é, sem dúvida, um livro notório; não apenas pela compreensão de ciência que proporciona, mas também pelas implicações que suscitou e que contribuíram para que Kuhn esclarecesse muitos de seus conceitos. Hacking (2012a, s.p.) denota que o livro, de fato, “mudou ‘a imagem da ciência pela qual estamos agora possuídos’. Para sempre”.

No que tange o ensino de ciências da natureza, a concepção de Kuhn representou, e ainda representa, ser um relevante referencial para o desenvolvimento de estratégias didáticas e a própria reflexão acerca da ciência (Arruda, Silva e Laburú, 2001; Cordeiro, 2016; Ostermann, 1996; Peduzzi, 2011; Raicik e Angotti, 2019; Raicik e Peduzzi, 2016; Raicik, Peduzzi e Angotti, 2018; Villani, 2001; Zylbersztajn, 1991).

Zylbersztajn (1991), por exemplo, apresentou as ideias centrais kuhnianas de forma introdutória e estabeleceu uma analogia do aluno como um cientista kuhniano; o aluno tanto como cientista em uma revolução quanto em um período de ciência normal. Cordeiro (2016) implementou uma unidade didática, com pós-graduandos, no qual discute a relação entre ciência e valores a partir de Kuhn, mas não somente dele. Raicik (2020) propõe uma unidade de ensino potencialmente significativa, voltada a professores em formação continuada, que visa discutir valores envolvidos na aceitação de um novo conhecimento à luz de uma perspectiva kuhniana a partir do término de uma controvérsia científica.

Com efeito, pesquisas têm mostrado que um dos objetivos da educação científica, em distintos níveis nos tempos atuais, é o de promover compreensões sobre a ciência em sala de aula, como supracitado (Forato, Pietrocola e Martins, 2011). Em discussões de como o conhecimento científico é desenvolvido, enfatiza Peduzzi (2011, p. 117), as ideias de Kuhn “exercem um forte fascínio sobre o estudante, particularmente através de seu conceito de revolução”.

Atrelada a isso está a crítica de que discussões implícitas relativas à Natureza da Ciência (NdC), ou meramente declarativas, não são suficientes para um aprendizado significativo do tema (Allchin, 2011; Clough, 2007; Martins, 2015; Peduzzi e Raicik, 2020). Torna-se cada vez mais necessário não apenas levantar concepções prévias de estudantes sobre a ciência, mas trabalhá-las estrategicamente e explicitamente no ensino. Um dos maiores desafios enfrentados pelos pesquisadores, portanto, é o de *como* incorporar discussões de NdC entre professores e alunos (Moura, 2014).

Peduzzi e Raicik (2020) apresentam um conjunto de asserções comentadas sobre a NdC que visam favorecer a reflexão do tema. Embora os autores as discutam com visões de distintos epistemólogos, algumas delas, como as citadas a seguir a título de exemplo, podem ser exploradas e exemplificadas especificamente com ideias kuhnianas.

As teorias científicas não são definitivas e irrevogáveis, mas sim objeto de constante revisão; o pensamento científico modifica-se com o tempo [...] 5. Uma teoria não deixa de ser científica porque foi descartada; no período de sua vigência ela constituiu um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo, que explicitou uma maneira de ver e compreender o mundo físico, os fenômenos naturais [...] 6. Concepções filosóficas, religiosas, culturais, éticas do investigador, assim como o contexto histórico, cultural, social em que se desenvolve a ciência, influenciam o seu trabalho desde os tempos mais remotos [...] 9. A disputa de teorias pela hegemonia do conhecimento envolve tanto aspectos de natureza interna quanto externa à ciência; podem ser bastante complexos e sutis os mecanismos envolvidos na aceitação de um novo conhecimento [...] 12. O conhecimento não parte do nada – de uma tábula rasa – como também não nasce, necessariamente, da observação; seu progresso consiste, fundamentalmente, na modificação do conhecimento precedente. O ato de conhecer se dá contra um conhecimento anterior [...] 16. A dinâmica da produção de conhecimentos na ciência mostra um processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo. Essa realidade contrasta com a falsa imagem de uma ciência que se apresenta como um corpo árido de fatos e conclusões (Peduzzi e Raicik, 2020, s.p.).

Por mais que a filosofia kuhniana tenha sido amplamente objeto de estudos e de pesquisas no âmbito da educação científica e tecnológica, suas ideias continuam a ser fomento de reflexões críticas, que propiciam profícuas análises sobre a ciência no ensino. As discussões acerca do relativismo, tão pertinentes na atualidade, evidenciam igualmente isso.

Considerando o contexto brasileiro, é possível identificar, por exemplo, em documentos oficiais de orientação curricular como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (Brasil, 1997), o incentivo a questionamentos acerca do papel da ciência e da tecnologia na sociedade que colocam em xeque a neutralidade delas – aspecto desejável na formação dos estudantes –, mas que podem ser, em certa medida, interpretados como constituintes de uma tese relativista, quando não se traz uma aceção a respeito da não-neutralidade (Oliveira, 2003). Como destaca Oliveira (2003, p. 165): “o que há de positivo nas motivações que levam algumas pessoas a adotar a tese da não-neutralidade em alguma versão relativista é esta postura crítica diante da ciência”. Contudo, como também salienta o autor, é preciso se opor às formulações relativistas.

Se for admissível que a carência de uma definição acerca do que se constitui a não-neutralidade na ciência pode conduzir professores a uma adesão à tese relativista, também é admissível que a própria ausência de estudos sistematizados concernentes ao relativismo pode contribuir igualmente para essa adesão. Nesse sentido, a apropriação docente de conhecimentos sobre o (suposto) relativismo em a *Estrutura* pode ser importante para a reflexão a respeito da ciência e do próprio relativismo. Por exemplo, uma das implicações do estudo de a *Estrutura*, considerando a classificação de Oliva (2012), qual seja, o relativismo epistêmico, ontológico e linguístico, pode ser colaborar para o entendimento de que mesmo aqueles que sejam adeptos a um relativismo não obrigatoriamente cheguem a uma versão extrema desse, já que precisaria contemplar as três modalidades citadas. Em outras palavras, não é uma tarefa fácil qualificar o que significa entre professores uma aderência à tese relativista, uma vez que ela pode ser caracterizada por diferentes posições, como as sinalizadas por Oliva (2012). É a tomada de consciência entre os professores dessas

modalidades de relativismo o que pode auxiliar esses profissionais a refletirem sobre uma filiação a tal posicionamento epistemológico.

Mais recentemente a proposta de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também dá indicativos de carecer de definições em relação a certas compreensões que envolvem o conhecimento científico, de modo a não implicar em um relativismo. São considerações que extrapolam o relativismo científico, mas não são menos importantes. Por exemplo:

Cabe considerar e valorizar, também, diferentes cosmovisões – que englobam conhecimentos e saberes de povos e comunidades tradicionais –, reconhecendo que não são pautadas nos parâmetros teórico-metodológicos das ciências ocidentais, pois implicam sensibilidades outras que não separam a natureza da compreensão mais complexa da relação homem-natureza (Brasil, s.d., p. 548).

A imperativa valorização no processo educativo de conhecimentos que não são do campo da ciência pode implicar um relativismo que não contribuiria para questionar posturas terraplanistas – tão propaladas atualmente –, a mutilação de corpos femininos presentes em povos e comunidades tradicionais e frequentemente divulgada na mídia, o infanticídio em diferentes culturas, entre outros tantos conhecimentos. Esse enaltecimento de conhecimentos não pode significar um mero *slogan*, desvinculado de referenciais epistemológicos e educacionais, de modo a incorrer em um relativismo pernicioso.

Ainda no contexto brasileiro, cabe citar a recente repercussão no meio acadêmico do Projeto de Lei do Senado nº 193/2016 – conhecido como Escola sem Partido. Esse remetia à valorização de uma neutralidade e de um relativismo no processo educacional. Por exemplo, o Art. 5º, inciso II, ressaltava que o professor: “II – não favorecerá nem prejudicará ou constrangerá os alunos em razão de suas convicções políticas, ideológicas, morais ou religiosas, ou da falta delas” (Brasil, 1996, p. 2). Bagdonas e Azevedo (2017) criticam essa exigência ao professor, uma vez que o impediria de aconselhar os estudantes que se mostrassem adeptos à violência de grupos como a Ku Klux Klan. Pode-se incluir ainda o impedimento do professor discutir

posicionamentos explicitamente racistas, homofóbicos, antivacinas, favoráveis ao desmatamento, “negacionistas” em relação às mudanças climáticas etc. Ou seja, o exposto no Art 5º, inciso II, seria uma forma de “vale-tudo” – invocando uma postura relativista – quando se trata de conhecimentos discentes no âmbito escolar.

O exposto na BNCC e no Projeto de Lei do Senado nº 193/2016 (Escola sem Partido) remete à discussão sobre um relativismo cultural, ainda que, obviamente, não se possa relacionar diretamente o presente nos documentos com as ideias de Kuhn. Matthews (2004), ao discutir o impacto de Kuhn no ensino de ciências, menciona que, de fato, as ideias do filósofo foram tomadas como referência para o debate multicultural na educação. Alguns enxergaram em Kuhn, um suporte intelectual para o relativismo cultural (Matthews, 2004). Contudo, como chama atenção o autor, esse foi um mal-entendido para o qual a comunidade de educação em ciências também contribuiu. Essas considerações de Matthews (2004) coadunam com a defesa de que docentes da área de ensino de ciências precisam se apropriar criticamente das ideias de Kuhn e, por conseguinte, isso reforça a importância de se considerar nesta apropriação as ideias previamente abordadas como as de Hoyningen-Huene (1993, 2012, 2013), Hacking (2012a, 2012b) e Oliva (2012) em interlocução com a obra de Kuhn.

Considerações concernentes ao relativismo, que pode se estabelecer no ensino de ciências, reforçam a necessidade de seu estudo sistematizado nos processos de formação docente. Avalia-se que a discussão preliminar exposta neste capítulo contemplando aspectos sobretudo da *Estrutura*, mas não se restringindo a ela, pode ser um indicativo da fecundidade de ideias kuhnianas para promover um estudo a respeito do relativismo, independentemente de se estar de acordo com as ideias de Kuhn. E ainda que se reconheçam possíveis limitações que os processos de formação docente podem ter para catalisar a inserção, por exemplo, de reflexões sobre a NdC no ensino de ciências, não é possível suprimir os indicativos da literatura acerca de como a prática de professores pode colaborar positivamente para essas reflexões. Nesse sentido, Staub, Gonçalves e Lindemann (2007) sugerem que a atuação docente pode influenciar em um declínio de estudantes de ensino médio a um entendimento relativista.

A discussão sobre o relativismo na ciência e no ensino de ciência no âmbito da formação inicial de professores não precisa se restringir àqueles componentes curriculares responsáveis pelos temas/conteúdos da Didática das Ciências. Podem colaborar para isso os componentes curriculares de várias áreas do conhecimento como aqueles de História, Filosofia e Sociologia da Ciência, quando presentes na estrutura curricular dos cursos de Licenciatura. Isso evidencia a possibilidade da discussão ter um caráter mais supradisciplinar.

Esse caráter supradisciplinar da temática também pode ser concebido no âmbito da educação básica. Além daqueles componentes curriculares da área de ciências da natureza (Biologia, Física e Química), outras como História, Filosofia e Sociologia podem colaborar para a discussão. Os conhecimentos de estudantes da educação básica associados à NdC, como já exposto, também se constituem como um foco de atenção da literatura. Forato, Pietrocola e Martins (2012), a título de exemplo, apresentam resultados de uma análise sobre obstáculos da transposição didática da história da ciência para a sala de aula em nível médio. “Na tentativa de minimizar o risco de um relativismo ingênuo, o que não é compatível com os aspectos de NdC que adotamos, buscamos valorizar os processos e métodos da ciência como campo sistematizado em cada época, e a importância de experimentos e da matematização na proposição de teorias” (Forato, Pietrocola e Martins, 2012, p. 137). Não obstante, como os autores salientam, alguns obstáculos demandam maiores desafios. A questão do que é omitido, em um resgate histórico-filosófico-sociológico no nível básico, por exemplo, deve ser vista com diligência, pois a ênfase puramente em influências externas à ciência pode promover interpretações relativistas extremas. Isso perpassa, por certo, na própria formação inicial e continuada de professores. No âmbito da formação docente, conforme já destacado, um estudo acerca do que constitui um relativismo epistêmico, ontológico e linguístico pode ser um modo de inibir essas interpretações relativistas extremas.

Tomar conhecimento sobre mal-entendidos vinculados à *Estrutura*, particularmente ao conceito de incomensurabilidade, pode

auxiliar os professores a se apropriarem das limitações de uma compreensão relativista no âmbito do ensino de ciências.

Cumprir registrar no que não se constituem as implicações descritas aqui: a) uma tentativa de caracterizar uma unanimidade às ideias de Kuhn e à adesão a elas no ensino e na formação de professores de ciências. Pelo contrário, outros autores podem e merecem ser trazidos para o debate concernente ao relativismo na ciência e no ensino de ciências; b) a afirmação de que a discussão epistemológica acerca do relativismo e suas implicações para o ensino de ciências da natureza é suficiente. A discussão que coloca em xeque o relativismo não pode ser confundida com aquela que desrespeita os conhecimentos discentes ou de comunidades externas à ciência, especialmente no que se refere aos processos educativos. Assim, referenciais teóricos da área da educação/ensino de ciências também são essenciais na promoção do estudo sobre o relativismo.

A partir do reconhecimento de que uma das maneiras profícuas para fomentar discussões sobre a ciência no ensino das ciências da natureza é por meio da História e Filosofia da Ciência (Clough e Oslon, 2008; Forato, Pietrocola e Martins, 2011; Matthews, 1995; Moura, 2014; Peduzzi, 2011; Peduzzi e Raicik, 2020), aponta-se para mais um aspecto de grande relevância no que tange as reflexões acerca do relativismo a partir do conceito kuhniano de revolução, que é aquele que envolve um resgate histórico-epistemológico da Revolução Química de Lavoisier. Esse caso histórico foi tomado como exemplo clássico de revolução paradigmática por Kuhn na *Estrutura*. Raicik *et al.* (2018) citam o caso de Lavoisier e o flogisto, sem, contudo, aprofundar este episódio histórico, como tipo de uma controvérsia resistiva plural, em que o embate ocorre entre um (ou mais) novo referencial teórico e o paradigma vigente.

Não obstante, a indagação sobre a existência ou não de uma revolução nesse caso persiste entre historiadores e pesquisadores na ciência (Donovan, 1988; Filgueiras, 1995; Maar, 1999 e 2012; Melhado, 1990; Mocelin, 2003; Perrin, 1988 e 1990). O debate envolvendo os historiadores da ciência Arthur Donovan e Carl Perrin, por exemplo, acerca de uma revolução na ou para a química com Lavoisier permite discussões envolvendo o próprio conceito de revolução e seu significado, com claras interlocuções à visão kuhniana e às mudanças

paradigmáticas, que não ocorrem, por certo, de forma abrupta e absoluta.

Donovan (1988) argumenta que a revolução é essencialmente epistemológica. O historiador sobreleva a transformação da química ocasionada por Lavoisier, sobretudo de ordem metodológica. A importância dada à relação entre teoria e experimentação, claramente oriunda de princípios da física experimental, permite a ele, com maior propriedade, defender uma revolução para a química, no sentido que a elevou ao patamar científico de outras, como a física, pela reforma metodológica.

Todavia, Perrin (1988, 1990) defende uma revolução essencialmente conceitual e teórica. Ainda que se reconheça o emprego da metodologia experimental por Lavoisier e outras novas teorias desenvolvidas naquele contexto, como a do estado gasoso ou acerca da acidez, a 'derrubada' do flogisto não pode ser ofuscada. Para o historiador, nesse sentido a revolução ocorreu na química, no âmbito de uma mudança conceitual, e isso elevou o seu patamar ao da física, por exemplo.

Neste caso em específico, é possível perceber que um processo evolutivo não inviabiliza uma revolução – na perspectiva de Perrin a revolução foi se cristalizando gradualmente, no próprio estudo de Lavoisier. Apesar de possuírem juízos de valor distintos acerca da revolução lavoisieriana, o debate Perrin-Donovan permite profícuas discussões com interlocuções a conceitos kuhnianos.

Assim, um resgate histórico-epistemológico desse emblemático episódio histórico pode contribuir para uma melhor compreensão e aprofundamento do tema. Embora existam discordâncias consideráveis sobre a revolução química, sua análise por dissemelhantes lentes “continua sendo um dos assuntos mais desafiadores e gratificantes da história da ciência” (Donovan, 1988, p. 12). Diferentes olhares para o episódio podem contribuir, profícuo e significativamente, para discussões e reflexões de e sobre a ciência.

No âmbito de propostas didáticas, sobretudo na formação de professores, a reflexão teórica de conceitos kuhnianos associados a casos históricos específicos pode contribuir para que o tema e conceitos como o de revolução possam ser apropriados de modo a

favorecer o distanciamento de uma visão relativista. Assis (2014), ao discutir a inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências, destaca justamente implicações de duas tendências que podem permear essa inserção: as universalistas e as relativistas. A influência da posição relativista, em abordagens dessa natureza, está mais presente do que seria almejável. O autor lembra que o próprio Kuhn não aceitou a estigma de relativista e conclui: “O uso que será feito da história para o ensino de ciências vai depender de que postura seus usuários, ou seja, professores de ciências e instituições de ensino de ciências, têm acerca da natureza do conhecimento científico” (Assis, 2014, p. 162). Essas posturas também podem ser influenciadas por análises de ideias e conceitos kuhnianos, como as expostas preliminarmente nesse artigo. São análises que possuem em si contribuição educacional, pois podem subsidiar a atuação e formação de professores.

Em suma, destaca-se que estudar acerca da obra de Kuhn, especialmente a *Estrutura*, e os mal-entendidos a ela associados – portanto, considerando as críticas e o apoio às ideias desse físico, filósofo e historiador da ciência –, pode colaborar para a reflexão a respeito, entre outros aspectos, do relativismo. Apropriar-se de conhecimentos concernentes ao relativismo, como se procurou mostrar, parece ser uma exigência a professores da área de ensino de ciências que, por consequência, também podem considerar esses conhecimentos em suas práticas educativas.

No cenário atual de uma pandemia que assola a vida de todos, ganha mais evidência a importância de reflexões a respeito de um relativismo que implica atitudes anticientíficas. Em editorial recente do reconhecido periódico *Science & Education*, já mencionado, Erduram (2020, p. 233) questiona sugestivamente: “como a história, a filosofia e a sociologia da ciência podem contribuir à educação para entender e resolver a crise de Covid-19?” Nesta direção, a autora coloca a necessidade de reflexão filosófica sobre o que se constitui como ciência nesse cenário de uma pandemia. Entende-se que uma permanente reflexão sobre o relativismo associado à ciência pode colaborar para o exposto.

## **7. Ponderações finais (porém, jamais acabadas) acerca do resgate kuhniano**

As discussões ocorridas na filosofia em meados do século passado com Kuhn, Popper, Lakatos, Feyerabend, Toulmin, Hanson, por exemplo, evidenciam novos olhares para a ciência. A partir delas, não se pode mais aceitar uma leitura anacrônica do passado, defender pura e simplesmente um sistema de crescimento cumulativo de conhecimento, ignorar os valores e seus juízos e, portanto, admitir critérios fixos e absolutos de racionalidade, dicotomizar os contextos da descoberta e da justificativa, sustentar observações desprendidas de pressupostos teóricos, etc. (Kindi e Arabatzis, 2012).

Não obstante, o ensino de ciências ainda aborda concepções limitadas acerca da ciência e sua dinâmica, quer em materiais didáticos, nos discursos de professores, nas concepções prévias de estudantes, em documentos de orientação curricular, quer em materiais de divulgação científica e na veiculação midiática da ciência, como vídeos, filmes e documentários, cada vez mais utilizados em estratégias didáticas (Clough e Olson, 2008; Fernández *et al.*, 2002; Gil Pérez *et al.*, 2001; Harres, 1999; Hodson, 1988; Lederman, 1992 e 2007; Martins, 2015; Moreira e Ostermann, 1993; Silva, 2010).

Isso torna ainda mais necessárias, relevantes e atuais as discussões sobre a ciência tanto na formação inicial e continuada de professores quanto na de pesquisadores em formação. Promover reflexões sobre a natureza da ciência em diferentes níveis de ensino pode contribuir para uma formação mais crítica desses sujeitos (Peduzzi e Raicik, 2020). No que tange a formação de professores, Praia, Gil Perez e Vilches (2007, p. 147) explicitam que “torna-se um requisito inquestionável, modificar a imagem da natureza da ciência que os professores têm e transmitem”.

A noção de cumulatividade, no âmbito de um período de ciência normal, em que o conhecimento se acumula no íntimo de um paradigma, e de ruptura, no qual emerge um novo paradigma, não são excludentes entre si, como evidencia a própria concepção kuhniana de ciência. Uma vigilância epistemológica se torna essencial, portanto, para uma análise fundamentada da ciência.

Para além do exposto, a atualidade de Kuhn se mostra de extrema relevância, sobretudo quando a ciência vive sua descrença. Tão julgado por trazer uma irracionalidade à ciência, como resgatam Mendonça e Videira (2013), nele pode-se encontrar a independência da ciência frente a um controle social mais amplo. “Se somente a autoridade (e especialmente a autoridade não profissional) fosse o árbitro dos debates sobre paradigmas, daí ainda poderia resultar uma revolução, mas não uma revolução científica”, enfatiza Kuhn (2011a, p. 212). “A própria existência da ciência”, continua o filósofo, “depende da delegação do poder de escolha entre paradigmas e membros de um tipo especial de comunidade” (Kuhn, 2011a, p. 212). Indagando “quais são as características essenciais de tais comunidades?”, ele expressa o que parece ser, se não uma resposta, um indicativo dela: “Uma das leis mais fortes, ainda que não escrita, da vida científica é a proibição de apelar a chefes de Estado ou ao povo em geral quando está em jogo um assunto relativo à ciência” (Kuhn, 2011a, p. 212).

Em tempos em que pseudociências, favoráveis ao terraplanismo, a antivacinas, e noções obsoletas, que colocam em xeque a relevância de isolamentos sociais em meio a uma pandemia, por exemplo, ganham adeptos e espaços sociais, torna-se ainda mais importante a formação de sujeitos críticos científica e tecnologicamente.

## Referências

- ABRAHÃO, L. H. L. (org.). *Kuhn, Feyerabend e incomensurabilidade*. São Leopoldo: Unisinos, 2012.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, p. 70-83, 2002.
- ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 1, p. 97-106, 2001.
- ASSIS, K. R. História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 149-166, 2014.

- BAGDONAS, A.; AZEVEDO, H. L. O projeto de lei “Escola sem Partido” e o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 2, p. 259-277, 2017.
- BRASIL. (sem ano). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. Ministério da Educação. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf)>.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais, 1ª à 4ª séries da Educação Fundamental*, vol. 4 – Ciências Naturais. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto / Secretaria de Educação Fundamental, 1997.
- BRASIL. Projeto de Lei do Senado n. 193 de 2016.
- CHAMIZO, J. A. The role of instruments in three chemical’ revolutions. *Science & Education*, v. 23, p. 955-982, 2014.
- CHAMIZO, J. A. La cuarta revolución química (1945-1966). De las sustancias a las especies químicas. *Educación Química*, v. 28, p. 202-210, 2017.
- CLOUGH, M. O.; OSLOM, J. K. Teaching and assessing the nature of science: an introduction. *Science & Education*, v. 17, p. 143-145, 2008.
- CLOUGH, M. P. Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. *The Pantaneto Forum*, v. 25, n. 1, p. 31-40, 2007.
- COHEN. B. I. The eighteenth-century origins of the concept of scientific revolution. *Journal of the History of Ideas*, v. 37, n. 2, p. 257-288, 1976.
- CONDÉ, M. L. L. Lexus versus gramática na ciência: a virada linguística de Kuhn e o segundo Wittgenstein. In: CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (ed.), *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013. p. 141-165.
- CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (org.). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte, MG: Fino Traço, 2013.
- CORDEIRO, M. *Ciência e Valores na história da fissão nuclear: potencialidades para a educação científica*. 2016. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) — Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CUPANI, A. Por que ainda Thomas Kuhn?. In: CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (ed.). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013. p. 13-19.
- DONOVAN, A. Lavoisier and the origins of modern chemistry. *Osiris*, v. 4, p. 214-231, 1988.
- ERDURAM, S. Science education in the era of a pandemic: how can history, philosophy and sociology of science contribute to education for understanding and solving the Covid-19 crisis? *Science & Education*, v. 29, p. 233-235, 2020.

- FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visões deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.
- FEYERABEND, P. Consolando o especialista. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (ed.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 244-284.
- FILGUEIRAS, C. A. L. A revolução química de Lavoisier: uma verdadeira revolução? *Química Nova*, v. 18, n. 2, p. 219-224, 1995.
- FORATO, T. C.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência da sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.
- FORATO, T. C.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F.; FERREIRA, J. M. H. (org.). *Temas de história e filosofia da ciência no ensino*. Natal: EdUFRN, 2012. p. 123-154.
- GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GUITARRARI, R. O relativismo cognitivo é autorrefutante? *Trans/Form/Ação*, v. 39, n. 1, p. 139-158, 2016.
- HACKING, I. Introductory essay. In: KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*; with an introductory essay by Ian Hacking. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2012a. p. vii-xxxviii.
- HACKING, I. *Representar e intervir*: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012b.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a Natureza da Ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- HODSON, D. Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.
- HOYNINGEN-HUENE, P. *Reconstructing scientific revolutions*: Thomas S. Kuhn's philosophy of science. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1993.
- HOYNINGEN-HUENE, P. A concepção de incomensurabilidade de Kuhn. In: ABRAHÃO, L. H. L.; (ed.). *Kuhn, Feyerabend e incomensurabilidade*. São Leopoldo: Unisinos, 2012. p. 73-85.
- HOYNINGEN-HUENE, P. Sobre a relevância filosófica de Thomas Kuhn. In: CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (ed.). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013. p. 21-36.
- KINDI, V.; ARABATZIS, T. (ed.). *Kuhn's The Structure of Scientific Revolutions revisited*. London: Taylor & Francis, 2012.

