



UNIVERSALIDADE *VERSUS* CONTINGÊNCIA: O DESAFIO DO DIÁLOGO INTERDISCIPLINAR FACE ÀS DIFERENTES CULTURAS EPISTEMOLÓGICAS DA FÍSICA E DA BIOLOGIA

Hilda Helena Sovierzoski

Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia) pela USP
Professora do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da UFAL
hilda.sovierzoski@icbs.ufal.br

Maria das Graças Leopardi Gonçalves

Doutora em Farmácia Assistencial pela Universidad de Granada
Professora do Instituto de Ciências Farmacêuticas da UFAL
leopardi@icf.ufal.br

Jenner Barretto Bastos Filho

Doutor em Física pela Escola Politécnica Federal de Zürich (ETHZ)
Professor do Instituto de Física da UFAL
jenner@fis.ufal.br

Resumo

Exploramos aqui alguns aspectos tanto das identidades quanto das divergências entre as tradições que se constituíram nas Ciências da Física e da Biologia. Enfatizamos que, devido às culturas epistemológicas distintas, grupos de pesquisadores adotam diferentes significados em relação aos mesmos termos e que tal circunstância constitui um obstáculo a ser superado em prol do debate interdisciplinar fértil. Discutimos, na trilha de Mayr (1982), os obstáculos epistemológicos com os quais se deparou a afirmação do paradigma evolucionista. Consideramos que o foco exagerado na escala microscópica, tal como acontece na abordagem reducionista dos genes, pode se constituir em obstáculo epistemológico para a compreensão da especiação geográfica. Argumentamos também que as divergências e disparidades de estatutos epistemológicos entre Física e Biologia iluminam bem mais a discussão do que as suas identidades. Atenção especial foi atribuída à discussão sobre os pares dialéticos “universalidade *versus* contingência” e “redução *versus* emergência”.

Palavras-chave: Reduccionismo. Emergentismo. Universalidade. Contingência. Epistemologia.

Abstract

We explore here some aspects of identities and divergences between the traditions that were constituted in the Sciences of Physics and Biology. We emphasize that, due to different epistemological cultures, groups of researchers adopt different meanings under the same terms and that this circumstance constitutes an obstacle to be overcome in favor of the fertile interdisciplinary debate. We discussed, on Mayr's (1982) trail, the epistemological obstacles that the affirmation of the evolutionist paradigm faced. We consider that the exaggerated focus on the microscopic scale, as in the reductionist approach to genes, can constitute an epistemological obstacle to understanding geographic speciation. We also argue that the divergences and disparities in epistemological statutes between Physics and Biology illuminate the discussion much more than their identities. Special attention was given to the discussion on the dialectical pairs 'universality versus contingency' and 'reduction versus emergence'.

Keywords: Reductionism. Emergentism. Universality. Contingency. Epistemology.

1 Considerações Preliminares

Começamos o nosso artigo pela formulação da seguinte questão: *haveria um princípio unificador que nos permitiria conhecer tudo o que nos cerca, inclusive a nós próprios?* Pergunta difícil, difícilíssima de fato, e, sem dúvida, uma questão cu-

jas múltiplas e provisórias respostas ao longo do tempo têm sido bastante recorrentes. Isto é, uma recorrência sem que vislumbremos o quanto ela suscita outras tantas perguntas correlatas fascinantes e desafiadoras. Para a nossa reflexão aqui, centraremos a nossa atenção na questão que colocamos acima.

A expressão *tudo o que nos cerca* já nos leva a muitos fatores *bióticos* e *abióticos*, para aludirmos a uma terminologia tão cara aos ecólogos, e a outros termos que até podem transcender, ou pelo menos não se adequar, a essa classificação. Assim, a lista, mesmo que apenas de alguns deles, é longa: “partículas” elementares, que aliás não são apenas partículas e sim muito mais objetos duais tratados pela teoria quântica; átomos; moléculas; células; vírus; bactérias; arbustos; árvores; montanhas; rochas; oceanos; rios; planetas; sóis; galáxias; buracos negros; onças; preguiças; macacos; araras; moluscos; pássaros; peixes; baleias; indivíduos humanos; sociedades; cidades; instituições; ideias; mentes... enfim, todo um espectro cujos exemplos aludidos formam apenas uma parte daquilo que nos veio à memória.

É bom notar que, na lista, já incluímos a *nós próprios* e, assim, a expressão *tudo o que nos cerca, inclusive a nós próprios* já contém a famosa autorreferência, fonte de tantos paradoxos lógicos!

A expressão *princípio unificador* nos levaria a pensar sobre se existe um princípio que unificaria coisas tão enormemente diversas em um todo compreensível (dimensão epistemológica) acerca de uma realidade concretamente existente (dimensão ontológica), tanto dentro quanto fora de nós próprios. Centre-mos agora a nossa atenção na Física e na Biologia.

Ora, a Física trata dos seres não vivos, enquanto a Biologia trata dos seres vivos. A constatação de que muitos dos fenômenos que têm lugar no contexto dos seres vivos obedecem a leis físicas (Física e Química) não deve necessariamente implicar que os seres vivos, e, com esses, o próprio fenômeno da vida na sua complexidade, deixem de ser *emergências*¹ inerentemente irreduzíveis² a essas leis. Tudo isso em uma linha de continuidade ao espírito, conforme o famoso artigo de P. Anderson, *More is different* (ANDERSON, 1972).

2 A questão da linguagem, o desafio do diálogo interdisciplinar e as diversas culturas epistemológicas

Em trabalho anterior, Bastos Filho (2005) se debruçou tanto sobre a discussão acerca da tradição reducionista e/ou unificadora – que foi uma das marcas da Física de grande parte do século XX e que remonta, pelo menos, a Galileu e Newton, no século XVII, ou mesmo mais comumente à Antiguidade grega – quanto sobre a crítica a essa tradição, tal como aparece emblematicamente nos artigos de Anderson (1972) e Schweber (1993). O resumo do artigo de Schweber reza do seguinte teor:

- 1 O significado da palavra *emergência* é fundamental aqui. Concebemos por *emergência* qualquer fenômeno exibido por um sistema que, na sua complexidade, é inerentemente irreduzível a seus constituintes em níveis mais baixos (mais microscópicos) de descrição.
- 2 Usaremos, aqui, tanto a palavra *irreduzível* quanto a sua exata equivalente *não redutível*. A compreensão daquilo que constitui essa *irreduzibilidade* é fundamental nos argumentos que articularemos neste artigo.

Nós estamos no meio de uma reestruturação das ciências físicas. Internamente, elas estão estratificadas em níveis independentes com princípios básicos estáveis; externamente, orçamentos estão escasseando e os objetivos políticos estão mudando (SCHWEBER, 1993, p. 34)³.

Foquemos a nossa atenção na primeira parte do excerto acima, que constitui a apreciação do desenvolvimento das Ciências Físicas no que concerne ao seu aspecto interno, principalmente em uma fase do pós-guerra. Essa estratificação à qual se refere Schweber provavelmente tem várias razões, dentre as quais, mais acentuadamente, os desenvolvimentos dos métodos de normalização em Física da matéria condensada. No que concerne à explicação dos fenômenos críticos, tornou-se patente a irrelevância dos detalhes da Física da matéria em escala microscópica de distância e em escalas de altas energias. Os fatores que mais contam na explicação dos fenômenos críticos são outros, tais como a dimensionalidade do espaço e o alcance das interações, bem como as leis de conservação que valem e a simetria envolvida.

