

# **Progresso científico visto das perspectivas das histórias contrafactuais**

---

Oswaldo Pessoa Júnior  
Universidade de São Paulo

## **PROGRESSO EM DIREÇÃO À VERDADE**

A história da ciência apresenta uma evolução que pode ser caracterizada pela palavra *progresso*: as teorias explicam cada vez melhor a realidade e surgem sem cessar aplicações tecnológicas. Para dar conta desse progresso, é costume dizer que as teorias científicas se aproximam cada vez mais da verdade a respeito do mundo natural. O filósofo austríaco Karl Popper defendeu essa posição, com sua noção de *verossimilhança*.

Ao observar o progresso do conhecimento científico, muitos são levados a afirmar que, embora não saibamos se estamos distantes ou perto da verdade, podemos (e muitas vezes conseguimos) nos *aproximar cada vez mais dela*. [...] De fato, não há motivo para deixar de dizer que uma teoria corresponde aos fatos melhor do que outra. [...] [A]credito que simplesmente não podemos dispensar algo como a idéia de uma melhor (ou pior) aproximação da verdade. Isso sugere que estamos combinando aqui as idéias de *verdade* e de *conteúdo* numa única noção, de grau de correspondência com a verdade, de maior ou menor similaridade com respeito à verdade; ou, para empregar um termo que já mencionamos, a idéia (ou graus) de *verossimilhança*, diferente da *probabilidade*. (POPPER, 1994, p. 257-258, grifos do autor).

Essa posição é consistente com uma postura *objetivista* ou *realista*. Pode-se assim dizer que *existe um mundo objetivo, real, que serve como*

uma meta pré-fixada em relação à qual a ciência se direciona. A realidade serviria como um “atrator” para a evolução da ciência.

Poder-se-ia dizer que a evolução da ciência seria *teleológica*, ou seja, seria guiada em direção à representação de uma realidade preexistente. Em rigor, porém, não se trataria da existência de uma “causa final”, já que a realidade objetiva tem existência anterior à ciência; trata-se mais de uma *causa eficiente* que age através das mãos e mentes dos cientistas, estes sim tendo em vista as metas conscientes de descobrir novos efeitos experimentais e de desenvolver teorias empiricamente adequadas.

## PROGRESSO COMO SELEÇÃO DA TEORIA MAIS APTA

Contrapondo-se a essa visão tradicional, Kuhn, nas páginas finais da primeira edição de *A estrutura das revoluções científicas*, compara o progresso das idéias científicas com a evolução dos organismos biológicos.

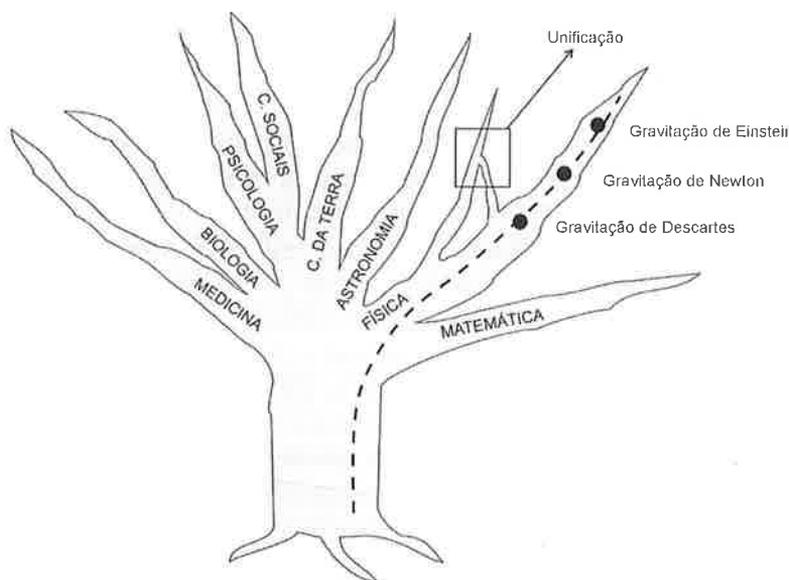
[A] resolução das revoluções corresponde à seleção pelo conflito da maneira mais adequada de praticar a ciência – seleção realizada no interior da comunidade científica. [...] Todo esse processo pode ter ocorrido, como no caso da evolução biológica, sem o benefício de um objetivo preestabelecido, sem uma verdade científica permanentemente fixada, da qual cada estágio do desenvolvimento científico seria um exemplar mais aprimorado. (KUHN, 2001, p. 215-216).

