

O neo-darwinismo frente às teses da auto-organização e das contingências

Jerzy A. Brzozowski

Resumo: Dois recentes debates têm questionado a adequação do arcabouço explicativo do neodarwinismo diante da diversidade dos organismos. O primeiro deles tem início na “tese das contingências” de Stephen Jay Gould, que pode ser brevemente descrita como a ênfase no caráter instável e aberto a contingências apresentado pelo processo evolutivo. O segundo está centrado na “tese da auto-organização” que, conforme defendida por Stuart Kauffman, se traduz nas restrições que a propriedade de auto-organização, supostamente inerente à vida, exerce sobre a seleção natural. Neste trabalho, nos perguntamos se estas duas teses são compatíveis, se não com o neo-darwinismo em si, pelo menos com a “visão aceita da evolução”, uma versão mitigada de neodarwinismo apresentada por Sterelny e Griffiths.

Palavras-chave: neodarwinismo; auto-organização; contingência evolutiva

How does neo-Darwinism stand before the self-organization and evolutionary contingency theses?

Abstract: Two recent debates have questioned the adequacy of the neodarwinian explanatory framework as regards the diversity of living beings. The first one began with the contingency thesis put forth by Stephen Jay Gould. That thesis can be briefly described as emphasizing the open-endedness and instability inherent in the evolutionary process. The second one is centered on the self-organization thesis defended by Stuart Kauffman. According to Kauffman, the property of self-organization imposes restrictions over the “paramount power” of natural selection. Here, we ask whether those two theses are compatible, if not with neo-Darwinism itself, at least with the received view of evolution presented by Kim Sterelny and Paul Griffiths.

Keywords: neodarwinism; self organization; evolutionary contingency

O neodarwinismo frente às teses da auto-organização e das contingências

Jerzy André Brzozowski*

1 INTRODUÇÃO

No fim do século XX, eclodiram dois importantes debates que questionam a adequação do arcabouço explicativo neodarwiniano diante da história da vida na Terra. O primeiro deles tem início no que se poderia chamar a “tese da contingência” de Stephen Jay Gould, que consiste na ênfase ao caráter instável e aberto a contingências apresentado pelo processo evolutivo (Gould, 1990). O segundo debate está centrado na “tese da auto-organização” que, conforme defendida por Stuart Kauffman, se traduz nas restrições que a propriedade de auto-organização, supostamente inerente à vida, exerce sobre a seleção natural (Kauffman, 1991; 1993; 1995; 1997).

Essas duas teses, no entanto, pretendem fazer frente a dois princípios diferentes atribuídos ao neodarwinismo. Para Gould, a lógica interna do processo evolutivo, tal como entendida pelos neodarwinistas, é por si só insuficiente para explicar a história da vida. Kauffman, por sua vez, diria que o fenômeno adaptativo é resultante não apenas da seleção natural, mas da interação desta com a capacidade biológica de auto-organização.

Embora tanto Kauffman quanto Gould sejam freqüentemente lidos como proponentes de alternativas ao darwinismo, queremos sugerir,

* Universidade Federal de Santa Catarina; Estudante de Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Filosofia; Bolsista CAPES. Rua Lauro Linhares, 657 apto. 401B. Trindade, 88036-001 Florianópolis, SC. E-mail: jerzyab@yahoo.com

pelo menos com base nos assuntos sobre os quais trataremos aqui, que estes pesquisadores seriam mais bem caracterizados como reformadores do neodarwinismo.

Alternativamente, poderíamos apresentar a problemática com base no esquema proposto por Gould em *The structure of evolutionary theory*. Segundo Gould, há três tipos de fatores que influenciam na determinação da morfologia dos organismos: funcionais, históricos e formais (ou estruturais) (Gould, 2002, p. 259).

Assim, qualquer característica fenotípica que esteja “funcionando bem” para um organismo pode ter sido: (1) construída por um processo que diretamente a lapidou para sua função atual; (2) herdada de uma forma ancestral; ou (3) construída por um mecanismo ou processo estrutural não diretamente relacionado às, ou engendrado pelas, necessidades funcionais do organismo (Gould, 2002, p. 1052). Cada um dos vértices assim desenhados pode também servir de referencial diante do qual podemos posicionar diferentes teorias evolutivas. Um neodarwinista ortodoxo poderia considerar o vértice funcional (1) mais importante na determinação do fenótipo, e tomar os outros dois vértices como fontes de restrições à ação da seleção natural. Um estruturalista como D’Arcy Thompson privilegiaria o vértice (3), enquanto um cladista centraria sua atenção nos aspectos históricos da determinação da forma (2) (Gould, 2002, p. 1059).

