

# O conceito de organismo em uma abordagem hierárquica e sistêmica da biologia

The concept of organism in a hierarchical and systemic approach to biology

Fernanda Aparecida Meghioratti<sup>1</sup>, Charbel Niño El-Hani<sup>2</sup>, Ana Maria de Andrade Caldeira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná

<sup>2</sup>Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia

<sup>3</sup>Departamento de Educação, Universidade Estadual Paulista

Contato dos autores: <sup>1</sup>meghioratti@gmail.com, <sup>2</sup>charbel.el-hani@pesquisador.cnpq.br, <sup>3</sup>anacaldeira@fc.unesp.br

**Resumo.** Alguns autores têm sustentado que o conceito de organismo, de forma geral, perdeu seu papel na Biologia, devido à crescente ênfase nos aspectos moleculares e ao fato de a biologia evolutiva darwinista não ter atribuído por um longo tempo um papel explicativo claro ao organismo em sua estrutura conceitual. Entretanto, o conceito de organismo pode ser considerado fundamental para a demarcação da Biologia como ciência autônoma e com objeto de pesquisa próprio. Buscando contribuir para o debate sobre o conceito de organismo, discutimos nesse trabalho como o organismo pode ser concebido em uma abordagem hierárquica e sistêmica da Biologia, como uma unidade autônoma, com capacidade de agência, coletiva e evolutivamente construída, e possuindo propriedades que emergem no nível orgânico.

**Palavras-chave.** *Autonomia, hierarquia biológica, organismo.*

**Abstract.** Some authors have maintained that the concept of organism has lost, generally speaking, its role in Biology, due to the increasing emphasis on molecular aspects and the fact that the Darwinian evolutionary biology for a long time has not ascribed a clear explanatory role to the organism in its conceptual structure. However, the concept of organism can be regarded as being fundamental to the demarcation of Biology as an autonomous science, with its own research object. Seeking to contribute to the debate on the concept of organism, we discuss in this work how the organism can be conceived in a hierarchical and systemic approach to Biology, as an autonomous unit with the capacity of agency, collectively and evolutionarily constructed, and possessing properties that emerge at the organic level.

**Keywords.** *Autonomy, biological hierarchy, organism.*

Recebido 20mai11

Aceito 10set11

Publicado 15dez12

## Introdução

Quando falamos sobre seres vivos, tipicamente nos referimos a eles utilizando o termo “organismo”. Como a Biologia é a ciência da vida, poderia parecer óbvio que as pesquisas biológicas tivessem como um de seus principais objetos de estudo o organismo. Paradoxalmente, vários autores têm argumentado que o conceito de organismo, de forma geral, perdeu seu papel central na Biologia, devido à crescente ênfase nos aspectos moleculares e ao fato de a biologia evolutiva darwinista não ter atribuído um papel explicativo claro ao organismo em sua estrutura conceitual (Lewontin, 1978, 2002; Goodwin, 1994; Feltz, 1995; Webster e Goodwin, 1999; El-Hani e Emmeche, 2000; Ruiz-Mirazo e col., 2000; Gutmann e Neumann-Held, 2000; El-Hani, 2002; Sepúlveda e col., 2011). Como consequência, segundo Lewontin (2000), os organismos passaram a

ser entendidos como entidades passivas, decorrentes da interação entre genes e ambiente:

“Os seres vivos são vistos como sendo organismos determinados por fatores internos, ou seja, os genes. [...] O mundo fora de nós coloca certos problemas, que não criamos, mas que apenas experimentamos como objetos. Os problemas são: encontrar um cônjuge, encontrar alimento, vencer as competições com os rivais, adquirir uma grande parte dos recursos do mundo, e se tivermos os tipos certos de genes, seremos capazes de resolver os problemas e deixar mais descendentes. Portanto, com essa visão, são realmente nossos genes que estão se propagando através de nós mesmos.” (Lewontin, 2000, p. 17)

Nessa formulação, criticada por Lewontin, o organismo, enquanto entidade real que age sobre o meio, mo-

dificando-o, ocupa um papel secundário. Como afirmam Ruiz-Mirazo e col. (2000), as pesquisas biológicas enfatizam níveis de organização mais restritos que aquele no qual se encontra o organismo, como vemos, por exemplo, na biologia molecular e em formulações gene-cêntricas da teoria evolutiva, ou mais inclusivos, como em outras formulações da biologia evolutiva e na ecologia. Tem sido usual, na biologia contemporânea, não pensar o organismo como totalidade e, assim, este não é abordado mediante a investigação de propriedades que emergem no nível orgânico de complexidade. Nesse sentido, Webster e Goodwin destacam a necessidade de:

“[...] reafirmação do organismo como o próprio objeto da pesquisa biológica: um objeto real, existindo em seu próprio modo e explicado em seus próprios termos.”(Webster e Goodwin, 1999, p. 495)

Estes autores ressaltam, pois, a importância da compreensão do organismo como elemento central do conhecimento biológico. Nesse contexto, é fundamental perceber que a redução extrema dos fenômenos biológicos às análises moleculares e aos estudos da constituição química e física das células pode fazer com que a Biologia perca seu *status* de ciência autônoma. Apesar de as pesquisas moleculares e das interações entre a Biologia e campos distintos do conhecimento, como a Física e a Química, serem fundamentais para o desenvolvimento do conhecimento biológico, os fenômenos biológicos não podem ser explicados somente a partir de uma abordagem reducionista da Biologia. Os sistemas vivos têm modos de organização que lhes são próprios e que não devem ser perdidos de vista na explicação dos processos vitais, não obstante a necessidade de também investigar as bases físicas e químicas de tais processos. Além disso, eles devem ser estudados levando em consideração a existência de propriedades que emergem no organismo devido a certos tipos de padrões organizativos. Portanto, o enfoque no organismo ajuda a caracterizar a Biologia como uma ciência autônoma, delineando seus contornos em relação aos outros domínios da ciência. Por exemplo, pode-se questionar como a Biologia se distingue da Química. A resposta a essa pergunta pode ser pautada pela definição dos diferentes objetos de estudo dessas ciências. Assim, apesar da ênfase atual nos componentes moleculares dos sistemas vivos, a Biologia tem como foco de estudo (ou, ao menos, deveria ter) o organismo, ou seja, como o organismo se constitui mediante as interações moleculares e ambientais. Na Química, por sua vez, o foco da investigação recai sobre as moléculas, como elas são constituídas e interagem umas com as outras.

Nesse cenário, torna-se fundamental explicar claramente o que é o organismo. Pepper e Herron (2008) consideram que, apesar da existência de tentativas de conceituar o organismo e da importância fundamental dessa conceituação em algumas áreas da Biologia, foram realizadas poucas tentativas para uma definição mais consistente desse conceito. Portanto, de modo a contribuir com o debate, busca-se neste texto explicitar um conceito de organismo mediante uma abordagem hierárquica e sistêmica

da Biologia, que se contrapõe a uma visão reducionista.

## O conceito de organismo em debate

Uma das primeiras definições modernas de organismo foi proposta por Kant, estando associada à ideia de auto-organização (Keller, 2005). Para Kant ([1892] 1914), o organismo é um produto natural organizado, no qual todas as partes são ao mesmo tempo finalidade e meio, ou seja, ao mesmo tempo em que as partes contribuem para a organização do todo, também são consequências desse modo de organização. Este tipo de organização é obtida pela relação estabelecida entre as partes, sem um organizador externo, isto é, o organismo é *auto-organizado*. Desta perspectiva, o organismo é considerado uma entidade capaz de se autorregular, autogerar e autogerar, apresentando um tipo especial de arranjo, que é auto-organizado (Keller, 2005, p. 1070).

A delimitação do conceito de organismo por meio de um processo de auto-organização começa a apresentar problemas quando outros fenômenos passam a ser explicados por processos auto-organizativos, como, por exemplo, fenômenos físicos como a formação de ciclones. Para delimitar o conceito de auto-organização dentro de uma perspectiva biológica, buscou-se descrever os seres vivos através da junção do conceito de auto-organização a uma visão evolutiva. Uma das tentativas de unificar essas duas ideias, mediante a ampliação da teoria evolutiva, foi realizada por Kauffman (1993, 1995, 1997) o qual entende que a seleção natural é uma força atuante na evolução dos seres vivos, mas não a única. Para o autor, a complexidade encontrada, por exemplo, em uma célula pode ser decorrência mais de um processo auto-organizado e espontâneo do que de um processo seletivo. Nesse contexto, o papel do ambiente é selecionar e manter sistemas complexos que apresentam uma ordem espontânea.

A definição de organismo é complexa e tem um longo caminho na História da Biologia, estando associada a conceitos como auto-organização, causalidade circular e emergência. Além disso, o termo “organismo” é utilizado em outras áreas, como Filosofia, História, Sociologia e Economia, como uma forma de descrever as relações entre partes e todo (Gutmann e Neumann-Held, 2000) e identificar a presença de uma organicidade que se remete à coesão entre partes e todo encontrada em seres vivos.