Mesmo que tal analogia com a seleção natural seja malconcebida, permanece a idéia de que pode ser que a ciência “progrida” sem que isso se dê em uma direção pré-fixada. Tal posição foi retomada por Kuhn em suas *Reflexões sobre meus críticos*:

Num sentido do termo eu talvez seja relativista; mas num sentido mais essencial não o sou. [...] [M]inha concepção do desenvolvimento científico é fundamentalmente evolucionária. Imagine-se, portanto, uma árvore evolucionária que representa o desenvolvimento das especialidades científicas a partir de sua origem comum, digamos, na filosofia natural primitiva. Imagine-se, além disso, uma linha traçada nessa árvore desde a base do tronco até a ponta de um galho primário sem voltar sobre si mesma. Duas teorias, sejam elas quais forem, ao longo desta linha estão relacionadas entre si por descendência. Considerem-se agora duas teorias

assim colhidas em pontos não muito próximos da origem. Creio que será fácil conceber uma série de critérios – incluindo a máxima precisão de predições, grau de especialização, número (mas não extensão) de soluções de problemas concretos – que permitam a qualquer observador não envolvido com nenhuma delas dizer qual é a mais velha e qual a descendente. Para mim, portanto, o desenvolvimento científico, como a evolução biológica, é unidirecional e irreversível. (KUHN, 1979, p. 326).

Nesse sentido, Kuhn não é um relativista: uma teoria científica que sucede outra tende a ser *melhor*, segundo um conjunto de critérios mais ou menos universal. No entanto, em outro sentido, ele se aproxima do relativismo, pois o que tornaria uma teoria melhor do que outra não seria sua aproximação com a verdade, como em Popper, mas o fato de ser considerada pela comunidade científica um melhor “instrumento para a prática da ciência normal”. (KUHN, 1979, p. 327). Essa concepção kuhniana se aplicaria às transições *entre* paradigmas, mas não *dentro* de um paradigma, cuja *ciência normal* se assemelharia mais ao completamento de um quebra-cabeça.



**Figura 1:** Esboço de uma árvore da evolução das teorias científicas, exemplificando com linha tracejada a descendência entre teorias, mencionada por Kuhn. No detalhe, a concepção de Whewell e Popper de unificação interteórica

Na figura 1 esboçamos a árvore kuhniana da evolução das teorias científicas. Ela seria análoga ao diagrama dos “ramos divergentes” na evolução biológica, desenhado por Darwin (2002, cap. IV). A metáfora da árvore do conhecimento remonta pelo menos a Descartes (2005, p. 19-20). Demo-nos ao trabalho de desenhá-la para compará-la com outros tipos de árvore de desenvolvimento temporal, nas seções seguintes. Vale mencionar que alguns autores salientam que galhos separados da árvore da ciência se juntam quando ocorre uma unificação de teorias (como o eletromagnetismo de Maxwell, que unificou eletricidade, magnetismo e óptica). Nesse sentido, Whewell 1984, p. 11) concebia o desenvolvimento da ciência em termos de afluentes que se unificam em um grande rio, e Popper (1975, p. 239) escreveu que “o conhecimento puro [...] cresceu quase em direção oposta a esta crescente especialização e diferenciação” da árvore aberta, que caracterizaria, segundo ele, a evolução dos instrumentos científicos, mas não das teorias científicas. Na figura 1, representamos essa *unificação interteórica* como um detalhe da árvore da ciência.

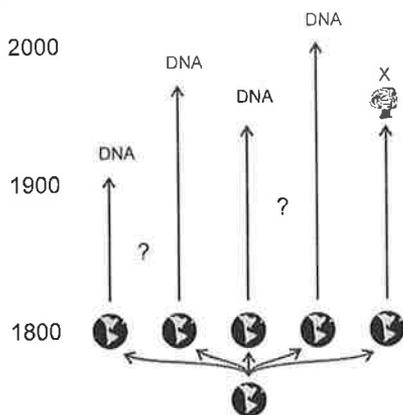
## HISTÓRIAS POSSÍVEIS DO UNIVERSO

Uma maneira de esclarecer a concepção de “progresso sem um atrator”, ou seja, sem uma verdade para a qual a ciência tenderia, seria considerar histórias *possíveis* da ciência.

Suponhamos que em uma certa data, digamos 1800, cem cópias idênticas do Universo tivessem sido criadas (figura 2), e que a evolução nesses diferentes mundos não fosse determinista, de forma que a história em cada Terra seguiria um caminho diferente. Teríamos então cem cenários possíveis, um consistindo da história factual (que de fato aconteceu na Terra, em nosso Universo) e 99 histórias *contrafactualis* (ou seja, histórias possíveis que não ocorreram).