A própria tese da contingência é um exemplo de como as formas orgânicas podem ser historicamente determinadas; e, embora Gould apresente Kauffman como um “estruturalista thompsoniano” (Gould, 2002, p. 1208; cf. Thompson, 1942), pode-se argumentar que a tese da auto-organização se situe, conforme veremos adiante, a meio-caminho entre o funcionalismo e o estruturalismo.

2 A “VISÃO ACEITA”

Inicialmente, é necessário clarificarmos qual conjunto de princípios entendemos por “neodarwinismo”. Segundo Kim Sterelny e Paul Griffiths, Darwin e os biólogos evolutivos que o sucederam teriam construído uma *visão aceita* sobre como o processo evolutivo funciona. Os princípios da visão aceita, tomados de Mayr (1998) e enunciados por Sterelny e Griffiths, são:

1. O mundo vivo em geral não é constante; mudanças evolutivas ocorreram.
2. As mudanças evolutivas têm um padrão arborescente. As espécies hoje vivas são descendentes de um (ou poucos) ancestral(is) remoto(s).
3. Novas espécies se formam quando uma população se divide e os fragmentos divergem.
4. Mais especificamente, a maioria das novas espécies é formada pelo isolamento de subpopulações na periferia do domínio da espécie ancestral.
5. As mudanças evolutivas são graduais. Poucos organismos que diferem dramaticamente de seus pais sobrevivem para fundar populações.
6. O mecanismo para as mudanças adaptativas é a seleção natural. (Sterelny & Griffiths, 1999, p. 31)

A síntese neodarwiniana da década de 1930, que compatibilizou a genética mendeliana com a tradição de pesquisa darwiniana, acrescentou alguns refinamentos ao mecanismo evolutivo. Uma versão da visão aceita, incorporando alguns detalhes da síntese, poderia ser a seguinte:

Os princípios fundamentais da síntese evolutiva eram que as populações contêm variação genética que surge através de mutação ao acaso (isto é, não dirigida adaptativamente) e recombinação; que as populações evoluem por mudanças nas frequências gênicas trazidas pela deriva genética aleatória, fluxo gênico e, especialmente, pela seleção natural; que a maior parte das variantes genéticas adaptativas apresentam pequenos efeitos fenotípicos individuais, de tal modo que as mudanças fenotípicas são graduais [...]; que a diversificação vem através da especiação, a qual ordinariamente acarreta a evolução gradual do isolamento reprodutivo entre populações; que esses processos, se continuados por tempo suficientemente longo, dão origem a mudanças de tal magnitude que facultam a designação de níveis taxonômicos superiores (gêneros, famílias, e assim por diante). (Futuyma, 2003, p.13)

Neodarwinismo, para os efeitos deste artigo, corresponde ao que Gould chamou de “endurecimento” da síntese (Gould, 1982, p. 382; 2002, p. 518-543): a visão de que a seleção natural é o mecanismo para as mudanças adaptativas, e, portanto, de que o Princípio de Se-

leção Natural é o princípio explicativo para a história evolutiva.

3 A TESE DA CONTINGÊNCIA

Se os elementos da visão aceita forem entendidos como uma espécie de *lógica interna* do processo evolutivo, Gould diria que são insuficientes para explicar como efetivamente aconteceu a história da vida na Terra. Para Gould, evidências paleobiológicas mostram que a filogenia é um processo aberto a *contingências*: eventos externos à lógica interna do processo evolutivo, que podem promover grandes reviravoltas no domínio de determinados grupos taxonômicos. Uma explicação da história da vida, para ser adequada, teria então que reconhecer a contingência do processo evolutivo (Gould, 1990; 2001).