Em outras palavras, essa estratificação poderia ser entendida como uma certa insensibilidade aos detalhes microscópicos de um nível mais elementar de descrição para explicar os fenômenos ocorrendo em outro nível de descrição, em outra escala⁴, isto é, em um nível mais macroscópico. Nesse viés, a concep-

3 *"We are in the midst of a restructuring of the physical sciences. Internally, they are stratifying into independent levels with stable basic principles; externally, budgets are shrinking and political objectives are changing"* (SCHWEBER, 1993, p. 34).

4 Aqui, o que queremos dizer é que detalhes sobre o que acontece na Física de partículas elementares, por exemplo, naquilo que concerne ao Bóson de Higgs, pouco ou praticamente nada ajuda na descrição dos fenômenos da Física da matéria condensada, e assim por diante. *Grosso modo*, as dimensões atômicas são da ordem de grandeza de 10^{-10} m, ou seja, de uma unidade chamada de angstrom; as dimensões moleculares são da ordem entre 10^{-9} m e 10^{-6} m e as dimensões nucleares são aquelas relativas ao núcleo do átomo, na ordem de 10^{-15} m, ou seja, da unidade de distância chamada de fermi.

ção reducionista unificadora perderia fôlego enquanto tendência que reinou durante tanto tempo no seio da Física teórica.

Dito de outro modo, as emergências reais em um dado nível de descrição/explicação são insensíveis aos detalhes em nível mais baixo e elementar de descrição e, por esta precisa razão, tais detalhes não são imprescindíveis para os níveis mais altos. Ainda em outras palavras, haveria uma *fissura*, ou uma *cesura*, ou ainda uma *fratura*, ou mesmo uma *descontinuidade*⁵ na passagem da descrição/explicação de um nível de realidade para o outro.

Se o conceito de emergência já se revela complexo quando analisamos a estratificação acima aludida no contexto das Ciências Físicas, tal conceito se revela ainda mais desafiador no contexto do diálogo interdisciplinar no qual estão envolvidas pessoas de diversas tradições culturais. Pessoas essas que normalmente têm a tendência de trazer para o debate e para o consequente tratamento dos problemas de pesquisa abordagens sob vieses em conformidade com as suas respectivas formações científicas e culturais.

Em um interessante capítulo no qual centra seu foco no pensamento de Evelyn Fox Keller, a bióloga e historiadora Leyla Mariane Joaquim tece considerações sobre “[...] a necessidade de elaboração de sistemas linguísticos apropriados na Biologia” (JOAQUIM, 2014a, p. 221). O seu capítulo, assim julgamos, é uma versão condensada de sua tese doutoral (JOAQUIM, 2014b).

Leyla Mariane Joaquim, inspirada em Evelyn Fox Keller, traz à baila, entre outros aspectos, a própria complexidade do termo *complexidade* e também do

5 Todas essas palavras, *fissura*, *cesura*, *fratura* e *descontinuidade*, têm sido utilizadas para a referência a essa importante ideia.

termo *emergência*. Tudo isso é ainda intensificado quando reunimos pessoas oriundas de diferentes culturas epistemológicas, e assim é dada ênfase à expressão *culturas epistemológicas*, cunhada por Keller para se referir às concepções oriundas de diferentes lavras e tradições disciplinares. Seja o seguinte excerto que aqui reproduzimos:

Os sistemas biológicos são complexos de modo diferente que os sistemas físicos são entendidos como complexos. Os sistemas vivos não são apenas produzidos pelas leis da Física e da Química, mas pelos efeitos cumulativos da evolução atuando ao longo dos anos: o que diferencia os sistemas biológicos é o processo evolutivo. Com o processo evolutivo vem história, hierarquia e contingência (JOAQUIM, 2014a, p. 225-6).

Joaquim prossegue, em imediata continuidade ao excerto precedente:

Como consequência, diversos conceitos que transitam pelas disciplinas devem ser repensados. Por exemplo, noções de emergência enraizadas em dinâmicas não lineares de sistemas uniformes (gases, fluidos ou *lattices*) não são adequadas para as explicações biológicas. Outro exemplo destacado pela autora [Keller] é a ideia de “fundamental”: na Física, uma tradição foi desenvolvida na qual as noções de fundamental, básico, simples, subjacente são agrupadas juntas. Na Biologia, não há tal associação, na medida em que a essência de um processo está na especificidade desordenada de adaptações oriundas do processo evolutivo (JOAQUIM, 2014a, p. 226 [neste estágio são remetidas 3 referências a KELLER, 2005; 2007; 2010]).

Detenhamo-nos nos dois excertos por nós reproduzidos do trabalho de Joaquim. Começando pelo primeiro, diríamos que a complexidade da qual falam os físicos é diferente da complexidade da qual falam os biólogos e a exploração desta diferença entre indivíduos imersos em culturas epistemológicas distintas é

de extrema importância, se o que quisermos é ensejar o profícuo e fértil diálogo interdisciplinar, bem como a exploração benfazeja dos problemas.

A complexidade dos biólogos não é aquela propriamente da impossibilidade da passagem de estratos apresentando diferentes níveis, que possuem, cada um deles, princípios básicos estáveis e para os quais a passagem ambígua de um desses níveis mais básicos para o outro, mais macroscópico, envolve propriedades emergentes não redutíveis ao nível imediatamente mais básico e inferior de descrição/explicação. Na Biologia, trata-se de uma outra coisa, bastante diferente, que precipuamente se refere a uma evolução que tem *história, hierarquia e contingência*.

Uma tal evolução, por ser histórica, e "*ipso facto*", por não ser deterministivamente necessária, permite-nos concluir que a *contingência* e a *hierarquia* intrincadas desempenhariam papel decisivo, sendo, assim, as propriedades mais importantes para a descrição/explicação dos fenômenos biológicos. Notadamente, assim conjecturamos, o fenômeno espetacular da biodiversidade, por si só, já é inerentemente complexo, histórico, contingente e dotado de hierarquia.

Do segundo excerto de Joaquim, podemos depreender que os dois conceitos diferentes de complexidade ensejam também diferentes concepções do que seja emergência para cada uma dessas comunidades praticantes de Ciência. Quando não se faz essa diferenciação e se transpõe automaticamente de um domínio para o outro, os significados soam diferentes, de modo que um diálogo de surdos e uma Torre de Babel podem se instalar com facilidade.

O próprio conceito daquilo que é básico, fundamental, simples e subjacente já não é adequado no contexto das Ciências Biológicas, para as quais *a essência de um processo [biológico] está na especificidade desordenada de adaptações oriundas de um processo evolutivo*. Diferentemente dos processos físicos, os biológicos se pautam por história, hierarquia e contingência.