Poder-se-ia perguntar quanto tempo demoraria, nos diferentes mundos, para se chegar à descoberta da estrutura molecular do DNA, por exemplo, e quais caminhos seriam trilhados. É plausível supor que os tempos seriam diferentes, e que haveria mais de um caminho básico. Note-se que estamos supondo que a descoberta do DNA ocorreria em todos os mundos, salvo talvez em um mundo destruído por uma guerra mundial. No entanto, se temos alguma segurança em dizer que a *descoberta*

ta do DNA se daria em todas as cópias feitas em 1800 (salvo uma situação cataclísmica), a questão análoga sobre quais *teorias* biológicas teriam sido alcançadas nesses universos é mais complicada, o que se reflete na diferença entre as opiniões de Popper e Kuhn. Teorias envolvem conjuntos de teses explícitas e implícitas, cuja formulação depende de nuances de linguagem, de enfoque, etc. Elas dão conta de fatos objetivos que seriam possivelmente os mesmos em todos os universos, mas elas em si poderiam ser diferentes de mundo para mundo, em maior ou menor grau.

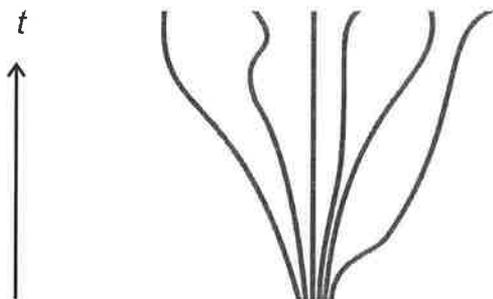


**Figura 2:** Cem cópias da Terra seriam feitas no ano de 1800. Supondo evoluções não deterministas, como as ciências desses mundos possíveis se desenvolveriam?

Antes de prosseguirmos, é interessante levar em conta um comentário feito por Eduardo Rabossi, em evento em Caxias do Sul quando este trabalho foi apresentado, algumas semanas antes de sua inesperada morte. Ele notou que a criação de diferentes universos *idênticos* violaria o princípio de identidade dos indiscerníveis de Leibniz. Em outras palavras, se na suposição de que houvesse cem cópias idênticas do Universo, elas seriam o *mesmo* Universo (segundo o princípio), e portanto deveriam evoluir de maneira idêntica. Uma maneira de contornar esse problema seria supor que, ao ser criada, cada cópia do Universo receberia uma leve “chacoalhada” aleatória, de maneira a se

colocar em um estado levemente diferente das outras cópias. Com isso, poder-se-ia até supor que, posteriormente à chacoalhada, os diferentes universos evoluiriam deterministicamente.<sup>1</sup> Assim, teríamos um momento de aleatoriedade na criação dos universos possíveis, o que seria seguido por um período de evolução determinista.

Na figura 3, representamos qualitativamente essa situação para seis histórias possíveis do Universo. Devido à “sensibilidade às condições iniciais”, os diversos universos, partindo de estados levemente diferentes, evoluem de maneira diversa, quiçá com diferenças bastante radicais, sem nunca convergirem para o mesmo estado (restrição imposta pelo determinismo). Aplicando esse mesmo procedimento de chacoalhada para um instante seguinte, em cada mundo possível, teríamos a geração de mais um conjunto de trajetórias possível para cada um dos seis universos iniciais representados. Agora pode ocorrer que, durante uma chacoalhada, dois universos paralelos convirjam para um mesmo estado, ou seja, um certo estado do universo poderia ser atingido por diferentes caminhos.



**Figura 3:** Representação de seis histórias possíveis do Universo, que evoluiriam deterministicamente ao longo do tempo  $t$ , a partir de condições iniciais levemente diferentes

<sup>1</sup> Isso agradaria a Leibniz. A questão sobre se a evolução do Universo é determinista ou não é uma questão em aberto. Em geral, dado um modelo indeterminista de um sistema físico, é sempre possível construir um modelo equivalente que seja determinista, introduzindo-se parâmetros adicionais (isto é válido mesmo para a teoria quântica, como mostrou David Bohm em 1952). Essa equivalência permite que sistemas que são usualmente tratados como aleatórios possam ser reformulados de maneira determinista, se isso trouxer alguma vantagem à análise ou satisfação à intuição. É o que escolhemos fazer na sequência do artigo.

## CONCEPÇÕES DE PROGRESSO EXPRESSAS POR ÁRVORES DE HISTÓRIAS POSSÍVEIS DA CIÊNCIA

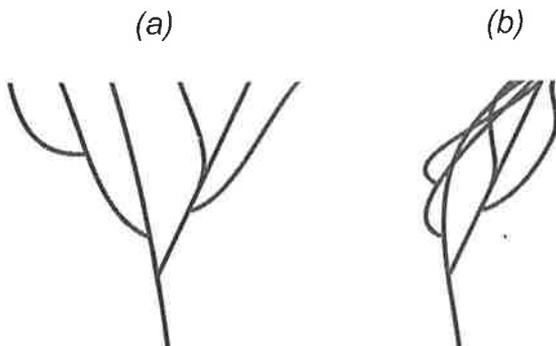
O que fizemos, na seção anterior, foi descrever uma ontologia para o Universo que servirá de base para conceber histórias possíveis da ciência. Quando o Universo é “chacoalhado”, e várias cópias são produzidas, vamos supor que a ciência da Terra permaneça a mesma em todos os mundos. O que mudariam sutilmente seriam outras variáveis, que acabariam fazendo um cientista escolher outra carreira ou um jovem promissor escapar à morte. Por conta dessas pequenas mudanças, concebemos que as histórias da ciência nos diferentes universos possíveis rumariam por diferentes direções.