KUHN, T. S. Reflexões sobre os meus críticos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (ed.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 285-343.

KUHN, T. S. Foreword. In: HOYNINGEN-HUENE, P. *Reconstructing scientific revolutions: Thomas S. Kuhn's philosophy of science*. Chicago & London: The University of Chicago Press, 1993. p. xi-xiii.

KUHN, T. S. *O caminho desde A Estrutura*. São Paulo: EdUNESP, 2006.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2011a.

KUHN, T. S. *A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica*. São Paulo: EdUNESP, 2011b.

KUUKKANEN, J. Revolution as evolution: the concept of evolution in Kuhn's philosophy. In: KINDI, V.; ARABATZIS, T. (org.). *Kuhn's The Structure of Scientific Revolutions revisited*. London: Taylor & Francis, 2012. p. 134-154.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 109-243.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (org.). *Handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2007. p. 831-880.

LEDERMANN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LOVING, C. C.; COBERN, W. W. Invoking Thomas Kuhn: what citation analysis reveals about science education. *Science and Education*, v. 9, p. 187-206, 2000.

MAAR, J. H. *Pequena história da química*. Florianópolis: Papa-Livro, 1999.

MAAR, J. H. Materiais, equipamentos, métodos e objetivos: outra revolução química? *Scientiae Studia*, v. 10, n. 4, p. 671-680, 2012.

MARTINS, A. F. P. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MASSONI, N. T. *A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica*. 2010. Tese (Doutorado em Física) — Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MASTERMAN, M. A natureza de um paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (ed.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 72-108.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. Thomas Kuhn's impact on science education: what lessons can be learned? *Science Education*, v. 88, n. 1, p. 90-118, 2004.

MCCOMAS, W. F. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. Adapted from the chapter. In: MCCOMAS, W. F. (ed.). *The nature of science in science education*. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 53-70.

MELHADO, E. M. On the historiography of science: a reply to Perrin. *Isis*, v. 81, n. 2, p. 273-276, 1990.

MENDONÇA, A. L. O.; VIDEIRA, A. A. P. Progresso científico e incomensurabilidade em Thomas Kuhn. *Scientiae Studia*, v. 5, n. 2, p. 169-83, 2007.

MENDONÇA, A. L. O.; VIDEIRA, A. A. P. A assimetria entre fatos e valores: a herança de Kuhn nos Science Studies. In: CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (org.). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013. p. 187-210.

MOCELLIN, R. C. *Lavoisier e a longa revolução na química*. 2003. Dissertação (Mestrado em Filosofia) — Departamento de Filosofia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MOCELLIN, R. A revolução química na Estrutura. In: CONDÉ, M. L. L.; PENNA-FORTE, M. A. (org.). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas [50 anos]*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013. p. 101-119.

MOREIRA, A. M.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MOURA, B. A. O que é a natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NICKLES, T. Scientific revolutions. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Winter 2017 Edition). Stanford: The Metaphysics Research Lab, 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/scientific-revolutions/>>.

OKI, M. C. M. Paradigmas, crises e revoluções: a história da química na perspectiva kuhniana. *Química Nova na Escola*, v. 20, p. 32-37, 2004.

OLIVA, A. O relativismo de Kuhn é derivado da história da ciência ou é uma filosofia aplicada à ciência? *Scientiæ Studia*, v. 10, n. 3, p. 561-92, 2012.

OLIVEIRA, M. B. Considerações sobre a neutralidade da ciência. *Trans/Form/Ação*, v. 26, n. 1, p. 161-172, 2003.

OLIVEIRA, M. J. Kuhn e o conceito de revolução. In: CONTE, J.; MORTARI, C. A. (org.). *Temas em filosofia contemporânea*. Florianópolis: NEL/UFSC, 2014. p. 11-26.

- OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.
- PEDUZZI, L. O. Q. *Evolução dos conceitos da física*. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011. Disponível em: <<https://evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br>>.
- PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.
- PERRIN, C. E. Research traditions, Lavoisier, and the chemical revolution. *Osiris*, v. 4, p. 53-81, 1988.
- PERRIN, C. E. Chemistry as peer of physics: a response to Donovan and Melhado on Lavoisier. *Isis*, v. 81, n. 2, p. 259-270, 1990.
- POPPER, K. R. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (ed.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 63-71.
- PRAIA, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- RAICIK, A. C. Nos embalos da HFC: discussões sobre a experimentação e aspectos relativos à NdC em UEPS. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 164-197, 2020.
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 1, p. 42-62, 2018.
- RAICIK, A. C.; ANGOTTI, J. A. P. A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 331-349, 2019.
- RAICIK, A. C.; GONÇALVES, F. P. (Re)Pensando Thomas Kuhn: reflexões sobre mal-entendidos da Estrutura e suas implicações para o ensino de ciências. *Revista De Estudios Y Experiencias En Educación*, v. 21, n. 45, p. 366-394, 2022.
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão acerca dos contextos da descoberta e da justificativa: a dinâmica entre hipótese e experimentação na ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 8, n. 1, p. 132-146, 2015.
- RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 149-176, 2016.
- RAMOS, C. R.; SILVA, J. A. A emergência da área de ensino de ciências e matemática da CAPES enquanto comunidade científica: um estudo documental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 2, p. 363-380, 2014.
- REICHENBACH, H. *Experience and prediction*. Chicago: University Chicago Press, 1938.
- SCHIEMANN, G. Inductive justification and discovery: on Hans Reichenbach's foundation of the autonomy of the philosophy of science. In: SCHICKORE, J.;

- STEINLE, F. (ed.). *Revisiting discovery and justification: historical and philosophical perspectives on the context distinction*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 23-39.
- SHAPER, D. The Structure of Scientific Revolutions. *The Philosophical Review*, v. 73, n. 3, p. 383-394, 1964.
- SILVA, B. V. C. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. *Latin-American Journal of Physics Education*, v. 4, n. 3, p. 670-677, 2010.
- STAUB, A.; GONÇALVES, F. P.; LINDEMANN, R. Z. A natureza das teorias científicas: interpretações de estudantes sobre a revolução copernicana. In: *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, 2007.
- STURM, T.; GIGERENZER, G. How can we use the distinction between discovery and Justification? On the weaknesses of the strong programme in the sociology of science. In: SCHICKORE, J.; STEINLE, F. (ed.). *Revisiting discovery and justification: historical and philosophical perspectives on the context distinction*. Dordrecht: Springer, 2006. p. 133-158.
- TOULMIN, S. É adequada a distinção entre ciência normal e ciência revolucionária?. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (ed.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 49-59.
- TOZZINI, D. L. *Filosofia da ciência de Thomas Kuhn: conceitos de racionalidade científica*. São Paulo: Salta, 2014.
- VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.
- ZYLBERZTAJN, A. Revoluções científicas e ciência normal em sala de aula. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (org.) *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.

# KUHN E A RESOLUÇÃO DAS CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS<sup>1</sup>

Robinson Guitarrari

Caetano Ernesto Plastino

## Ideias centrais do capítulo:

- *A estrutura das revoluções científicas* apresenta o desenvolvimento das ciências maduras como um processo racional e progressivo marcado por rupturas profundas.
- Críticos questionaram se a proposta de Kuhn viabiliza seus objetivos, dada a incomensurabilidade presente nas disputas científicas em períodos revolucionários.
- Nesse capítulo, analisamos como aspectos da epistemologia social de Kuhn podem oferecer uma explicação racional do processo de formação de consenso.

Em seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, Thomas Kuhn tentou apresentar uma imagem de ciência que, embora distinta em diversos aspectos da tradição herdada, entende seu desenvolvimento como racional e progressivo. Contudo, diante da profundidade e das diferenças que envolvem uma disputa científica, capturada pela tese da incomensurabilidade, colocou-se sob suspeita a viabilidade de a proposta de Kuhn realizar seus propósitos. Das várias acusações de irracionalidade que lhe foram dirigidas, a crítica de Laudan foi uma das poucas que se centrou nas supostas diferenças irreduzíveis entre conjuntos de problemas e padrões de solução, destoando-se das abordagens semânticas das controvérsias científicas. Em sua análise, Laudan procurou indicar que semelhante situação seria um caso raro e que esse tipo de incomensurabilidade deixaria o cientista preso a seus

---

<sup>1</sup> Neste capítulo, que articula e desenvolve nossas ideias sobre o tema, utilizamos passagens de textos que escrevemos, juntos ou individualmente, sobre a visão de ciência de Thomas Kuhn, que se encontram originalmente apresentadas em Plastino (2004, 2019, 2021), Guitarrari e Plastino (2014) e Guitarrari (2004, 2016, 2023).

próprios compromissos de pesquisa. Sem entrar no debate histórico acerca da frequência com que a incomensurabilidade de problemas e padrões ocorre, mas dando importância à crítica que sustenta que compromissos científicos não poderiam ser alterados em bases racionais, esse capítulo procura fornecer as linhas gerais de uma resposta que enfatiza como aspectos da epistemologia social de Kuhn podem oferecer elementos para uma explicação do processo de formação de consenso dentro de um período revolucionário.

### **1. Controvérsias anômalas**

Há uma longa tradição que entende que a ciência se caracteriza pelo método que conduz as investigações. À época da *Estrutura*, essa tradição reconhecia a falibilidade das conquistas científicas e a inexistência de uma metodologia voltada a descobertas científicas (Hempel, 1945; Popper, 1959; Friedman, 1966). Nesse cenário, caberia à metodologia científica restringir-se à tarefa de formular e fundamentar os critérios e regras que seriam postos para guiar a conduta científica no que concerne ao *juízo* (avaliação) e à *escolha* (seleção) de teorias e hipóteses já construídas, em um processo em que os erros contribuiriam para o crescimento do conhecimento. Em um plano ideal, à medida que um conjunto adequado de regras explícitas, claras e decisivas selecionaria teorias que, em processo contínuo, realizariam cada vez mais os objetivos da ciência, os resultados dessas escolhas exibiriam racionalidade e proporcionariam uniformidade na avaliação e seleção de teorias. A indicação dada pelo método científico quase sempre seria única, o que explicaria a formação de consenso por parte dos cientistas individuais.

Nesse cenário, haveria acordos prévios entre os cientistas sobre os problemas e padrões científicos. O que estaria em jogo se restringiria, sobretudo, ao domínio teórico. Supondo que as disputas sobre questões de fato poderiam ser “imparcialmente resolvidas” apelando a regras que relacionassem teorias e descrições de evidências – o que Laudan chamou de “ideal leibniziano” –, filósofos da ciência da primeira metade do século XX colocaram como uma de suas tarefas principais a apresentação de um conjunto de regras apropriadas (Laudan, 1984, p. 05-06).

Porém, essa tradição metodológica tem carregado dificuldades sérias. As estratégias eliminativas por experimentos cruciais não excluem a possibilidade de ser prematura a eliminação de uma teoria em favor da crença de que a teoria selecionada é aproximadamente verdadeira. Também pode ser apressada a aceitação de uma teoria por conta de evidências que lhe são favoráveis (como a descoberta de fatos novos).

Além disso, as tentativas de responder ao problema geral acerca da importância da evidência para uma hipótese não tiveram êxito (Kitcher, 2002; Caetano, 2021): as teorias da confirmação qualitativa ou convivem com paradoxos ou se mostram restritivas, como o modelo *bootstrap* de Glymour (1980). Dificuldades também ocorrem com a vertente quantitativa, oferecida por uma visão bayesiana. Embora seja amplamente adotada e resolva muitos paradoxos vinculados à teoria da confirmação qualitativa, o bayesianismo carrega o problema segundo o qual são sempre possíveis casos em que o valor atribuído à probabilidade anterior é tão discrepante que o consenso não seria obtido na prática.

Ainda que não estabeleçam a derrocada do programa metodológico como um todo, essas dificuldades levantam considerável suspeita sobre a ideia de que a metodologia conseguiria garantir a pertinência das avaliações e escolhas de teorias científicas.

Mais desafiadora é a tese da incomensurabilidade, originalmente apresentada por Thomas Kuhn em seu livro *A estrutura das revoluções científicas* (Kuhn, 1970). Em sua dimensão epistemológica, por afirmar que os problemas importantes e os padrões avaliativos vinculados a paradigmas rivais não são considerados do mesmo modo, as preocupações filosóficas com a busca de uma racionalidade se estendem aos métodos e objetivos da ciência. Com Kuhn, o processo que conduz a uma revolução científica passa a exibir uma complexidade para a qual uma metodologia não havia sido posta para enfrentar. As controvérsias são anômalas para a filosofia da ciência tradicional exatamente porque estão fora do escopo das disputas científicas previstas pelos seus programas metodológicos.

Algumas peculiaridades desse cenário se despontam quando uma alternativa importante se põe diante do paradigma enfraquecido pelas anomalias. Se desde esse ponto divergências teóricas se

apresentam, é somente com um novo período de ciência normal que podemos notar todos os tipos de diferenças profundas que separam duas propostas de orientação de pesquisa científica. Mas, com o desenvolvimento do candidato a paradigma já é possível notar que as divergências científicas não se restringem apenas a um ou outro ponto teórico. As opções teóricas envolvem um balanço sobre o que se põe como problema relevante. Nota-se, por exemplo, que a perda de poder explicativo não constitui uma exceção nas mudanças mais traumáticas da ciência. A física de Newton não explicava inicialmente por que todos os planetas de nosso sistema giram em torno do Sol no mesmo sentido e aproximadamente no mesmo plano, embora a teoria dos vórtices anteriormente defendida pelos cartesianos permitisse explicar esse fato. Além disso, há diferenças quanto aos padrões de solução adotados. As explicações vinculadas à teoria do flogisto tinham uma natureza qualitativa, enquanto as da teoria do oxigênio eram quantitativas.

Assim, em um período de dissenso, a divergência acerca da significância de problemas científicos e a dissonância sobre a adequabilidade de padrões de explicação põem em xeque a ideia de que problemas científicos são intrinsecamente importantes. E exatamente porque envolvem juízos sobre a relevância do que deve ser posto sobre o escrutínio científico, bem como os modos de avaliar as suas soluções, valores científicos também estão em jogo. Sem uma plataforma arquimediana para julgar os méritos cognitivos dos paradigmas em disputa, é preciso saber lidar com tal situação. Entendemos que Kuhn apresentou, ainda que de maneira preliminar, elementos que podem ser articulados para ao menos indicar como tais controvérsias podem ser resolvidas de maneira racional.

## **2. Incomensurabilidade epistemológica: duas perspectivas**

A dificuldade sobre como as controvérsias científicas podem ser resolvidas parece ser racionalmente incontornável se, em tempos de crise, os cientistas procedessem de tal modo que os recursos disponíveis para se avaliar as virtudes e falhas das propostas em jogo sempre tendessem a privilegiar a rede de compromissos científicos que os contém, seja uma das rearticulações do paradigma tradicional seja o novo candidato a paradigma. Desse modo, as avaliações sempre

carregariam, junto com as tentativas de solução de problemas, critérios de relevância dos problemas científicos, condições de adequação acerca das soluções desses problemas, bem como valores cognitivos usados para guiar as avaliações das alternativas.

Em “Kuhn’s epistemological relativism: an interpretation and defense”, Doppelt parece ter seguido essa visão holista em defesa do que ele considera ser a concepção de racionalidade científica subjacente ao tratamento das controvérsias científicas na *Estrutura*. Contrapondo-se às acusações de irracionalidade que se apoiavam em uma dimensão semântica da tese da incomensurabilidade entre paradigmas rivais, ele defendeu que em chave relativista seria possível formular juízos de superioridade racional em favor de um paradigma, sem perder o teor da crítica kuhniana à tradição metodológica. Para tanto, ele considerou a incomensurabilidade de problemas e padrões de avaliação, destacada por Kuhn, e a interpretou, de maneira peculiar, como uma incomensurabilidade entre visões de ciência. É nesse sentido que devemos entender o que ele chamou de *incomensurabilidade epistemológica*.

Concordamos com sua ideia de que a incomensurabilidade epistemológica possui uma função crítica da tradição metodológica em dois aspectos. Em primeiro lugar, porque há perdas de problemas resolvidos, o progresso científico não é cumulativo: “(...) a química pré-daltoniana da teoria do flogisto e da teoria das afinidades eletivas obtiveram respostas razoáveis a um conjunto de questões efetivamente abandonadas pela nova química de Dalton” (Doppelt, 1978, p. 42). Além disso, os padrões de explicação da física aristotélica eram qualitativos, da galileana, quantitativos. E porque os critérios do que é um problema relevante e uma solução adequada expõem uma incomensurabilidade de valores, não haveria como recorrer a um programa metodológico para resolver a disputa em jogo.

Porém, quando se trata de defender Kuhn da acusação de irracionalidade, Doppelt enfrenta dificuldades. Para notarmos esse ponto é importante frisar alguns aspectos. Sua concepção de incomensurabilidade epistemológica se refere a diferenças irreduzíveis, ainda que parciais, entre os problemas, os padrões de solução e os valores cognitivos. Disto se nota que o termo “paradigma” na expressão “incomensurabilidade epistemológica entre paradigmas

rivais” não se refere ao que Kuhn passou a chamar de “exemplar”, a saber, a um caso sem precedentes de solução de problemas especialmente relevantes. Ele toma “paradigma” para se referir a outros elementos de certas classes de compromissos do que Kuhn denominou, após a primeira edição da *Estrutura*, de “matriz disciplinar”. Além disso, “paradigmas rivais” refere-se aos conjuntos de compromissos de *matrizes disciplinares já constituídas*, quer dizer, paradigmas que, em épocas sucessivas e intercaladas por revolução científica, serviram, cada um em seu tempo, à comunidade científica como guias para a prática de suas respectivas ciências normais.

De fato, Kuhn, na *Estrutura*, introduziu a ideia de incomensurabilidade entre paradigmas do mesmo modo.<sup>2</sup> Contudo, seu propósito consistia em esclarecer (i) em que sentido as mudanças científicas estavam sendo tomadas como revoluções e (ii) em defender, com base nas diferenças entre paradigmas rivais vigentes em períodos sucessivos, que lógica e experimento não estabelecem inequivocamente uma escolha científica. Nesse contexto, a incomensurabilidade é apresentada considerando os efeitos da mudança científica.<sup>3</sup>

Com sua abordagem, Doppelt vai além. Ele destaca que as diferenças irreduzíveis de problemas e padrões de solução científicos associados a paradigmas rivais ganham relevância epistemológica

---

<sup>2</sup> Confira especialmente o capítulo intitulado “A natureza e a necessidade das revoluções científicas”, da *Estrutura*.

<sup>3</sup> A noção de *revolução científica* é apresentada por Kuhn a partir de certas semelhanças com a noção de revolução política, uma aproximação que enseja a tese de que as mudanças científicas produzem alterações nos compromissos de pesquisa tais que a tradicional lógica do conhecimento científico não tem lugar. Segundo Kuhn, “[p]ara descobrir porque a questão da escolha de paradigmas jamais pode ser resolvida de maneira inequívoca, devemos examinar de maneira breve a natureza das diferenças que separam os proponentes de um paradigma tradicional de seus sucessores revolucionários” (Kuhn, 1970, p. 94). Nesse sentido, a noção de incomensurabilidade entre paradigmas, no que diz respeito aos tipos de diferenças que apresenta tanto quanto à sua profundidade, é posta para esclarecer certos aspectos que a noção de revolução científica envolve. A ideia é que tais diferenças, ainda que sejam parciais (não globais), indicam que, após uma revolução científica, *não há uma instância neutra* que capture os mundos em que os cientistas estabelecem sua forma de vida comunitária, que relacione um a um todos os termos e conceitos de um paradigma àqueles de seu rival, e que envolva os mesmos problemas considerados significativos, que promova os mesmos padrões de solução e que tome valores cognitivos do mesmo modo.

porque refletem concepções incomensuráveis de ciência – algo com o qual concordamos. A dificuldade é que ele considera que essa caracterização de incomensurabilidade captura os tipos de diferenças entre propostas rivais, ao longo de todo o período de ciência extraordinária.

Segundo ele, porque há “princípios incompatíveis (i.e., critérios, padrões) para pesar a importância das evidências (explicações e problemas)”, “existem desacordos normativos irreduzíveis sobre como a disciplina deve ser definida nesse período” (Doppelt, 1978, p. 74). Tais desacordos normativos irreduzíveis explicariam “o sentido em que as escolhas divergentes são racionais em períodos revolucionários” e constituiriam “um componente epistemológico essencial dentro da racionalidade *ao longo de todo o processo* por meio do qual esses períodos terminam” (Doppelt, 1978, p. 74, itálicos nossos).

Em chave relativista, a noção de racionalidade científica explicaria por que *muitos cientistas* agem racionalmente quando mudam de paradigma bem antes do desfecho de uma revolução, assim como explicaria por que *alguns cientistas* possuem uma base racional para continuar sob a égide do antigo paradigma, depois de o novo exibir notável poder explicativo. Explicitamente, Doppelt afirma:

O fato de que, diante do mesmo corpo de evidências, cientistas fazem escolhas incompatíveis em *todo* estágio do desenvolvimento científico não reflete, no modelo de Kuhn, uma aberração da racionalidade científica ou um assunto de relevância meramente psicológica. Essas escolhas são racionais e se desenvolvem de um modo racional de acordo com a suposição de que elas essencialmente envolvem critérios diferentes de ciência (Doppelt, 1978, p. 75).

Nesse cenário, um cientista consideraria os méritos e dificuldades do paradigma em crise, bem como as virtudes e desafios do candidato a paradigma, a partir de seus compromissos de pesquisa. Cientistas que defendem propostas rivais ofereceriam boas razões para continuar a aderir aos critérios que adotam para solucionar os problemas que consideram significativos. Como os parâmetros não são exatamente os mesmos, seus juízos de superioridade racional são conflitantes, mas não são contraditórios e, com isso, tal relativismo

indica que tais controvérsias são racionais. Para Doppelt, isso é o que importa: mostrar que o quadro kuhniano de desenvolvimento científico não implica irracionalismo.

Esses aspectos nos conduzem ao entendimento de que o relativismo de Doppelt, como destacam Raicik e Gonçalves neste volume, não é solapado por incoerências autodestrutivas. Também não é o caso de que tal perspectiva implique um igualitarismo epistemológico, uma vez que dela não se deduz que as diferentes adesões são igualmente racionais (Guitarrari, 2004 e 2016; Plastino, 2004).<sup>4</sup> Porém, isso não significa que uma tal forma de relativismo não apresente dificuldades de outra ordem.

Observamos, inicialmente, que a alternativa ao paradigma em crise, de fato, exhibe desacordos normativos com o paradigma tradicional, mas assim o faz como um exemplar que trata de problemas anômalos, ou seja, como aplicações bem-sucedidas de uma teoria que está sendo articulada. Ao menos durante grande parte do processo revolucionário, os cientistas que a defendem não têm dessa alternativa uma visão de ciência que possa ser identificada com o que Doppelt supõe em sua noção de incomensurabilidade entre perspectivas conflitantes. Esses aspectos indicam que a incomensurabilidade subjacente à interpretação relativista de Doppelt não captura a dinâmica do debate em ciência extraordinária. Não se trata de um debate em que se confrontam, de ponta a ponta, visões de ciência previamente definidas.

Ainda que não seja propriamente kuhniana, a concepção relativista em questão, embora não trivial, parece tornar implausível uma explicação da formação de consenso. Laudan, que lê Kuhn na linha de Doppelt,<sup>5</sup> aponta esse problema. Para Laudan, as controvérsias kuhnianas são disputas entre visões de ciência, nas quais cada

---

<sup>4</sup> Convém ressaltar que essas ponderações dizem respeito à interpretação relativista de Doppelt acerca da noção de racionalidade científica subjacente aos pronunciamentos de Kuhn na *Estrutura*. Nós não estamos considerando seu relativismo quanto à noção de conhecimento científico, que também foi apresentada por Doppelt (1978).

<sup>5</sup> Quanto ao argumento da mudança de padrões de avaliação (e, acrescentemos, dos valores a eles associados), Laudan afirma: “Ao tratar das concepções de Kuhn sobre esse assunto, eu seguirei a excelente e solidária explicação da posição de Kuhn feita por Doppelt” (Laudan, 1996, p. 94).

paradigma em jogo possui seus próprios compromissos teóricos, metodológicos e axiológicos. Com Doppelt, ele entende que, em qualquer fase do processo revolucionário, tais compromissos estão sempre presentes.

Laudan explora essa ideia para notar que esse modelo de racionalidade científica não consegue explicar o processo de formação de consenso em torno de um novo paradigma (Laudan, 1984, p. 17):

Se diferentes cientistas não somente adotam teorias diferentes, mas também subscrevem padrões diferentes de avaliação e baseiam esses padrões em sistemas diferentes e conflitantes de objetivos cognitivos, então, de fato, é difícil imaginar que a mudança científica poderia ser outra coisa senão uma mudança caprichosa de estilo ou gosto. Aparentemente, *jamais poderia haver bases compelentes para afirmar que um paradigma é melhor do que outro, pois se tem que perguntar: melhor relativamente a quais padrões ou objetivos?* (Laudan, 1984, p. 72, itálicos nossos).

O tratamento do dissenso com divergências tão profundas, que se estendem a todos os tipos de compromissos científicos, leva Laudan a concluir, contra Doppelt e Kuhn, que o relativismo que daí emerge faz da formação de consenso uma “coincidência cósmica” (Laudan, 1996, p. 91).

Entendemos que a análise histórica de paradigmas rivais já constituídos permite compreender aspectos da noção de revolução científica pelos seus efeitos. Contudo, a ênfase na incomensurabilidade entre paradigmas rivais sucessivos, tomada desse ponto de vista diacrônico, enquanto explicita os tipos de diferenças que ocorrem em uma mudança científica, bem como as limitações de uma lógica do conhecimento, deixa escapar aspectos relevantes de uma abordagem da racionalidade científica em Kuhn, além de dificultar uma explicação da formação de consenso. Em vez disso, levamos em conta o cientista individual trabalhando em período de ciência extraordinária, no contexto da comunidade científica. Dessa perspectiva, as controvérsias científicas não refletem diferenças irreduzíveis entre visões de ciência fornecidas por matrizes disciplinares prontas, ainda que possa ter esse caráter no desfecho do processo revolucionário. Nesses casos, consideramos uma incomensurabilidade entre rearticulações do paradigma tradicional e

um candidato a exemplar enfatizando as diferenças de problemas e padrões de solução. Nesse contexto, defendemos que uma explicação da resolução das controvérsias científicas kuhnianas não se dá sem considerar elementos da epistemologia social de Kuhn.