Um exemplo de fenômeno contingente é a extinção dos dinossauros, provavelmente causada pelo impacto de um asteroide há aproximadamente 65 milhões de anos. O evento permitiu a proliferação e ocupação de diversos nichos por parte dos mamíferos, um *taxon* até então minoritário e pouco promissor. Uma conjectura para esse cenário, a partir da tese da contingência, soaria mais ou menos como se segue: se os dinossauros não tivessem sido extintos, os mamíferos não teriam ocupado tantos nichos quanto ocuparam, e conseqüentemente, teriam se diversificado de forma insuficiente, de modo que provavelmente os humanos jamais teriam surgido.

Como se pode perceber, o argumento das contingências é um argumento que leva em consideração uma história contrafactual, isto é, uma história que não aquela que aconteceu. Não tentaremos aqui livrar tal abordagem dos problemas filosóficos que ela gera, uma vez que importantes esclarecimentos podem ser feitos a partir dela. Sterelny & Griffiths (1999, p. 297) lêem que um processo aberto a contingências, para Gould, não apresentaria *resiliência contrafactual*, ou seja, capacidade de “regeneração” frente a histórias contrafatuais. Suponhamos, contrariamente a essa leitura e a título de esclarecimento, que a história da vida na Terra apresente resiliência contrafactual. Poderíamos então especular que, se os dinossauros não tivessem sido extintos, os mamíferos *mesmo assim* teriam prosperado e, em última instância, *mesmo assim* um grupo de primatas teria desenvolvido

bipedismo, volume cerebral maior, etc. É óbvio que Gould discordaria dessa especulação, então podemos dizer que a descrição de contingências em função da resiliência contrafactual, feita por Sterelny e Griffiths, é adequada.

3.1 Extrapolacionismo

Se a um biólogo fosse questionado quais seriam o *taxa* predominante daqui a alguns milhões de anos, ele não poderia responder esta pergunta com base em uma extrapolação da situação atual utilizando como regras somente a lógica interna do processo evolutivo. Gould escreve:

A história dos seres vivos não é necessariamente progressiva; com certeza, não é previsível. As criaturas na Terra evoluíram por uma série de eventos fortuitos e contingentes. (Gould, 1994, p. 63)

É importante esclarecer que a tese da contingência busca fazer frente a uma modalidade bem específica de neodarwinismo que Gould chama de *extrapolacionismo*, quer dizer, “a visão de que a seleção natural dentro de populações locais é a fonte de toda mudança evolutiva importante” (Gould, 1982, p. 381). No entanto, o fato é que, se tentarmos predizer mudanças evolutivas com base na seleção natural local, quanto mais longe no futuro de uma população olharmos, mais nebulosas se tornam as nossas previsões; até o ponto de não sabermos se a população em questão ainda existirá. Podemos dizer que o tema central do livro *Vida maravilhosa* de Gould (1990) é a crítica à cegueira do extrapolacionismo com base no argumento da contingência.

É inútil tentarmos predizer, diria Gould, qual será o panorama biológico do mundo daqui a alguns milhares ou milhões de anos. A razão, aparentemente trivial, é que existem inúmeros fatores externos à lógica da vida, mas que ainda assim são capazes de nela interferir drasticamente. Faz-se necessário acrescentar, então, um item 6 à visão aceita, explicitando que o processo evolutivo é aberto a contingências. Com isso, escreve Gould, além de eliminarmos tentativas fúteis de *predição*, refinamos a capacidade de “*pós-dição*”, isto é, de explicação idiográfica (histórica) do modelo neodarwiniano (Gould,

2001, p.196).

3.2 A natureza algorítmica do processo evolutivo

O filósofo Daniel Dennett, em seu *A perigosa idéia de Darwin* (1998), escreve que a tese da contingência de Gould é uma tentativa de mostrar que o processo evolutivo não é algorítmico. Um algoritmo, segundo Dennett, é uma receita infalível para produzir um determinado resultado, mas sua infalibilidade não decorre de uma “racionalidade” subjacente. Pelo contrário: todo algoritmo é intrinsecamente irracional, podendo ser decomposto em etapas tão simples que podem ser levadas a cabo mecanicamente (Dennett, 1998, p. 53). Programas de computador são exemplos clássicos de algoritmos, assim como procedimentos realizados manualmente, como a operação aritmética de divisão; mas Dennett chama a atenção para alguns processos que não chamaríamos intuitivamente de algoritmos: os torneios eliminatórios.