Na figura 4 representamos duas *árvores de histórias possíveis* de um campo científico. Novamente, a ordenada do diagrama representa o tempo, e a abscissa exprime qualitativamente as diferenças entre as teorias possíveis de um campo científico. Tais árvores representariam as evoluções possíveis da *ciência* (não do Universo) para uma única “chacoalhada” do Universo, feita, digamos, em 1800. De início as ciências dos seis mundos possíveis trilhariam o mesmo caminho, mas aos poucos ocorreriam as divergências.

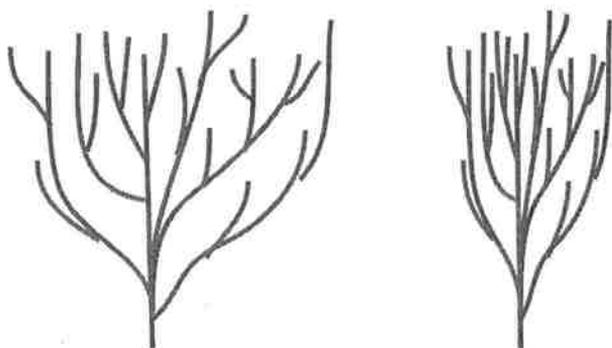
De acordo com a visão de evolução como seleção da teoria mais apta, sugerida por Kuhn, as histórias possíveis se ramificariam e se movimentariam em direções diferentes, como os galhos de uma árvore aberta (figura 4a). Já para a visão tradicional (defendida por Popper), as teorias finais seriam idênticas ou muito próximas, em cada um dos cenários possíveis, refletindo a realidade invariante do mundo natural. A evolução dos diferentes cenários científicos, na visão de convergência à verdade, se assemelharia a um cipóal (figura 4b).

### GRAU DE DISPERSÃO DE HISTÓRIAS POSSÍVEIS

Ao utilizar-se uma árvore de histórias possíveis para representar a evolução de um campo científico, pode-se conceber uma evolução em que as histórias sejam bem diferentes umas das outras ou, pelo contrário, em que elas sejam mais parecidas (figura 5). Isso refletiria o “grau de dispersão” envolvendo as histórias possíveis.



**Figura 4:** Árvores de seis histórias possíveis da ciência: (a) árvore aberta, situação “sem atrator” imaginada por Kuhn; (b) o “cipocal” em que a ciência convergiria por aproximação à verdade.



**Figura 5:** Na árvore de histórias possíveis da ciência da esquerda, o grau de dispersão é maior do que o da direita

Por exemplo, se partíssemos da situação concreta da biologia em 1830, poderíamos imaginar diferentes evoluções para a ciência, algumas mais próximas do desenvolvimento factual, outras bem mais distantes (como aquelas nas quais a genética mendeliana seria aceita *antes* da teoria da seleção natural). Quão ampla é essa gama de possibilidades históricas? O que essa pergunta levanta é a questão do “grau de flutuação” ou “grau de dispersão” que subjaz ao desenvolvimento histórico. Na mecânica estatística, essa noção é, de certa forma, análoga

ao conceito de *temperatura*, e na biologia evolutiva, à *taxa de mutação*. Esse conceito não se aplicaria a uma história factual (que, por si só, teria um grau nulo de flutuação); o que mediria tal grau de flutuação seria a dispersão da classe de histórias possíveis.

O que determinaria um maior ou menor grau de dispersão da ciência? Por um lado, quanto mais o Universo seria “chacoalhado”, maior deveria ser o grau de dispersão. Mas se fixássemos a “chacoalhação”, fatores reais entrariam em jogo. Diferentes fatores sociais poderiam influenciar o grau de dispersão da ciência, assim como decisões de política científica.

## UM EXEMPLO DE HISTÓRIA CONTRAFACTUAL

Como exemplo de uma história contrafactual, imaginemos a possibilidade de que Einstein não tivesse se tornado físico (mas digamos, um músico profissional). Nesse caso, é plausível supor que as idéias seminais de seus três grandes artigos de 1905 teriam surgido dentro de poucos anos, através de outros caminhos. Os princípios da Teoria da Relatividade restrita estavam sendo cercados por Lorentz e Poincaré; a teoria do movimento browniano poderia surgir com Smoluchowski, e a constatação de que a luz tem aspecto granular já estava sendo divulgada por J. J. Thomson (PESSOA JÚNIOR, 2006), e a noção do *quantum* de luz provavelmente surgiria antes de 1922, data em torno da qual a teoria de Einstein passou a ser aceita.