Em imediata continuidade, Joaquim, interpretando o pensamento de Keller, enfatiza um conceito que é de fundamental importância para a Biologia e que está inteiramente ausente no contexto da Física: o de *função*. Obviamente, não se trata daquele conceito de função da Matemática, muito utilizado na Física, definida como $f = f(x)$. Diferentemente disso, trata-se da função precípua dos organismos; isto é, das funções *per si* de cada organismo vivo e das complexas correlações ecológicas entre os organismos e o ambiente.

Se passarmos para o amplo espectro de significados do mundo literário, cuja abrangência envolve, a um só tempo, realidade concreta, ficção e verossimilhança, então, a complexidade se revela aos borbotões. A propósito, Jorge Luis Borges escreveu:

He intentado, no sé con qué fortuna, la redacción de cuentos directos. No me atrevo a afirmar que son sencillos; no hay en la tierra una sola página, una sola palabra, que lo sea, ya que todas postulan el universo, cuyo más notorio atributo es la complejidad (BORGES, 2017, quarta capa).

De fato, mesmo uma só, apenas uma palavra, remete a tantos significados que, em eterna recorrência, requer que nos deparemos com a propriedade mais notável, ou seja, o atributo mais notável: a complexidade.

Para que ilustremos em breves linhas a ambiguidade e complexidade das palavras, sejam dois breves exemplos. O primeiro ocorre na comunidade dos educadores e dos professores de Ciência. Quando se fala, por exemplo, de *construtivismo*, esse termo dá margem a muitos significados e acepções provenientes de muitas tradições de pesquisadores, não somente no contexto da atividade científica, das Ciências específicas, mas também das Artes e da Filosofia. É possível, ainda, que outros profissionais lancem mão desse termo, emprestando a ele o significado que se consagrou no seu círculo específico de praticantes. Se não fizermos de antemão alusão a qual dos significados e acepções que são acordados na discussão, mais uma vez, provavelmente se instala uma Torre de Babel. E aí somente a intuição e a metalinguagem poderão nos oferecer algum alento no tocante à comunicação entre pares. Bastos Filho (2015) propõe uma discussão sobre isso no contexto da Educação Matemática e do Ensino de Física.

Outro exemplo é o de palavras que, na acepção ordinária tradicional, assumem praticamente o mesmo significado, embora, se examinadas a fundo, constataríamos que os seus significados de origem se revelariam como antônimos e díspares. Deste modo, quando se diz que alguém é *radical*, no sentido de enfatizar que essa pessoa é *extremista*, assume-se a acepção mais corriqueira, a qual iguala *radicalismo* a *extremismo*. No entanto, se formos mais adiante, podemos conceber que *radical* é aquele que vai à raiz das coisas, como o próprio termo etimologicamente remete, e como tal, exatamente por ir à raiz das coisas, o radical inevitavelmente se deparará com a enorme complexidade ensejada pelas relações encontradas. Desta maneira, será prudente, comedido e ponderado, pois teve consciência

da complexidade do mundo. Já o extremista é aquele que fica na superfície das coisas e que, pelo seu *não radicalismo* (não ir à raiz das coisas), adota posições *extremistas* e pouco pensadas, tais como “mulher gosta de apanhar”, “bandido bom é bandido morto” e outros disparates do gênero.

Em suma, é precisamente o seu caráter *radical* (de ir à raiz das coisas e não de ficar apenas na superfície) que o impossibilita de ser *extremista*. Interpretados assim, *radicalismo* e *extremismo* são termos antônimos e díspares. Logo, constatamos que a linguagem e os significados constituem sempre um desafio diante de culturas epistemológicas diversas, o que exige, de todos os participantes do diálogo interdisciplinar, especial vigilância epistemológica em prol da efetiva comunicação entre todos.

3 Alguns obstáculos enfrentados pelas concepções evolucionistas

Partindo da emblemática e assertiva posição de Theodosius Dobzhansky, segundo a qual nada *faz sentido em Biologia quando não a concebemos à luz da evolução*, Ernst Mayr (MAYR, 1982) critica definições da evolução que foram aceitas durante várias décadas. A primeira delas, que ele reputa ser atomista e reducionista, assevera que *evolução é uma mudança da frequência dos genes nas populações*⁶, que, apesar de ter sido aceita por várias décadas, ele a considera como absolutamente errônea; também considera criticável a formulação de Sewall Wright, em

6 “L’evoluzione è un cambiamento della frequenza dei geni nelle popolazioni” (MAYR, 1982, p. 64).

1942, segundo a qual *a evolução é a transformação estatística das populações*⁷. Ora, Mayr (1982, p. 64) argumenta que:

Esta definição dá uma proeminência injustificada a um fenômeno secundário, uma vez que as mudanças nas frequências dos genes na natureza são em parte aleatórias e, portanto, não são realmente evolutivas: em parte, elas representam nada mais do que um subproduto accidental das pressões seletivas exercidas sobre os organismos, como entidades inteiras⁸.

Por essa razão, ele considera muito mais instrutiva a definição: “A evolução é a mudança na adaptação e na diversidade das populações de organismos” (MAYR, 1982, p. 64)⁹. A ênfase que deve ser dada para a compreensão do fenômeno evolutivo é, portanto, a dualidade “mudança da adaptação” e “mudança da diversidade”.

Nesse sentido, torna-se interessante que nos refiramos a alguns dos obstáculos com os quais o pensamento evolucionista se deparou antes que viesse a se afirmar enquanto paradigma dominante no seio das Ciências Biológicas, a ponto de justificar a posição de Theodosius Dobzhansky. Isso nos permitirá, em um momento posterior, propiciar um espaço à discussão acerca da superação desses obstáculos, bem como das dificuldades ensejadas por questões que porventura ainda estejam abertas. Para se afirmar, o pensamento evolucionista teve

7 “L’evoluzione è la trasformazione statistica delle popolazioni” (MAYR, 1982, p. 64).

8 “Questa definizione dà un ingiustificato rilievo a un fenomeno secondario, poichè i cambiamenti delle frequenze geniche nella natura sono in parte aleatori e non sono perciò realmente evolutivi: in parte non rappresentano altro che un sottoprodotto accidentale delle pressioni selettive esercitate sugli organismi, come entità intere” (MAYR, 1982, p. 64).

9 “L’evoluzione è il cambiamento nell’adattamento e nella diversità delle popolazioni di organismi” (MAYR, 1982, p. 64).

que superar algumas dificuldades, entre as quais podemos listar as três seguintes, tal como o faz Mayr (1982):

- I) A narrativa criacionista bíblica presente no *Gênesis*;
- II) A crença difundida de uma história natural recentíssima, da ordem de alguns poucos milhares de anos (em torno de seis mil anos);
- III) A Filosofia de lavra essencialista, segundo a qual cada uma das espécies tem a sua própria essência (*eidos*), ou seja, essências absolutamente inalteráveis e, deste modo, completamente imunes a qualquer processo evolutivo.

Começemos, então, pelo primeiro obstáculo aludido.