Justamente por ser um termo que faz referência a um tipo de organização que é característico dos seres vivos (quando se considera a auto-organização somada ao contexto da evolução biológica), defende-se o conceito de organismo como estruturante do conhecimento biológico. A utilização da palavra “organismo” enfatiza aspectos de autonomia e a capacidade do sistema de criar significado (Ruiz-Mirazo e col., 2000, p. 210). Portanto, quando se utiliza o termo, fica subentendido que os seres vivos se diferenciam da matéria inanimada pela forma como seus componentes (ou seja, as partículas físico-químicas) estão organizados, e não pelo tipo dos componentes.

Pode-se alegar que a ciência atual tem dificuldade ao demarcar os limites desse tipo de organização, pois, em

geral, busca um conceito único que sirva para os vários contextos biológicos. Além disso, as tentativas de categorizar os fenômenos naturais, muitas vezes, não levam em consideração a inexistência de limites exatos na natureza, uma vez que as interações moleculares variam desde interações mais simples que ocorrem na matéria inanimada até àquelas complexas interações que ocorrem nos seres vivos, sendo que a fronteira entre o não vivo e o vivo na história evolutiva não está clara. Também é importante evidenciar que um conceito de organismo é uma representação que funciona na identificação e delimitação dos seres vivos a partir de uma determinada fundamentação teórica, isto é, funciona a partir da aceitação de uma determinada rede conceitual.

Desse modo, buscou-se evidenciar alguns conceitos que têm sido enfatizados na delimitação dos seres vivos, tais como sistema, auto-organização, autonomia, agência, emergência e fechamento organizacional, na tentativa de construir uma rede conceitual na qual possa ser explicitado um conceito de organismo<sup>1</sup>.

### O conceito de organismo e o problema da auto-organização biológica

A elucidação do conceito de organismo está relacionada à compreensão do conceito de sistema, o qual se refere à percepção e/ou à formação de um limite que determina os componentes, de tal maneira que possamos individualizar o sistema como um conjunto de componentes que estabelecem certa estrutura de relações, diferenciando-se de um ambiente externo ao sistema. Na base da constituição de um sistema, como o organismo, existe um *fechamento organizacional*, ou seja, a manutenção de relações circulares entre as partes do sistema, que se sustentam mutuamente. É a manutenção desse fechamento organizacional que permite reconhecer cada ser vivo como único. Este fechamento não precisa ter, necessariamente, a natureza de uma divisão estanque e rígida entre organismo e ambiente: mais do que apontar uma fronteira estrutural que separa organismo e meio, podemos pensar num fechamento de processos (*process closure*) pertinentes ao organismo como um sistema. Podemos citar o fato, por exemplo, de que, apesar de um animal se modificar durante sua vida, existem relações organizacionais que permitem não só distingui-lo do ambiente externo, como também reconhecê-lo, apesar das transformações, como sendo o mesmo organismo. Portanto, reconhece-se cada organismo como um sistema parcialmente aberto a trocas de energia, matéria e informação, mas que se caracteriza pela manutenção de certas relações de organização ou por certo fechamento processual.

O *fechamento organizacional* está relacionado ao

conceito de *auto-organização*, ou seja, à formação e à organização de uma estrutura ordenada a partir da interação das partes do próprio sistema. Moreno (2004) sustenta que os seres vivos têm uma forma particular de auto-organização, a qual ele designa por *autonomia coletivamente organizada*.

O termo “autonomia” é utilizado para designar um sistema capaz de ser mantido de forma adaptativa, exercendo suas ações dentro de um ambiente variável. A ideia de autonomia requer uma identidade distinta, pressupondo não somente a distinção entre sistema e ambiente, mas também a possibilidade de esta distinção ser realizada pelo próprio sistema. Para Moreno (2004), as primeiras formas autônomas poderiam ter surgido no ambiente pré-biótico, apresentando um grau elevado de autonomia, por serem sistemas extremamente fechados em si mesmos, mas limitados quanto à possibilidade de aumento de complexidade. No entanto, para a evolução de sistemas vivos diversificados, seria necessária a inserção de sistemas autônomos individuais em redes de conexão com outros indivíduos, daí emergindo níveis superiores da organização biológica, como comunidades e ecossistemas. Decorre dessa explicação a ideia de *autonomia coletivamente organizada*, na qual os seres vivos constituem um tipo especial de autonomia, aberta evolutivamente, e não restrita ao âmbito individual. Os organismos possuem uma conexão histórico-coletiva e estão inseridos em um meta-sistema mais amplo, permitindo a origem de sistemas ecológicos capazes de reciclar componentes necessários à sustentação da organização individual de base. Assim, ao preço da perda de uma autonomia completa no nível individual, a meta-organização biológica permitiu a articulação de formas de vida de modo indefinidamente sustentável.