No entanto, há um certo consenso entre os cosmólogos de que a Teoria da Relatividade *geral* de Einstein, formulada em 1916, não seria desenvolvida tão rapidamente, em um mundo onde ele não tivesse se tornado físico. É plausível especular que demoraria em torno de meio século até que uma teoria equivalente à relatividade geral fosse formulada. O que aconteceria nesse período? A mecânica de Newton manteria seu reinado? É plausível supor que não, pois há uma teoria conhecida como *mecânica relacional*, que introduz potenciais gravitacionais dependentes de velocidades relativas, e que tem um arsenal explicativo mais vasto do que a mecânica clássica. Ela foi proposta por diferentes autores, entre eles Schrödinger, em 1925 (ASSIS; PESSOA, 2001), e provavelmente seria usada para dar conta de efeitos

como o avanço do periélio de Mercúrio, até o advento da teoria da relatividade geral (ou de uma versão equivalente).

A árvore kuhniana da evolução das teorias científicas aceitas (esboçada na figura 1), para a maioria dos mundos, provavelmente conteria a gravitação relacional *entre* o modo da gravitação newtoniana e o da einsteiniana. Isso, porém, não aconteceu em nosso mundo.

## **DISTÂNCIA ENTRE TEORIAS CIENTÍFICAS**

Nas árvores de histórias possíveis da ciência (figura 4), a abscissa (eixo horizontal) representa as *distâncias entre teorias*, apesar de isso ser feito de maneira apenas qualitativa. Se dois mundos possíveis chegam, ao mesmo tempo, a teorias muito diferentes (como as teorias de gravitação da mecânica relacional e da relatividade geral), eles serão representados com uma grande distância entre si; se suas teorias forem parecidas, os mundos serão desenhados próximos um ao outro. Mas o que exatamente mediria a distância entre teorias?

Uma sugestão seria comparar as teorias quanto à sua *adequação empírica*, ou seja, quanto à extensão e precisão com que descreve os dados empíricos. No entanto, essa medida não captura o que queremos, pois duas teorias completamente diferentes poderiam ter uma mesma adequação empírica. Com efeito, pode-se considerar que, à medida que o tempo passa na árvore, a adequação empírica tende sempre a crescer, qualquer que seja a história possível.

Uma proposta mais interessante de medida de distância entre teorias seria *comparar as teses* que compõem as teorias. Se elas compartilharem muitas teses, então seriam próximas, senão, seriam distantes. Se as teorias forem axiomatizadas, podem-se comparar seus postulados. Se elas foram analisadas segundo a metodologia dos programas de pesquisa de Lakatos (1979), podem-se comparar as teses dos núcleos duros e as dos cintos de proteção, sendo que as primeiras teriam mais peso. No entanto, tal comparação pode ser difícil entre teorias consideradas incomensuráveis. Teremos que deixar em aberto esse interessante problema da distância entre teorias.

Vale notar, porém, que a formulação desse projeto de mapear histórias possíveis requer uma definição de *teoria* diferente daquela

fornecida pela concepção semântica de teorias científicas (ver, por exemplo, DÍEZ; LORENZANO, 2002, p. 28-33), para a qual o que define uma teoria é a classe de modelos que satisfazem seus enunciados, pois para nossos propósitos interessa estudar caminhos diferentes pelos quais diversas formulações de teorias podem ser obtidas, mesmo que todas tenham classes idênticas de modelos. Uma maneira de conciliar as duas caracterizações seria dizer que, na linguagem da concepção semântica, nosso problema não seria o de comparar diferentes teorias, mas diferentes *formulações* de teorias.

Para finalizar esta seção, devemos lembrar que a ciência não se caracteriza apenas por suas *teorias*. O sistema da ciência envolve também instrumentos científicos, experimentos, dados, leis, explicações, problemas, etc. Cada um desses aspectos da ciência, que em Pessoa Júnior (2004) reunimos sob diferentes “classes de tipos de avanços”, representa dimensões importantes da ciência, e para cada um pode-se perguntar se as diferentes histórias possíveis da ciência se assemelham ou não, e quanto. Vimos no fim da seção 2, por sinal, que Popper teceu comentários sobre a evolução de instrumentos científicos.