I) No que concerne à narrativa bíblica, o argumento mais habitual é o de que ela pertence ao campo da Religião, e não ao da Ciência. É, aqui, instrutivo que nos lembremos que o nascimento da Ciência Moderna também se deparou com um obstáculo análogo, embora não tenha sido o único encontrado nesse complexo processo histórico. Recordemo-nos, pois, quando Galileu Galilei (1564-1642) escreveu, em 1615, a sua famosa carta a Cristina de Lorena, na qual procurou persuadir a poderosa família dos Médici de Florença – em específico, na pessoa da grã-duquesa Cristina – a aceitar os argumentos em favor do movimento diurno da Terra e da estabilidade do Sol, os quais já tinham sido defendidos, antes mesmo de Copérnico, por pensadores seminais da história Ocidental,

tais como Pitágoras, Heráclides do Ponto, Filolau, Platão, Aristarco de Samos, Seleuco e Hicetas.

O argumento central de Galileu era o de que duas verdades não podem entrar em contradição. Galileu, um cientista católico, asseverou que tanto as Sagradas Escrituras quanto os Princípios da Astronomia Copernicana são ambos verdadeiros; para conciliá-los, ele argumentou que as Sagradas Escrituras são escritas em linguagem figurada, a fim de que pessoas “rudes” pudessem entendê-las. Deste modo, quando, na Bíblia, encontramos expressões como *a Ira de Deus*, dentre outras, tudo isso deve ser compreendido no sentido figurado, e não no sentido literal e ontológico do termo. Sendo Deus um Ser Perfeitíssimo, não poderia jamais sentir *ira*, pois esta é uma qualidade negativa, um defeito humano; e, portanto, absolutamente incompatível com este Ser. Galileu escreve inspirado em um argumento do cardeal Cesare Baronio (1538-1608), o qual afirma:

Eu direi aqui o que ouvi de uma pessoa eclesiástica constituída em grau eminentíssimo, isto é, que a intenção do Espírito Santo é ensinar-nos como se vai para o céu e não como vai o céu (GALILEI, 1988, p. 52 [originalmente escrito em 1615])¹⁰.

Esta bela passagem, imbuída de um argumento politicamente persuasivo de quem busca espaço de influência e anuência de sua obra diante de obstáculos gigantescos para a sua aceitação a pleno título, assevera, em suma, que o Céu da Religião é diferente do Céu da Astronomia e que esses dois campos têm

¹⁰ “Io qui direi quello che intesi da persona ecclesiastica costituita in eminentissimo grado, cioè l’intenzione dello Spirito Santo essere d’insegnarci come si vadia al cielo, e non come vadia il Cielo” (GALILEI, 1993, p. 22 [1615]).

escopos diversos. Na medida em que podem coexistir, são compatíveis. Dito em outros termos, é possível ser religioso, isto é, acreditar no Céu da Religião e, ao mesmo tempo, exercer o ofício de astrônomo, uma vez que os universos de discurso de que tratam o Céu da Religião, por um lado, e o Céu da Astronomia, por outro, são absolutamente diversos. Deste modo, conclui que esses campos podem ser perfeitamente conciliáveis e que podem coexistir na estrutura mental de uma mesma pessoa.

No que diz respeito a eventuais conciliações e/ou mútuas exclusões entre teorias de lavra criacionista com teorias de lavra evolucionista, há uma longa história, considerando a relação *conciliação versus inerente incompatibilidade*. Todavia, não nos alongaremos no tema. Diremos, apenas, que se trata de um tema, no mínimo, muito conflituoso.

II) Detenhamo-nos agora no pouco tempo de história do homem, em consonância com o pensamento religioso. Uma interpretação literal dos relatos bíblicos, por exemplo, atribui à existência humana algo em torno de seis mil anos, contando desde os tempos de Adão e Eva. É, pois, evidente que essa duração temporal é exígua para que a evolução viesse a atuar. Cientificamente, a existência da Terra e das bactérias é avaliada em aproximadamente quatro bilhões de anos, enquanto nós, homínídeos, existiríamos há alguns poucos milhões de anos. O extraordinário fenômeno evolutivo requer escalas de tempo longas. Desse modo, a duração temporal de alguns poucos milhares de anos seria claramente insuficiente para a atuação do processo evolutivo. A enorme diferença

entre as duas escalas de tempo é de enorme importância para os argumentos que aqui articulamos.

Em relação à diferença abissal entre as escalas temporais de evolução, estivemos estudando e explorando a desconstrução – *à la* Derrida – feita por Lynn Margulis de um ponto de vista de Popper, a qual pode ser expressa pela inversão de uma pirâmide hierárquica. A comparação entre o tempo de vida das bactérias e o tempo de existência da espécie humana na Terra desempenha importância central para a discussão da inversão da pirâmide hierárquica proposta por Popper, o que suscita amplo debate sobre muitos aspectos do pensamento racional, do pensamento ecológico, da biosfera e das relações homem-natureza (DIAS ALVES & BASTOS FILHO, 2012).

III) Passemos agora ao terceiro obstáculo aludido. A pergunta que colocamos de antemão versa sobre como se daria a conciliação de estabilidades transmitidas de geração para geração e a ideia de um processo evolutivo.

Erwin Schrödinger, em 1944, no seu famoso *What is Life?*, reflete sobre a característica de lábio leporino na dinastia dos Habsburg (“Habsburger Lippe”), característica essa transmitida por hereditariedade de geração a geração na famosa família austríaca. Uma galeria de fotos, e, mais remotamente, de pinturas, mostra que pessoas de várias gerações dessa família exibem, todas elas ou quase todas, a característica de lábio leporino. Schrödinger cogitou a existência de uma causa em nível molecular para essa transmissão por hereditariedade, tendo conjecturado que, para que esta estabilidade fosse mantida durante tanto tempo (no sentido da escala de algumas gerações observadas, e não, evidente-

mente, na escala de tempo evolutiva dos organismos), não deveria haver tantas moléculas causadoras/transmissoras dessa característica, como em uma quantidade na ordem do número de Avogadro. Se assim fosse, a estabilidade da característica hereditária não seria garantida. Não poderia também ser baixo o número de moléculas. As moléculas responsáveis não poderiam ser compostas de poucos constituintes (átomos), pois também a estabilidade exigiria um número intermediário. Hoje sabemos que tais moléculas, chamadas de DNA, são grandes, mas não excessivamente grandes.

Schrödinger, evidentemente, sabia da teoria darwiniana da evolução, mas o que queremos precipuamente enfatizar é que se interpretarmos *à la* Platão as estabilidades que caracterizam cada espécie *per si* como a essência imutável de cada uma delas, então, a pergunta acerca da conciliação entre essa estabilidade presente na hereditariedade e a ideia da evolução é algo que desempenha papel central no debate.

Mayr (1982) nota que foram escritos trabalhos eruditos por historiadores acerca da difusão do darwinismo nos Estados Unidos, na Alemanha e na França, sem que, contudo, esses doutos escritores se dessem conta de que há, pelo menos, quatro teorias da evolução de lavra darwiniana (paradigma darwiniano) e que tal distinção é importante para que não venhamos a falar muito genericamente em “teoria da evolução”.