### **3. Formação de consenso**

Quando procuramos reconstruir os pronunciamentos de Kuhn sobre como se dá o processo de formação de consenso, um ponto a se notar é que o cientista geralmente não se encontra na posição de simplesmente avaliar uma rede de crenças ou escolher uma teoria diante de uma variedade delas. Segundo Kuhn, importa analisar como se dá a *mudança* científica, a transição de um paradigma a outro, considerando que o cientista já se encontra em um processo em andamento e que ele argumenta a partir de seus pressupostos, mesmo estando em xeque suas diretrizes de pesquisa. Não se dispõe de uma plataforma arquimediana.

As anomalias que geraram a crise são fundamentais para que o cientista renuncie a um paradigma, proponha ou siga uma diretriz radicalmente diferente, mas elas certamente não bastam: “[é] preciso também haver uma base, embora não tenha que ser racional nem finalmente correta, para a fé no candidato particular escolhido” (Kuhn, 1970, p. 158). Considerações estéticas subjetivas podem ser decisivas nesse caso. Embora frequentemente atraiam apenas poucos cientistas para a nova teoria, o triunfo final desta teoria poderá depender exatamente desses poucos. Se esses cientistas nunca tivessem seguido o novo candidato a paradigma por razões altamente individuais, este poderia nunca ter sido desenvolvido o suficiente para atrair a adesão da comunidade científica como um todo.<sup>6</sup> Segundo Kuhn, se o padrão que regesse a fase inicial fosse a habilidade relativa

---

<sup>6</sup> O líder de uma revolução política geralmente surge no contexto de uma profunda e duradoura crise. Ele poderá ser bem-sucedido se conseguir convencer as pessoas de que sua “nova proposta está no caminho certo”, de que é melhor segui-lo, não havendo vantagem em se desviar dele. Mas há uma grande diferença. No caso de a revolução política fracassar, provavelmente o líder revolucionário pagará com a própria vida (e muito sofrimento até ser morto). E o risco de fracasso parece ser tão grande que seu comportamento não se afigura como racional. Em nossos tempos, a vida do cientista não está em jogo e participar de uma revolução científica poderá lhe proporcionar um certo “incentivo seletivo” (Elster, 1993, p. 01-34).

de solucionar problemas, “as ciências experienciariam muito poucas revoluções importantes” (Kuhn, 1970, p. 157).

A legitimidade de se buscar, por diferentes caminhos, soluções para as anomalias que geraram a crise, mostra a importância da variabilidade individual na aplicação de valores compartilhados: “o recurso a valores compartilhados (em vez de regras compartilhadas que governam a escolha individual) torna-se o modo de a comunidade distribuir os riscos e assegurar o êxito de longo prazo do seu empreendimento” (Kuhn, 1970, p. 186).

De modo geral, ao longo do processo de revolução científica, o cientista poderá manter a adesão à sua teoria ou transferi-la para uma rival, e em ambas as situações abraçará toda sorte de valores cognitivos (como consistência, simplicidade, abrangência, precisão, fecundidade, resistência a testes empíricos etc.) em sua defesa. Cada caso de aplicação desses valores se fará a partir da perspectiva do cientista, podendo gerar resultados distintos para diferentes cientistas, em vez de uma “resposta única ou uniforme” (Kuhn, 1970, p. 152). Além disso, não só as aplicações desses valores podem variar de cientista para cientista conforme a compreensão que se tem de cada um deles ou o peso que se lhes atribui: as razões também se distinguem durante o período de conflito até a resolução da controvérsia.

No interior desse quadro geral, há particularidades. Segundo Kuhn, o cientista que adota um paradigma nos estágios iniciais de seu desenvolvimento o faz de modo diferente daquele que o adota depois que quase toda comunidade foi conquistada por esse paradigma.

As primeiras conversões ao candidato a paradigma científico envolvem a experiência extrema de alguns poucos cientistas obedecerem a seu impulso mais profundo, com a esperança de “haver uma descoberta a ser feita lá” e “a confiança naquilo que for assim descoberto, mesmo sem terem clareza de para onde isso os levará” (Williams, 1972, p. 79).

Nessa fase, a conversão não pode ser devidamente caracterizada como uma decisão ponderada tomada com base em realizações passadas ou na já comprovada habilidade de resolver problemas. Pelo contrário, envolve a incerteza e, ao mesmo tempo, a confiança nos resultados a serem alcançados pelo novo paradigma na solução de

problemas autênticos de seu campo, sabendo-se apenas que o paradigma anterior fracassou na tentativa de resolver alguns deles.

Segundo a análise de D'Agostino, diferentes balanços entre as tendências de permanecer dentro do paradigma em crise ou explorar um novo são distribuídos pela comunidade de pesquisadores, de modo que os cientistas mais conservadores mantêm o compromisso com paradigma tradicional mesmo diante das dificuldades, procurando levar ao limite sua aplicação, enquanto outros buscam novas abordagens e ideias, especialmente para problemas que persistem sem solução dentro dos esquemas familiares. Desse modo, quando o paradigma anterior parecer inadequado a alguns cientistas, haverá alternativas disponíveis a serem adotadas que podem, em um processo crescente, se espalhar pelo grupo inteiro e se mostrar mais promissoras diante das anomalias encontradas (D'Agostino, 2010, p. 81-110). Por exemplo, alguns cientistas dão importância maior do que outros à originalidade e por isso estão dispostos a correr mais riscos; outros preferem teorias mais abrangentes e unificadas a teorias que levam a soluções de problemas mais precisas e detalhadas dentro de um escopo mais restrito (Kuhn, 1977, p. 325).

Os argumentos persuasivos em favor de um candidato a paradigma que acabará vencedor se põem numa segunda fase, em que diversas alternativas foram colocadas de lado e uma delas apresenta resultados promissores. Aqui, cada grupo de cientistas desenvolve suas pesquisas, considerando os resultados do grupo rival. Diante das tentativas de rearticulação do paradigma tradicional, tais argumentos em favor do candidato a paradigma consideram os problemas anômalos que ele resolve, bem como novos experimentos, novos instrumentos elaborados nesse processo e as soluções de parte dos problemas para os quais o paradigma tradicional tinha respostas. O aumento das publicações apontando dificuldades do paradigma tradicional e propondo soluções alternativas indica a adequação do candidato a paradigma para o trabalho comunitário. Sua capacidade de solucionar problemas relevantes para as partes conflitantes (os problemas anômalos) e sua proficiência passam a influenciar novos adeptos. Em suas palavras:

(...) se um paradigma está destinado a vencer sua luta, o número e a força dos argumentos persuasivos a seu favor aumentarão. Mais

cientistas serão, então, convertidos e a exploração do novo paradigma continuará. Gradualmente, o número de experimentos, instrumentos, artigos e livros baseados no paradigma serão multiplicados. Mais homens ainda, convencidos da fertilidade da nova visão, adotarão o novo modo de praticar a ciência normal, até que, ao final, restem somente uns poucos relutantes mais antigos (Kuhn, 1970, p. 200).

A adesão crescente se dá por tipos diferentes de razões. O raciocínio científico que conduz à formação de consenso é complexo. Em suma, embora as tais boas razões sejam como as tradicionais, cientistas individuais podem ser persuadidos pelos mesmos tipos de razões em momentos distintos do debate, assim como pode ocorrer de eles serem persuadidos, em um mesmo momento da controvérsia, por razões que não são exatamente as mesmas. Contudo, Kuhn não deu indicações mais claras sobre como esse processo complexo regido por boas razões proporcionariam um caminho para o consenso dos membros da comunidade científica.

Kitcher tem argumentado que as revoluções científicas kuhnianas podem ser vistas como um processo em que práticas individuais competem entre si para alterar práticas consensuais sob suspeita. Quando uma alternativa importante se põe diante dos que seguem o paradigma em crise, cada qual “deve mostrar, construtivamente, que tem potencial para encontrar soluções para as dificuldades com as quais se depara e que as propostas rivais, de modo contrário, não possuem recursos” (Kitcher, 2000, p. 31). Para cada realização de uma das práticas, há uma articulação de como a proposta rival poderia dar conta do novo resultado. A disputa que se destina a uma revolução científica mostrará que as possibilidades de o paradigma em crise lidar com cada novo resultado obtido pelo candidato em ascensão envolverão novas dificuldades.

Entendemos que essas considerações de Kitcher, exemplificadas por sua reconstrução do debate flogisto-oxigênio (Kitcher, 1993, p. 272-290), podem indicar dois aspectos relevantes para a compreensão de como pode ser articulada uma explicação da formação do consenso dentro da concepção de desenvolvimento científico no Kuhn da *Estrutura*. O primeiro é que se pode explicar mais claramente de que modo a habilidade comparativa de solucionar problemas é, para

Kuhn, a base dos argumentos que os cientistas comumente consideram ser os “mais significativos e persuasivos” (Kuhn, 1970, p. 155). Além disso, é possível notar, dentro do período revolucionário, uma atividade comunitária dentro de um mesmo grupo de cientistas e entre grupos que divergem quanto às orientações de pesquisa.

Quanto a este último ponto, não se trata aqui de afirmar que a dimensão social do conhecimento científico consiste apenas no fato de cientistas compartilharem as teorias propostas e as evidências adquiridas pelo trabalho coletivo – traço característico da ciência normal. Depois de exibir o resultado de seu experimento de calcinação de metais em recipiente fechado contendo ar atmosférico, a ideia de que os metais quando aquecidos reagem com um componente do ar atmosférico para produzir o metal calcinado foi articulada considerando as possíveis soluções adotadas pelos teóricos do flogisto que, como Kirwan e Cavendish, admitiram que algo do ar era absorvido, mas que, no entanto, mantiveram a ideia de que o flogisto emanava do metal. Nesse processo, é possível notar que, à medida que Lavoisier apresentava a força de sua alternativa, indicando de maneira mais precisa que era o ar vital que se associava ao metal, ele expunha dificuldades para cada uma das rearticulações propostas por Kirwan e Cavendish.

À medida que os desafios se acumulam e as estratégias de solução vão se esgotando, cientistas passam a considerar cada vez mais uma nova forma de vida comunitária. Daumas e Duveen (1959, p. 123) colocam registram que, em meados da década de 1780, muitos matemáticos que formavam um grupo seletivo de cientistas da *Académie des Sciences* já estavam alinhados com a teoria de Lavoisier. Blumenthal e Ladyman (2017) registram que, em 1787, Cavendish abandonou a teoria do flogisto, conforme carta de Kirwan a Guydon de Morveau, o qual anunciou publicamente a posição de Cavendish, informando que ele foi o primeiro a subscrever a admissão de Lavoisier na Royal Society, em 1788. Em 1791, Kirwan abandonou a teoria do flogisto, admitindo que “não poderia fornecer uma demonstração experimental clara de que o ar puro e o ar inflamável combinados formavam o ar fixado, e que, conseqüentemente, ele não poderia mostrar que os metais continham ar inflamável” (Blumenthal e Ladyman, 2017).

Segundo Kitcher, o desfecho do debate ocorre quando todos os encaminhamentos possíveis se mostram inviáveis para uma das práticas em jogo, enquanto a outra exhibe suas virtudes solucionando problemas e exibindo sua fertilidade (2000, p. 31; 2001, p. 40-41).

Esses aspectos indicam que (i) as avaliações são locais (ainda que não decisivas para todo cientista rival), que (ii) não há uma falta de compreensão acerca dos resultados de pesquisa e que (iii) as alterações nos paradigmas do flogisto importaram para Lavoisier articular seus experimentos. Nesse sentido, as rearticulações do paradigma em crise e as pesquisas que se seguem com base nelas servem tanto aos cientistas tradicionais como para aqueles que procuram mostrar os êxitos de uma alternativa radicalmente diferente. Em outras palavras, as soluções obtidas por um grupo não deixam de ser importantes para o grupo rival.

Ao se opor a uma concepção de racionalidade individual centrada em um cientista ideal e autônomo, filósofos como Kuhn destacaram a dimensão social da racionalidade científica. Notaram que imensos ganhos epistêmicos se devem a desenhos sociais que envolvem mecanismos de cooperação, coordenação, competição e democratização de projetos e resultados de pesquisa.

Dessa perspectiva, sendo a ciência um produto social, torna-se crucial considerar não apenas como o cientista reage ao se encontrar com o *mundo*, mas também como ele responde a *seus pares* dentro do ambiente profissional a que pertence. Nesse sentido, também se pode mencionar a influência que as razões apresentadas por importantes pesquisadores em suas decisões têm sobre seus auxiliares e seguidores – aspecto que depois passou a ser chamado de *modelo de onda de deliberação pública*.

Esse modelo opera com a ideia de um movimento coletivo de larga escala em que muitas pessoas acabam pensando ou fazendo alguma coisa por conta das crenças ou ações de um pequeno núcleo de inovadores influentes, em uma espécie de efeito cascata. Isso faz com que, na comunidade científica, indivíduos com critérios de aceitabilidade de níveis bem diferentes cheguem coletivamente a um consenso sobre questões que antes os dividiam. Segundo D'Agostino:

O que uma pessoa pensa ou aquilo com que ela se compromete pode ser suficientemente atraente para, mediante seus esforços, conquistar a adesão de outro que não estava suficientemente atraído por essa perspectiva a ponto de realmente endossá-la. Assim, os dois juntos, o inovador e o discípulo, podem fazer aperfeiçoamentos que nenhum deles poderia fazer sozinho, e então atrair a atenção favorável de um terceiro cientista cujo nível de exigência seja ainda maior que a do primeiro discípulo (D'Agostino, 2010, p. 04).

E esse processo continua, em um movimento crescente a partir de poucos cientistas, até finalmente “produzir algo que possa ser *amplamente* admirado e seguido” (D'Agostino, 2010, p. 04).

Além do modelo de onda, outros dois mecanismos complementares podem ser encontrados na obra de Kuhn para explicar a formação do consenso.<sup>7</sup> Quando os cientistas já conseguiram a adesão da grande maioria da comunidade, havendo ainda alguns poucos resistentes, eles podem entender que a controvérsia está encerrada, que não vale a pena continuar insistindo. Ocorre então uma “marginalização dos cientistas resistentes”, que deixam de ser participantes efetivos da comunidade. Eles são “simplesmente excluídos da profissão, que passa a ignorar seus trabalhos” (Kuhn, 1970, p. 19).<sup>8</sup> Outro mecanismo que permite explicar a formação do consenso é a “alteração disciplinar”. Quando nenhuma das partes conquista a grande maioria dos cientistas, pode ocorrer

---

<sup>7</sup> Paulo Pirozelli analisa cada um deles detalhadamente em sua tese de doutorado (Silva, 2018, p. 115-156).

<sup>8</sup> Peirce notou com extrema lucidez que o “impulso social” em uma situação de “recíproca influência de opiniões” transforma em eremita quem contraria essa corrente demasiadamente forte. O problema passa a ser da fixação da crença não simplesmente no indivíduo, mas na *comunidade* (Peirce, 1877, p. 7). Em um contexto mais amplo, Elster examinou o elevado custo do ostracismo social a que são submetidos aqueles que fogem à norma, mesmo que seja apenas uma norma de etiqueta (Elster, 2007).

uma fragmentação da comunidade, que se reorganiza em duas ou mais disciplinas, de modo semelhante a uma especiação.<sup>9</sup>

O caso de Priestley é emblemático neste ponto. No desfecho de uma revolução científica, quando apenas restam “alguns poucos opositores mais velhos”, Kuhn observa que:

[m]esmo deles não podemos dizer que estejam errados. Embora o historiador sempre possa encontrar homens – Priestley, por exemplo – que não foram razoáveis por resistirem tanto assim, ele não encontrará um ponto em que a resistência se torne ilógica ou não-científica. No máximo, ele poderá querer dizer que o homem que continua a resistir após toda a sua profissão ter sido convertida deixou *ipso facto* de ser um cientista” (Kuhn, 1970, p. 159).

Em fase de desfecho de uma revolução científica, há que se reconhecer que certos problemas solucionados pelo antigo paradigma não são tratados pelo que ganhou a adesão da ampla maioria dos cientistas. Tais perdas de explicação evidenciam a tese kuhniana segundo a qual a “escolha de paradigma jamais pode ser estabelecida inequivocamente por lógica e experimento” (Kuhn, 1970, p. 94). Elas não promovem um relativismo que impeça a formação de consenso.

É claro que esses mecanismos sociais em ciência, notadamente baseados em boas razões, ganham proeminência no final de uma revolução científica porque há uma incomensurabilidade de problemas significativos e padrões de avaliação. Isso não significa que eles importam apenas nesses casos. Particularmente, o cientista pode ser excluído de uma comunidade por outros fatores.

A resistência à mudança pode se dar porque se trata de um processo de conversão. Nesse ponto, é reveladora a ideia segundo a qual a recusa por parte de um cientista em mudar de paradigma, quando muitos já o fizeram, pode não ser identificada como errônea ou

---

<sup>9</sup> A obra de Thomas Kuhn teve grande influência na chamada “epistemologia social”, no estudo de como funcionam as comunidades de pesquisadores na produção coletiva de conhecimento. Muitas de suas ideias seminais foram depois articuladas e desenvolvidas por filósofos como Kitcher e D’Agostino. Em particular, chamam atenção a ideia de *divisão social do trabalho cognitivo* nos períodos de ciência extraordinária, ou seja, de uma organização social da ciência em que se mantém a *diversidade cognitiva* (Kitcher, 1993, p. 303-389).

irracional. Para Kuhn, uma mudança científica envolve não só boas razões, mas também uma adaptação a outra forma de vida científica. Neste ponto, Kuhn considera o cientista que “se descobre totalmente persuadido pelo novo ponto de vista”, mas “é incapaz de internalizá-lo e de se sentir à vontade no mundo que este ajuda a constituir” (Kuhn, 1970, p. 204). Ele continua:

Intelectualmente tal homem fez sua escolha, mas a conversão que esta escolha requer para ser eficaz lhe escapa. Não obstante, ele pode utilizar a nova teoria, mas o fará como um forasteiro num lugar estranho: a alternativa lhe será acessível apenas porque é utilizada pelos nativos do lugar” (Kuhn, 1970, p. 204).

Ainda que a eficácia persuasiva das boas razões indique que “intelectualmente tal homem fez sua escolha”, para que o paradigma faça parte de sua atividade cotidiana é necessário que as disposições mentais exigidas não precisem de uma reprogramação, sempre que recrutadas. Nesses casos, cientistas que não se ajustam a outra forma de vida comunitária podem não ser considerados ativos e, paulatinamente, ser excluídos da comunidade relevante.

Mecanismos sociais são uma expressão da tese kuhniana segundo a qual “não existe padrão superior ao assentimento da comunidade científica” (Kuhn, 1970, p. 94). Articulados com base em boas razões, cumprem um papel importante em uma explicação da formação do consenso em um processo revolucionário, apoiando o trabalho comunitário da ciência normal, em nova edição.

#### **4. Considerações finais**

Ao eleger a comunidade científica o tribunal superior em questões relativas à ciência, Kuhn ocupou-se especialmente da questão sobre como os juízos de diversos membros dessa comunidade se agregam para formar os juízos da comunidade.

Ao contrário do que sustenta Laudan, Kuhn também apresentou uma explicação racional de como se dá a transição de um paradigma a outro, mediada por um período de crise. Talvez seja apenas um esboço de explicação, que precisa ser aprimorado. No entanto, seu retrato da mudança científica em nada se assemelha à caricatura feita por Lakatos (1970, p. 93) de “uma conversão mística, que não é nem pode

ser governada pelas regras da razão e que cai totalmente no reino da psicologia social da descoberta”. Menos ainda se assemelha a “uma espécie de mudança religiosa”. Ao explicar como ocorrem as revoluções científicas, Kuhn utilizou como modelo as revoluções *políticas*, em que os agentes se valem de argumentos persuasivos para a reconstrução da sociedade. Modelo que nunca significou o abandono do discurso crítico ou a queda no irracionalismo. Suas análises buscaram mostrar que os critérios existentes de racionalidade não são adequados, pois não levam em conta a “compreensão dos elementos essenciais do processo científico”. Fugir disso é “abrir a porta para o reino da fantasia” (Kuhn, 2000, p. 159). É tentar enquadrar o julgamento científico nos estreitos limites de um algoritmo neutro de regras simples e gerais, seguidas sistematicamente por cada um, sem lugar para o engenho e a variedade de estratégias.

Como tentamos mostrar, Kuhn está longe de comprometer-se com um relativismo tão radical que viesse a impedir a compreensão, em termos racionais, de como as controvérsias científicas se resolvem ao longo do tempo ou a colocar em xeque a autoridade cognitiva da ciência.

### Referências

- BLUMENTHAL, G.; LADYMAN, J. The development of problems within the phlogiston theories, 1766-1791. *Foundations of Chemistry*, v. 19, p. 241-280, 2017.
- D'AGOSTINO, F. *Naturalizing epistemology*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2010.
- DAUMAS, M.; DUVEEN, D. Lavoisier's relatively unknown large-scale decomposition and synthesis of water, February 27 and 28, 1785. *Chymia*, v. 5, p. 113-129, 1959.
- DOPPELT, G. Kuhn's epistemological relativism: an interpretation and defense. *Inquiry*, v. 21, p. 33-86, 1978.
- ELSTER, J. *Explaining social behavior*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- ELSTER, J. *Political psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- FRIEDMAN, M. The methodology of positive economics. *In*: FRIEDMAN, M. *Essays in positive economics*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1966. p. 03-43.
- GLYMOUR, C. *Theory and evidence*. Princeton: Princeton University Press, 1980.

- GUITARRARI, R. *Incomensurabilidade e racionalidade científica em Thomas Kuhn: uma análise do relativismo epistemológico*. 2004. Tese (Doutorado em Filosofia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GUITARRARI, R; PLASTINO, C. E. Kuhn e as dimensões da incomensurabilidade. *Ideação*, n. 29, p. 31-62, 2014.
- GUITARRARI, R. O relativismo cognitivo é autorrefutante? *Trans/Form/Ação*, v. 39, n. 1, p. 139-158, 2016.
- GUITARRARI, R. Racionalidade e relativismo na Estrutura? *Problemata*, v. 14, n. 4, p. 27-47, 2023.
- HEMPEL, C. G. Studies in the logic of confirmation. *Mind*, v. 54, p. 01-26, 1945.
- KITCHER, P. *The advancement of science: science without legend, objectivity without illusions*. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- KITCHER, P. Patterns of scientific controversies. In: MACHAMER, P.; PERA, M.; BALTAS, A. (eds.) *Scientific controversies: philosophical and historical perspectives*. New York: Oxford University Press, 2000. p. 21-39.
- KITCHER, P. *Science, truth, and democracy*. New York: Oxford University Press, 2001.
- KITCHER, P. Scientific knowledge. In: MOSER, P. K. (ed.) *The Oxford handbook of epistemology*. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 385-407.
- KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. 2.ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.
- KUHN, T. S. Objectivity, value judgment, and theory choice. In: KUHN, T. S. *The essential tension*. Chicago: The University of Chicago Press, 1977. p. 320-339.
- KUHN, T. S. Reflections on my critics. In: KUHN, T. S. *The road since Structure*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2000. p. 123-175.
- LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: LAKATOS, I.; A. MUSGRAVE, A. (eds.). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press, 1970. p. 91-196.
- LAUDAN, L. For method: answering the relativist critique of methodology of Kuhn and Feyerabend. In: LAUDAN, L. *Beyond positivism and relativism: theory, method, and evidence*. Colorado: Westview Press, 1996. p. 88-112.
- LAUDAN, L. *Science and values*. Berkeley: University of California Press, 1984.
- PEIRCE, C. S. The fixation of belief. *Popular Science Monthly*, v. 12, p. 01-15, 1877.
- PLASTINO, C. E. Notas sobre o relativismo cognitivo. *Philosophos*, v. 9, n. 2, p. 167-178, 2004.
- PLASTINO, C. E. Crise e formação de consenso na ciência segundo Kuhn. *Enunciação*, v. 4, n. 2, p. 148-158, 2019.
- PLASTINO, C. E. Algumas reflexões sobre o método científico. In: MOLINA, J. A. (org.) *Perspectivas sobre o método científico*. Seropédica: Editora do PPGFIL-UFRRJ, 2021. p. 44-55.

POPPER, K. R. *The logic of scientific discovery*. Londres: Hutchinson, 1959.

SILVA, P. P. A. *A estrutura das controvérsias científicas: a sociologia da ciência de Thomas Kuhn*. 2018. Tese (Doutorado em Filosofia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WILLIAMS, B. *Morality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.

# VALORES NA CIÊNCIA E A PERSPECTIVA ECOLÓGICA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Eros Moreira de Carvalho

## Ideias centrais do capítulo:

- A dicotomia entre fato e valor apoia o ideal de ciência como livre de valores.
- Valores não-cognitivos estão presentes em todas as etapas da prática científica.
- Suposições de fundo e valores são necessários para estabelecer o que é evidência para o quê.
- Os riscos atrelados ao uso de uma hipótese científica afetam o limiar de evidência para a aceitação dessa hipótese.
- A distinção entre teoria e aplicação é insuficiente para apoiar o ideal de ciência como livre de valores.
- O conhecimento científico é situado e sempre envolve alguma aplicação ou uso.
- A perspectiva ecológica do conhecimento elimina a dicotomia entre fato e valor.