Etzeberria e Moreno (2007, p. 30) refinam o conceito de autonomia nos seres vivos mediante a associação da autonomia à capacidade de agência. Estes autores procuram diferenciar o que é o sistema, o *ser*, e o que é sua agência, o *fazer*. Para eles, a identidade do sistema deve aparecer como uma organização estável da qual derivam ações para o exterior do sistema, devendo-se distinguir entre processos *constitutivos* e *interativos*. Essa distinção é por eles exemplificada mediante o fenômeno de bombeamento ativo de íons nas células:

“[...] o bombeamento ativo de íons é necessário para manter o funcionamento da célula (que, do contrário, explodiria como consequência de uma crise osmótica). Mas este bombeamento, que implica uma forma de “trabalho”, porque é um transporte da célula contra um gradiente de concentração, requer uma sub-organização interna de diferentes reações encadeadas. A célula mantém seu funcionamento graças ao bombeamento de íons (processo interativo), o qual requer um mecanismo interno (processo constitutivo), que, por sua vez, em escala temporal mais ampla, depende indiretamente da correta realização do processo de bombeamento. Em outras palavras, ainda que, em última instância, o fazer do sistema (re)genere recursivamente seu ser, tem de haver uma dupla escala temporal no processo, que permita falar de um sistema com

1 Os conceitos apresentados na explicitação do organismo são fundamentados na tese de doutorado da primeira autora (Meghioratti, 2009) e na discussão realizada no capítulo “A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de biologia” (Meghioratti, El-Hani e Caldeira, 2009) do livro “Ensino de Ciências e Matemática II: Temas sobre formação de conceitos”.

identidade agencial. Este deve aparecer como uma forma de organização mais complexa do que as ações que se produzem a cada momento. Se não for assim, estaríamos diante de um processo meramente automatizado, mais do que frente a um verdadeiro caso de autonomia.” (Etxeberria e Moreno, 2007, p. 31)

Etxeberria e Moreno (2007) consideram que um sistema autônomo deve possuir algum tipo de sub-organização capaz de regular os fluxos de matéria e energia entre o sistema e seu entorno, ou seja, para um sistema ser considerado autônomo, devem existir ações deste sobre o meio externo, configurando uma autonomia com capacidade agencial, ou, de modo mais breve, uma *autonomia agencial*. Os conceitos de autonomia e agência discutidos auxiliam na delimitação de organismos em casos fronteiros, tais como os insetos sociais, no qual o conjunto de indivíduos poderia ser considerado um superorganismo, já que cada indivíduo tem uma função específica e há, inclusive, em muitas espécies uma separação entre organismos reprodutivos e organismos não reprodutivos. Quando se utiliza a perspectiva da agencialidade associada à organização hierárquica dos processos biológicos, podem ser reconhecidos como organismos:

“[...] aqueles sistemas nos quais as relações funcionais de suas partes integrantes formam um todo com um maior grau de integração funcional do que a existente entre os sistemas que formam a unidade superior.” (Etxeberria e Moreno, 2007, p. 34)

Assim, no caso dos insetos sociais, é possível perceber maior integração funcional, isto é, a coesão na realização de uma dada função, entre os componentes que constituem a abelha do que entre as diferentes abelhas da colmeia. Portanto, o núcleo da autonomia agencial estaria no nível da abelha individual, podendo esta ser considerada como o organismo.

### **Uma abordagem hierárquica do conceito de organismo**

A concepção de uma autonomia agencial relativa ao nível do organismo individual e de sua inserção em níveis superiores de organização pode ser modelada por meio de uma hierarquia escalar, tal como proposta por Salthe (1985). Este autor estabelece uma estrutura organizativa para a compreensão de um determinado fenômeno de interesse baseada em três níveis escalares de complexidade: o nível superior (que estabelece condições de contorno para as entidades e os processos que ocorrem no nível focal); o nível focal (no qual se encontram as entidades e processos de interesse); e o nível inferior (que gera as interações das quais emergem as entidades e os processos envolvidos no fenômeno de interesse, ou seja, são as condições iniciadoras de tais processos e entidades). Para representar essa estrutura hierárquica, pode-se utilizar a seguinte notação: [nível superior [nível focal [nível inferior]]].