## **ANALOGIA COM A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Na biologia evolutiva, pode-se também pensar em histórias possíveis. Richard (2004, p. 482-493) examina a questão de como seria a evolução biológica na Terra se se voltasse para algum ponto do passado, questão essa que foi levantada por Kauffman (1985) e, independentemente, por Gould (1990, cap. 5). O consenso é que as espécies que surgiriam seriam bem diferentes das atuais, e o ser humano não apareceria na Terra. Pode-se especular: se o grande meteoro que caiu na Terra há 65 milhões de anos dizimando os dinossauros, não tivesse atingido a Terra, talvez um descendente do troodonte tivesse se tornado inteligente e estivesse aqui agora escrevendo sobre filosofia da ciência! Tal hipótese foi explorada pelo paleontólogo Dale Russell (1982), e outros cientistas, como o geólogo S. Conway Morris (2003), que consideram que uma espécie muito parecida com o ser humano teria boas chances de evoluir, dado o fenômeno da *evolução convergente* e as *restrições* físico-químicas que existem na geração de novas formas de vida por mutação e recombinação.

Na evolução convergente, seres de constituições diferentes, como mamíferos, répteis e peixes, desenvolvem estruturas semelhantes, como as asas para voar ou o formato hidrodinâmico para nadar na superfície da água. Dawkins salienta o desenvolvimento do olho, que, segundo Michael Land (1980), ocorreu de mais de quarenta maneiras independentes, seguindo nove princípios diferentes. Podemos dizer que os nichos ambientais servem como “atratores” para o desenvolvimento de estruturas biológicas, ou de tipos ecológicos.

As analogias entre a evolução do conhecimento e a evolução biológica são exploradas dentro da área conhecida como *epistemologia evolutiva*. Um dos primeiros a explorar esse campo, depois de Darwin, Spencer e James, foi Mach:

Idéias se adaptam gradualmente aos fatos, ao representarem estes com acurácia suficiente para satisfazer as necessidades biológicas. [...] Os dois processos de adaptação, das idéias aos fatos e das idéias entre si, não podem realmente ser separados de forma clara. [...] A adaptação dos pensamentos aos fatos, colocando de maneira mais precisa, chamamos de observação; e a adaptação mútua dos pensamentos, de teoria. Observação e teoria também não são claramente separáveis, pois quase qualquer observação já está influenciada por teoria e, se for suficientemente importante, reage por sua vez na teoria. (1976, p. 120).

Popper também sugeriu que uma teoria científica se adapta a dados empíricos, de maneira análoga a como os seres vivos se adaptam ao seu ambiente.

Tudo isto pode ser expresso dizendo que o crescimento de nosso conhecimento é o resultado de um processo estreitamente semelhante ao que Darwin chamou “seleção natural”; isto é, a *seleção natural de hipóteses*: nosso conhecimento consiste, a cada momento, daquelas hipóteses que mostraram sua aptidão (comparativa) para sobreviver até agora em sua luta pela existência, uma luta de competição que elimina aquelas hipóteses que são incapazes. (1975, p. 238).

A diferença principal entre a evolução biológica e evolução do conhecimento é que a primeira é baseada em variações *aleatórias*, ao passo que na ciência as novas idéias tendem a ser elaboradas conscientemente, tendo em vista uma melhor adaptação aos dados experimentais e às outras idéias. Seria um processo mais lamarckiano do

que darwiniano. Vimos, no entanto, que o mecanismo de seleção natural leva ao fenômeno da evolução convergente: qual seria o análogo disso na evolução das teorias científicas?

Tomemos um exemplo de evolução convergente, como o desenvolvimento de asas. A existência da atmosfera estabelece um nicho ecológico para seres que voam. Possuir asas pode ser visto como o análogo biológico de uma explicação (na epistemologia), como a explicação da gravidade. Diferentes teorias explicam a gravidade de diferentes maneiras, assim como alguns répteis e mamíferos desenvolveram diferentes tipos de asa para voar. Algumas asas tornam o animal um melhor voador do que outros, assim como algumas teorias explicam melhor a gravitação do que outras.

Tal analogia precisa ser encarada com cautela, é claro, mas a levemos adiante. Na visão tradicional do progresso da ciência, haveria uma convergência das explicações teóricas, que é entendida como uma aproximação sucessiva à verdade. Na concepção de “verdade por correspondência”, veja-se, por exemplo, Haack (1998, cap. 7), haveria uma semelhança estrutural entre teoria e realidade, o que explicaria a convergência das histórias possíveis da ciência (figura 4b). No caso biológico, existe convergência na evolução de asas, mas claramente não há uma semelhança estrutural entre asas e a atmosfera. Existe antes uma espécie de *complementaridade* entre estrutura orgânica e ambiente e não correspondência direta.

Isso indica claramente que, na epistemologia, convergência ou objetividade (a existência de um “atrator”) não implica necessariamente (por si só) verdade por correspondência. Na seção seguinte exploraremos outro argumento nessa direção.