A primeira dessas teorias estabelece que o mundo vivo está em contínua transformação. Essa ideia é compartilhada com todas as demais teorias evolutivas. A segunda centra o seu foco na ideia de um ancestral comum. A terceira

concebe a evolução baseada no princípio gradualista. A quarta seria justamente aquela referida quando se fala em darwinismo, a qual é centrada na *seleção natural que Darwin propôs para explicar o aparecimento de direções ou de tendências no curso do processo evolutivo* (MAYR, 1982, p. 86)¹¹.

Isso posto, centraremos a nossa atenção na terceira dessas teorias evolucionistas, ou seja, na evolução baseada no princípio gradualista. Como conciliar a estabilidade da característica de lábio leporino transmitida de geração para geração com uma evolução gradual?

Também existe o fenômeno da especiação geográfica para o qual as ilhas equatorianas de Galápagos constituem exemplo emblemático. As pressões evolutivas do ambiente também agem sobre populações de indivíduos e essas pressões são relacionadas a barreiras geográficas intransponíveis entre essas populações, as quais se encontram isoladas geograficamente umas das outras. Tais pressões, atuando durante um tempo suficientemente longo, compatível com um processo evolutivo a pleno título, afetam não apenas o fenótipo como também o genótipo dessas populações separadas de indivíduos. Esta seria, *grosso modo*, a explicação do estupendo fenômeno da especiação geográfica, o qual também é enfaticamente histórico.

Dessa maneira, o essencialismo, interpretado como essências (*eidos*) imutáveis características de cada espécie, cairia por terra, pois, para um tempo evolutivo suficientemente longo, existe na natureza – de maneira complexa e histórica – o fenômeno evolutivo da especiação geográfica.

11 “[...] *selezione naturale, che Darwin ha proposto questa teoria per spiegare la comparsa di direzioni o di tendenze nel corso dell’evoluzione*” (MAYR, 1982, p. 86).

Darwin já conhecia, antes mesmo de sua famosa viagem científica de aproximadamente cinco anos de duração, um fenômeno semelhante ao observado no Arquipélago de Galápagos. Os criadores de animais sabiam como obter pombos com asas maiores, peitos mais estufados, carneiros mais lanudos etc., como ele próprio escreveu em sua *A Origem das Espécies*, originalmente publicada em 1859 (ver DARWIN, 1978, ed. em inglês; edição em português, s/d).

Desde a descoberta e identificação do DNA nos anos cinquenta do século XX, entende-se que a evolução suficientemente longa, na qual atuam pressões evolutivas singulares e contingentes, transcende o próprio fenótipo, indo inclusive ao genótipo. As possíveis alterações genóticas acarretam mudanças fenotípicas, de tal forma diferentes da morfologia dos ancestrais que levam ao fenômeno estupefaciente da especiação, principalmente o caso da especiação geográfica. Na próxima seção, veremos um aspecto dessa intrigante questão.

4 Sobre a crítica a um tipo de reducionismo e sua importância epistemológica

Nesta seção, exploraremos uma crítica a um tipo de reducionismo, cuja extensão e transposição acrítica para outros domínios, apesar de ter sido bem sucedido enquanto procedimento metodológico no seio das Ciências Físicas, não se mostrou fértil para dar conta de fenômenos envolvendo seres vivos. Em certo sentido do termo, revelou-se até como um obstáculo para soluções de novos problemas, os quais podem ser considerados mesmo *obstáculos epistemológi-*

*cos*¹² no sentido a eles emprestado por Gaston Bachelard (1967; 1996). Para tal, retomemos a discussão da seção anterior acerca da especiação geográfica.

Mayr (1982)¹³ argumenta que, para a compreensão adequada do fenômeno da especiação, faz-se necessário trazer à baila uma concepção originária das Ciências Biológicas que a diferencia da tradição das Ciências Físicas, chamada por ele de *pensamento populacional*. O pensamento populacional, bem entendido, é claramente distinto do conceito de Estatística das Ciências Físicas e Matemáticas. Para entendê-lo, vejamos um excerto de Mayr:

Darwin e seus discípulos foram logo capazes de demonstrar que não existia um conflito real entre a gradação e a origem da descontinuidade, porque estas últimas não se produzem *no* interior das populações,

12 O conceito de *obstáculo epistemológico* de Gaston Bachelard envolve alguma complexidade e pode dar margem a um espectro de interpretações de seus possíveis hermeneutas. Quando Bachelard coloca como primeiro obstáculo epistemológico a *experiência primeira*, ele seguramente quer dizer que a experiência das meras aparências é enganadora, posto que carente de reflexão. A experiência precisa ser pensada, pois tudo o que para o historiador é fato, para o epistemólogo é *obstáculo*. Em notas de rodapé que seguirão adiante, procuraremos aprofundar a compreensão com excertos do próprio Bachelard.

13 Os argumentos que seguirão no texto central são concernentes a uma aproximação entre Mayr e Bachelard no sentido em que a interpretação reducionista baseada em *pool de genes* funcionou, segundo Mayr, como obstáculo epistemológico a uma interpretação mais fértil proporcionada pela tradição biológica. A nosso ver, um outro exemplo que se adapta muito bem ao conceito de obstáculo epistemológico representado pela *experiência primeira* é o do movimento aparente do Sol. Galileu, em sua seminal obra *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas*, elogiou Aristarco de Samos e Copérnico pelo fato desses pensadores terem violado os próprios sentidos em nome da razão e assim preferirem parar o Sol e conceber o movimento diurno da Terra em torno de seu próprio eixo. A superação desse obstáculo é central na História da Ciência e Galileu foi um protagonista de primeiríssima importância para essa ultrapassagem. Devido à sua importância maiúscula para a História da Ciência, reproduzimos aqui o seguinte excerto de Galileu (2004, p. 413 [originalmente publicado em 1632]): “[...] não posso encontrar limite para a minha admiração de como tenha podido, em Aristarco e em Copérnico, a razão fazer tanta violência aos sentidos, que contra estes ela se tenha tornado soberana de sua credulidade”.

como universalmente se supunha, mas *entre* populações (MAYR, 1982, p. 76)¹⁴.

Estão grifados em itálico e em negrito as palavras respectivamente *no* e *entre*. A especiação geográfica não atua *no* interior das populações e sim *entre* populações separadas por barreiras geográficas que, para todos os efeitos práticos, são intransponíveis. Tudo isso nos leva a um outro excerto, que reproduziremos a seguir para, logo em seguida, explorarmos as suas implicações epistemológicas:

No período compreendido entre 1900 a 1940 os geneticistas ainda ignoravam a especiação geográfica pelo fato de que, no conjunto, a atenção era voltada para o comportamento dos genes individuais no interior de um só *pool*. Eles trabalhavam em um nível hierárquico mais baixo daquele no qual reside de fato a causa da origem das espécies e das taxonomias superiores, e desta forma eles se encontravam inaptos para fornecer uma contribuição para o problema da especiação (MAYR, 1982, p. 76-7)¹⁵.