Um campeonato como a Copa do Mundo, por exemplo, é um algoritmo no sentido de que sua finalidade é fazer com que uma das equipes envolvidas seja declarada campeã, realizando para tanto uma série de processos repetitivos (jogos entre as equipes). Note-se que não é um algoritmo destinado a declarar como campeã uma determinada equipe *em específico*, como a Itália ou o Brasil. É um processo irracional, porque os processos de competição e seleção envolvem critérios objetivos, de modo que os resultados podem ser processados por um computador (Dennett, 1998, p. 55).

Se pensarmos o processo evolutivo como um algoritmo nesse sentido, tendo a seleção natural como *modus operandi*, a irracionalidade subjacente se torna evidente. E assim como a Copa do Mundo não é um algoritmo destinado a declarar campeã um determinado time em específico, a evolução não seria um algoritmo destinado a “produzir” a espécie *Homo sapiens*. Aliás, em nenhum sentido se poderia falar que a nossa espécie seja a “campeã” (Gould, 1994).

Dennett escreve então: “A evolução não é um processo planejado para nos produzir, mas não se conclui daí que a evolução não seja um processo algorítmico que tenha de fato nos produzido” (Dennett,

1998, p. 59). Cremos que Dennett tenha feito uma caracterização errônea da tese da contingência. Certamente, Gould não está argumentando que o processo evolutivo não é algorítmico, mas sim que é um algoritmo aberto a contingências:

Darwin [...] conseguiu apresentar [*render*] toda a história da vida como uma consequência extrapolada [...] de circunstâncias idiográficas – o princípio de seleção natural, trabalhando apenas (e incessantemente) ao nível de adaptações locais a ambientes imediatos. (Gould, 2001, p. 197)

3.3 Três tipos de contingência

Sterelny e Griffiths mostram ainda como a tese da contingência se desdobra em outras três: contingência de *taxa* específicos, contingência de complexos adaptativos, e explorações contingentes do morfoespaço (Sterelny & Griffiths, 1999, p. 298-302). Contingência de *taxa* específicos equivale a dizer, por exemplo, que a espécie *Homo sapiens* é o fruto fortuito de uma inusitada cadeia de eventos contingentes. Dizer, por outro lado, que o morfoespaço é explorado de forma contingente é dizer que o volume do morfoespaço a jamais ser ocupado já foi determinado por, digamos, as explorações iniciais durante o Cambriano.

Mais interessante aqui é a idéia de contingência de complexos adaptativos. Os morcegos, por exemplo, têm um complexo adaptativo bastante singular: a ecolocação aliada ao vôo baseado em uma distinta estrutura de asa. Suponhamos que os morcegos jamais tivessem evoluído. No entanto, nada impediria que um outro grupo de mamíferos, como os roedores, desenvolvesse o mesmo complexo adaptativo que os morcegos. Portanto, a contingência de *taxa* não implica a contingência de complexos adaptativos. Esta é a base da resposta de Conway Morris a *Vida maravilhosa*: a convergência seria um fenômeno que conferiria certa resiliência contrafactual, e, portanto, previsibilidade, à história da vida (Conway Morris, 1998).

4 A TESE DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

Kauffman, por sua vez, pretende mostrar, através da tese da auto-

organização, que a seleção natural não é a única fonte de ordem no mundo biológico. A abertura de um artigo de Kauffman resume com precisão sua tese:

A evolução biológica pode ter sido moldada por mais do que apenas a seleção natural. Modelos de computador sugerem que alguns sistemas complexos tendem à auto-organização (Kauffman, 1991, p. 64).

Kauffman argumenta que grande parte das confusões da biologia moderna decorrem do pensar que a seleção natural é fonte de toda ordem observável no mundo biológico. Segundo ele, dois dos responsáveis por essa concepção seriam François Jacob e Jacques Monod (Kauffman, 1995, pp. 97-98).