## **ANALOGIA COM A FORMAÇÃO DE SOMBRAS**

A concepção de que uma teoria científica exhibe estruturas *verdadeiras*, ou seja, que correspondem a estruturas reais, pode ser ilustrada pela *metáfora da sombra* que aparece no mito da caverna, de Platão. Um corpo real, como um cavalo, é iluminado de tal forma que somente temos acesso às sombras que se formam em uma parede (figura 6a). Há uma relação de correspondência entre estruturas do

corpo e a sombra. Nem todas as propriedades do corpo (como seu volume ou cor) são manifestas na sombra, mas a forma da sombra exhibe uma propriedade real: há correspondência entre cada ponto da interface sombra-luz e um ponto da superfície do objeto real.

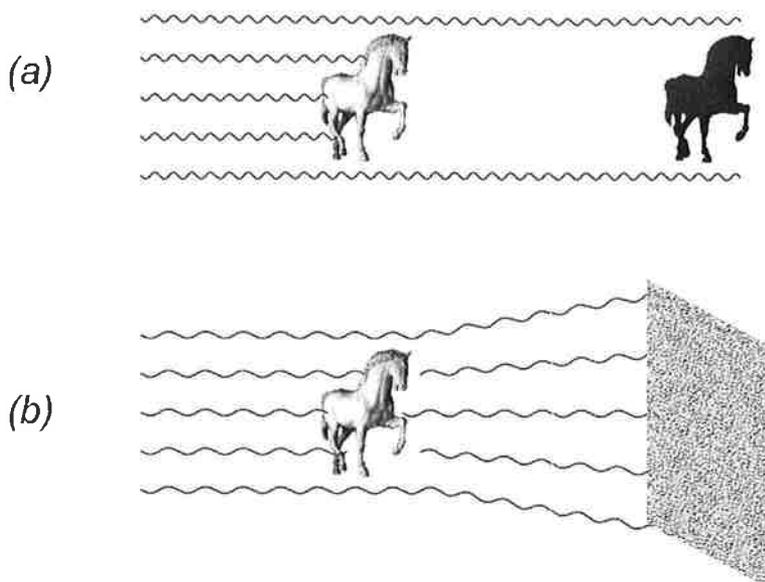
Consideremos agora uma outra versão da metáfora da sombra, envolvendo o fenômeno físico da *difração*. O objeto em questão, em forma de cavalo, é agora muito pequeno. Surpreendentemente, a sombra que aparece numa parede distante não é a silhueta de um cavalo, mas uma forma totalmente diferente (figura 6b). De fato, é possível comprar pequenas lanternas chinesas, de raio *laser*, que projetam formas como a de um cavalo, mas se olharmos para a fenda pela qual a luz passa na lanterna, ela terá uma forma totalmente diferente da de um cavalo. O que ocorre é que cada ponto na fenda é projetado na parede como um padrão de anéis concêntricos. A transformação matemática da forma da fenda para uma figura na parede é conhecida como “transformada de Fourier” (para ondas incidentes planas). O interessante é que toda a informação contida na forma do cavalo está presente na imagem transformada. Se um *slide* for feito dessa imagem transformada, e colocada em um feixe de luz, a figura projetada (por difração) na tela será a do cavalo original.<sup>2</sup>

A conclusão desta e da seção anterior é a seguinte: mesmo que a ciência rume em direção a um “atrator”, que ela seja objetiva, como exprimimos na imagem do cipoal (figura 4b), mesmo assim não se segue necessariamente que ela seja um espelho direto da natureza. É concebível que a relação entre uma teoria e a realidade não se dê ponto a ponto, como na concepção correspondencial da verdade, mas a partir de uma transformação mais complexa, como no caso da difração de luz, ou como na relação de complementaridade entre estrutura biológica e nicho ecológico.

Essa é uma tese anti-realista. Ou seja, mesmo assumindo uma posição objetivista (não-relativista), pode-se conceber que a relação entre teoria e realidade não é uma relação simples de correspondência, como é geralmente defendido pelo realismo científico.

---

<sup>2</sup> A “transformada de Fourier” da silhueta do cavalo, que aparece na figura 6b, foi gerada em computador por Eduardo Khamis, doutorando pelo Instituto de Física da USP a quem agradeço. Se luz fosse projetada em um *slide* da transformada (preparado invertendo-se os pontos pretos e brancos), obter-se-iam duas imagens de cavalo, nos primeiro e terceiro quadrantes, a última dessas invertida. Para uma introdução a essa técnica, veja-se Walker (1995).



**Figura 6:** (a) luz incidente da esquerda projeta uma sombra do cavalo à direita; (b) se o comprimento da onda da luz for próximo do tamanho do objeto, ocorrerá o fenômeno da difração, resultando uma figura que é a transformada da figura do cavalo

## CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Neste artigo, exploraram-se duas concepções de progresso científico, a partir da abordagem das histórias possíveis da ciência. Se a exposição foi esclarecedora (em especial a figura 4), então isso indica que tal abordagem pode ser frutífera na filosofia da ciência. Uma questão importante que foi deixada em aberto é como medir a *distância* entre diferentes teorias científicas.