## 1. Introdução

A pandemia de Covid-19 colocou em destaque a discussão sobre as relações entre a ciência e os valores. Cientistas do mundo inteiro reorientaram as suas pesquisas para satisfazer a demanda social por soluções para os vários problemas colocados pela pandemia. Praticamente todas as grandes áreas foram envolvidas, não só as áreas médicas, na busca de uma vacina e de tratamentos eficazes para a Covid-19, mas também as áreas sociais e humanas, na busca de estratégias para minimizar os seus impactos econômicos e sociais e monitorar os efeitos e sequelas sobre a saúde das relações e organizações humanas. A pandemia também pressionou as metodologias de pesquisa. Dada a urgência de encontrar soluções e respostas no curto e médio prazo, as metodologias para a pesquisa de

vacina foram calibradas. De modo semelhante, tratamentos novos que em circunstâncias normais seriam minuciosamente testados e validados quanto à eficácia e segurança antes de serem liberados foram colocados à disposição para a população. Quanto à aplicação do conhecimento científico, as autoridades públicas foram as mais pressionadas. No mundo inteiro, as autoridades tiveram que dar respostas rápidas sobre questões complexas acerca da mobilidade social, manejo hospitalar e de recursos humanos, prioridade de investimentos e outros. Para justificar as suas decisões perante o público, muitas delas diziam estar “seguindo a ciência”. Contudo, como ficou claro diante de respostas antagônicas de diferentes autoridades públicas – e.g., exigir *versus* recomendar o uso de máscaras em locais públicos fechados –, não há uma única maneira de seguir a ciência.<sup>1</sup> Em todos esses casos, valores sociais e morais parecem afetar de uma maneira ou de outra a atividade científica.

Apesar dessas situações em que valores parecem afetar a atividade científica, a ideia de que a ciência – ou ao menos as atividades científicas que são consideradas as mais essenciais para a ciência – deve ser livre de valores é bastante difundida. Neste capítulo, vou discutir essa tese, normalmente entendida como um ideal de ciência. Na segunda seção, introduzo alguns conceitos e distinções importantes para entender a tese, como a diferença entre valores cognitivos e não-cognitivos. Na terceira seção, discuto o papel dos valores na seleção de problemas e na metodologia científica. Na quinta seção, apresento dois argumentos canônicos contra o ideal da ciência como livre de valores: o argumento da lacuna explicativa, de Helen Longino (1990), e o argumento do risco indutivo, de Heather Douglas (2009). Na quarta seção, discuto algumas respostas a esses

---

<sup>1</sup> A ideia de que o apelo à ciência por si só seja uma justificção adequada para decisões sobre políticas públicas é reveladora do prestígio de que a ciência ainda goza na nossa sociedade. Mas é ao mesmo tempo enganosa, pois esconde a questão pertinente de se o conhecimento científico está sendo bem ou mal usado. A autoridade pública não pode se isentar dessa responsabilidade. O apelo à ciência é vazio se não estão claros os valores e as demandas que a autoridade pública busca atender. As humanidades em geral podem e devem nos ajudar a entender o que está envolvido no uso adequado do conhecimento científico (Carvalho, 2020). Esse é um esclarecimento importante para que cidadãos possam cobrar das autoridades públicas as responsabilidades que lhes cabem quanto ao uso do conhecimento científico e para desmascarar aquelas autoridades que estão fazendo um apelo meramente retórico à ciência (Bacevic, 2020).

argumentos. Por fim, exploro e sustendo a ideia de que a reconcepção da ciência como um atividade social situada e adaptativa supera a dicotomia entre fato e valor que subjaz a discussão. Essa nova concepção de ciência permite acomodar melhor os resultados dos argumentos apresentados na terceira seção.

## **2. O ideal da ciência como livre de valores**

Na filosofia da ciência anglófona, nas décadas de 50 e 60, a questão sobre o papel dos valores na ciência foi levantada, e em resposta consolidou-se, embora houvesse discordantes, a concepção da ciência como livre de valores. Participaram do debate filósofos como Reichenbach (1951), Hempel (1965), Rudner (1953) e Jeffrey (1956). Esse período é marcado pelo empirismo lógico, movimento hegemônico na filosofia da ciência à época. Além de rejeitar as filosofias transcendentais e preconizar que todo conhecimento científico deve ser rigidamente validado e controlado pela experiência sensorial, os empiristas lógicos também defenderam a separação rígida entre fatos e valores. Para os empiristas lógicos, valores não estão no mundo físico. Quando alguém diz que “roubar é errado”, essa pessoa não está enunciando um fato acerca do roubo, ela está apenas expressando a sua atitude, de aprovação ou reprovação, em relação ao roubo. Não haveria, assim, uma questão de fato sobre se o roubo é certo ou errado. Certo e errado é apenas uma questão de atitude, de como nos sentimos em relação a certos tipos de ações (Ayer, 1970, p. 107). A psicologia e a sociologia podem investigar empiricamente quais atitudes as pessoas têm diante de certos tipos de ações e quais fatores contribuem para que elas tenham as atitudes que têm, e se há e em que extensão há variações de atitudes entre indivíduos, grupos e culturas, mas as atitudes elas mesmas não são fatos objetivos do mundo. Elas são completamente subjetivas. Portanto, valores também são subjetivos.

A partir da dicotomia entre fatos e valores, Reichenbach sustenta que a concepção de conhecimento científico é e deve ser neutra em relação a valores e que a própria ideia de conhecimento ético não faz sentido. É assim porque, na sua concepção, o conhecimento não contém elementos normativos ou prescritivos. O conhecimento contém apenas elementos descritivos, ele descreve ou representa

corretamente os fatos do mundo (Reichenbach, 1951, p. 277). A sentença “O ferro conduz eletricidade” apenas afirma um fato geral acerca do ferro. Nenhum elemento valorativo ou prescritivo estaria contido na sentença. Ela é verdadeira, mas tivesse o ferro outras propriedades, essa sentença poderia ser falsa. Verdade e falsidade é algo que se aplica às sentenças que descrevem fatos. Já os proferimentos que expressam valores e diretrizes não são nem verdadeiros nem falsos. “Não mate” não descreve um fato, nem é uma tautologia, mas a exortação para se comportar de certa maneira (Reichenbach, 1951, p. 280).

A ciência é controlada pela evidência e, portanto, teorias e hipóteses devem ser aceitas ou rejeitadas com base na experimentação e observação. No entanto, essas últimas são limitadas e finitas, ao passo que teorias e hipóteses fazem afirmações gerais que vão além do que foi observado e experimentado. A afirmação de que o ferro conduz eletricidade vai além da evidência constituída por todos os pedaços de ferro que observamos conduzir eletricidade. Na primeira metade do século passado, empiristas lógicos alimentaram a esperança de que uma teoria da confirmação seria viável, isto é, uma teoria que estipularia regras formais precisas para a aceitação e rejeição de hipóteses face à evidência disponível. Esse projeto, no entanto, fracassou e se mostrou inviável. Como Nelson Goodman argumentou, qualquer porção finita de evidência suporta uma quantidade indefinida de hipóteses concorrentes (Goodman, 1983, p. 75).<sup>2</sup> Não haveria, portanto, critérios puramente sintáticos e formais para a relação entre evidência e hipóteses. Uma solução encontrada foi apelar para qualidades das hipóteses que servem como indícios da sua verdade. Algumas dessas qualidades são: poder preditivo, poder

---

<sup>2</sup> Suponha que todas as esmeraldas observadas até agora sejam verdes. Normalmente, seríamos então levados a projetar a generalização de que todas as esmeraldas são verdes. Goodman nota, no entanto, que poderíamos descrever a evidência disponível afirmando que as esmeraldas observadas até agora são verzuís. “Verzul” é um predicado definido por Goodman assim: algo é verzul se observado verde antes de t ou azul depois de t (Goodman, 1983, p. 73-74). Todas as esmeraldas observadas até agora são verzuís, o que parece, então, permitir a projeção da generalização de que todas as esmeraldas são verzuís. O problema é que a primeira e a última hipóteses fazem predições diferentes e contraditórias acerca da cor das esmeraldas que serão observadas depois de t. Goodman não pretende que levemos a hipótese verzul a sério na prática, mas se almejamos uma teoria formal da confirmação, ela coloca um desafio incontornável. Para uma discussão da crítica de Goodman, cf. Carvalho (2018a).

explicativo, abrangência e escopo, consistência interna, coerência com outras hipóteses e teorias já aceitas etc. Na filosofia da ciência mais recente, é comum chamar essas qualidades de “valores cognitivos”. Eles são usados para explicar as decisões e os juízos dos cientistas quanto à aceitação ou rejeição de hipóteses e teorias diante da evidência disponível.

Embora a noção de valor cognitivo pareça romper com a dicotomia entre fato e valor, ela ainda não nos convida a reavaliar profundamente essa dicotomia. O que se chama de “valores cognitivos” são qualidades objetivas das hipóteses e teorias científicas que são indícios confiáveis para a verdade dessas últimas. Pode-se dizer que há fatos, rastreáveis indutivamente, que determinam se essas qualidades são indícios confiáveis ou não da verdade. Há outras qualidades de hipóteses e teorias que não se julga que sejam indícios da sua verdade. É o caso da simplicidade e das qualidades estéticas. Nesses casos, essas qualidades são normalmente tratadas como fatores subjetivos e, portanto, não-cognitivos para a aceitação ou rejeição de hipóteses. Nesse sentido, a expressão “valor cognitivo” pode engendrar confusão, já que foi dito que valores, na visão tradicional dos empiristas lógicos, são subjetivos. Não vou disputar por palavras. Talvez fosse melhor chamar os valores cognitivos de “critérios epistêmicos”, já que se pretende que sejam indícios objetivos e não a expressão de meras atitudes.<sup>3</sup> Em qualquer caso, para a nossa discussão, o que importa reter é que o contraste entre valores cognitivos e não-cognitivos ainda espelha a dicotomia tradicional entre fato e valor e que os valores não-cognitivos, os quais englobam valores

---

<sup>3</sup> Heather Douglas (2009, p. 92) sustenta precisamente que valores cognitivos, que na sua taxonomia são chamados de “valores epistêmicos”, não são valores em sentido estrito. Ela reserva a categoria de valores cognitivos para qualidades da teoria científica que, embora não tenham nenhuma conexão com a sua verdade, ainda assim ajudam o cientista a manejar e a pensar acerca dos fenômenos cobertos pela teoria. Deste modo, diferente do que eu sugeri, a simplicidade seria, para ela, um valor cognitivo, embora não epistêmico. Para os meus propósitos, o contraste entre valores cognitivos e não-cognitivos, no sentido indicado, é suficiente. De qualquer forma, o leitor deve ter em mente que não há consenso na literatura sobre a taxonomia dos valores.

morais, estéticos e sociais, são atitudes subjetivas.<sup>4</sup> Quando aplicados a hipóteses e teorias, eles expressam uma atitude favorável ou desfavorável à teoria, mas sem qualquer conexão com a sua verdade. Assim, alguém pode preferir uma teoria porque ela é mais simples, bela ou mais coerente com os seus valores morais. Os defensores do ideal da ciência como livre de valores não negam que isso pode ocorrer. A sociologia da ciência mostra que isso ocorre com certa frequência. No entanto, eles sustentam que isso não deveria acontecer, isto é, o cientista deve evitar que valores influenciem as suas decisões. Mais precisamente, sustentam que a atividade científica não deve ser afetada por valores não-cognitivos. Assim, a ciência se mantém objetiva no seu propósito de alcançar teorias corretas e verdadeiras.

Ainda restam algumas distinções importantes. Quando se fala em atividade científica, é comum subdividi-la em pelo menos quatro etapas: a) a seleção de problemas, b) a formulação de metodologias, c) a coleta, a caracterização e a interpretação dos dados e d) a avaliação da hipótese científica. As duas primeiras são caracterizadas como externas, isto é, como envolvendo interações com atividades não-científicas, e as duas últimas são caracterizadas como internas, isto é, como atividades essencialmente científicas. Os defensores do ideal da ciência como livre de valores não negam que valores não-cognitivos afetem e possam legitimamente afetar as duas primeiras etapas. Como já apontado no início do texto, as demandas da sociedade impactam a seleção de problemas, e é esperado que seja assim. Do mesmo modo, nossas preocupações morais com o bem-estar de humanos e animais não-humanos afetam as metodologias de pesquisa que envolvem humanos ou animais não-humanos. No entanto, para os defensores do ideal da ciência como livre de valores, as duas últimas etapas não devem ser afetadas por valores não-cognitivos, pois essas são as etapas propriamente científicas. Para que a ciência mantenha-se objetiva, valores não-cognitivos não devem afetar a caracterização e

---

<sup>4</sup> É importante salientar que, na literatura, não é consensual que uma distinção clara e precisa entre valores cognitivos, também chamados de “valores epistêmicos”, e valores não-cognitivos pode ser estabelecida (Elliott, 2022, p. 5-6). Para uma discussão aprofundada desse ponto, cf. Rooney (2017). Esses questionamentos são água para o meu moinho, pois interpreto eles como evidência de que a separação rígida entre cognição e valores não é sustentável, como será defendido na última seção deste capítulo.

interpretação dos dados e muito menos a aceitação ou rejeição de hipóteses científicas.

Para caracterizar o ideal da ciência como livre de valores com uma precisão ainda maior, é oportuno visitar a distinção introduzida por Hugh Lacey (2010, p. 40-44) entre imparcialidade, neutralidade e autonomia. A imparcialidade é a ideia de que apenas valores cognitivos podem influenciar a decisão quanto à aceitação ou rejeição de teorias e hipóteses científicas. A neutralidade é a ideia de que as teorias científicas e as estratégias de pesquisa aceitas não privilegiam nenhuma perspectiva de valor moral ou social, isto é, as aplicações dessas teorias e estratégias podem atender equitativamente diferentes perspectivas de valor. Por fim, a autonomia é a ideia de que as instituições científicas determinam as suas agendas e prioridades de pesquisa sem interferência externa. O ideal da ciência como maximamente livre de valores envolveria a defesa de que a ciência deve ser imparcial, neutra e autônoma. Atualmente, não é comum a defesa dessa tese extrema. Dada a divisão entre as etapas da atividade científica, é bastante consensual aceitar que a ciência não é nem deve ser completamente autônoma. Por exemplo, se a ciência vai investir na busca da cura do câncer ou não é uma demanda social, embora ela tenha de ser autônoma para determinar quais problemas ela deve atacar e em que ordem de prioridade para encontrar a cura para o câncer. A neutralidade também não parece ser exequível. Por exemplo, a pesquisa agrícola pode adotar tanto uma estratégia biotecnológica quanto uma estratégia agroecológica. Essas estratégias não são neutras em relação a perspectivas de valor de fundo (Lacey, 2010, p. 50). A primeira estratégia favorece a perspectiva de controle e produtividade, enquanto a segunda a perspectiva de preservação ambiental e igualdade social. Seria muito oneroso e demandante a norma de investigar e aceitar apenas teorias científicas que atendam de modo equitativo quaisquer perspectivas de valor. Resta a imparcialidade. Ela é atualmente a ideia mais defendida por aqueles que ainda sustentam o ideal de ciência como livre de valores. Assim, podemos entender esse ideal como o comprometimento com a seguinte tese:

A ciência deve ser imparcial. Valores não-cognitivos não devem afetar as decisões dos cientistas nas atividades propriamente científicas, que são a coleta, caracterização e descrição dos

dados e a aceitação ou rejeição de teorias e hipóteses científicas. Apenas valores cognitivos podem participar dessas decisões.

### **3. Valores na escolha de problemas e na metodologia de pesquisa**

Como já foi salientado, não é muito controverso que valores não-cognitivos (sociais, morais, estéticos etc.) orientem as etapas externas da atividade científica. Ainda assim, há questões importantes e interessantes sobre como esses valores interagem com a ciência.

#### **3.1 A escolha de problemas**

Saindo dos casos de grande urgência social, como a pandemia de Covid-19, quando há consenso sobre o que precisa ser investigado, não é tão claro quais valores sociais podem e devem orientar a seleção de problemas para a investigação científica. A principal questão aqui é: quem decide e quais valores devem orientar essa decisão? A esse respeito, é importante considerar que a ciência assumiu um papel destacado nos estados nacionais contemporâneos, auxiliando-os na promoção do bem-estar social e oferecimento de serviços públicos. Não à toa, hoje os principais financiadores da ciência são os próprios estados, mesmo em sociedades mais inclinadas ao liberalismo econômico. Nesse contexto, não é razoável que as principais diretrizes sobre que áreas de pesquisa privilegiar estejam exclusivamente nas mãos dos cientistas. Em sociedades democráticas, como a ciência é em grande medida financiada pelo contribuinte, ela precisa responder às demandas da sociedade. As agências de financiamento cumprem esse papel através da indução de pesquisa em áreas de interesse social. Ao mesmo tempo, isso não significa que os cientistas não devam ter alguma autonomia sobre essa questão, e por duas razões. Primeiro, os cientistas são as autoridades sobre quais programas de pesquisa são promissores e fecundos. Seria improdutivo direcionar fortemente a atividade científica para áreas que se mostram recalcitrantes à investigação científica. Segundo, como já aprendemos pela história, o próprio progresso da ciência decai se ela é estrangida demais pelas demandas práticas e imediatas e não é deixada perseguir interesses teóricos não-imediatos colocados pelos próprios cientistas (Polanyi, 2009, p. 3). Há também a dificuldade não-

negligenciável de como determinar o que é de interesse social. É a própria população civil quem decide, ou o governo, ou ainda pesquisadores especializados em bem-estar social e políticas públicas? Uma possibilidade é que todos esses setores participem conjuntamente das decisões sobre que áreas privilegiar. Na proposta de ciência bem-ordenada de Philip Kitcher (2011), essas decisões devem resultar de um processo deliberativo que envolve representantes da sociedade civil, do governo e especialistas. Ao menos em sociedades democráticas, esse parece ser um bom modelo decisório para que a ciência cumpra o seu objetivo, que não é o de apenas descobrir como a realidade é, mas o de descobrir verdades que sejam interessantes para a comunidade a que ela serve.

Em áreas onde a pesquisa científica é financiada sobretudo por grandes empresas privadas, algumas distorções podem surgir. A pesquisa na área médica é financiada em grande medida pela indústria farmacêutica. Essa indústria, no entanto, se concentra nos países mais ricos e desenvolvidos. Uma consequência disso é a distribuição muito desigual dos recursos para a pesquisa sobre doenças que afetam diferentes populações do globo (Barker; Kitcher, 2014, p. 153). Há muito mais recursos para pesquisa sobre o câncer do que sobre a malária. Como a malária afeta apenas as populações mais vulneráveis e pobres do sul global, não há incentivo financeiro para que a indústria farmacêutica se engaje na busca de uma cura para ela. Esse é um problema difícil de resolver, pois envolve não só coordenação entre público e privado, mas também entre nações. Parece claro, no entanto, que países em desenvolvimento não podem abrir mão de pesquisa própria se almejam soluções para problemas que afetam o bem-estar de suas populações. O caso da epidemia de Zika no nordeste brasileiro entre 2014 e 2016 é exemplar. Não fosse o engajamento da Fiocruz, instituição pública de pesquisa, e o apoio logístico do Sistema Único de Saúde (SUS) (Lui *et al.*, 2022), provavelmente não se teria obtido em tempo as estratégias e os conhecimentos necessários para debelar a epidemia (Ministério da Saúde, 2017). O financiamento privado da pesquisa, além de colocar em destaque a oposição entre interesses sociais e privados – conhecimento para a promoção do bem-estar social *versus* a promoção do lucro privado –, também coloca pressão sobre uma das normas fundamentais da ciência. Segundo o sociólogo da ciência Robert Merton (2013, p. 190), as descobertas da ciência

devem ser dirigidas para a comunidade, elas constituem a herança comum para as gerações futuras de cientistas. A dinâmica do progresso científico depende que o conhecimento conquistado permaneça público para escrutínio e como ponto de partida para novas investigações. No entanto, essa norma é severamente limitada pela pesquisa privada e a política de patentes.

Embora seja inegável que valores sociais possam influenciar as decisões sobre quais áreas são de interesse de pesquisa, a questão sobre quais valores sociais podem ter esse papel e como e quem toma essa decisão é complexa.

### **3.2 Ética e metodologia de pesquisa**

Também não é controverso que valores morais e éticos orientem a formulação de metodologia das pesquisas que envolvam seres sencientes. Atualmente, no mundo inteiro universidades contam com comitês de ética que são responsáveis por avaliar se as pesquisas realizadas nessas instituições atendem preceitos éticos quando animais humanos ou não-humanos estão envolvidos. Mas nem sempre foi assim, e a história da ciência tem um repertório não-negligenciável de pesquisas que violaram a integridade dos participantes. Um dos episódios mais chocantes é o caso Tuskegee. O projeto Tuskegee foi um estudo longitudinal sobre o desenvolvimento da sífilis realizado pelo Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos de 1932 a 1972. Neste estudo, participaram 600 homens negros, destes, 399 com sífilis e 201 sem a doença. Os homens com a doença não sabiam que tinham sífilis e eles não foram avisados acerca do diagnóstico. Durante esse período, surgiram tratamentos para a doença, mas os participantes infectados não foram avisados e também não receberam o tratamento. Para piorar a situação, as instituições de saúde dos EUA receberam uma lista com os nomes dos participantes para evitar que dessem tratamento caso algum deles procurasse atendimento (Goldim, 1999). Apenas em 1997, quando havia só oito sobreviventes do experimento, o governo americano pediu desculpas às pessoas que foram enganadas. O caso chama ainda mais a atenção por ter ocorrido em um país democrático e por ter envolvido pesquisadores e profissionais da área de saúde de diversas instituições. No Brasil recente, durante a pandemia de Covid-19, assistimos ao escândalo da Prevent Senior,

ainda em apuração (Jucá, 2021). Supostamente, a operadora de saúde Prevent Senior pressionou os seus médicos a receitarem a seus pacientes o kit-covid, a essa altura já comprovado ineficaz. A acusação mais grave é a de que a administradora experimentou também medicamentos em pacientes sem a devida autorização. Esses são casos de violação drástica da dignidade humana na pesquisa científica e na aplicação de conhecimento científico, e que evidenciam a importância dos comitês de ética em qualquer instituição que realize pesquisas envolvendo seres sencientes. Robert Merton (2013, p. 177) salienta também que os maus usos do conhecimento científico é uma das principais causas de movimentos anticência na sociedade. Essa é uma razão extra para nos preocuparmos com a ética na formulação de metodologias de pesquisa.

Há outras situações menos controversas e que ainda assim geram questões difíceis sobre a relação entre ética e metodologia de pesquisa. Por exemplo, é comum que experimentos em psicologia envolvam algum tipo de ilusão ou engano. Para que os experimentos funcionem, é importante que os participantes não saibam exatamente o que está sendo investigado, pois isso pode afetar o seu comportamento e comprometer a pesquisa. Em alguns casos, os participantes são informados que o experimento tem um objetivo que, na verdade, ele não possui. Por exemplo, no famoso experimento de Milgram, os participantes foram informados que eles estavam colaborando em um experimento sobre a memória e o papel da punição na aprendizagem. Na verdade, o experimento era sobre a tendência das pessoas a obedecerem à autoridade. No experimento, os participantes são convidados a aplicar choques cada vez mais elevados a uma pessoa, que se encontra em outra sala, quando ela erra um exercício de memorização. O participante não sabe, mas o choque não é real, embora a pessoa na outra sala finja recebê-lo. Quando o participante hesita dar o choque, pois ouve e vê a pessoa na outra sala gemendo de dor, o cientista insiste que a punição é importante para o experimento e que a saúde e a vida da pessoa não estão em risco. Uma parcela significativa dos participantes prossegue aplicando os choques. Se fosse dito desde o início que o objetivo da pesquisa era avaliar a obediência à autoridade, é muito provável que os participantes não prosseguiriam aplicando os choques. Ao mesmo tempo, argumenta-se que o uso de engano em experimentos é uma

forma de violação da autonomia dos participantes e o seu interesse na verdade (Bortolotti, 2010, p. 273). Uma maneira de amenizar essa consequência, já amplamente utilizada, consiste em abrir o jogo para os participantes logo após a realização do experimento. Depois que estão completamente esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos, a anuência de participação é novamente solicitada. Há outros fatores que certamente devem ser considerados também. Alguns experimentos psicológicos podem deixar traumas ou sequelas psicológicas nos participantes. Alega-se que esse seria o caso, por exemplo, do experimento de Milgram, que colocou os participantes em uma situação angustiante ao solicitá-los a prosseguir dando choques em pessoas que aparentemente estavam agonizando de dor (Bortolotti, 2010, p. 280). Se um experimento deixa ou tem elevadas chances de deixar sequelas psicológicas nos participantes, então é uma boa razão para evitar realizar o experimento. Espera-se também que o resultado de um experimento que envolva engano ou ilusão seja conhecimento inédito e dificilmente obtido por vias que não envolvam alguma forma de ilusão. Trata-se de uma demanda razoável diante da violação, ainda que parcial e momentânea, da autonomia dos participantes.

São muitas as questões éticas que podem surgir em relação às metodologias de pesquisa, já que os participantes, humanos e não-humanos, podem ser afetados de diferentes maneiras pelos experimentos em que participam. Cabe, portanto, aos comitês de ética não só avaliar previamente as metodologias de pesquisa, mas também acompanhar a execução dos experimentos que ofereçam um maior risco à integridade dos participantes.

#### **4. Argumentos contra o ideal de ciência como livre de valores**

Nesta seção, apresento e discuto dois argumentos célebres contra o ideal de ciência como livre de valores, o argumento da lacuna explicativa, de Helen Longino, e o argumento do risco indutivo, de Heather Douglas. Ambas as filósofas sustentam que valores não-cognitivos, isto é, valores sociais e morais, são imprescindíveis mesmo nas etapas internas da atividade científica.