A representação hierárquica de Salthe (1985) é por

nós utilizada como base para o estabelecimento de três níveis de organização relativos às estruturas e aos processos biológicos, tomando-se o *organismo* como nível focal, o *ambiente externo* como nível superior (entendendo como ambiente os fatores do meio externo que são relevantes para determinado organismo, no sentido proposto por Lewontin, 2002) e o *ambiente interno* como nível inferior (incluindo, por exemplo, elementos tissulares, celulares e moleculares). Dessa forma, considera-se o organismo como ponto central da discussão, assumindo sua unidade e autonomia por meio das relações engendradas pelos seguintes níveis: [ambiente externo (ecológico/evolutivo) [organismo [ambiente interno (tissular/celular/molecular)]]]. A colocação do organismo no nível focal deste modelo hierárquico reflete um posicionamento a favor de uma compreensão da biologia como uma ciência do organismo.

Relacionada à estrutura hierárquica da organização biológica, está a ideia de propriedades emergentes, ou seja, de propriedades observadas ao nível de um sistema como um todo, que, embora relacionadas à micro-estrutura do sistema, não são redutíveis às propriedades e relações das partes do sistema (El-Hani e Emmeche, 2000; El-Hani, 2002; El-Hani e Queiroz, 2005). Assim, em um sistema complexo como o organismo, novas propriedades surgem especificamente no nível do sistema como um todo, por exemplo, um determinado comportamento animal, não podendo este ser explicado apenas pela análise da constituição e dos mecanismos moleculares.

Tomando como exemplo um organismo unicelular, seu padrão organizacional emergente depende das interações ocorridas no nível imediatamente inferior (interações moleculares) e no nível imediatamente superior (restrições impostas pelos regimes seletivos e por outros fatores evolutivos, ao longo da evolução do organismo e, no tempo ecológico, por suas interações com o ambiente físico-químico e com outros organismos). Entretanto, o organismo unicelular não deve ser compreendido apenas como ponto de encontro entre os níveis inferior e superior. O organismo é caracterizado por sua autonomia e agência, o que implica que ele tem regras próprias e flexibilidade na interação com o meio externo, agindo sobre este e modificando-o, não podendo ser considerado apenas um ente passivo.

### **Explicitando o conceito de organismo em uma abordagem hierárquica e sistêmica da biologia**

Os conceitos discutidos anteriormente se relacionam em uma rede conceitual que permite a explicitação do conceito de organismo em uma abordagem sistêmica e hierárquica do conhecimento biológico. Esta rede conceitual está sintetizada nos itens a seguir, que apresentam uma compreensão do organismo como:

- Sistema complexo, com *fechamento organizacional* (de processos) resultante de *relações circulares* entre as partes do sistema, conferindo coesão ao sistema e gerando um limite dinâmico que separa o sistema do ambiente externo.
- As *relações circulares* e o *fechamento organizacional*, gerados dentro do próprio sistema, são tratados como

partes de um *processo auto-organizado*.

- Os seres vivos apresentam um tipo particular de *auto-organização* chamada de *autonomia agencial*, ou seja, a identidade do sistema aparece como uma organização estável da qual derivam ações para o exterior do sistema. O agente autônomo, ou seja, o organismo, é definido mediante uma *perspectiva hierárquica*, sendo considerado o nível do organismo aquele que apresenta maior integração funcional quando comparado aos níveis superiores de organização.

- No nível orgânico, aparecem propriedades irreduzíveis às propriedades e relações de suas partes. Portanto, os organismos apresentam *propriedades emergentes*, cuja irreduzibilidade deve ser entendida em termos de sua não-dedutibilidade das propriedades que as partes exibem em estruturas relacionais mais simples (El-Hani e Queiroz, 2005). As próprias ações dos organismos acontecem no nível orgânico, portanto, a capacidade de *agência* pode ser considerada uma *propriedade emergente* desse nível de organização hierárquica.

- Os organismos estão integrados em *níveis hierárquicos* superiores de organização, tais como populações, comunidades e ecossistemas. A inserção nesses níveis tem grande influência sobre a manutenção do nível orgânico. Nestes termos, os organismos podem ser concebidos como unidades autônomas *coletivamente organizadas*, inseridos em processos ecológicos e evolutivos que são fundamentais para a sua manutenção.