A noção de que a evolução poderia ter sido diferente também se aplica à biologia. Exploramos a analogia entre o progresso científico e o biológico, e concluímos que a objetividade da ciência (a existência de um “atrator” para sua evolução) não implica que ela seja um espelho direto da natureza. Apesar de tal conclusão poder ferir concepções tradicionais do realismo científico, é apenas no quadro do realismo (em oposição ao descritivismo de concepções positivistas) que ela pode ser explorada. Afinal, qual é a relação entre o conhecimento científico e a realidade?

## AGRADECIMENTOS

Preocupações semelhantes às expostas neste artigo têm sido exploradas por Paulo Abrantes e Charbel El-Hani, numa evolução epistemológica convergente sem que eles tenham sido contaminados pelo meme das histórias possíveis. A interação de longa data com eles tem sido de grande valia, assim como a troca de idéias em Caxias do Sul com Sofia Stein (sem seu convite este artigo não teria sido escrito), Alberto O. Cupani, Adriano Naves, entre outros gaúchos de formação tão sólida em filosofia. Por fim, um brinde a Eduardo Rabossi, cujo charme polarizou completamente a atenção das moças caxienses convidadas para um café da tarde com os filósofos!

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. K. T.; PESSOA JÚNIOR, O. Erwin Schrödinger e o Princípio de Mach. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, s. 3, 11(2): p. 131-152, 2001.
- DARWIN, C. [1859]. *Origem das espécies*. Trad. de E. Amado. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DAWKINS, R. *The ancestor's tale*. Londres: Weidenfeld & Nicolson, 2004.
- DESCARTES, R. [1644]. *Princípios de filosofia*. Trad. de H. G. Burati. São Paulo: Rideel, 2005.
- DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. In: DÍEZ; LORENZANO (Org.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Bernal (Argentina): Universidad Nacional de Quilmes, 2002. p. 13-78.
- GOULD, S. J. [1989]. *Vida maravilhosa*. Trad. de P. C. de Oliveira. São Paulo: Cia. das Letras, 1990.
- HAACK, S. [1978]. *Filosofias das lógicas*. Trad. de C. A. Mortari e L. H. A. Dutra. São Paulo: Unesp, 1998.
- KUHN, T. S. [1962]. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. de B. V. Boeira e N. Boeira. 6. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- \_\_\_\_\_. [1970]. Reflexões sobre meus críticos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Trad. de O. M. Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 285-343.
- LAKATOS, I. [1970]. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica e o*

- desenvolvimento do conhecimento*. Trad. de O. M. Cajado. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 109-243.
- MACH, E. [1905]. *Knowledge and error*. Trad. de T. J. McCormack e P. Foulkes. Dordrecht: Reidel, 1976.
- PESSOA JÚNIOR, O. Unidades de conhecimento na teoria da ciência. *Philosophos* 9: 207-24, 2004.
- \_\_\_\_\_. O início da física quântica e seus caminhos possíveis. In: PIETROCOLA, M.; FREIRE JÚNIOR, O. (Org.). *Ciência, filosofia e história: uma homenagem aos 40 anos de colaboração de Michel Paty com o Brasil*. São Paulo: Discurso/Humanitas, 2006. p. 227-253.
- POPPER, K. R. [1963]. Verdade, racionalidade e a expansão do conhecimento científico. In: \_\_\_\_\_. *Conjecturas e refutações*, Trad. de S. Bath. 3. ed. Brasília: Ed. da UnB, p. 241-76, 1994.
- \_\_\_\_\_. [1972]. *Conhecimento objetivo*. Trad. de M. Amado. Belo Horizonte: Itatiaia/Edusp, 1975.
- WALKER, T. G. Holography without photography. *American Journal of Physics*, n. 67, 1995, p. 783-785. Disponível em: <http://www-atoms.physics.wisc.edu/papers/holo.pdf>.
- WHEWELL, W. [1837]. History of the inductive sciences. In: ELKANA, Y. (Org.). *Selected writings on the history of science*. Chicago: University of Chicago Press, 1984. p. 1-119.

# LINGUAGEM, CIÊNCIAS E VALORES

SOBRE AS REPRESENTAÇÕES  
HUMANAS DO MUNDO

SOFIA STEIN • EVALDO KUIAVA (ORGS.)

ALBERTO OSCAR CUPANI • MARCELO DASCAL

THOMAS KESSELRING • PAULO ABRANTES

PAULO NODARI • JAYME PAVIANI

OSVALDO PESSOA JR. • ANNA CAROLINA REGNER



EDUCS