Monod escreve que a seleção natural é um jogo entre acaso e necessidade. O primeiro é fonte de “invenções” cegas que, caso satisfaçam a necessidade, passam a figurar definitivamente na “certeza”, isto é, na “ordem” biológica (Monod, 1970). De maneira semelhante, François Jacob compara a seleção natural à bricolagem. Jacob chama atenção para as diferenças entre o remendão [*tinkerer, bricoleur*] e o engenheiro, mostrando como a seleção natural se aproxima daquele e não deste:

Semelhantemente [ao remendão], a evolução faz uma asa a partir de uma perna ou uma parte da orelha a partir de um pedaço de mandíbula. [...] A evolução se comporta como um remendão que, por eras e eras, vai modificando sua obra, incessantemente retocando, cortando aqui, emendando ali, aproveitando as oportunidades para adaptá-la progressivamente para seu novo uso. (Jacob, 1977, p. 1164)

Contra essas idéias de Jacob e Monod, Kauffman então escreve:

Desde Darwin, passamos a acreditar que a seleção é a única fonte de ordem na biologia. Os organismos, passamos a acreditar, são “engenhocas”, casamentos *ad hoc* de princípios do projeto, acaso e necessidade. Considero esta visão inadequada. [...] [A] auto-organização, desde a origem da vida até sua atual dinâmica, deve ter um papel essencial na história da vida e, na verdade, eu argumentaria, em qualquer história de vida. Mas Darwin também estava certo. A seleção natural encontra-se sempre em ação. Portanto, precisamos repensar a teoria evolutiva. A história natural da vida é algum tipo de casamento

entre auto-organização e seleção. (Kauffman, 1997, pp. 132-133)

Podemos perceber aqui como Kauffman confere certa importância à seleção natural, o que por si só impede que ele seja considerado um estruturalista radical como Brian Goodwin¹. A relação entre auto-organização e seleção natural se tornará mais clara na medida em que veremos como o conceito de auto-organização em Kauffman se desdobra em pelo menos dois significados distintos: “ordem gratuita” e “adaptabilidade”.

4.1 Auto-organização como ordem gratuita

Um primeiro conceito é o de auto-organização como *ordem gratuita*, quer dizer, o modo pelo qual as próprias leis físico-químicas se encarregam de grande parte da ordem vislumbrada no mundo biológico. Esse tema está vinculado, conforme salientam vários autores (Maynard Smith, 1998; Camazine *et al.*, 2003), às fontes de informação para que se tenha organização: se a ordem depende de informação contida em moldes ou instruções, não pode ser chamada de *auto-organização*. Para ser dita auto-organização, a ordem deve resultar de interações entre os componentes do sistema, reguladas física ou biologicamente. Para citar um exemplo risível, uma semente não precisa de um gene ou qualquer outra fonte de informação que a diga para cair ao chão; a gravidade é suficiente.

Mas Kauffman, ao contrário de outros autores preocupados com a propriedade de auto-organização, não pretende mostrar como as formas biológicas são em grande medida reguladas por coerções² físicas. Kauffman reconhece que a auto-organização não é capaz de gerar, por si só, as formas orgânicas (Lewin, 1994, p. 58-59). Aspectos sobre a determinação física de particularidades morfológicas ocupam o último sexto do *Origins of order* (1993), e ainda assim poderíamos

¹ Tanto Kauffman quanto Goodwin foram entrevistados por Roger Lewin a esse respeito. Quanto requisitados a dar uma nota de um a dez para a importância da seleção natural na evolução, Kauffman disse “cinco” e Goodwin “um” (Lewin, 1994, pp. 57 e 59). Goodwin é um candidato melhor que Kauffman ao título de estruturalista thompsoniano (cf. Goodwin, 1994; Thompson, 1942).

² Utilizamos a palavra “coerção” como uma tradução do substantivo inglês *constraint*.

nos questionar em que sentido essa determinação é puramente física. Kauffman, no restante do livro, está mais preocupado em estudar padrões gerais de organização de estruturas complexas, e talvez esteja assim se referindo a um tipo diferente de coerções: as *organizacionais*.

4.2 Auto-organização como adaptabilidade

A ferramenta usada por Kauffman para estudar esses padrões ou esquemas de organização são as chamadas “redes booleanas aleatórias”, simulações em computador de um certo número de elementos em interação sincrônica. Uma rede booleana é descrita por duas variáveis: N (número de elementos) e K (número de conexões de cada elemento). Cada elemento assume, a cada intervalo discreto de tempo, um valor – 0 ou 1³ – computado de acordo com alguma regra booleana em função dos outros elementos aos quais estiver conectada. As regras booleanas e as conexões entre os elementos são escolhidas aleatoriamente (Kauffman, 1991; 1993; 1995).