Ora, a causa da especiação não reside nos detalhes microscópicos dos genes e sim nas pressões ambientais contendo barreiras geográficas intransponíveis que separam populações e que, em tempos suficientemente longos do processo evolutivo, afetam não apenas os fenótipos, mas também os genótipos. Ha-

14 “Darwin e i suoi discepoli furono dunque in grado di dimostrare che non esisteva un reale conflitto tra la graduazione e l’origine delle discontinuità, perché queste ultime si producono non all’interno delle popolazioni, come universalmente si supponeva, ma tra popolazioni” (MAYR, 1982, p. 76).

15 “Nel periodo compreso tra il 1900 e il 1940, i genetisti ignoravano però lo stesso la speciazione geografica perché, nell’insieme, la loro attenzione era monopolizzata dal comportamento di geni individuali all’interno di un solo pool genico. Essi lavoravano a un livello gerarchico più basso di quello che è in causa nell’origine delle specie e dei taxa superiori, ed erano perciò incapaci di fornire un contributo al problema della speciazione” (MAYR, 1982, p. 76-7).

via, pois, na nossa interpretação, um *obstáculo epistemológico à la Bachelard*^{16, 17, 18} em que se tenta explicar um nível de realidade macroscópica buscando causas presentes em nível de seus constituintes microscópicos, quando a explicação causal estava muito mais presente nos fenômenos emergentes em nível mais

16 Por motivo de clareza, colocamos nesta e nas duas próximas notas de rodapé as citações de Bachelard em português seguidas do texto original em francês. “E, para mostrar que o processo de abstração não é uniforme, chegaremos até a usar um tom polêmico ao insistir sobre o caráter de *obstáculo* que tem toda experiência que se pretende concreta e real, natural e imediata” (BACHELARD, 1996, p. 9). « *Et pour mieux montrer que la démarche de l’abstraction n’est pas uniforme, nous n’hésiterons pas à employer parfois un ton polémique en insistant sur le caractère d’obstacle présenté par l’expérience soi-disant concrète et réelle, soi-disant naturelle et immédiate* » (BACHELARD, 1967, p. 8-9).

17 “Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? A experiência *científica* é portanto uma experiência que *contradiz* a experiência *comum*. Aliás, a experiência imediata e usual sempre guarda uma espécie de caráter tautológico, desenvolve-se no reino das palavras e das definições; falta-lhe precisamente esta perspectiva de *erros retificados* que caracteriza, a nosso ver, o pensamento científico. A experiência comum não é de fato *construída*; no máximo, é feita de observações justapostas, e é surpreendente que a antiga epistemologia tenha estabelecido um vínculo contínuo entre a observação e a experimentação, ao passo que a experimentação deve afastar-se das condições usuais da observação” (BACHELARD, 1996, p. 14). « *De même, une expérience qui ne rectifie aucune erreur, qui est platement vraie, sans débat, à quoi sert-elle ? Une expérience scientifique est alors une expérience qui contredit l’expérience commune. D’ailleurs, l’expérience immédiate et usuelle garde toujours une sorte de caractère tautologique, elle se développe dans le règne des mots et des définitions; elle manque précisément de cette perspective d’erreurs rectifiées qui caractérise, à notre avis, la pensée scientifique. L’expérience commune n’est pas vraiment composée; tout au plus elle est faite d’observations juxtaposées et il est très frappant que l’ancienne épistémologie ait établi un lien continu entre l’observation et l’expérimentation, alors que l’expérimentation doit s’écarter des conditions ordinaires de l’observation* » (BACHELARD, 1967, p. 13).

18 “O historiador da ciência deve tomar as ideias como se fossem fatos. O epistemólogo deve tomar os fatos como se fossem ideias, inserindo-as num sistema de pensamento. Um fato mal interpretado por uma época permanece, para o historiador, um *fato*. Para o epistemólogo, é um *obstáculo*, um contra-pensamento. É sobretudo ao aprofundar a noção de obstáculo epistemológico que se confere pleno valor espiritual à história do pensamento científico” (BACHELARD, 1996, p. 22). « *L’historien des sciences doit prendre les idées comme des faits.*

macroscópico de realidade, os quais comportam pressões ambientais e barreiras geográficas intransponíveis.

Este exemplo se constitui como uma crítica ao reducionismo epistemológico, que difere bastante de um reducionismo meramente metodológico que consistisse apenas em idealizar o mundo para explorar o quanto a realidade se aproximaria dessa idealização. Tal metodologia foi fértil no contexto das Ciências Físicas, mas não pode, até mesmo por razões de princípio, ser generalizada para qualquer domínio de realidade. Ainda com maior razão, não poderá ser considerada como possuidora do estatuto de *universalidade*.

5 Universalidade *versus* contingência

A clássica discussão entre necessidade *versus* contingência percorre a História da Filosofia Ocidental desde, pelo menos, a Antiguidade grega. No século XVII, Leibniz (um racionalista) considerou as verdades necessárias como dotadas de maior estatuto do que aquelas verdades contingentes, que são simplesmente resultantes de experiências singulares as quais, por mais corroboradas que fossem, não nos permitiriam concebê-las como necessariamente verdadeiras.

L'épistémologue doit prendre les faits comme des idées, en les insérant dans un système de pensées. Un fait mal interprété par une époque reste un fait pour l'historien. C'est, au gré de l'épistémologue, un obstacle, c'est une contre-pensée. C'est surtout en approfondissant la notion d'obstacle épistémologique qu'on donnera sa pleine valeur spirituelle à l'histoire de la pensée scientifique » (BACHELARD, 1967, p. 20-21).

Como exemplo de verdade necessária podemos dizer que, em geometria euclidiana, a soma dos quadrados dos catetos é igual ao quadrado da hipotenusa. Trata-se de uma verdade necessária para qualquer que seja o triângulo retângulo. Por outro lado, nós, seres humanos, não somos seres necessários e sim contingentes. Se nossos pais não tivessem se conhecido, seus descendentes seriam outros, e não nós. Nós sequer existiríamos. Situação análoga, evidentemente, vale para toda a biodiversidade. Isso nos leva do par *necessidade* versus *contingência* para o par *universalidade* versus *contingência*.

A Física, seja ela clássica ou quântica, tem uma tradição baseada em leis universais. Atenhamo-nos no momento à Física Clássica. A teoria da gravitação newtoniana, que engloba a Física de Galileu e a Astronomia de Kepler, requer necessariamente uma constante universal G , daí o nome teoria da gravitação universal de Newton. Situação de alguma maneira análoga se dá no caso do Eletromagnetismo de Maxwell, cujo resultado mais brilhante talvez seja o de que os campos, elétrico e magnético, se propagam no vácuo com a velocidade da luz. No contexto da Física Atômica, por sua vez, a procura por leis universais e por constantes universais até se intensificou antes de se deparar com alguns impasses.