#### 4.1 O argumento da lacuna explicativa

O argumento da lacuna explicativa apoia-se em vários resultados da investigação filosófica sobre a relação entre experiência e teoria. Um desses resultados, já mencionado, foi o fracasso das teorias sintáticas da confirmação. Por mais ampla que seja a experimentação e a observação acumuladas, elas sempre serão compatíveis, em princípio, com mais de uma teoria. Essa situação pode ser amenizada, como foi sugerido, pelo apelo a valores cognitivos, os quais podem restringir substantivamente o leque de teorias concorrentes que precisam ser consideradas. Contudo, não há nenhuma garantia de que ainda assim, diante da evidência disponível, não haverá mais de uma teoria ou hipótese científica igualmente bem avaliada pelos valores cognitivos. A escolha de uma teoria em detrimento de outra, nesta situação, seria arbitrária. Mas esta não é a maior dificuldade no entorno da relação entre evidência e teoria. Helen Longino argumenta que se um fato observado é tomado como evidência para uma hipótese  $h$  depende de suposições de fundo que relacionam evidências e hipóteses. Por exemplo, o fato em si mesmo de que há uma alternância constante entre dia e noite não é mais evidência para o geocentrismo do que para o heliocentrismo. Na verdade, à luz de suposições de fundo do geocentrismo, esse fato indica que o Sol gira em torno da Terra, ao passo que, à luz de suposições de fundo do heliocentrismo, o mesmo fato indica que a Terra gira em torno de si mesma (Longino, 1990, p. 45). Para tomar um exemplo mais contemporâneo, o desenvolvimento das capacidades cognitivas, do comportamento cooperativo e do uso de ferramentas ao longo da nossa história evolutiva em si mesmo não indica, como sugerido no século passado, que as atividades de caça do homem tiveram um papel crucial na evolução humana, pois o mesmo desenvolvimento, dependendo das suposições de fundo, pode indicar que as atividades de coleta da mulher tiveram um papel crucial na evolução humana (Elliott, 2022, p. 20). Assim, dados coletados de experimentos e observação em si mesmos não indicam uma hipótese

mais do que qualquer outra. O que serve de evidência para o quê depende sempre de suposições de fundo (Longino, 1990, p. 58).<sup>5</sup>

Para Helen Longino, a preferência pela hipótese que enfatiza as atividades de caça do homem mascara valores androcêntricos da arqueologia da época. Androcentrismo refere-se à percepção da vida social a partir de uma visão masculina que ignora ou tem dificuldade de notar corretamente as atividades das mulheres. Distingue-se do sexismo, pois não pressupõe, como faz este último, que as mulheres são de alguma maneira inferiores (Longino, 1990, p. 129). Pedras lascadas são vistas como evidência inequívoca de homens caçadores apenas numa perspectiva que postula o comportamento masculino como central para a evolução da espécie. As mesmas pedras lascadas poderiam ser evidência para o comportamento de mulheres na coleta e preparação de alimentos comestíveis. Pior, a indisposição a atribuir outras atividades que a caça ao homem possivelmente reflete também a concepção aristocrática do início do século passado acerca da atividade da caça como exibindo valores de coragem e nobreza (Longino, 1990, p. 130). Assim, valores atuam no raciocínio científico ao moldarem suposições de fundo que conectam evidência a hipóteses.

O contraste entre suposições de fundo que privilegiam atividades masculinas e suposições que privilegiam atividades femininas e os consequentes vieses que isso parece implicar na pesquisa científica poderiam ser vistos como uma razão contra a presença de valores não-cognitivos na aceitação e rejeição de hipóteses. No entanto, Helen Longino afasta essa possibilidade alegando que ela não é realista. Ao negar a participação de valores não-cognitivos, corremos o risco de que eles atuem inconscientemente do mesmo jeito (Longino, 1990, p. 191). A extensa discussão de Longino sobre a presença de valores não-cognitivos não só na arqueologia, mas também em estudos hormonais da neurociência e estudos sobre violência na psicologia

---

<sup>5</sup> O argumento da Helen Longino pode ser aproximado da crítica de Sellars ao mito do dado. Segundo Sellars, a ideia de que a experiência sensorial serve de justificação ou evidência para alguma crença é um mito, pois, isoladamente, ela não tem nenhum conteúdo proposicional e, portanto, não pode cumprir o papel de razão. Só o que tem conteúdo proposicional pode justificar uma crença. A não ser, portanto, que tenhamos, associadas às experiências, crenças de fundo que relacionem certas experiências a certas crenças, as experiências elas mesmas não têm qualquer papel epistêmico de justificação (Sellars, 2008). Esse foi um dos resultados mais devastadores da reflexão filosófica para o empirismo tradicional no século passado.

comportamental ilustram isso muito bem. A saída mais realista, na verdade, seria reconhecer a presença dos valores não-cognitivos e adotar uma atitude mais ativa em relação a eles. A explicitação dos valores que servem de base para suposições de fundo acerca do que é evidência para o quê permite a sua discussão e avaliação pelos pares da disciplina. Ela obriga os cientistas a serem responsáveis pelos valores não-cognitivos que eles trazem para o seu paradigma de pesquisa. Além disso, devemos pensar a objetividade não em termos de representação fidedigna de fatos, mas em termos de um procedimento de discussão e crítica pública em que os participantes têm igual autoridade, são responsivos à crítica e reconhecem certos padrões de crítica como legítimos para contestar métodos, experimentos e suposições da prática científica (Longino, 1990, p. 76). O possível viés na pesquisa devido à presença de valores não-cognitivos pode ser mitigado por essa estratégia e pela adoção de equipes de pesquisa heterogêneas no que diz respeito à classe, gênero e etnia. Assim, os valores acordados em um programa de pesquisa tenderão a ser mais representativos. Por fim, a sugestão de ignorar os valores não-cognitivos pode também não ser factível porque, em muitos casos, sem eles, não se chega às suposições de fundo necessárias para conectar as evidências às teorias. São tantas suposições possíveis que valores não-cognitivos são necessários para escolher entre elas. As demandas práticas e sociais que recaem sobre a ciência, que precisa então dar respostas mais imediatas, impedem que se espere indefinidamente por mais evidência para que valores não-cognitivos não sejam utilizados (Elliott, 2022, p. 21).

#### **4.2 O argumento do risco indutivo**

O argumento da lacuna explicativa sustenta que valores não-cognitivos são cruciais para selecionar suposições que determinam o *que é evidência para o quê*. O argumento do risco indutivo sustenta que valores não-cognitivos são fundamentais também para determinar quando a evidência é *suficiente* para aceitar ou rejeitar uma hipótese científica.

Cientistas fazem experimentos para testar as suas hipóteses. Após os experimentos e a coleta de evidência, eles precisam decidir se aceitam ou rejeitam a hipótese. Neste momento, quatro coisas podem

acontecer: (i) o cientista aceita a hipótese e ela é verdadeira; (ii) o cientista aceita a hipótese, mas ela é falsa; (iii) o cientista rejeita a hipótese e ela é falsa e (iv) o cientista rejeita a hipótese, mas ela é falsa. As situações (i) e (iii) representam o objetivo do cientista, aceitar apenas as hipóteses verdadeiras e rejeitar apenas as hipóteses falsas. As situações (ii) e (iv) representam possíveis erros do cientista, aceitar uma hipótese falsa e rejeitar uma hipótese verdadeira. O cientista quer e deve evitar esses erros.

A dificuldade não é negligenciável, pois o cientista precisa lidar com a incerteza. Os experimentos e a evidência coletada são sempre limitados, circunscritos, por exemplo, a uma população finita que foi observada, enquanto a hipótese é geral e faz uma afirmação que extrapola a população observada. Quando se decide, portanto, aceitar ou rejeitar uma hipótese com base nesta evidência, há o risco de errar. Isso é o que se chama de “risco indutivo”, expressão forjada por Hempel (1965, p. 92) em texto seminal sobre o tema. Essa dificuldade é incontornável, já que normalmente a ciência lida com hipóteses que fazem afirmações sobre um universo indefinido de coisas. Não há como limitar a ciência apenas ao que foi observado. Se ela assim fosse limitada, seria inútil. Não nos ajudaria a fazer explicações ou previsões sobre o que não foi observado.

Como evitar, então, os erros (ii) e (iv)? Esses erros serão evitados se tivermos critérios e regras que determinem quando a evidência, mesmo limitada, é *suficiente* para aceitar ou rejeitar uma hipótese científica. Hempel sugeriu que esses critérios deveriam ser baseados apenas em valores cognitivos, pois devem ser valores que nos levem à “obtenção de um conjunto de informação sobre o mundo crescentemente confiável, amplo e teoricamente sistematizado” (Hempel, 1965, p. 93). Sua ideia é que esses critérios avaliem os riscos de errar envolvidos em (ii) e (iv). Como, no seu entendimento, aplicações práticas não são contempladas quando o cientista avalia se uma hipótese deve ser aceita ou rejeitada – apenas a sua verdade ou falsidade importam e devem ser consideradas –, então valores não-cognitivos não devem participar dessa decisão. No entanto, esta estratégia esbarra em uma limitação semelhante àquela que se impõe à seleção de suposições de fundo para determinar o que é evidência para o quê. Valores cognitivos não são suficientes para determinar se a

evidência é suficiente ou não para a aceitação ou rejeição de uma hipótese. Se o risco de errar em (ii) e (iv) é entendido apenas em termos de falsos positivos e falsos negativos, desconsiderando-se as consequências práticas de se aceitar uma hipótese falsa e rejeitar uma hipótese verdadeira, então valores cognitivos, na medida em que não eliminam a incerteza, não vão eliminar a possibilidade desses erros. Por esse motivo, alguns filósofos da ciência, como Rudner na década de 1960 e Heather Douglas nas últimas décadas, sustentam que cientistas avaliem o risco de aceitar uma hipótese falsa e rejeitar uma hipótese verdadeira com base em valores sociais e morais. Eles devem extrair as consequências práticas de se aceitar uma hipótese falsa e as de rejeitar uma hipótese verdadeira e avaliar essas consequências com base nos valores não-cognitivos. À luz dessas avaliações, eles podem determinar se a evidência de que dispõem minimiza esses riscos. Como coloca Rudner (1953, p. 3), “o risco que alguém está disposto a tolerar ao estar errado na aceitação ou rejeição de uma hipótese dependerá de quão sérias são, no sentido tipicamente ético, as consequências de se cometer esse erro”.

Heather Douglas (2000) tem sido uma grande defensora dessa ideia nas últimas décadas. Vejamos um exemplo, discutido por ela extensivamente. Douglas usa o caso da dioxina, que é uma substância resultante de muitos processos industriais e eliminada na atmosfera. A pergunta científica é se essa substância é um poluente, isto é, se ela é tóxica. Mais particularmente, a partir de qual concentração ela é tóxica ou prejudicial para organismos vivos como nós. A pergunta pode ser ainda mais específica ao se concentrar apenas em um malefício, por exemplo, o câncer. Assim, cientistas elaboram experimentos para testar a hipótese de se dioxina causa câncer. Para tanto, fazem-se experimentos com camundongos. Diferentes grupos de camundongos são expostos a diferentes concentrações da dioxina por um certo intervalo de tempo, normalmente de 1 a 2 anos. Ao mesmo tempo, haverá um grupo controle de camundongos, que não é exposto à dioxina. Após os experimentos, compara-se a taxa de incidência de câncer nos diferentes grupos com a taxa de incidência de câncer no grupo controle. É importante observar que, independentemente da dioxina, alguns camundongos no grupo controle podem desenvolver câncer por outras razões.

A pergunta que se pode levantar é: a partir de qual diferença entre a taxa de incidência de câncer no grupo controle e a taxa de incidência de câncer em algum dos outros grupos estaremos autorizados a dizer que a respectiva concentração de dioxina é a responsável por essa diferença e, portanto, causadora de câncer? A literatura diz que a diferença tem que ser estatisticamente relevante. Mas o problema é justamente esse. Como determinar quando ela é relevante? Por um lado, uma diferença de 1% seria provavelmente muito pequena. Inclusive, é uma diferença que se pode esperar entre um grupo controle e o outro. Isto é, dois grupos controles não vão apresentar exatamente a mesma taxa de incidência de câncer e essa diferença pode muito bem estar em torno de 1% ou até mais. Por outro lado, uma diferença de 20% talvez seja muito grande. Qualquer escolha entre um extremo e outro, à luz dos experimentos apenas, parece arbitrária.

É neste momento que Heather Douglas sugere que os cientistas têm de olhar para as consequências práticas de se aceitar cada uma dessas possibilidades e avaliar essas consequências com base em valores sociais e morais. Por um lado, se o cientista opta por uma diferença muito pequena, isso significa que uma baixa concentração de dioxina é tomada como causadora de câncer. Qualquer concentração acima também será, portanto, tomada como causadora de câncer. Isso significa que podemos vir a ter muitos falsos positivos e poucos falsos negativos. Se a hipótese de que uma concentração muito baixa de dioxina causa câncer é tomada como verdadeira, uma consequência prática é que deverá haver um maior controle sobre os processos industriais. As atividades econômicas que envolvem a dioxina devem ser duramente regulamentadas, o que aumentará o custo dessas atividades. Ao mesmo tempo, preserva-se a vida das pessoas. As chances de alguém desenvolver câncer devido à dioxina serão pequenas. Por outro lado, se o cientista opta por uma diferença muito grande, isso significa que somente uma alta concentração de dioxina é tomada como causadora de câncer. Qualquer concentração abaixo será rejeitada como causadora de câncer. Isso significa que podemos ter muitos falsos negativos e poucos falsos positivos. Se essa hipótese é tomada como verdadeira, isso significa que haverá um controle menor sobre os processos industriais. Ao mesmo tempo, coloca-se a população numa situação maior de risco, já que, havendo

mais falsos negativos, as chances de que a população esteja submetida a uma concentração de dioxina que, no fim das contas, causa câncer são grandes. Assim, conclui Douglas, o cientista precisa avaliar as consequências práticas de aceitar ou rejeitar uma hipótese com base em valores sociais e morais para determinar qual é o limiar de significância estatística adequado ao caso. Em outras palavras, valores não-cognitivos são cruciais para determinar quando a evidência é suficiente para aceitar ou rejeitar uma hipótese.

É importante salientar que, na concepção de Douglas, valores não-cognitivos não são razões diretas para crer em hipóteses científicas, isto é, valores não-cognitivos não indicam a verdade ou falsidade de hipóteses e teorias; eles não são evidência adicional. Valores não-cognitivos têm o papel de “pesar a importância da incerteza acerca de uma afirmação, ajudando a decidir o que deve contar como evidência *suficiente* para essa afirmação” (Douglas, 2009, p. 96). Douglas sustenta que o papel indireto de valores morais e sociais nas atividades científicas é legítimo, mas o uso direto, como razões para crer, não é.

O argumento do risco indutivo pode ser aplicado de modo interessante ao debate atual em torno do aquecimento global e da hipótese antropogênica de que a principal causa do aquecimento são as atividades humanas. Embora haja consenso robusto, acima de 90%, na comunidade de climatólogos de que a hipótese antropogênica está correta (Cook *et al.*, 2013, 2016; Powell, 2016), alguém pode perguntar se esse consenso está correto. Normalmente, as dúvidas levantadas contra a correção do consenso vêm de partes interessadas que atuam fora da comunidade científica (Oreskes, 2018), possivelmente com o propósito de minar a percepção pública acerca desse consenso. De qualquer modo, em vez de buscar mostrar que essas possibilidades contrárias são implausíveis, pode ser mais eficaz enfatizar que a ciência não produz certezas absolutas – embora seja autocorretiva e esteja sempre atenta para diagnosticar e corrigir os seus erros – e que devemos olhar para as consequências práticas da aceitação da hipótese antropogênica se quisermos ter uma percepção mais clara de se a evidência acumulada pelos climatólogos é suficiente ou não para a sua aceitação. As consequências de se aceitar a hipótese antropogênica são vastas, o custo econômico e social em termos de

mudanças de hábitos para minorar o efeito das atividades humanas sobre o clima não são negligenciáveis. Contudo, as consequências de se rejeitar a hipótese antropogênica são ainda piores, não só pelos transtornos e catástrofes climáticos, mas sobretudo pelo risco crescente de colapso do ecossistema global, inviabilizando a própria vida humana. À luz dessas considerações, Lloyd *et al.* (2021, p. 2) sustentam que evidência muito mais parca que a atualmente disponível já seria suficiente para aceitar a hipótese antropogênica. Eles tomam como parâmetro o padrão de evidência requerido em situações de litígio legal. Por exemplo, para a atribuição de responsabilidade em casos de imperícia médica, nos EUA, o padrão de evidência não precisa ser mais forte do que o necessário para afirmar que a imperícia é mais provável do que o contrário. A razão para isso são os riscos e prejuízos à pessoa afetada pela imperícia. Lloyd *et al.* (2021, p. 03) sugerem que a comunidade de climatólogos deveria se aproximar desse padrão de evidência na aceitação e rejeição de afirmações sobre o aquecimento global.

## **5. Defesas do ideal da ciência como livre de valores**

Há muitas respostas aos argumentos de Longino e Douglas. Na sequência, aponto algumas mais salientes e comuns e, em seguida, discuto uma releitura recente por Liam Bright dos argumentos independentes de Du Bois em favor do ideal da ciência como livre de valores.

Uma maneira de restringir o impacto do argumento do risco indutivo seria pela distinção entre ciência pura ou básica e ciência aplicada. As conclusões do argumento valeriam apenas para a ciência aplicada, mas não para a ciência pura. Quando aplicamos o conhecimento científico, ele terá efeitos diretos e indiretos, os quais precisam ser considerados e ponderados, especialmente quando comunidades ou populações inteiras são afetadas por essa aplicação. Mas a ciência básica, restrita ao laboratório e aos centros de pesquisa, não tem de se preocupar com esses efeitos. Assim, o ideal de ciência como livre de valores poderia manter-se válido no âmbito mais restrito da ciência básica. A dificuldade desta resposta é que a distinção entre ciência básica e aplicada é ela mesma problemática, especialmente se pensada em termos dos seus efeitos. Em 1945, quando se realizou o

primeiro teste com uma bomba nuclear em um deserto do Novo México, os cientistas envolvidos consideraram a possibilidade de que a explosão da bomba pudesse gerar uma reação em cadeia que consumiria a própria atmosfera, tornando a vida na Terra inviável (Douglas, 2009, p. 77). Essa possibilidade foi estudada e descartada; em verdade, concluiu-se que seria uma impossibilidade científica. Em princípio, esse experimento seria ainda parte da ciência básica. Outro caso ainda menos disputado seria o uso de aceleradores de partículas na investigação sobre os componentes mais elementares da matéria. Não parece haver dúvida de que se trata de ciência básica. Ainda assim, a possibilidade de que um acelerador possa explodir, produzir efeitos danosos à saúde dos físicos experimentais, ou mesmo gerar um buraco negro durante a sua operação (Cern, 2011) precisa ser considerada e ponderada. Ao fazê-lo, valores não-cognitivos terão de entrar em cena. Além disso, na ausência de qualquer consequência prática, pode-se sustentar que a questão de aceitar ou rejeitar uma teoria científica nem se coloca. Com base em que preferiríamos aceitar uma teoria que tem 95% de probabilidade de ser verdadeira em vez de 85% ou 90%?

Uma segunda distinção evocada para restringir o argumento do risco indutivo é a distinção entre crença e aceitação, ou, nos termos de Lacey, entre assegurar (*holding*) e endossar (*endorsing*). Com base nessa distinção, Claudio Reis argumenta que a tese da imparcialidade de Lacey é compatível com o argumento do risco indutivo. Crer ou assegurar que  $p$  é “fazer o juízo de que  $p$  pertence ao conhecimento científico estabelecido”, enquanto aceitar ou endossar  $p$  “é fazer o juízo de que a evidência que sustenta  $p$  é suficientemente forte para que a legitimidade das ações informadas por ela não seja desafiada com base do fato de que  $p$  tem apoio empírico insuficiente” (Cern, 2021, p. 210). A imparcialidade seria aplicada apenas à atitude de crer ou assegurar, ao passo que o argumento do risco indutivo abarcaria apenas a atitude de aceitar ou endossar. A dificuldade é que esta distinção entre crer/assegurar e aceitar/endossar precisa ser estabelecida. Se se pretende que essa distinção se baseie no contraste entre razões epistêmicas e razões práticas, como se a aceitação ou o endosso fosse movido apenas por razões práticas, então a distinção que se obtém não faz justiça ao argumento do risco indutivo. Heather Douglas concorda que valores não-cognitivos não são razões para

aceitar ou rejeitar hipóteses científicas. O seu argumento é que eles operam indiretamente para determinar se a evidência disponível é suficiente ou não para aceitar uma determinada teoria. O que precisa ser estabelecido é que a evidência suficiente para crer, caso a crença seja algo distinto da aceitação, não é afetada por valores não-cognitivos. Se Clifford (2010) estiver correto, isso não pode ser o caso, pois não há como desconectar severamente a crença de ações e, por conseguinte, os potenciais efeitos da crença repercutem sobre a evidência suficiente para ela. Ao julgar se uma embarcação está segura para a navegação, faz toda a diferença se ela é uma embarcação tripulada ou uma embarcação de teste completamente automatizada para o transporte apenas de produtos. A evidência que o armador precisa ter para crer na segurança da embarcação não é a mesma nos dois casos. Por fim, se a crença fosse desconectada da ação e do valor dos seus efeitos, é difícil ver com base em que determinaríamos a suficiência da evidência para crer.

Salientei, na seção 4.1, que, devido à importância da ciência em sociedades democráticas para a promoção do bem-estar social, o seu objetivo não deve ser visto mais apenas como o de descobrir como a realidade é, mas o de descobrir verdades que sejam interessantes para a comunidade a que ela serve. Essa contingência histórica tem, portanto, impacto sobre como devemos pensar o ideal de ciência, o que vem sendo reiteradamente sublinhado por Philip Kitcher (2001, 2011). Nesse contexto, o resgate das ideias de Du Bois por Liam Bright (2018) são muito pertinentes, já que Du Bois defende o ideal de ciência como livre de valores justamente por ela ter esse papel preponderante nas sociedades democráticas.

A primeira consideração a partir de Du Bois envolve um reparo no que foi dito acima sobre o objetivo da ciência. Segundo Liam Bright, a concepção de Du Bois é mais nuançada. Ele distingue o objetivo imediato ou direto da ciência do objetivo mediato ou indireto da ciência. O primeiro é a busca pura e simples da verdade, enquanto o último é a reforma social e a melhoria das nossas condições de vida, e, por conseguinte, a busca por “informação que pode ser frutiferamente usada para guiar políticas públicas em estados democráticos” (Bright, 2018, p. 2.231). O primeiro é o que motiva e deve motivar o cientista *qua* cientista, enquanto o segundo é o que motiva o político ou o

agente público responsável por políticas públicas. O segundo objetivo afeta a ciência de maneira substantiva, pois é ele que orienta como a instituição da ciência deve ser estruturada e organizada. É com base inclusive no objetivo mediato que Du Bois sustenta que o objetivo imediato da ciência deve ser a busca desinteressada pela verdade. Para que o objetivo mediato seja atingido, em sociedades democráticas, é crucial que a população confie na ciência. Sem esta confiança, não haverá cooperação da população na implementação das políticas públicas, prejudicando, portanto, o seu alcance e eficácia. Por exemplo, uma população desconfiada da segurança das vacinas não participará massivamente das campanhas de vacinação, mesmo em países que adotem a obrigatoriedade da vacinação para certos segmentos da população. Du Bois também assume que a população civil tende a desconfiar de cientistas se eles são vistos como engajados com uma agenda política em particular. Segundo Liam Bright, essa é uma premissa empírica para a qual Du Bois não oferece apoio, embora seja uma suposição razoável (2018, p. 2233). Concedida essa premissa, chegamos à conclusão de que os cientistas devem buscar a verdade imparcialmente para que a ciência possa realizar o seu objetivo mediato.

O caso do biólogo molecular Gilles-Eric Séralini ajuda a ilustrar a consideração sobre a importância da imparcialidade do cientista. Ele fez um estudo por dois anos com ratos alimentados com milho geneticamente modificado. A conclusão deste estudo – posteriormente retratado – foi a de que esses ratos tiveram uma propensão maior a adquirir câncer (Séralini, 2012). Contudo, sabe-se que ele é também um ativista contra alimentos geneticamente modificados. Além disso, críticos mostraram que a sua amostra de ratos era muito pequena e que a cepa de rato usado era muito propensa a adquirir câncer. Seus resultados seriam assim pouco confiáveis (Carrier, 2022, p. 06). Dada a sua agenda interessada, pode ser razoável supor que o público tenderá a desconfiar das suas conclusões e que isso pode ter impacto sobre qualquer medida pública de controle ou regulamentação de alimentos geneticamente modificados. De modo semelhante, como já comentamos, o interesse pelo lucro da indústria farmacêutica também pode contaminar a confiança que a população deposita nos resultados das suas pesquisas. Nem todo movimento antivacina é anticiência. Por fim, a

própria ciência, ao se deixar levar pela urgência de publicar e se transformar em uma ciência industrial, atravessada por práticas e interesses empresariais, fomenta uma atmosfera em que “menos motivos temos para esperar que os resultados científicos sejam neutros” (Cupani, 2007, p. 128).

Contudo, se aceitarmos que o cientista *qua* cientista deve buscar a verdade de modo imparcial e não trazer valores não-cognitivos para a pesquisa, como ele poderá determinar se a evidência disponível é suficiente para aceitar ou rejeitar uma hipótese que ele está investigando? Uma solução que, segundo Liam Bright, teria sido adotada por Du Bois (2018, p. 2245) e foi explicitamente defendida por Richard Jeffrey (1956) em sua resposta a Rudner é a de que o cientista *qua* cientista não tem que aceitar ou rejeitar hipóteses, mas limitar-se a enunciar a sua probabilidade de ser verdadeira. Assim, temos uma divisão das tarefas mais adequadas ao ideal da ciência como livre de valores. As autoridades públicas que farão uso do conhecimento científico é que devem decidir se aceitam ou não uma determinada hipótese científica. Para tanto, elas considerarão as consequências práticas da aceitação ou rejeição da hipótese-alvo e avaliarão essas consequências com base em valores sociais e morais. Os cientistas apenas enunciam a evidência, a teoria e o quanto aquela evidência torna a teoria provável, mas não se comprometem em dizer que a evidência disponível é suficiente para aceitar ou rejeitar a teoria. Assim, não precisam fazer uso de valores não-cognitivos. Essa estratégia contorna o argumento do risco indutivo. Ela é reforçada pela consideração de que cientistas não são eleitos, ao passo que agentes públicos, se não são eleitos, são pelo menos membros de instituições que estão sob a responsabilidade do governo e, portanto, gozam de representatividade. Se temos no horizonte o objetivo mediato da ciência em uma sociedade democrática, então seria muito antidemocrático que os cientistas trouxessem os seus valores morais e sociais para a aceitação ou rejeição de teorias científicas.