Definiremos *padrão organizacional* em relação à variável K . Se cada elemento estiver recebendo a influência de outros dois elementos, o padrão organizacional é “ $K = 2$ ”. Analogamente ao conceito de morfoespaço, Kauffman vislumbra um espaço de padrões organizacionais possíveis. Através de simulações computacionais com RBAs, Kauffman pretende determinar qual o padrão organizacional ideal para a ação da seleção natural. De forma simplificada, podemos dizer que o espaço organizacional de Kauffman tem apenas três tipos diferentes de padrões.

Redes com padrão organizacional $K < 2$ são “sólidas”, pouco responsivas a perturbações externas. Um outro padrão organizacional vai de $K > 2$ até o limite $K = N$, no qual as redes são “gasosas”, caóticas, quer dizer, excessivamente sensíveis a perturbações. O terceiro padrão organizacional é $K = 2$, no qual a rede é “líquida” e se situa no que Kauffman chama de *limiar do caos*. No limiar do caos, as redes booleanas apresentam capacidade ótima de responder a perturbações: ou se regeneram, ou mudam radicalmente o padrão de valo-

³ A analogia clássica para esse tipo de variável é imaginar uma lâmpada que, quando assume o valor 1, está ligada; e quando é igual a 0, desligada.

res assumidos pelos elementos (Kauffman, 1991).

Segundo o que apresentamos até agora, a auto-organização parece ser responsável por uma espécie de *ordem primária* dos organismos, sob a qual a seleção natural atuaria, gerando uma *ordem secundária*, efetivamente observada. Enquanto essa afirmativa não deixa de ser válida, Kauffman vai mais longe: afirma que a auto-organização é a condição de possibilidade da seleção natural. Eis o segundo sentido de auto-organização: *adaptabilidade*. Redes no limiar do caos são mais responsivas à seleção natural e, ao mesmo tempo, outros experimentos realizados por Kauffman parecem indicar que a seleção natural alcança estruturas que estejam no limiar do caos (Kauffman, 1997).

Por essa razão, Dennett chamou Kauffman de “meta-engenheiro”. Meta-engenharia é, segundo Dennett, “a investigação das restrições mais gerais aos processos que podem levar à criação e à reprodução de coisas projetadas” (Dennett, 1998, p.236). Para colocar as conclusões de Kauffman nas palavras de Dennett, então, sistemas nos estados sólido ou gasoso estão fora das possibilidades de se tornarem coisas projetadas, estão fora do “espaço de projeto”.

Levando em consideração esses dois aspectos da auto-organização, Sterelny e Griffiths (1999, p. 372-373) afirmam que a auto-organização, é, ao mesmo tempo, uma coerção e um impulso sobre a seleção. Impulso pois, enquanto ordem gratuita, a auto-organização fornece à seleção natural um *input* mais “rico” do que aquele classicamente esperado. Coerção porque, entendida como adaptabilidade, a auto-organização disponibiliza um número relativamente limitado de sistemas sobre os quais a seleção natural pode atuar.

5 DISCUSSÃO

Podemos agora resumir as posições de Gould e Kauffman em relação à visão aceita da seguinte maneira: (1) Gould a entende como insuficiente para explicar na totalidade a história da vida na Terra; um dos elementos que poderiam complementá-la seria a tese da contingência, que é perfeitamente compatível com a seleção natural;

(2) Kauffman questiona o item 5, “o mecanismo para as mudanças adaptativas é a seleção natural”, sugerindo que a auto-organização é, ao mesmo tempo, um pré-requisito e um *input* de ordem para que haja seleção natural.

Resta comentarmos como as duas teses se relacionam entre si. Para tanto, examinemos como Gould descreve uma explicação histórica:

As explicações históricas assumem a forma de uma narrativa: E, o fenômeno a ser explicado, manifestou-se porque D ocorreu antes, precedido por C, B e A. Se qualquer dessas etapas iniciais não tivesse acontecido, ou tivesse decorrido de uma outra maneira, então E não teria existido (ou teria se apresentado de uma forma substancialmente modificada, E', exigindo uma explicação diferente). (Gould, 1990, p. 328)

Diante do que dissemos anteriormente a respeito da tese da contingência e a resiliência contrafactual, podemos elaborar duas visões alternativas a esta “contingentista” de Gould. A primeira delas seria uma “regeneracionista forte”, seria a crença de que, se *A*, *B* ou *C* não tivessem acontecido, *mesmo assim E* teria acontecido. Essa posição não é facilmente sustentável em termos evolutivos, porque implicaria uma identidade entre contingência de *taxa* e contingência de complexos adaptativos.