No contexto da Biologia, a evolução dos organismos baseados em longa história, adaptações várias e contingências aos borbotões constituiu, de fato, uma tradição diferente da Física, o que, evidentemente, não significa que essas Ciências não possam dialogar, uma vez que estejam acordadas as suas diferenças e que sejam exploradas com vantagens essas mesmas diferenças. Darwin, por exemplo,

um homem do século XIX e que não conheceu nem a Biologia Molecular nem o DNA, foi plenamente cômico dessa diferença nas duas Ciências. No ano de 1859, período em que concluiu a sua luminosa obra *A Origem das Espécies*, compôs, na parte final de seu seminal escrito, a seguinte passagem:

Não há uma verdadeira grandeza nesta forma de considerar a vida, com os seus poderes diversos atribuídos primitivamente pelo Criador a um pequeno número de formas, ou mesmo, a uma só? Ora, enquanto o nosso planeta, obedecendo à lei fixa da gravitação, continua a girar na sua órbita, uma quantidade infinita de belas e admiráveis formas, originadas de um começo tão simples, não cessou de se desenvolver e desenvolve-se ainda! (DARWIN, s/d, p. 458 [originalmente escrito em inglês em 1859])¹⁹.

Neste excerto, Darwin se refere a uma comparação entre, por um lado, a lei da gravitação universal de Newton, que requer uma constante universal²⁰, e a origem das espécies, que requer uma quantidade infinita de belas e admiráveis formas, o que constitui uma tradição muito diferente daquela de lavra newtoniana.

6 Um contraponto

Neste artigo, enfocamos a Biologia Evolutiva, na qual a história, as singularidades e as contingências desempenham papel de relevância e foi em relação à

19 “There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved” (DARWIN, 1952 [1978, 36ª impressão, p. 243]).

20 Elemento também incorporado em outra teoria da gravitação bastante diferente daquela de Newton que é a teoria da gravitação de Einstein.

primeira que discutimos o seu confronto com as leis da Física, com a sua ênfase na ideia de universalidade. Apesar disso, cabe ser ressaltado um contraponto a esse embate, pois, se trouxermos à baila a Biologia Funcional, tal como o fenômeno da respiração, por exemplo, então obteremos para ele uma boa explicação à luz das leis da Física. Outro exemplo é o da pressão sanguínea, a qual é bem compreendida com base em leis físicas. Estes dois exemplos sugerem, portanto, uma continuidade de descrição em vez de uma estratificação.

Outrossim, a estratificação nas descrições da realidade em diferentes níveis de ordens de grandeza de comprimento não acarreta – nem necessariamente (por requisito eminentemente lógico) nem por constatação empírica – que no seio da Física não existam teorias que descrevam fenômenos que percorrem muitas ordens de grandeza de comprimento, sendo todos eles inteligíveis dentro do arcabouço teórico de uma mesma teoria geral. A teoria da gravitação universal de Newton, por exemplo, tem uma validade que compreende desde o fenômeno da queda livre de Galileu para distâncias consideradas pequenas comparativamente ao raio da Terra (R_T) – ou seja, comparativamente pequenas em relação a $R_T = 6,4 \times 10^3$ Km – até o fenômeno da própria interação entre a Terra e o Sol, que implica em dimensões que são da ordem de $D = 150.000.000$ Km, ou seja, de 150 bilhões de metros (BASTOS FILHO, 1995; 2018).

Por outro lado, a interação gravitacional de Newton não desempenha qualquer papel relevante nas dimensões atômicas. Também é importante afirmar que leis da Mecânica Clássica e do Eletromagnetismo de Maxwell, quando aplicadas ao átomo, se depararam com sérias limitações quanto à explicação da esta-

bilidade da matéria exibida pelas riscas espectrais, resultantes da luz emitida pelo átomo. Houve necessidade de se criar, em primeira instância, a velha teoria quântica, a partir da teoria espectral do átomo de hidrogênio e, em segunda instância, a nova Mecânica Quântica, estabelecida a partir de 1927. Nesse processo complexo, há tanto continuidades quanto descontinuidades.

Um dos aspectos relevantes de continuidade exibido pela teoria do átomo de hidrogênio de Bohr com relação à teoria clássica é aquele expresso pelo *Princípio da Correspondência*, que, em última análise, consiste em reproduzir a teoria antiga e menos geral (a teoria clássica) como um caso particular da teoria mais geral (a teoria do átomo de hidrogênio de Bohr). Deste modo, a teoria clássica é reproduzida como um caso particular da teoria quântica de Bohr, no limite de números quânticos grandes. Neste importante procedimento matemático, a constante de Rydberg, que, para os espectroscopistas pré-Bohr, era uma mera constante empírica, passa a ser explicitada, a partir da Teoria de Bohr, em termos de quantidades características precípua da realidade atômica, quais sejam, a massa do elétron, a carga do elétron e a constante de Planck, sendo esta última uma constante universal para quaisquer fenômenos quânticos (BASTOS FILHO, 2003).

Outro exemplo de continuidade de descrição é dado pela Termodinâmica, que descreve a partir das variáveis macroscópicas – por exemplo, temperatura, pressão e volume – uma dinâmica microscópica sem revelar detalhes das mesmas. Há aí claramente um *Princípio de Correspondência*, o qual traduz uma certa continuidade analítica entre o que acontece em um nível em ordem de grandeza microscópico e o que acontece com o nível macroscópico. Dessa maneira, concluí-

mos que a Física exhibe continuidades e descontinuidades. Passemos, então, às nossas considerações finais.

7 Observações finais a título de conclusão

Do que discutimos até então neste artigo, quais seriam os principais pontos a merecer a nossa ênfase? Trouxemos à baila neste artigo aspectos concordantes e divergentes de duas belas Ciências – a Física e a Biologia – no tocante aos seus diferentes, mas não necessariamente irreconciliáveis, estatutos epistemológicos.

Inspirados no pensamento de Keller, é necessário considerar a questão da linguagem trazida por cada um dos grupos praticantes dessas duas Ciências, por vezes, utilizando-se dos mesmos termos, embora com significados diferentes em cada um desses grupos. Isso resulta daquilo que Keller chamou de *culturas epistemológicas* distintas. Para que o diálogo interdisciplinar ocorra a contento, é necessário que todos estejam atentos às diferenças semânticas dos conceitos, no sentido de prover a comunicação fértil e desejável entre essas comunidades de cientistas, bem como entre estas e outras comunidades, como a dos historiadores e filósofos da ciência.

Outro ponto de grande realce se refere aos estratos da realidade – separados entre si por diversas ordens de grandeza de distância –, os quais revelam certa estabilidade em cada um desses níveis. Como vimos, é recorrente a discussão

entre a abordagem reducionista e a abordagem baseada em emergência, a qual, opondo-se ao reducionismo radical, prefere apostar na existência de *fissuras, cesuras, descontinuidades* e *fraturas* irreconciliáveis entre cada um desses níveis de descrição da realidade.

Discutimos, ainda, os obstáculos apontados por Mayr (1982) para a afirmação do paradigma evolucionista no contexto de suas teorias rivais, sem termos nos preocupado com o esgotamento do assunto, uma vez que é um tema muito abrangente. Dedicamo-nos apenas à discussão de alguns de seus aspectos.

Na seção 4, inspirados em Mayr (1982), apresentamos um exemplo emblemático da abordagem reducionista, a qual, baseando-se em um foco exageradamente centrado nos genes, constituiu um obstáculo epistemológico para a compreensão do fenômeno da especiação. Este torna-se muito mais compreensível se viermos a admitir as pressões das barreiras seletivas, principalmente as geográficas, constitutivas do ambiente e para as quais deve-se admitir de antemão aquilo que Mayr (1982) chamou de *pensamento populacional*.