Embora esses argumentos em favor do ideal da ciência como livre de valores sejam bastante razoáveis, eles também enfrentam dificuldades. Algumas são teóricas, outras são de ordem prática. Rudner (1953, p. 4) já havia antecipado a proposta de Jeffrey e sua resposta é que o juízo de que a hipótese  $H$  tem a probabilidade  $X$  de

ser verdadeira é equivalente à aceitação da hipótese de segunda ordem de que  $H$  tem a probabilidade  $X$ . Assim, o juízo do cientista não estaria livre de valores não-cognitivos. A dificuldade de ordem prática é que não é tão simples operacionalizar a separação entre o papel de avaliação de risco, que caberia ao cientista, e o gerenciamento de risco, que caberia ao agente público (Douglas, 2009, p. 140). Por um lado, o agente público seria sobrecarregado de informações que ele não sabe como manejar. Ele quer saber qual teoria deve considerar sobre um determinado assunto, não que há uma dezena de hipóteses e teorias sobre esse assunto e as suas respectivas probabilidades. Além disso, o agente público não é capacitado para extrair as consequências de uma hipótese científica. Quem sabe fazê-lo é o cientista. Por outro lado, o cientista, ao explorar as consequências de uma teoria científica para avaliar o quão apoiada ela é pela evidência, precisa ser orientado sobre a área específica de interesse – e.g., para a formulação de uma política pública – em relação a qual ele extrairá as consequências da teoria-alvo. Quem pode indicá-la é o agente público. Assim, ao que tudo indica, cientistas e agentes públicos precisam trabalhar juntos para que tanto a avaliação de risco quanto o gerenciamento de risco funcionem adequadamente. Em resposta à consideração de que o cientista não é eleito e, portanto, não deveria trazer os seus valores sociais e morais para a pesquisa, a sugestão é que autoridade pública indique ao cientista quais valores não-cognitivos ele deve considerar. Isso se aplica às situações mais concretas em que cientistas estão trabalhando conjuntamente com agentes públicos para a formulação de uma política pública. Fora desse contexto, cientistas ainda assim podem aceitar ou rejeitar hipóteses científicas, desde que se apoiem em valores não-cognitivos representativos da sociedade. Mais uma vez, a proposta de ciência bem-ordenada é oportuna. Caberia a entes representativos da sociedade civil fornecer o conjunto de valores não-cognitivos que auxiliariam os cientistas a avaliar a aceitação e rejeição de hipóteses científicas. Essa proposta tem a vantagem de tornar públicos e explícitos os valores não-cognitivos que estarão presentes mesmo nas atividades propriamente científicas, permitindo a sua contínua discussão e correção. Essa talvez seja a melhor estratégia para que a ciência cumpra o seu fim mediato sem abrir mão dos valores não-cognitivos na atividade de aceitação e rejeição de

hipóteses e, ao mesmo tempo, sem ser politizada, minimizando as chances de perder a confiança perante o público.

## **6. Ciência como uma atividade social adaptativa e situada**

Apesar de ter oferecido respostas para alguns dos principais questionamentos sobre a legitimidade de valores não-cognitivos na aceitação e rejeição de hipóteses e teorias científicas, penso que a resistência de fundo à presença de valores na ciência pode ser amenizada por uma reconcepção do conhecimento científico. Como disse no início do capítulo, essa resistência em grande medida repousa sobre a dicotomia entre fato e valor. Uma concepção de cognição que já a entende como imbricada com valores nos permite entender a presença de valores na ciência como um corolário. Por falta de espaço, a concepção que tenho em mente será apenas esboçada nesta seção. Espero, no entanto, que os contornos oferecidos sejam suficientes para obter uma compreensão do seu alcance.

Entendo que temos conhecimento de algo, onde esse algo pode ser um sapato, uma maçã, uma peça musical ou mesmo uma teoria, na medida em que temos uma habilidade ou conjunto de habilidades para resolver tarefas que envolvam esse algo (Carvalho, 2018b, p. 21-22). Vou chamar essa concepção de *concepção ecológica do conhecimento*, pois ela é inspirada na abordagem ecológica da percepção,<sup>6</sup> como ficará claro adiante. O conhecimento serve para guiar a nossa ação e quanto mais complexa for a tarefa com a qual estamos engajados, mais hábeis temos de ser em lidar com o que estamos interagindo. Ampliamos o conhecimento acerca de X melhorando ou ampliando as habilidades para lidar de modo bem sucedido com X. Em outras palavras, o conhecimento é adaptativo. Como X é primariamente conhecido em termos do que podemos fazer com X, o conhecimento não é aperspectival. Pelo contrário, o conhecimento que um agente tem de X é relativo às próprias habilidades do agente. O conhecimento que eu tenho de um automóvel difere muito do conhecimento que um mecânico tem do mesmo automóvel. Eu sei dirigir o automóvel e realizar algumas

---

<sup>6</sup> Ela também é inspirada no pragmatismo e na tese ryliana de que o saber-fazer precede o saber-que (Ryle, 1945).

operações básicas de manutenção para preservar o seu funcionamento ao longo do tempo. O mecânico sabe montar e desmontar o automóvel, realizar diagnósticos, identificar peças danificadas e consertá-las. O mesmo automóvel é conhecido por mim e pelo mecânico de maneira diferente, já que cada um conhece e compreende o automóvel em termos das suas próprias habilidades. Como o que um agente conhece é conhecido em termos das suas habilidades, o que é conhecido tem significado para o agente e não é, portanto, avaliativamente neutro. Por fim, as habilidades que apoiam o conhecimento são situadas, isto é, elas só são exercidas quando as condições ambientais são favoráveis. Uma habilidade, que resulta de um processo adaptativo, tem um ambiente específico como o seu complemento. A habilidade de ficar de pé, por exemplo, envolve um entorno em relação ao qual orientamos a postura e mantemos o equilíbrio corporal (Carvalho, 2022a, p. 7-8). Com efeito, habilidades “só podem ser descritas em termos de uma relação do organismo com o seu ambiente” (Fuchs, 2018, p. 101). Consequentemente, o conhecimento também é situado.

O que dissemos do conhecimento em geral ajusta-se muito bem à abordagem ecológica da percepção, que é o tipo mais simples de conhecimento (Gibson, 2015, p. 251). Segundo a abordagem ecológica, a função da percepção é guiar a ação. O que percebemos são as *affordances* dos objetos e eventos. *Affordances* são possibilidades de ações. Elas são relações entre o organismo e o ambiente. Um degrau que é percebido como escalável por mim em virtude das minhas propriedades corporais e da minha habilidade de escalar não é visto como escalável por uma criança de seis meses de idade. A superfície da água não oferece suporte ou locomoção para seres terrestres como nós, mas oferece suporte para mosquitos bem leves. Os organismos percebem o mundo em termos do que eles podem fazer nesse mundo. O que é percebido tem significado para o organismo justamente por ser percebido em termos de possibilidades de ações que dizem respeito a ele. Um alimento não é primariamente percebido como tendo uma forma determinada, mas como sendo comestível. Ser ou não um alimento não é uma propriedade intrínseca de um objeto, mas relacional. O que é alimento para nós pode não ser para outra espécie e vice-versa. *Affordances* rompem como a dicotomia entre objetivo e subjetivo (Gibson, 2015, p. 121) e também com a dicotomia entre

factual e avaliativo. Um penhasco é percebido por seres terrestres como oferecendo queda e dano, mas não por aves capazes de voar. Um predador oferece defesa ou fuga. *Affordances* têm valência. Estados afetivos participam da percepção, qualificando a relação do organismo com o seu ambiente (Carvalho, 2022b, p. 40-47). Uma colina é percebida como mais ou menos escalável conforme estejamos mais ou menos descansados. Em um mesmo ato perceptivo, o organismo nota a sua relação com o ambiente – e.g., propicia escalar – e a qualidade dessa relação – e.g., posso escalar agora –, cognição e valoração não se separam.<sup>7</sup>

A ciência é uma extensão da percepção. Assim como um cego aprende a sentir o chão adiante com uma bengala, estendendo deste modo a sua capacidade de percepção, também alargamos a nossa capacidade de entender e lidar com a natureza pela incorporação de uma teoria (Polanyi, 2009, p. 17). Aprendemos a fazer mais coisas com um determinado tipo de objeto quando incorporamos uma teoria. Por exemplo, ao incorporar a teoria atômica, aprendemos a manejar elétrons de modo a dispará-los por um canhão de elétrons. Não há como assimilar uma teoria sem assimilar os seus usos, efeitos e aplicações. Enquanto o aprendiz de cientista faz apenas exercícios simbólicos com a teoria, extraindo as suas consequências, pode-se dizer que ele está conhecendo a teoria através das habilidades inferenciais, mas ele ainda não está conhecendo o mundo através das habilidades teóricas. Ele passará a entender o mundo através das teorias e das suas habilidades teóricas quando começar a arranjar o laboratório para testar a teoria e a relacioná-la a outros conhecimentos e restrições para aplicá-la também fora do laboratório. Incorporar uma teoria acerca de X envolve ampliar o que se pode fazer com X. Como salientou Polanyi (2009, p. 17), “conhecimento verdadeiro reside na nossa habilidade de usá-lo”. Embora eu tenha falado do cientista em particular, é importante salientar que as habilidades em jogo quando

---

<sup>7</sup> Na filosofia moral, a discussão em torno dos chamados “conceitos espessos” nos convida a uma conclusão semelhante. Os predicados como “cruel”, “gentil”, “rude”, “amoroso” e muitos outros são ao mesmo tempo descritivos e avaliativos (Putnam, 2008, p. 54). Segundo a leitura mais forte, a imbricação desses elementos impossibilitaria separar o componente factual do avaliativo. Esse resultado é melhor apreciado se compreendemos que os predicados mencionados apontam para relações, no caso, relações de tratamento, que não são instanciadas sem uma qualidade avaliativa específica.

falamos de conhecimento científico não são propriedades de cientistas individuais, mas da comunidade científica, muita coordenação e ação conjunta está envolvida na atividade científica. É a habilidade conjunta da comunidade de lidar com o mundo que está por trás do conhecimento científico. Assim, o conhecimento científico é uma atividade social adaptativa e situada. O mundo ganha significado para a comunidade científica à medida que ela amplia a sua capacidade de lidar e interagir com o mundo, pois é em termos da sua habilidade conjunta que o mundo é conhecido. Se tomamos o caso da dioxina, a comunidade científica conhece cada vez mais a dioxina visto que é capaz de lidar com ela de modo bem sucedido em diferentes tarefas e contextos. Um desses contextos é o da liberação da substância na atmosfera em regiões urbanas. Se, neste contexto, a toxicidade é um dos seus efeitos, a comunidade científica precisa ser capaz de notá-la e controlá-la. Não conseguirá fazê-lo sem apelar a valores sociais e morais. A sensibilidade à toxicidade da dioxina é mais um caso em que cognição e avaliação não se separam.

Na perspectiva ecológica do conhecimento, a sugestão de que o cientista não aceite ou rejeite teorias ou a sugestão de que ele tenha apenas a atitude de crer/assegurar uma teoria, onde crer e assegurar são entendidos como completamente desconectados da ação, simplesmente não faz sentido. Essas sugestões nos levam a pensar o conhecimento como uma forma de contemplação pura e desengajada de proposições. A perspectiva ecológica do conhecimento rejeita essa imagem. Conhecimento tem a ver com a nossa habilidade de manter contato próximo com o ambiente, contato que é ampliado pela incorporação de teorias. Conhecer “é em si mesmo um modo de ação prática” (Dewey, 1929, p. 107). Em outras palavras, conhecer é algo que fazemos. O uso de uma teoria incorporada para a solução de problemas sociais, como a formulação de uma política pública, não é uma exceção ou um episódio de “mera aplicação” do conhecimento científico. É antes um caso de ampliação do conhecimento científico na medida em que ampliamos a nossa capacidade de interagir com o entorno, incluindo o entorno social. Isso não significa que o cientista está liberado para usar os seus valores sociais e morais na aceitação e rejeição de teorias. O risco de politização da ciência e o efeito disso sobre a confiança social na ciência não podem ser negligenciados. As restrições mencionadas no fim da seção anterior prevalecem. Em

sociedades democráticas, ao lidar com problemas sociais, a comunidade científica tem de apoiar-se em valores que sejam representativos. A questão de como determinar quais valores morais e sociais são representativos da sociedade civil está em aberto, mas não há veto ou resistência a sua presença na concepção ecológica do conhecimento. Se valores morais e sociais são cruciais para aceitar ou rejeitar uma teoria científica para fins de ação e se o conhecimento científico repousa sobre a habilidade conjunta de agir, então valores morais e sociais são partes integrantes e não elimináveis do conhecimento científico.<sup>8</sup>

### Referências

- AYER, A. J. *Language, Truth and Logic*. New York: Dover Publications, 1970.
- BACEVIC, J. There's no such thing as just 'Following the science' – coronavirus advice is political. *The Guardian: Opinion*, 28 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/apr/28/theres-no-such-thing-just-following-the-science-coronavirus-advice-political>>.
- BARKER, G.; KITCHER, P. *Philosophy of science: a new introduction*. New York: Oxford University Press, 2014.
- BORTOLOTTI, L. Ética. In: BORTOLOTTI, L. *Introdução à filosofia da ciência*. Lisboa: Grávida, 2010. p. 248-294.
- BRIGHT, L. K. Du Bois' democratic defence of the value free ideal. *Synthese*, v. 195, n. 5, p. 2227-2245, 2018.
- CARRIER, M. What does good science-based advice to politics look like? *Journal for General Philosophy of Science*, v. 53, n. 1, p. 5-21, 2022.
- CARVALHO, E. M. *As humanidades e o uso adequado das ciências*. 2020. Disponível em: <<https://estadodaarte.estadao.com.br/humanidades-ciencias-eros/>>.
- CARVALHO, E. M. Goodman e o projeto de uma definição construtiva de "indução válida". *Principia*, v. 22, n. 3, p. 439-460, 2018a.
- CARVALHO, E. M. Overcoming intellectualism about understanding and knowledge: a unified approach. *Episteme & Logos*, v. 9, n. 1, p. 7-26, 2018b.
- CARVALHO, E. M. An ecological approach to hinge propositions. *Sképsis*, v. XIII, n. 25, p. 1-16, 2022a.
- CARVALHO, E. M. Affective affordances: direct perception meets affectivity. *Perspectiva Filosófica*, v. 49, n. 5, p. 29-51, 2022b.

---

<sup>8</sup> Agradeço os comentários e sugestões do colega Cláudio Reis (UFBA) a uma primeira versão do presente capítulo. Este texto contou com apoio da CAPES e financiamento do CNPq, projeto n. 306795/2021-3.

- CERN. *Does CERN create black holes? Angels & Demons: the science behind the story*. Disponível em: <<https://angelsanddemons.web.cern.ch/faq/black-hole.html>>.
- CLIFFORD, W. F. A ética da crença. In: MURCHO, D. (ed.). *A ética da crença*. Lisboa: Editorial Bizâncio, 2010. p. 97-136.
- COOK, J. et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, v. 8, n. 2, e024024, p. 01-07, 2013.
- COOK, J. et al. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 4, e048002, p. 01-07, 2016.
- CUPANI, A. A ciência e os valores humanos: repensando uma tese clássica. *Philosophos*, v. 9, n. 2, p. 115-134, 2007.
- DEWEY, J. *The quest for certainty*. New York: Minton, Balch & Company, 1929.
- DOUGLAS, H. *Science, policy and the value-free ideal*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2009.
- DOUGLAS, HEATHER. Inductive risk and values in science. *Philosophy of Science*, v. 67, n. 4, p. 559-579, 2000.
- ELLIOTT, K. C. *Values in science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- FUCHS, T. *Ecology of the brain: the phenomenology and biology of the embodied mind*. Oxford: Oxford University Press, 2018.
- GIBSON, J. J. *The ecological approach to visual perception*. New York: Psychology Press, 2015.
- GOLDIM, J. R. *Caso Tuskegee*. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/bioetica/tueke2.htm>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- GOODMAN, N. *Fact, fiction, and forecast*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- HEMPEL, C. G. Science and human values. In: HEMPEL, C. G. *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*. New York: The Free Press, 1965. p. 81-96.
- JEFFREY, R. C. Valuation and acceptance of scientific hypothesis. *Philosophy of Science*, v. 23, n. 3, p. 237-246, 1956.
- JUCÁ, B. *Escândalo da Prevent Senior ganha rosto com depoimentos de médico e paciente à CPI da Pandemia*. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/brasil/2021-10-07/escandalo-da-prevent-senior-ganha-rosto-com-depoimento-de-medico-e-paciente-a-cpi-da-pandemia.html>>.
- KITCHER, P. *Science, truth, and democracy*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- KITCHER, P. *Science in a democratic society*. New York: Prometheus Books, 2011.

- LACEY, H. *Valores e atividade científica 2*. São Paulo: Editora 34, 2010.
- LLOYD, E. A. et al. Climate scientists set the bar of proof too high. *Climatic Change*, v. 165, n. 3, p. 1-10, 2021.
- LONGINO, H. E. *Science as social knowledge: values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton: Princeton University Press, 1990.
- LUI, L. et al. A potência do SUS no enfrentamento à Covid-19: alocação de recursos e ações nos municípios brasileiros. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 20, e00247178, p. 01-16, 2022.
- MERTON, R. K. *Ensaio de sociologia do conhecimento*. São Paulo: Editora 34, 2013.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (ed.). *Vírus Zika no Brasil: a resposta do SUS*. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus\\_zika\\_brasil\\_resposta\\_%20sus.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus_zika_brasil_resposta_%20sus.pdf)>.
- ORESQUES, N. The scientific consensus on climate change: how do we know we're not wrong? In: LLOYD, E. A.; WINSBERG, E. (ed.). *Climate modelling: philosophical and conceptual issues*. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 31-64.
- POLANYI, M. *The tacit dimension*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2009.
- POWELL, J. L. The consensus on anthropogenic global warming matters. *Bulletin of Science, Technology & Society*, v. 36, n. 3, p. 157-163, 2016.
- PUTNAM, H. *O colapso da verdade e outros ensaios*. Aparecida: Ideias & Letras, 2008.
- REICHENBACH, H. *The rise of scientific philosophy*. Los Angeles: University of California Press, 1951.
- REIS, C. R. M. Valores na ciência: devemos dar adeus à imparcialidade? *Principia*, v. 25, n. 22, p. 199-218, 2021.
- ROONEY, P. The borderlands between epistemic and non-epistemic values. In: ELLIOTT, K. C.; STEEL, D. (ed.). *Current controversies in values and science*. New York: Routledge, 2017. p. 31-46.
- RUDNER, R. The scientist qua scientist makes value judgments. *Philosophy of Science*, v. 20, n. 1, p. 01-06, 1953.
- RYLE, G. Knowing how and knowing that. *Proceedings of the Aristotelian Society*, v. 46, p. 01-16, 1945.
- SELLARS, W. *Empirismo e filosofia da mente*. Petrópolis: Editora Vozes, 2008.
- SÉRALINI, G.-E. et al. Long term toxicity of a roundup herbicide and a roundup-tolerant genetically modified maize. *Food and Chemical Toxicology*, v. 50, n. 11, p. 4221-4231, 2012.

# A LINGUAGEM, OS FATOS E OS VALORES DA CIÊNCIA<sup>1</sup>

César Fernando Meurer

## Ideias centrais do capítulo:

- A dicotomia fato/valor (DFV) está profundamente enraizada em nossa vida cotidiana e também em certa concepção de racionalidade e verdade.
- A análise de Putnam mostra que a DFV encontra suporte na distinção entre juízos analíticos e sintéticos. Sem essa distinção, que foi inflacionada pela tradição de pensamento conhecida como “empirismo lógico”, a DFV não se sustenta.
- Quine é o principal responsável pelo colapso da distinção analítico/sintético.
- Nas ciências da natureza, a imbricação fato/valor pode ser apreciada sob vários prismas: metodológico, linguístico e sociológico, dentre outros.
- A proposta de que as ciências da natureza envolvem apenas valores epistêmicos descansa sobre a problemática distinção entre valores epistêmicos/não-epistêmicos.
- A educação científica escolar pode fomentar a discussão crítica e reflexiva dos valores presentes na pesquisa científica.

## 1. Introdução

Nas conversas cotidianas, não raro nos deparamos com colocações tais como “Os fatos falam por si”, “Contra fatos não há argumentos”, “Isso é um juízo de valor”, “Vamos evitar juízos de valor” etc. Em geral, quem intervém dessa maneira supõe que mencionar fatos confere um grau especial de objetividade ao que está sendo dito. Suposto está, também, que os juízos de valor carecem dessa mesma objetividade. Na tônica desse entendimento, valores são subjetivos, ou totalmente relativos à cultura, ou, na avaliação de alguns, fora da esfera da

---

<sup>1</sup> Uma versão anterior deste trabalho foi publicada no v. 33, n. 60 da Revista Aurora (Meurer, 2021).

racionalidade (Mariconda, 2006). A atualidade dessas constatações leva a crer que a dicotomia fato/valor (usarei a sigla DFV) mantém-se, ao menos em alguns âmbitos da sociedade contemporânea.

Será interessante investigar a DFV? O filósofo americano Hilary Putnam é um dos que pensam que sim. Em sua avaliação, podem estar em jogo questões de vida ou morte, literalmente. É o que se lê em *The Collapse of the Fact/Value Dichotomy and Other Essays* (Putnam, 2002). Nessa obra, Putnam examina a DFV e explora a sua significação para a economia. Já em obras anteriores ele havia abordado aspectos filosóficos dessa pauta e se convenceu de que “somente indo a um nível muito profundo e corrigindo nossas concepções de verdade e de racionalidade é que podemos superar a dicotomia fato/valor”<sup>2</sup> (Putnam, 1981, p. xi). No entanto, e é bom frisar isso logo, “não há concepção neutra de racionalidade à qual se possa apelar quando a própria natureza da racionalidade é ela própria a questão” (Putnam, 1990, p. 138-139).

Quando nos damos conta que a DFV está enraizada em certa concepção de verdade e em certa concepção de racionalidade, logo percebemos que ela tem significação não apenas na economia, mas em todos os âmbitos da vida. Por isso, gostaria de encaminhar o presente capítulo na seguinte direção: examinar essa dicotomia e explicitar algo de sua significação para o campo da educação escolar. Embora desprestigiada, a escola ainda é uma das estratégias mais sofisticadas (espaços, tempos, recursos, programas etc.) para apresentar o mundo às novas gerações e, desse modo, ela contribui decisivamente para estabilizar entendimentos acerca do que é racional e do que é verdadeiro.

Será que a DFV preserva seu vigor entre nós em parte graças à escola que, eventualmente sem saber, a reproduz? Hipoteticamente, tal reprodução pode se realizar em aulas de ciências da natureza quando estas propõem que o mundo natural pode ser investigado e compreendido com métodos depurados de todo e qualquer elemento valorativo. Ela pode se realizar também em aulas de ciências humanas, quando estas promovem um relativismo desenfreado segundo o qual todos os saberes e conjuntos de valores são igualmente justificados e

---

<sup>2</sup> A tradução desta e das demais citações diretas é minha.

nenhum pode ser racionalmente confrontado. Se essa hipótese tem plausibilidade, então trabalhar na explicitação dessa questão é um esforço justificado. Com efeito, no Brasil ainda são escassos os estudos que procuram articular “reflexões filosóficas sobre a ciência e valores com aspectos educacionais” (Cordeiro, 2016, p. 23).

Explorar a significação da DFV na perspectiva que acabo de indicar demanda atenção a um leque amplo de questões, todas com ulteriores desdobramentos. Começando pelas questões básicas, é pertinente indagar: (1) Em que consiste a DFV? (2) Quais são os argumentos que a levam ao colapso? (3) Qual é a significação desse colapso para a educação escolar? No que se segue, tomo essas perguntas como fio condutor, tratando de propor respostas para elas. Em (1) e (2) procuro construir respostas claras e acessíveis. Em (3), busco oferecer um conjunto de considerações que fomentam a reflexão crítica do/a leitor/a. São considerações propositalmente incidentais, isto é, apontamentos que podem convocar ao diálogo.

## **2. A dicotomia fato/valor**

O termo ‘dicotomia’ indica separações exaustivas: um conceito é dividido em dois, contrários, que lhe esgotam a extensão. Com alguma frequência, separações desse tipo são tomadas como supostos de outros raciocínios, o que contribui para que adquiram *status* de naturais ou necessárias. No caso da DFV, ela nomeia a suposição segundo a qual há um hiato entre fatos e valores. Em palavras simples, fatos e valores são concebidos como coisas radicalmente diferentes que jamais se encontram. Concordo com Putnam: essa suposição não resiste a um escrutínio rigoroso. É um erro, talvez uma ingenuidade, tomá-la como natural e necessária.

A primeira coisa a destacar ao examinar a DFV é a sua força: não são poucas as ocasiões nas quais ela participa do raciocínio como uma premissa oculta, que de tão enraizada funciona automaticamente e, por isso, resiste à revisão. Putnam chega a dizer que ela alcançou *status* de “instituição cultural” (Putnam, 1981, p. 127). A segunda coisa a destacar é a eficácia prática desta visão: “A pior coisa acerca a dicotomia fato/valor é que na prática ela funciona como um interruptor da discussão, e não apenas um interruptor da discussão, mas um

interruptor do pensamento” (Putnam, 2002, p. 44). A meu modo de interpretar, o ponto aqui é o controle do vocabulário da discussão: quem invoca a DFV no sentido que mencionei no parágrafo de abertura está indiretamente dizendo “Você pode argumentar, desde que seja com as *minhas* categorias e conceitos”. Ora, quem consegue estabelecer os termos de uma discussão determina também o rumo e as possíveis conclusões.

Argumentar contra o senso comum é sabidamente um empreendimento de poucos resultados. Assim, é melhor começar o enfrentamento num patamar mais técnico. Mesmo que Putnam já tenha aplainado o terreno, isso requer uma boa dose de esforço. Cumpre notar que a DFV encontra suporte em outra dicotomia: aquela entre juízos analíticos e juízos sintéticos. Essas visões – juízos de fato *versus* juízos de valor & verdades de fato *versus* verdades analíticas – “corrompem nosso pensamento tanto sobre o raciocínio ético quanto sobre a descrição do mundo, principalmente ao nos impedir de ver como avaliação e descrição são entrelaçadas e interdependentes” (Putnam, 2002, p. 13). Cito essa passagem para, mais uma vez, trazer um aspecto mais palpável desta pauta: separar fatos e valores é como apostar que a descrição e a avaliação de algo podem ser separadas; reconhecer a imbricação de fatos e valores implica reconhecer que descrição e avaliação estão interconectadas e dependem uma da outra. A imbricação fato-valor será tematizada mais adiante.