Os termos destacados nos itens acima evidenciam a relação conceitual entre eles e, assim, como eles se justificam mutuamente. Estes diferentes conceitos podem ser integrados na seguinte formulação do conceito de organismo: *um organismo é uma unidade autônoma com capacidade de agência, coletiva e evolutivamente construída, e possuindo propriedades que emergem no nível orgânico*.

## Considerações finais

O destaque dado à capacidade de agência na formulação do conceito apresentado permite compreender o organismo como tendo um papel ativo no seu ambiente, contrapondo-se à visão do mesmo como ente passivo, tal como encontramos tanto numa abordagem reducionista da biologia, quanto, de modo geral, na teoria sintética da evolução.

## Agradecimentos

O desenvolvimento do trabalho foi parcialmente financiado pela CNPq.

## Contribuição dos autores

O trabalho fundamenta-se na tese de doutorado da primeira autora, com co-orientação do segundo autor e orientação da terceira autora.

## Referências

El-Hani CN. 2002. Uma ciência da organização viva: organicismo,

emergentismo e ensino de biologia. In: Silva Filho W, organizador. Epistemologia e ensino de ciências. Salvador: Arcádia 199-242.

El-Hani CN e Emmeche C. 2000. On some Theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience and downward causation. *Theory in Biosciences* 119: 234-275.

El-Hani CN e Queiroz J. 2005. Modos de irreduzibilidade das propriedades emergentes. *Scientiae Studia* 3 (1): 9-41.

Etzeberria A e Moreno Á. 2007. La Idea de autonomia em biologia. *Logos. Anales del Seminario de Metafísica* 40: 21-37.

Feltz B. 1995. Le réductionnisme em biologie. *Approches historique et épistemologique. Revue Philosophique de Louvain* 93: 9-32.

Goodwin B. 1994. How the Leopard Changed its Spots: the evolution of complexity. New York: Touchstone.

Gutmann M e Neumann-Held E. 2000. The theory of organism and the culturalist foundation of biology. *Theory in Biosciences* 119: 276-317.

Kant I. 1914 [1892]. The critique of judgment. Tradução, introdução e notas J. H. Bernard. 2ed. revisada. London: Macmillan. Disponível em: [http://oll.libertyfund.org/EBooks/Kant\\_0318.pdf](http://oll.libertyfund.org/EBooks/Kant_0318.pdf) Acesso em 30 de março de 2011.

Kauffman SA. 1993. The origins of order: self-organization and selection in evolution. New York: Oxford: Oxford University Press.

Kauffman SA. 1995. At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity. New York: Oxford: Oxford University Press.

Kauffman SA. 1997. "O que é vida?": Schrödinger estava certo? In: Murphy MP e O'Neill LAJ, organizadores. "O que é vida?" 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia. São Paulo: Editora da UNESP 101-136.

Keller EF. 2005. The century beyond the gene. *Journal of Biosciences* 30: 3-10.

Lewontin R. 1978. Adaptation. *Scientific American* 249: 212-222.

Lewontin R. 2000. Biologia como ideologia: a doutrina do DNA. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP.

Lewontin R. 2002. A tripla hélice: gene, organismo e ambiente. São Paulo: Companhia das Letras.

Meghlhioratti FA. 2009. O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP/Bauru, Faculdade de Ciências.

Meghlhioratti FA, El-Hani CN e Caldeira AMA. 2009. A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de biologia. In: Caldeira AMA, organizadora. Ensino de Ciências e Matemática II: Temas sobre formação de conceitos. São Paulo: Cultura Acadêmica 33-52.

Moreno A. 2004. Auto-organisation, autonomie et identité. *Revue Internationale de Philosophie* 2: 135-150.

Pepper JW e Herron MD. 2008. Does Biology Need an Organism Concept? *Biological Reviews* 83 (4): 621-627.

Ruiz-Mirazo K, Etzeberria A, Moreno A e Ibanez J. 2000. Organisms and their place in biology. *Theory in biosciences* 119 (3-4): 209-233.

Salthe S. 1985. Evolving hierarchical systems: their structure and representation. New York: Columbia University Press.

Sepúlveda C, Meyer D e El-Hani CN. 2011. Adaptacionismo. In: Abrantes PC, organizador. Filosofia da Biologia. Porto Alegre: Artmed 162-192.

Webster G e Goodwin BC. 1999. A Structuralist Approach to Morphology. *Rivista di Biologia* 92: 495-498.