“Regeneracionista fraca” ou “convergentista” seria a visão de que *E'* é, em algum sentido, muito próximo de *E*. Em termos evolutivos, poderia significar que *E'* apresenta o mesmo complexo adaptativo que *E*, mas não é o mesmo *taxon*. A convergência, segundo essa visão, é um fenômeno evolutivo que confere certa resiliência contrafactual à história da vida. Podemos imaginar ainda dois subtipos de convergentismo: externalista e internalista⁴.

Um convergentismo externalista, do qual o já citado Conway Morris seria um adepto, se configuraria na medida em que o teórico reconheça fatores externos, como a semelhança de nichos, como a principal causa da convergência. Alternativamente, fatores internos

⁴ As conotações dos termos *externalismo* e *internalismo* usadas aqui não dizem respeito às abordagens em História da Ciência.

como a auto-organização⁵ poderiam ser a causa da convergência: esta seria a variante internalista. Kauffman se oporia a Gould, então, por defender uma espécie de convergentismo internalista bastante geral, ou seja, não defenderia a semelhança de complexos adaptativos entre *E* e *E'*, mas sim a semelhança de padrões organizacionais, como evidência de que a história da vida é resiliente.

Por fim, gostaríamos de citar Depew e Weber: “se o darwinismo é para se revitalizar, o fará ao encontrar uma nova *concepção* (ou interpretação) do *conceito* de seleção natural” (1995, p. 2). Cremos que as duas teses das quais falamos aqui são passos em direção a essa nova concepção de seleção natural e, conseqüentemente, à revitalização do darwinismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMAZINE, Scott *et al.* *Self-organization in biological systems*. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- CONWAY MORRIS, Simon. *The crucible of creation*. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- DENNETT, Daniel C. *A perigosa idéia de Darwin*. Trad. Talit M. Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.
- DEPEW, David J. & WEBER, Bruce H. *Darwinism evolving: systems dynamics and the genealogy of natural selection*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- FUTUYMA, Douglas. *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2003.
- GOODWIN, Brian. *How the leopard changed its spots: the evolution of complexity*. New York: Simon & Schuster, 1994.
- GOULD, Stephen Jay. Darwinism and the expansion of evolutionary theory. *Science* **216**: 380-387, 1982.
- . *Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história*. Trad. Paulo César de Oliveira. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.
- . The evolution of life on the earth. *Scientific American* **271**

⁵ Coerções desenvolvimentais seriam outro exemplo, mas esse tema *não* é abordado explicitamente por Kauffman.

- (4): 63-69, October 1994.
- . Contingency. Pp. 195-198, in: BRIGGS, Derek E. G. & CROWTHER, Peter R. (eds.). *Palaeobiology II*. London: Blackwell Scientific, 2001.
- . *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, MA: Belknap Press, 2002.
- JACOB, François. Evolution and tinkering. *Science* **196**: 1161-1166, 1977.
- KAUFFMAN, Stuart. Antichaos and adaptation. *Scientific American* **265** (2): 64-70, August 1991.
- . *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford University Press, 1993.
- . *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford University Press, 1995.
- . “O que é vida?” Schrödinger estava certo? Pp. 101-135, in: MURPHY, Michael P. & O’NEILL, Luke A. J. (orgs.). “*O que é vida?*”: 50 anos depois. Trad. Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Unesp, 1997.
- LEWIN, Roger. *Complexidade: a vida no limite do caos*. Trad. Marta Rodolfo Schmidt. Rio de Janeiro: Rocco, 1994.
- MAYNARD SMITH, John. *Shaping life: genes, embryos and evolution*. London: Weidenfeld & Nicolson, 1998.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília: Editora da UnB, 1998.
- MONOD, Jacques. *Le hasard et la necessite: essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Paris: Seuil, 1970.
- STERELNY, Kim & GRIFFITHS, Paul E. *Sex and death: an introduction to philosophy of biology*. Chicago: The University of Chicago Press, 1999.
- THOMPSON, D’Arcy W. *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1942.