Ademais, comentamos duas tradições baseadas, respectivamente, nas categorias de *universalidade* e de *contingência*, presentes em cada uma das tradições principais em que se constituíram predominantemente a Física e a Biologia. Se, por um lado, na História da Física, do seu período clássico ao quântico, foi predominante o paradigma que foca na procura por leis universais e por unificação de todas as interações básicas da natureza (hoje em dia mais enfraquecido), por outro, na História da Biologia, principalmente com o advento da teoria da evolução de Darwin e de Wallace, privilegiou-se precipuamente elementos como a his-

tória dos organismos, a diversidade, as adaptações e, enfim, as contingências, que, por princípio, não poderiam caber nas leis universais e redutíveis da Física. Daí o argumento de Mayr de que a Biologia é uma Ciência única e singularíssima.

Enfim, chegou a hora de concluir o nosso trabalho. Para isso, lembremos da pergunta formulada no começo deste presente ensaio: *“haveria um princípio unificador que nos permitiria conhecer tudo o que nos cerca, inclusive a nós próprios?”* Contextualizando a questão para as relações da Física com a Biologia diremos que se a Física, de fato, interessa à Biologia, o inverso é igualmente verdadeiro: a Biologia também interessa à Física. Esse interesse mútuo decorre tanto das suas identidades quanto, talvez ainda mais precipuamente, das suas disparidades, isto é, de suas diferentes tradições históricas e epistemológicas. Lembremos que o fato de os sistemas biológicos não negarem a validade da Física e da Química não significa que todas as singularidades presentes no complexo e fascinante mundo da vida podem ser compreendidas à luz das leis universais, que constituem obsessão no seio da cultura ocidental desde os tempos dos gregos. As emergências, próprias da descrição de uma realidade em seu próprio nível, não parecem ser dóceis a reduções, mesmo àquelas que ensejaram progresso significativo em outros domínios do real. Concluimos, com isso, o nosso trabalho.

Agradecimentos: Agradecemos ao nosso colega Maxwell Moraes de Lima Filho o honroso convite para escrever este artigo. Agradecemos também ao árbitro anônimo pela sugestão do título que incorporamos, pela sua pertinência, por

ocasião da revisão do artigo, bem como pelo seu parecer como um todo, que propiciou melhoras substantivas em nosso trabalho.

Referências

ANDERSON, P. W. More is Different. *Science*, v. 11, n. 4047, p. 393-6, 1972.

BACHELARD, G. *La Formation de l'Esprit Scientifique (Contribution à une Psychanalyse de la Connaissance Objective)*, Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 5^a edition, Colletion: Bibliothèque des textes philosophiques, 1967 [originalmente publicado em francês em 1934].

BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico (Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento)*, Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda., tradução de Estela dos Santos Abreu, 1^a edição maio de 1996, 5^a reimpressão, janeiro de 2005.

BASTOS FILHO, J. B. A unificação de Newton da física de Galileu com a astronomia de Kepler à luz da Crítica Popperiana à indução. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 17, n. 3, p. 233-42, setembro de 1995. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a28.pdf>

BASTOS FILHO, J. B. Pode-se progredir com base em fundamentos inconsistentes? (O caso do átomo de Bohr). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 3, p. 312-35, dezembro de 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6528/6025>.

BASTOS FILHO, J. B. *Reduccionismo: uma abordagem epistemológica*. Maceió: Editora da Universidade Federal de Alagoas - EDUFAL, 2005.

BASTOS FILHO, J. B. Uma controvérsia em torno da educação científica: partidários e críticos do construtivismo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n.

2, p. 299-319, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n2p299/29828>.

BASTOS FILHO, J. B. Unificação Newtoniana à Luz de uma Reconstrução Racional sob viés Epistemológico. *Psicologia & Saberes*, v. 7, n. 8, p. 3-19, 2018.

BORGES, J. L. *Cuentos Completos*. Debolsillo: Bogotá, 2ª reimpressão, 2017.

DARWIN, C. *A Origem das Espécies*. São Paulo: Hemus - Livraria Editores Ltda. (tradução do inglês "On the Origin of Species"; livro originalmente publicado em 1859), s/d.

DARWIN, C. *The Origin of Species*. In: Great Books of the Western World, Britanica, v. 49, Darwin, p. 1-251, 1952, 36ª impressão [originalmente publicado em 1859], 1978.

DIAS ALVES, K.; BASTOS FILHO, J. B. Sobre as Relações Homem-Natureza a partir da Desconstrução de Margulis de um Ponto de Vista de Popper. *Experiências em Ensino de Ciências*, vol. 7, n. 1, p. 71-101, 2012. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID177/v7_n1_a2012.pdf.

GALILEI, G. Carta à Senhora Cristina de Lorena, Grã-Duquesa Mãe da Toscana (1615). In: GALILEI, G. *Ciência e Fé*, Nova Stella: São Paulo, p. 40-81, 1988.

GALILEI, G. *Lettera a Cristina di Lorena*. Roma: Calo Mancosu Editore, prima edizione, 1993.

GALILEI, G. *Diálogo sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico & Copernicano*, 2ª edição, tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda, São Paulo: Discurso Editorial, Imprensa Oficial, 2004 [original em italiano publicado em Florença em 1632].

JOAQUIM, L. M. Para além do século do gene: As ideias de Evelyn Fox Keller sobre a relação contemporânea entre Biologia e Ciências Exatas. In: FREIRE Jr.,

O.; GRECA, I. M.; EL-HANI, C. N. (Orgs.). *Ciência na Transição dos Séculos: Conceitos, Práticas e Historicidade*. Salvador: EDUFBA, p. 221-30, 2014a.

JOAQUIM, L. M. *Encontros disciplinares – O caso da Física e da Biologia: Perspectivas históricas e contemporâneas*. Tese de Doutorado defendida junto ao Programa em Ensino, Filosofia e História da Ciência da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), 2014b.

KELLER, E. F. The century beyond the gene. *Journal of Biosciences*, v. 30, n. 1, p. 3-10, 2005.

KELLER, E. F. Contenders for life at the dawn of the twenty-first century: approaches from physics, biology and engineering. *Interdisciplinary Science Reviews*, v. 32, n. 2, p. 113-22, 2007.

KELLER, E. F. It is possible to reduce biological explanations in chemistry and/or physics. In: ARP, R.; AYALA, F. J. (Ed.). *Contemporary debates in philosophy of biology*. John Wiley, Oxford. Wiler-Blackwell, p. 20-31, 2010.

MAYR, E. *Biologia ed Evoluzione (varietà, mutamenti e storia del mondo vivente)*. Torino: Editore Boringhieri, 1982.

SCHWEBER, S. S. Physics, Community and the Crisis of the Physical Theory. *Physics Today*, p. 34-40, 1993.

SCHRÖDINGER, E. *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Based on lectures delivered under the auspices of the Dublin Institute for Advanced Studies at Trinity College, Dublin, in February 1943.



Esta obra está licenciada sob a licença [Creative Commons Atribuição – Não Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).