Isso posto, cabe perguntar: Qual é o apoio que a distinção analítico/sintético providencia para a DFV? Em poucas palavras, essa distinção foi tomada como esteio para instituir filosoficamente a DFV. Sem tal apoio, a DFV se sustenta? Não; a imbricação fato/valor torna-se evidente. Para detalhar esses pontos é preciso situar a distinção analítico/sintético, entender em que sentido ela dá suporte à DFV e explicar por que a DFV depende derradeiramente desse suporte. Vejamos a distinção analítico/sintético a partir de três pequenos fragmentos do *corpus* kantiano:

Proposições *analíticas* chamam-se aquelas cuja certeza repousa sobre a *identidade* dos conceitos (do predicado com a noção do sujeito). As proposições cuja verdade não se funda na identidade de conceitos devem ser denominadas *sintéticas*. [...] As proposições sintéticas expandem a cognição *materialiter*; as

analíticas meramente *formaliter* (Kant, *Lectures on Logic*, §36 e nota 1 [1992, p. 606-607]).

Em todos os juízos nos quais se pensa a relação entre um sujeito e um predicado [...], esta relação é possível de dois modos. Ou o predicado B pertence ao sujeito A como algo que está contido (implicitamente) nesse conceito A, ou B está totalmente fora do conceito A, embora em ligação com ele. No primeiro caso chamo *analítico* ao juízo, no segundo, *sintético*. Portanto, os juízos (os afirmativos) são analíticos quando a ligação do sujeito com o predicado é pensada por identidade; aqueles, porém, em que essa relação é pensada sem identidade, deverão chamar-se juízos sintéticos (Kant, CPR, A6-7/B10 [1998, p. 141]).

Seja qual for a origem dos juízos ou a natureza da sua forma lógica, existe neles, quanto ao conteúdo, uma diferença em virtude da qual são ou simplesmente *explicativos*, sem nada acrescentar ao conteúdo do conhecimento, ou *extensivos*, aumentando o conhecimento dado; os primeiros podem chamar-se juízos *analíticos*, e os segundos, *sintéticos* (Kant, *Prolegomena*, §2, A25 [2004, p. 16]).

Para Kant, os juízos analíticos são explicativos: eles aumentam o conhecimento apenas *formalmente*, pois o sujeito contém o predicado – este nada mais é do que uma explicitação daquele. Segue-se que o valor de verdade de um juízo analítico depende tão somente do significado dos termos. Os juízos sintéticos, por sua vez, são extensivos: há, por assim dizer, um acréscimo de informação – o conhecimento aumenta *materialmente* –, pois o predicado não está contido no sujeito, mas lhe é atribuído. Segue-se que a aferição do valor de verdade de um juízo sintético depende de uma evidência empírica.

Considerando essa distinção, o que dizer das verdades da matemática? Seriam elas analíticas ou sintéticas? A resposta de Kant é original e interessante: a matemática é um saber sintético *a priori*. Kant inaugura essa categoria, desconcertante à primeira vista: sintético *a priori*. Seu raciocínio consiste, inicialmente, em constatar “as verdadeiras proposições matemáticas são sempre juízos *a priori* e não empíricos, porque comportam necessidade, que não se pode extrair da experiência” (CPR, A10/B14 [1998, p. 144]). Seria essa constatação suficiente para concluir que as proposições matemáticas são

analíticas? Não. O critério da analiticidade, há pouco apresentado, é a identidade. Kant examina a proposição '7+5=12' e constata que o termo-sujeito '7+5' não contém o termo-predicado '=12'. Segue que a matemática possui um caráter sintético. Essa menção à matemática é importante, uma vez que ela indica que a distinção kantiana analítico/sintético não constitui uma dicotomia. Uma dicotomia, para dizê-lo uma vez mais, é uma separação exaustiva. Uma distinção, por outro lado, não é exaustiva e tem um âmbito restrito de aplicação.

Em vez de ampliar a análise do legado kantiano, eu gostaria de avançar para a questão: 'Em que sentido a distinção analítico/sintético suporta a DFV?'. Segundo Putnam (2002), a distinção kantiana foi *inflada* pelo empirismo lógico a ponto de se tornar uma dicotomia. Aqui, 'inflar' significa justamente expandir a noção de 'analítico' de modo a abarcar a matemática que, como vimos, Kant considerava sintética *a priori*.

Antes de apresentar esse inflacionamento, quero fazer uma breve digressão para mencionar Frege. Considero oportuno enfatizar algo que Putnam deixa passar, a saber, que já na obra de Frege a matemática é considerada analítica. No §3 do *The Foundations of Arithmetic* – que veio a lume em 1884 – Frege registra sua discordância em relação a Kant: “essas distinções entre *a priori* e *a posteriori*, sintético e analítico, dizem respeito, a meu ver, não ao conteúdo do juízo mas à justificação da emissão do juízo” (Frege, 1960, §3, p. 3). Enquanto Kant concebe a analiticidade como uma questão de conteúdo – o termo-sujeito *contém* o termo-predicado – Frege lança mão de outro critério: a justificação, que consiste em demonstrar como uma sentença remonta a verdades primitivas. O procedimento é aproximadamente este: de uma sentença qualquer (seja ela matemática ou outra) pergunta-se acerca de sua justificação. Se na demonstração aparecem exclusivamente leis lógicas e definições, tem-se uma verdade analítica. “Se não é possível, porém, conduzir a demonstração sem lançar mão de verdades que não são de natureza lógica geral, mas que remetem a um domínio científico particular, a proposição é sintética” (Frege, 1960, §3, p. 4).

A justificação também é o critério de Frege para a distinção *a priori/a posteriori*. Acerca desse ponto ele diz:

Para que uma verdade seja *a posteriori* requer-se que sua demonstração não se possa manter sem apelo a questões de fato, isto é, a verdades indemonstráveis e sem generalidade, implicando enunciados acerca de objetos determinados. Se, pelo contrário, é possível conduzir a demonstração apenas a partir de leis gerais que não admitem nem exigem demonstração, a verdade é *a priori* (Frege, 1960, §3, p. 04).

Para não alongar demasiadamente esse excursão – queria apenas assinalar que Frege, décadas antes do empirismo lógico, já havia se convencido de que a matemática é analítica –, trago à baila a interpretação de um especialista. Acerca da passagem recém-citada, Kenny (2000, p. 57) escreveu:

Precisamos ler essa passagem com atenção se quisermos ver qual é, para Frege, a diferença entre a distinção *a priori / a posteriori* e a distinção analítico / sintético. Já não é mais uma questão de epistemologia *versus* lógica: é uma questão de grau de generalidade. Uma verdade é *a priori* se puder ser provada a partir de leis gerais, sem apelar para fatos particulares; uma verdade não é apenas *a priori*, mas também analítica, se as leis gerais a partir das quais ela pode ser demonstrada forem leis gerais da lógica. Uma lei é uma lei de lógica se for universalmente aplicável e não se restringir a disciplinas específicas.

Estudiosos da obra de Frege costumam chamar a atenção para o espírito da *Begriffsschrift* (Frege, 1972) – livro que ele publicou em 1879 – presente no seu entendimento de analiticidade. O propósito de Frege era axiomatizar a aritmética. Para ele, a analiticidade não se constitui pela identidade, como queria Kant. Por conta desse critério, Kant dizia que um juízo analítico aumenta o conhecimento apenas formalmente. Frege não compartilha dessa afirmação. Cabe acrescentar algo de suma importância: a aritmética se vê melhor fundamentada se ela descansar sobre princípios analíticos. As posições de Kant e de Frege acerca da analiticidade serão retomadas adiante.

De volta ao empirismo lógico que, segundo Putnam, inflou a noção de ‘analítico’ a fim de abarcar a matemática. Para compreender as razões que justificam essa inflação, há de se abordar o empirismo lógico – essa formidável escola de pensamento que surgiu entre as duas grandes guerras do século passado – como um audacioso projeto

que buscou combinar os desenvolvimentos da lógica matemática com uma epistemologia de matriz empirista. A orientação empirista consiste em priorizar, como conhecimento, as crenças justificadas pela experiência. Vejamos alguns pontos-chave desse projeto.

Em repercussão ao que se lê no *Tractatus* (Wittgenstein, 2001), os empiristas lógicos providenciaram uma formulação linguística à sua teoria do conhecimento. Dentre as diversas maneiras de apresentar esse esforço, opto por chamar a atenção para o texto *Formal and Factual Science*, no qual Carnap (1953) explicita como as ciências formais (a lógica, a matemática) delimitam as ciências empíricas. Em poucas palavras, um sistema de regras sintáticas de formação (i.e, “regras que determinam as formas admissíveis de sentenças”) e de transformação (i.e, “regras que determinam em que condições uma sentença é consequência de outras sentenças”) da linguagem da ciência leva a uma tríplice classificação dos juízos:

De acordo com seu caráter sintático e no que diz respeito às regras de transformação, as sentenças podem ser classificadas da seguinte forma: uma sentença será chamada *analítica* se for incondicionalmente válida de acordo com as regras de transformação e independentemente da verdade ou falsidade de outras sentenças. [...] Adicionalmente, chamamos uma sentença *inconsistente* (autocontraditória) se for incondicionalmente inválida; mais precisamente: se cada sentença da linguagem é uma consequência dela. Chamamos uma sentença *determinada* se ela é analítica ou inconsistente. Chamamos uma sentença *sintética* se não for analítica nem inconsistente (Carnap, 1953, p. 124).

Note que essa classificação, que pretende abarcar todos os juízos possíveis, não prevê a categoria ‘sintético *a priori*’. Acreditavam esses pesquisadores que todo juízo significativo, seja ele da área que for, ou é analítico (trata de relações de ideias) ou é sintético (trata de questões de fato). Questões de fato cabem às ciências fatuais e relações de ideias cabem à filosofia. Nas palavras de Glock (2008, p. 45): “Enquanto a ciência resulta em proposições empíricas que descrevem a realidade – e são, portanto, sintéticas –, a filosofia resulta em proposições analíticas que desdobram o significado dos termos empregados pela ciência e/ou senso comum”.

Os enunciados não-analíticos são significativos se forem descrições de fatos. Fatos são, aqui, fatos empíricos, passíveis de figuração. Fazer ciência é trabalhar com enunciados assim verificáveis.

Quais são as consequências da assunção da dicotomia analítico/sintético? Direto ao ponto: com ela, a ética é expulsa do domínio do racionalmente discutível. Nas palavras de Carnap (2011, p. 26): “Todas as sentenças pertencentes à Metafísica, à Ética regulativa e Epistemologia (metafísica) têm esse defeito, são de fato inverificáveis e, portanto, não científicas. No Círculo de Viena, estamos acostumados a descrever essas sentenças como sem sentido (seguindo Wittgenstein)”.

Há hoje vasta literatura sobre a concepção científica de mundo dos positivistas vienenses.<sup>3</sup> Não obstante, eu gostaria recapitular duas ideias importantes que ajudam a situar o que está em exame. Faço-o a partir de Schlick, figura em torno da qual se aglutinou o grupo de filósofos, lógicos e cientistas que em 1929 se constituiu oficialmente como Círculo de Viena.

A primeira ideia central diz respeito à tarefa da filosofia. Em tom wittgensteiniano, Schlick (1948) disse que fazer filosofia é, basicamente, procurar o sentido de afirmações e de perguntas. À luz do *Tractatus* – em especial 6.41, 6.42 e 6.421 – essa afirmação é contundente. Mas o que é o sentido? Para Schlick (1948, p. 483), “a indicação das circunstâncias ou condições sob as quais uma proposição é verdadeira é o mesmo que a indicação do seu sentido, e não algo diferente”. E o que é necessário para um enunciado ter sentido? Schlick não tinha dúvidas: a verificabilidade. A seu modo de ver, “uma existência não verificável não pode entrar com sentido em nenhuma proposição possível” (Schlick, 1948, p. 503). Ora, duas são as verificações possíveis: a empírica e a lógica. Esta é a segunda ideia central: algumas coisas são empiricamente possíveis e outras são logicamente possíveis. Schlick (1936, p. 349) explica: “Proponho que se qualifique como ‘empiricamente possível’, tudo aquilo que não contradiz as leis da natureza”. E continua: “Denomino ‘logicamente possível’ um fato ou processo se este puder ser descrito, ou seja, se a sentença que o descreve obedece às normas da gramática que

---

<sup>3</sup> Uso de modo intercambiável as expressões ‘empirismo lógico’ e ‘positivismo lógico’.

estipulamos para a nossa língua” (Schlick, 1936, p. 349) . Assim, são racionalmente discutíveis as sentenças analíticas e as fatuais.

Para Putnam, esse interesse primordial pelos fatos, acompanhado de uma consideração negativa da esfera dos valores, remonta a Hume. Na filosofia humeana é notável a separação desses domínios: o primeiro, dos fatos, é regido pela razão; o segundo, dos valores, é regido pelas paixões.

A razão é a descoberta da verdade ou da falsidade. A verdade e a falsidade consistem no acordo e no desacordo seja quanto à relação *real* de ideias, seja quanto à existência e aos fatos *reais*. Portanto, aquilo que não for suscetível desse acordo ou desacordo será incapaz de ser verdadeiro ou falso, e nunca poderá ser objeto de nossa razão. Ora, é evidente que nossas paixões, volições e ações são incapazes de tal acordo ou desacordo, já que são fatos e realidades originais, completos em si mesmos, e não implicam nenhuma referência a outras paixões, volições e ações. É impossível, portanto, declará-las verdadeiras ou falsas, contrárias ou conformes à razão (Hume, *Treatise*, 3.1.1.9 [2007, p. 295]).

Assim, “para os positivistas ambas as distinções, a distinção entre fatos e valores e a distinção entre analítico e sintético, contrastam ‘fatos’ com outra coisa: a primeira contrasta ‘fatos’ com ‘valores’ e a segunda contrasta ‘fatos’ com ‘tautologias’ (ou ‘verdades analíticas’)” (Putnam, 2002, p. 8). Aquele que afirma que fatos e valores são coisas radicalmente diferentes que jamais se encontram está, talvez sem saber, endossando uma metafísica positivista. “A distinção de fatos científicos, por um lado, e valores subjetivos corruptos, por outro, representa a distinção positivista crucial” (Tauber, 2009, p. 53).

A visão dicotômica dos empiristas lógicos pode ser resumida assim: afirmações científicas são empiricamente verificáveis e juízos de valor são inverificáveis. Considere, por exemplo, ‘É errado matar’. Esse juízo pode ser verificado? Quais são as evidências empíricas que o confirmam? Ao que parece, essa afirmação não é do tipo que pode ser testada empiricamente. Logo, conforme os positivistas, não é uma proposta sintética. Será ela uma proposta analítica? Tendo presentes os critérios da analiticidade acima apresentados, conclui-se que não. Se não é um juízo analítico nem um juízo sintético, então é algo sem

sentido. “É contra esse tipo de posição filosófica que Putnam centraliza sua rejeição à dicotomia fato/valor” (Peruzzo Jr., 2017, p. 11).

### 3. O colapso da dicotomia fato/valor

Willard van Orman Quine é o principal responsável pelo colapso da dicotomia analítico/sintético. Um artigo seu, *Two Dogmas of Empiricism* (Quine, 1951), é incontornável nessa matéria. Nas primeiras quatro seções, ele argumenta que nenhum pensador conseguiu produzir uma explicação satisfatória da analiticidade. Em seguida, nas últimas duas seções, a teoria do significado dos positivistas lógicos é posta em exame. Aliás, são exatamente estes os dois dogmas referidos no título da peça: a crença na inteligibilidade da noção de ‘analítico’ e a crença de que uma sentença, apartada das demais, pode ser verificada empiricamente.

Vou recuperar sucintamente três pontos da argumentação de Quine: a crítica da noção kantiana de analiticidade; a crítica da noção fregeana de analiticidade; e a contestação, por assim dizer, da teoria do significado dos positivistas lógicos. Recuperarei apenas o essencial para iluminar o seguinte: sem o suporte da distinção analítico/sintético, a DFV não se sustenta.

Em Kant, vimos na seção anterior, são analíticas as sentenças cujo predicado pertence ao sujeito como algo que está nele contido implicitamente. Quine critica essa formulação sob dois aspectos: “ela se limita a enunciados na forma sujeito-predicado e recorre à noção de estar contido, que é deixada em nível metafórico” (Quine, 1951, p. 21). Em Kant temos, a bem da verdade, uma distinção e não uma dicotomia. Em Frege, por sua vez, são analíticas as sentenças que podem ser demonstradas usando somente leis lógicas e definições. Por que essa definição é insatisfatória? Com ela, demonstra-se que a sentença ‘Nenhum filósofo é casado’ é uma verdade analítica, o que seguramente não é o caso. Esse exemplo curioso, extraído de Miller (2007, p. 130), vem a calhar:

[1] Nenhum homem solteiro é casado (Lei Lógica)

[2] Filósofos são homens solteiros (Definição de ‘filósofo’)

[3] Nenhum filósofo é casado (A partir de [1] e [2]).

Qual é o problema dessa demonstração? Claramente, a definição de 'filósofo' é incorreta. Este é exatamente o ponto que Quine explora: como saber se uma definição é ou não correta? Uma resposta plausível: sinonímia. Quer dizer: a definição é correta se o termo que está sendo definido (*definiendum*) é sinônimo do termo usado para defini-lo (*definiens*).<sup>4</sup> Mas como saber se dois termos são ou não sinônimos? A noção de sinonímia, observa Quine (1951, p. 23), "precisa ser esclarecida tanto quanto precisa ser esclarecida a própria noção de analiticidade". Uma resposta amplamente conhecida na tradição, e que remonta a Leibniz, é a de que termos sinônimos são intersubstituíveis *salva veritate*. Na prática: A e B são sinônimos se em qualquer sentença que contém A pudermos substituir A por B (e vice-versa) sem alterar o valor de verdade da sentença.

É a substituição *salva veritate* suficiente para estabelecer a sinonímia? Consideremos, por um instante, os termos 'criatura com rim' e 'criatura com coração'. Qualquer sentença que contém o termo 'criatura com rim' pode ser reescrita, *salva veritate*, de modo a substituir esse termo por 'criatura com coração'. Porventura isso atesta que tais termos são sinônimos? Claro que não. Eles são coextensionais, isto é, o conjunto das criaturas com rim tem extensão igual ao conjunto das criaturas com coração. Todavia, não é esse tipo de sinonímia, se é que isso pode ser classificado como tal, que se está pleiteando. O que se quer é uma sinonímia que Quine tipifica como 'cognitiva'. "Assim, devemos reconhecer que a *intersubstitutibilidade salva veritate* [...] não é uma condição suficiente da sinonímia cognitiva no sentido de que se necessita para derivar a analiticidade" (Quine, 1951, p. 30).

Temos, pois, o seguinte: se pudermos explicar o que é sinonímia cognitiva, isso vai permitir explicar o que é uma definição correta e isso, por sua vez, ajudará a esclarecer a analiticidade. A dificuldade é esta: o único modo de explicar o que é sinonímia cognitiva demanda apelar para a noção de 'analítico'. É preciso estabelecer, por exemplo, que os termos singulares A e B são cognitivamente sinônimos se 'A=B' for uma sentença analítica. Ou, então, que as sentenças  $\alpha$  e  $\beta$  são

---

<sup>4</sup> O exemplo de Quine, cuja tradução para a nossa língua é um tanto difícil, é 'bachelor' (*definiendum*) e 'unmarried man' (*definiens*).

cognitivamente sinônimas se ' $\alpha \leftrightarrow \beta$ ' for uma sentença analítica. Ora, isso é circular: pressupõe o que se espera estabelecer.

Para Quine, não há uma explanação satisfatória da analiticidade. “[S]implesmente não foi traçada uma fronteira entre enunciados analíticos e sintéticos. Que tal distinção deva ser feita é um dogma não empírico dos empiristas, um artigo metafísico de fé” (Quine, 1951, p. 34). Esse é, sucintamente, o colapso do primeiro dogma do empirismo.

Vimos, na seção anterior, que a verificabilidade é uma pedra angular do positivismo lógico. Sentenças significativas são ou analíticas ou fatuais, e estas últimas são empiricamente verificáveis.<sup>5</sup> Esquemáticamente:

- (1) A sentença  $\alpha$  tem sentido se e somente se for verificável.
- (2) O sujeito S conhece o sentido de  $\alpha$  se e somente se souber verificar  $\alpha$ .
- (3) S conhece o sentido de  $\alpha$  se e somente se souber qual diferença sensorial a verdade de  $\alpha$  faria para ele.
- (4) O sentido de  $\alpha$  é a diferença sensorial que a verdade de  $\alpha$  faz para S.
- (5) O sentido de  $\alpha$  é o seu método de verificação empírica.

Para Quine, a crença de que uma sentença pode ser verificada empiricamente é um dogma. Ao contrário, “nossos enunciados sobre o mundo exterior enfrentam o tribunal da experiência sensível não individualmente, mas apenas como um corpo organizado” (Quine, 1951, p. 38). A ideia básica é simples: uma sentença isolada das demais não pode ser verificada, pois o sentido dela depende da assunção de outras sentenças. Veja-se, por exemplo, ‘A água está contaminada’. O ponto a ser notado é que ela está vinculada a outras sentenças: ‘Um líquido com tais e tais características é água’, ‘Tais e tais características são necessárias para algo ser um líquido’, ‘Tais e tais aspectos caracterizam contaminação’, ‘Tais e tais aspectos caracterizam água não contaminada’ e assim por diante. Quer dizer: um sem-úmero de outras sentenças formam uma espécie de teia que sustenta, digamos

---

<sup>5</sup> Note o(a) leitor(a) que a verificação empírica poderia funcionar para definir a sinonímia: A e B são sinônimos se eles possuem a mesma confirmação empírica (Quine, 1951).

assim, 'A água está contaminada'. Conseqüentemente, a verificação empírica de 'A água está contaminada' não é a verificação empírica de uma sentença isolada. Como vimos na última citação direta, nossos enunciados sobre o mundo não enfrentam o tribunal da experiência isoladamente, mas em conjunto.

Tendo estabelecido esse ponto, considere agora o seguinte: o que acontece quando uma experiência sensorial entra em conflito com certo conjunto de sentenças que o indivíduo considera verdadeiras? Uma ou mais dessas sentenças será revisada, a fim de acomodar essa experiência (Quine usa a expressão 'experiência recalcitrante'). Agora, qual sentença será revisada? A princípio, qualquer sentença da teia é passível de revisão. Com efeito, ao ajustar uma sentença, não raro é preciso ajustar outras para manter o todo coerente. Permita-me uma citação longa, que documenta elegantemente esse entendimento:

A totalidade de nossos assim chamados conhecimento e crenças das mais casuais questões de geografia e história até as mais profundas leis da física atômica ou mesmo da matemática pura e da lógica, é um tecido feito pelo homem, que encontra a experiência apenas nas extremidades. Ou, mudando a imagem, a totalidade da ciência é como um campo de força, cujas condições limítrofes são a experiência. Um conflito com a experiência na periferia ocasiona reajustes no interior do campo. Os valores de verdade têm de ser redistribuídos em alguns de nossos enunciados. A reavaliação de alguns enunciados acarreta a reavaliação de outros, em função de suas interconexões lógicas, sendo as leis da lógica, por sua vez, simplesmente certos elementos adicionais do campo. Tendo reavaliado um enunciado, devemos reavaliar alguns outros, que podem ser enunciados conectados logicamente com os primeiros ou podem ser enunciados sobre as próprias conexões lógicas. Mas o campo total é tão subdeterminado por suas condições limítrofes – a experiência –, que há grande margem de escolha a respeito de quais enunciados devem ser reavaliados à luz de toda experiência individual contrária. Nenhuma experiência particular está vinculada a algum enunciado no interior do campo, exceto indiretamente por meio de considerações de equilíbrio que afetam o campo como um todo (Quine, 1951, p. 39-40).

O holismo de Quine, expresso nesta passagem, faz oposição à verificabilidade, tal como esta é entendida pelo positivismo lógico.

Para Quine, é dogmática a crença de que uma sentença, separada das demais, pode ser verificada empiricamente. Eis o colapso do segundo dogma do empirismo.

#### **4. A imbricação fato-valor nas ciências da natureza**

A DFV propaga que a pesquisa no âmbito das ciências da natureza seja uma atividade neutra no referente a valores. Supostamente, (i) Valores não têm qualquer papel na observação e na verificação de fatos; (ii) A descrição científica de um fato não envolve valores, (iii) Teorias científicas não envolvem valores; (iv) Valores não possuem objetividade; e (v) Valores, por serem preferências subjetivas, não podem ser objeto de discussão racional. Essa visão das coisas pode alimentar expectativas infundadas. Uma delas: que a educação escolar prepare as novas gerações para que não “contaminem” a apreciação dos fatos com valores. Fatos merecem tratamento racional e é racional o tratamento que é imparcial, isto é, que não inclui elementos subjetivos. Outra: que a escola prepare as novas gerações para que não discutam valores. Valores são subjetivos e o melhor a fazer é respeitar sem questionar. De acordo com essa visão, quem discute valores é mal-educado e quem permite que a apreciação de fatos seja contaminada com valores é ignorante.

Para Putnam (1981, 2002, 2016), as cinco afirmações do parágrafo anterior são falsas. No âmbito da pesquisa científica, a imbricação fato-valor por ele explicitada sublinha que (i) conhecer fatos pressupõe conhecer valores, (ii) juízos de valor podem ser objetivamente corretos ou incorretos, (iii) a imbricação fato-valor não susta, por assim dizer, a objetividade científica dos fatos. No que se segue, procuro iluminar esse entendimento sob diversos prismas. Como eu disse na introdução, procuro oferecer elementos capazes de fomentar a reflexão crítica do/a leitor/a.

*Sob o prisma metodológico (I):* a objetividade científica é ela mesma um valor (Reiss e Sprenger, 2020). Curiosamente, trata-se de um valor que não quer deixar vestígios. No impactante e já clássico *Objectivity* (Daston e Galison, 2007), lemos: “Ser objetivo é aspirar a um conhecimento que não traz nenhum vestígio do conhecedor – conhecimento não marcado por preconceito ou habilidade, fantasia ou

juízo, desejo ou empenho. Objetividade é visão cega, é ver sem inferência, interpretação ou inteligência” (Daston e Galison, 2007, p. 17). Para os autores, tal desejo por conhecimento depurado resulta de uma série de normas cuidadosamente internalizadas e praticadas por um ente que eles chamam ‘eu científico’. Ecoando Foucault, “essas práticas não apenas expressam um *self*; elas o forjam e constituem” (Daston e Galison, 2007, p. 199).

*Sob o prisma metodológico (II)*: a inferência à melhor explicação é baseada em valores. “Quando um cientista apela à inferência à melhor explicação, a noção de ‘melhor’ aqui é um valor epistêmico baseado em um juízo acerca do que é comparativamente mais explicativo” (MacArthur, 2016, p. 234).

*Sob o prisma metodológico (III)*: valores desempenham um papel decisivo na escolha entre teorias rivais. Sabe-se que teorias são subdeterminadas pelas observações, isto é, que certo conjunto de dados observacionais é e sempre será compatível com duas ou mais teorias que, por sua vez, são incompatíveis entre si. Nessas circunstâncias, a escolha de uma teoria em detrimento da outra é guiada por valores tais como a simplicidade, a coerência, a consistência lógica, a capacidade preditiva, a generalidade e a elegância (Putnam, 2002, p. 145). Em publicação recente, Cordeiro e Peduzzi (2016) debruçam-se sobre o caso histórico da descoberta da fissão nuclear. “Enquanto um novo fenômeno, a fissão nuclear foi produto de uma mudança não apenas teórica, mas também metodológica e axiológica” (Cordeiro e Peduzzi, 2016, p. 258, grifo acrescido).

*Sob o prisma linguístico (I)*: a própria definição de ‘fato’ deriva de reflexões filosóficas que envolvem valores. De acordo com Neale (2001, p. 3, nota 2), na literatura especializada há uma variedade de teorias de fatos, nenhuma delas amplamente aceita.

[Alguns] veem os fatos como proposições verdadeiras, outros negam isso veementemente; alguns individualizam os fatos por seus constituintes e estrutura, outros negam que fatos tenham constituintes objetivos; alguns identificam fatos que necessariamente coexistem, outros tratam todos os fatos como existentes necessários; alguns identificam os fatos em termos de localização espaço-temporal, outros negam que fatos tenham forma de localização; alguns postulam apenas fatos atômicos,

outros ficam felizes com, por exemplo, fatos conjuntivos, negativos ou gerais (Neale, 2001, p. 203).

*Sob o prisma linguístico (II):* não é possível separar o vocabulário empregado na descrição de fatos do vocabulário dos juízos de valor, pois muitos termos são usados tanto em contextos descritivos quanto em contextos avaliativos. Considere, por exemplo, o termo 'cruel' nas seguintes duas afirmações: 'Defensores dos direitos dos animais protestam contra os atos cruéis da indústria' e 'Fulano é cruel com os ratinhos do laboratório'. A primeira sentença é descritiva (apresenta um fato) e a segunda é avaliativa (expressa um julgamento moral). 'Cruel' é um conceito espesso e, enquanto tal, "simplesmente ignora a suposta dicotomia fato/valor e alegremente se permite ser usado às vezes para um propósito normativo e às vezes como um termo descritivo" (Putnam, 2002, p. 35).

*Sob o prisma linguístico (III):* a significatividade de termos e de juízos de valor não demanda compromissos ontológicos. Na linha do segundo Wittgenstein (1953, §43), palavras não adquirem seu significado por estarem associadas a objetos, mas sim pelo uso na linguagem.

*Sob o prisma sociológico (I):* valores podem ser racionalmente discutidos (Putnam, 2002, p. 133). A objetividade de valores tais como a simplicidade, a razoabilidade, a coerência, a consistência lógica, a capacidade preditiva, a generalidade e a relevância é resultado de acordo intersubjetivo na comunidade científica. Trata-se, fundamentalmente, de definir coletivamente quais são os valores relevantes e como praticá-los. Como bem observou Brandom (1979, p. 190), "a própria categorização criterial das coisas em objetivas e sociais é uma categorização social, e não objetiva ou ontológica, baseada em como as tratamos em termos de sujeição à autoridade de uma comunidade ou não".

*Sob o prisma sociológico (II):* valores desempenham um papel na destinação dos recursos de fomento à pesquisa, determinando assim os assuntos que são investigados com mais fôlego.

*Sob o prisma sociológico (III):* valores desempenham um papel na avaliação dos resultados das pesquisas científicas, já que em todas as áreas do conhecimento um resultado alcança o *status* 'científico' mediante a aprovação pelos pares. Via de regra, o pesquisador ou pesquisadora submete seu trabalho a uma revista científica e esta, antes de aceitá-lo para publicação, providencia uma avaliação: dois ou

mais revisores especializados examinam anonimamente a qualidade do material que pleiteia ser editado. Essa avaliação é regida por e voltada para valores. Avalia-se, por exemplo, a *objetividade*. “Compreender que a objetividade da ciência é um valor é reconhecer nosso papel na *valoração* da objetividade na ciência, que a genuinidade da atividade da ciência é julgada em termos de buscar e alcançar certo nível de objetividade” (MacArthur, 2016, p. 239). Avaliam-se também a *adequação* dos objetivos e da metodologia, a *relevância* do problema investigado, a *plausibilidade* dos resultados encontrados, a *coerência* com a literatura existente, a *robustez* e *fluidez* da exposição etc. Descrever uma afirmação ou uma teoria como adequada, relevante, plausível etc. equivale a “dizer que a aceitação é justificada; e dizer que a aceitação de uma afirmação é (completamente) justificada é dizer que se deve aceitar a afirmação ou teoria” (Putnam, 1990, p. 138).

*Sob o prisma sociológico (IV):* valores guiam a aplicação do conhecimento científico. O exemplo clássico é o da energia atômica, que foi usada para produzir uma bomba cuja potência sem precedentes logrou encerrar a Segunda Guerra Mundial. No contexto brasileiro, pode-se dizer também que valores guiam a negligência. Veja-se, por exemplo, o trabalho de Azevedo-Santos *et al.* (2017), que mostra um abismo entre a ciência e as decisões governamentais relativas à biodiversidade e à conservação de ecossistemas. Na mesma linha, Soares (2018, p. 312) afirma que “o progresso científico não tem sido capaz de se traduzir em ganhos de competência e melhoria na qualidade de vida [dos brasileiros]”.

Diante desse conjunto de considerações, é tentador dizer que a pesquisa científica envolve certa categoria de valores, chamados *epistêmicos* (McMullin, 1983), ou *cognitivos* (Laudan, 1984), ou *constitutivos* (Longino, 1990). Essa era uma conclusão confortável e relativamente pacífica ao longo das décadas de 80 e 90. Ultimamente, a distinção valores epistêmicos/não-epistêmicos vem sendo intensamente problematizada. Com efeito, suspeito que ela seja enganosa. Considere, por exemplo, a *adequação empírica*. À primeira vista, parece óbvio tratar-se de um valor epistêmico cuja importância científica é amplamente reconhecida. No entanto, [i] o tratamento estatístico de evidências empíricas frequentemente é eivado de valores não-epistêmicos (e.g., valorizar determinada técnica estatística por facilidade de acesso a ela, ou por estar familiarizado com ela, ou pela conveniência para agilizar a finalização do artigo etc.); [ii] o modo como os dados empíricos são apresentados frequentemente é balizado por valores não-epistêmicos (e.g., uma apresentação que

discretamente favorece a hipótese do estudo; uma apresentação ajustada aos padrões de determinada revista científica ou às preferências de determinado editor; uma apresentação que discretamente “esconde” dados indesejados etc.). Acerca desses pontos, vale conferir os impactantes achados de Wang, Yan e Katz (2018).

Suponhamos que a distinção em comento não seja enganosa, isto é, que valores epistêmicos podem ser distinguidos dos demais valores. Nesse caso, cumpre examinar se é desejável aceitar, na pesquisa científica, apenas valores epistêmicos. Uma linha de raciocínio, inspirada no conhecido argumento do risco indutivo (Rudner, 1953), explicita e sublinha a importância de incorporar valores não-epistêmicos na ciência (Brigandt, 2015; Douglas, 2017). Essa incorporação, longe de ser consensual, está no centro de calorosas discussões (Elliott e Steel, 2017). Uma segunda linha de raciocínio, associada à abordagem feminista da filosofia da ciência, sinaliza que a distinção valores epistêmicos/não-epistêmicos é androcêntrica (Longino, 1996; Yearley, 2005; Freitas e Luz, 2017).

Para concluir a seção: considerando a argumentação de Putnam e a recente controvérsia em torno dos valores epistêmicos, é razoável concluir que as ciências da natureza pressupõem e envolvem valores de diversos tipos (epistêmicos e outros). Assim, cai por terra o entendimento segundo o qual só mal-educados discutem valores e só ignorantes permitem que a apreciação de fatos seja perpassada por valores. Quem insiste nesse entendimento no âmbito da educação escolar está reforçando uma metafísica positivista e uma concepção equivocada de racionalidade.

## **5. Considerações finais**

Há quem pensa que o colapso do positivismo seja “o evento mais importante na filosofia da segunda metade do século XX” (Burge, 1992, p. 49). Não obstante, a metafísica positivista continua pautando a vida cotidiana de muitas pessoas. Será que a escola, talvez sem saber, contribui para a manutenção do entendimento segundo o qual fatos e valores nunca se encontram? Neste trabalho, procurei (1) mostrar em que consiste a DFV, (2) apresentar os argumentos que a levam ao colapso e (3) explorar a significação desse colapso para a educação escolar, principalmente no que tange às ciências da natureza e à educação científica.

As considerações de Putnam ajudam a iluminar diversos elementos da complexa relação entre valores & pesquisa científica & educação científica. Em particular, Putnam encoraja algo que pode ser fomentado na escola: a discussão crítica e reflexiva de valores, sejam eles evidentes ou subjacentes. “É muito mais fácil dizer ‘isso é um juízo de valor’, significando ‘isso é apenas uma questão de preferência subjetiva’, do que fazer o que Sócrates tentou nos ensinar: examinar quem somos, quais são nossas convicções mais profundas e escrutinar essas convicções no teste do exame reflexivo” (Putnam, 2002, p. 43).

### Referências

- AZEVEDO-SANTOS, W.; FEARNSTIDE, P.; OLIVEIRA, C.; PADIAL, A.; PELICICE, F.; LIMA, D.; SIMBERLOFF, D.; LOVEJOY, T.; MAGALHÃES, A.; ORSI, M.; AGOSTINHO, A.; ESTEVES, F.; POMPEU, P.; LAURANCE, W.; PETRERE, M.; MORMUL, R.; VITULE, J. Removing the abyss between conservation science and policy decisions in Brazil. *Biodiversity and Conservation*, v. 26, n. 7, p. 1745-1752, 2017.
- BRANDOM, R. Freedom and constraint by norms. *American Philosophical Quarterly*, v. 16, n. 3, p. 187-196, 1979.
- BRIGANDT, I. Social values influence the adequacy conditions of scientific theories: beyond inductive risk. *Canadian Journal of Philosophy*, v. 45, n. 3, p. 326-356, 2015.
- BURGE, T. Philosophy of language and mind: 1950-1990. *The Philosophical Review*, v. 101, n. 1, p. 3-51, 1992.
- CARNAP, R. Formal and factual science. In: FEIGL, H.; BRODBECK, M. (ed.) *Readings in the philosophy of science*. New York: Appleton Press, 1953. p. 123-128.
- CARNAP, R. *The unity of science*. New York: Routledge, 2011. (Série Routledge Revivals)
- CORDEIRO, M. D. *Ciência e valores na história da fissão nuclear: potencialidades para a educação científica*. 2016. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CORDEIRO, M. D.; PEDRUZZI, L. Valores, métodos e evidências: objetividade e racionalidade na descoberta da fissão nuclear. *Alexandria*, v. 9, n. 1, p. 235-262, 2016.
- DASTON, L.; GALISON, P. *Objectivity*. New York: Zone Books, 2007.
- DOUGLAS, H. Why inductive risk requires values in science. In: ELLIOTT, K.; STEEL, D. (ed.) *Current controversies in values and science*. New York; London: Routledge, 2017. p. 81-93.

- ELLIOTT, K.; STEEL, D. (ed.) *Current controversies in values and science*. New York; London: Routledge, 2017.
- FREGE, G. *The foundations of arithmetic: a logico-mathematical enquiry into the concept of number*. 2.ed. New York: Harper & Brothers, 1960.
- FREGE, G. Conceptual notation, a formula language of pure thought modelled upon the formula language of arithmetic. In: FREGE, G. *Conceptual notation and related articles*. Oxford: Oxford University Press, 1972.
- FREITAS, L. B.; LUZ, N. S. Gender, science and technology: the state of the art according to journals of gender studies. *Cadernos Pagu*, v. 49, e174908, 2017.
- GLOCK, H.-J. *What is analytic philosophy?* Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- HUME, D. *A treatise of human nature*. Critical edition by David Norton and Mary Norton. Oxford; New York: Oxford University Press, 2007.
- KANT, I. *Lectures on logic*. Translated and edited by J. M. Young. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- KANT, I. *Critique of pure reason*. Translated and edited by P. Guyer and A. W. Wood. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- KANT, I. *Prolegomena to any future metaphysics*. Translated and edited by Gary Hatfield. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- KENNY, A. *Frege: an introduction to the founder of modern analytic philosophy*. Oxford; Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2000.
- LAUDAN, L. *Science and values: the aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press, 1984.
- LONGINO, H. *Science as social knowledge: values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton: Princeton University Press, 1990.
- LONGINO, H. Cognitive and non-cognitive values in science: rethinking the dichotomy. In: NELSON, L. H.; NELSON, J. (ed.) *Feminism, science, and the philosophy of science*. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 39-58.
- MacARTHUR, D. Science and the value of objectivity. In: MARCHETTI, G.; MARCHETTI, S. (ed.) *Facts and values: the ethics and metaphysics of normativity*. New York; Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 233-245.
- MARICONDA, P. O controle da natureza e as origens da dicotomia entre fato e valor. *Scientia Studia*, v. 4, n. 3, p. 453-472, 2006.
- McMULLIN, E. Values in science. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, v. 1982, n. 2, p. 3-28, 1983.
- MEURER, C. F. A dicotomia fato/valor e sua significação para as ciências da natureza. *Revista de Filosofia Aurora*, v. 33, n. 60, p. 987-1008, 2021.
- MILLER, A. *Philosophy of language*. 2.ed. London: Routledge, 2007.
- NEALE, S. *Facing facts*. Oxford; New York: Oxford University Press, 2001.
- PERUZZO Jr., L. As muitas faces do realismo interno de Hilary Putnam: um tributo. *Trans/Form/Ação*, v. 40, n. 1, p. 9-24, 2017.

- PUTNAM, H. *Reason, truth, and history*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- PUTNAM, H. *Realism with a human face*. Cambridge, MA; London: Harvard University Press, 1990.
- PUTNAM, H. Realism. *Philosophy & Social Criticism*, v. 42, n. 2, p. 117-131, 2016.
- PUTNAM, H. *The collapse of the fact/value dichotomy and other essays*. Cambridge, MA; London: Harvard University Press, 2002.
- QUINE, W. O. Two dogmas of empiricism. *The Philosophical Review*, v. 60, n. 1, p. 20-43, 1951.
- REISS, J.; SPRENGER, J. Scientific objectivity. In: ZALTA, E. (ed.) *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Winter 2020 Edition). Stanford: The Metaphysics Research Lab, 2020. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/scientific-objectivity/>>.
- RUDNER, R. The scientist *qua* scientist makes value judgments. *Philosophy of Science*, v. 20, p. 1-6, 1953.
- SCHLICK, M. Meaning and verification. *The Philosophical Review*, v. 45, n. 4, p. 339-369, 1936.
- SCHLICK, M. Positivism and realism. *Synthese*, v. 7, n. 6, p. 478-505, 1948.
- SOARES, P. C. Contradições na pesquisa e pós-graduação no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 92, p. 289-313, 2018.
- TAUBER, A. *Science and the quest of meaning*. Waco, TX: Baylor University Press, 2009.
- WANG, M.; YAN, A.; KATZ, R. Researcher requests for inappropriate analysis and reporting: a U.S. survey of consulting biostatisticians. *Annals of Internal Medicine*, v. 169, n. 8, p. 554-558, 2018.
- WITTGENSTEIN, L. *Philosophical investigations*. Oxford: Blackwell, 1953.
- WITTGENSTEIN, L. *Tractatus logico-philosophicus*. 2.ed. London; New York: Routledge, 2001.
- YEARLEY, S. Gender and science studies. In: YEARLEY, S. *Making sense of science: understanding the social study of science*. London: Sage Publications, 2005. p. 69-82.

## **SOBRE OS AUTORES**

**Alexandre Bagdonas** é Bacharel e Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Ensino de Física pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, atuando no curso de Licenciatura em Física. Atuou como coordenador de área da Física no PIBID e Residência Pedagógica e em programas de mestrado profissional (PPGECM) e acadêmico em Ensino de Ciências (PPGECA). Alguns de seus interesses principais de pesquisa são história e filosofia da ciência na educação científica, história da cosmologia, educação em ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e temas controversos relacionados à "natureza da ciência", tais como relações entre ciência e religião, política, nacionalidade e diversidade.

**Anabel C. Raicik** é Doutora e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e licenciada em Física pela UFSC. Subcoordenadora do Apeiron - Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências e membro colaboradora do Grupo de Estudos em Educação e Divulgação Científicas (GE<sup>2</sup>DIC).

**Andrea Mara Vieira** é residente de pós-doutoramento do Departamento de História da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG tendo ministrado a disciplina "Introdução aos Estudos Históricos da Ciência". Doutora em Educação pela Universidade de Brasília-FE/UnB onde atuou como professora substituta no Departamento de Políticas Públicas em Educação. Com formação interdisciplinar em Direito e Especialização em Direito Público, dedicou-se também ao Curso de graduação em História realizado na Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG (interrompida), tendo concluído Mestrado em História da Ciência no Departamento de História da mesma universidade. Membro e cofundadora do Núcleo Interdisciplinar de Estudos Teóricos (NIET/UFMG) e Membro associada da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC). As pesquisas e produções científicas concentram-se nas áreas de história, epistemologia, historiografia da ciência, educação científica, políticas públicas educacionais e justiça social.

**Bruno Malavolta e Silva** pesquisa as áreas de filosofia da ciência e epistemologia social, com enfoque no debate sobre realismo científico. Realizou doutorado (2021) em filosofia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e atuou em pesquisas de pós-doutorado associadas ao PPGLM da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e ao Instituto de Investigaciones Filosóficas da Universidad Autónoma de México (UNAM).

**César Fernando Meurer** é professor associado de filosofia do Laboratório de Cognição e Linguagem da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Mestre e Doutor em Filosofia pela Unisinos, fez estágios pós-doutorais no Center for the Philosophy of Time da Università degli Studi di Milano, no Instituto de Filosofia da UFU e no Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência da Unicamp. Investiga questões filosóficas, científicas e educacionais acerca da linguagem, da mente e do tempo.

**Caetano Ernesto Plastino** possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1977), graduação em Filosofia pela Universidade de São Paulo (1979), mestrado em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade Estadual de Campinas (1982) e doutorado em Filosofia pela Universidade de São Paulo (1995). Atualmente é professor Livre-Docente da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Filosofia, com ênfase em Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência, atuando principalmente nas seguintes linhas de pesquisa: imagens realistas e antirrealistas da ciência, racionalidade científica e epistemologia social.

**Eros Moreira de Carvalho** é professor Associado do Departamento de Filosofia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Bolsista de Produtividade do CNPq 1D. Suas áreas de interesse abrangem a filosofia geral da ciência, filosofia das ciências cognitivas, a filosofia da percepção e a epistemologia. Sua pesquisa tem abordado temas da epistemologia e da filosofia da percepção, com base na concepção ecológica e enativa da mente.

**Fábio Peres Gonçalves** é doutor e mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e docente do

Departamento de Química e do PPGET da UFSC. Florianópolis, SC – BR. Licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

**Luana Paula Goulart de Menezes** possui graduação em Matemática (2013), mestrado em Matemática (2018) e doutorado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática (2022) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), com período de intercâmbio nacional na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente, é professora temporária na Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência nas áreas de Educação e História da Ciência, atuando principalmente nos seguintes temas: Geometria, História da Astronomia dos séculos XVI e XVII, Johannes Kepler, Interdisciplinaridade e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências e Matemática.

**Luciana Zaterka** é mãe de Carolina. Graduada em química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e em filosofia pela USP. Mestre em química e em filosofia pela USP, onde concluiu também o seu doutorado em filosofia. Tem pós-doutorado em história da Ciência pela PUC-SP. É autora de dois livros: A filosofia experimental do século XVII e Ensaio de História e Filosofia da Química. Publicou diversos artigos e capítulos dedicados aos temas de História e Filosofia da Ciência e Filosofia Moderna. Professora Associada de Filosofia da UFABC desde 2012, onde atua tanto na graduação como no Programa de Pós-Graduação. Professora do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UFPR desde 2020.

**Luiz Ben Hassanal Machado da Silva** é Doutor em Filosofia pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e Mestre pela mesma instituição. Pesquisa a área de Filosofia da Ciência com foco em Filosofia das Ciências Naturais. Desde a graduação, pesquisa o pensamento de Karl Popper e o grupo chamado de Círculo de Viena. Professor da rede pública de ensino por 13 anos, interessa-se também por Educação, em especial Educação Científica, ética e política de pesquisa e ensino científico. Lecionou por um ano as disciplinas de “Estética e Filosofia da Arte” e “História da Arte: Do Paleolítico ao Renascimento” no curso de Artes Visuais da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design (FAAC) da Unesp, campus Bauru.

Atualmente é Agente Cultural na Secretaria de Cultura do Município de Bauru.

**Luiz H. M. Arthury** é formado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Possui mestrado e doutorado em Educação Científica e Tecnológica pela mesma instituição, com trabalhos sobre visões epistemológicas na astrofísica e cosmologia. É professor do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul, tendo experiência na área de Ensino de Física, com ênfase em História e Filosofia da Ciência e Física Moderna. Possui interesse e trabalhos de pesquisa sobre o desenvolvimento da ciência, seus modos de produção de conhecimento e seu ensino.

**Michel Corci Batista** possui graduação em Física pela Universidade Estadual de Maringá, mestrado e doutorado em Educação para a Ciência e Matemática também pela Universidade Estadual de Maringá. É professor do departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus de Campo Mourão e professor permanente do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (UTFPR - Campo Mourão), do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza (UTFPR - Londrina) e do programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá. É representante da NASE (Network for Astronomy School Education) no Brasil, e coordenador do Polo Astronômico Rodolpho Caniato. Tem experiência na área de Ensino de Física e Educação em Astronomia, atuando principalmente nos seguintes temas: Métodos e Técnicas para o Ensino, Formação continuada de professores e Divulgação e Popularização da Ciência em ambientes não formais.

**Robinson Guitarrari** possui graduação (1994), mestrado (1999) e doutorado (2004) em Filosofia pela Universidade de São Paulo. É professor adjunto da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, particularmente do Departamento de Filosofia e do Programa de Pós-graduação em Filosofia. Tem pesquisado e publicado sobre temas vinculados ao relativismo cognitivo e a concepções de racionalidade científica.

**Ronei Clécio Mocellin** possui graduação em Química pela Universidade Federal do Paraná (1997), mestrado em Filosofia pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e doutorado em Filosofia pela Universidade de Paris X (2009 - Bolsa CAPES). Fez pós-doutoramento no departamento de filosofia da Universidade de São Paulo no quadro do Projeto Temático Gênese e significado da tecnociência (2012-2014, Bolsa FAPESP). Professor da cadeira Filosofia da ciência na Universidade Federal do Paraná nos níveis de Graduação e Pós-Graduação em Filosofia desde 2014. Professor do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal do ABC desde 2019. Professor visitante no Centre François Viète da Universidade de Nantes (2019/20 - Bolsa CAPES/PRINT). Líder do Grupo de Pesquisa "Núcleo de Estudos da Cultura Técnica e Científica" (NECTeC), cadastrado no CNPq e certificado na UFPR. Tem experiência na área de filosofia das ciências e das técnicas, com ênfase em filosofia e história da química.

**Sofia Inês Albornoz Stein** pesquisa nas áreas de filosofia da linguagem, epistemologia e ciências cognitivas e é bolsista de produtividade em pesquisa 1D do CNPq. Foi presidente da Sociedade Brasileira de Filosofia Analítica (2019-2020). Fundou e coordena, com colegas, desde 2012, o Laboratório de Filosofia Experimental e Estudos da Cognição (LABFIC; Unisinos - USP), pioneiro nessa área de pesquisa no Brasil. É pesquisadora colaboradora da área de Filosofia da FFLCH (Universidade de São Paulo) e presidente da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), gestão 2022-2024. Como estudiosa da obra de Willard van Orman Quine, publicou "Van Orman Quine: epistemologia, semântica e ontologia" (2009) e traduziu o clássico quineano "Word and Object" (1960) (Palavra e Objeto, 2010). Desenvolveu pesquisa, em 1998, na *Universität Bielefeld*, Alemanha, sobre a relação entre as obras de Rudolf Carnap e Willard Quine e, em 2011, na *University of Pittsburgh*, investigou a semântica naturalizada, sob a supervisão de John McDowell. Examina, desde uma perspectiva naturalizada, questões relativas à aquisição linguística e à compreensão do significado de frases, assim como teorias da percepção e a dependência que conteúdos perceptivos têm de capacidades inatas (*nature*) ou da aprendizagem social (*nurture*). Escreve sobre as referências de conceitos psicológicos, sustentando

uma posição que denomina de *Perspectivismo neutro*. E contribui para discussões nas neurociências atuais, sustentando a, por ela assim chamada, *Neuropragmática social*, que afirma a necessidade de inclusão de redes neurais em sistemas de ação social para que sejam compreendidas e categorizadas.