

As dificuldades na compreensão do sistema de teorias evolutivas.

Francisco Ângelo Coutinho

Fabrício Rodrigues dos Santos

Rogério Parentoni Martins

Resumo

Com o objetivo de esclarecer algumas dificuldades inerentes à compreensão sobre o sistema de teorias evolutivas, o artigo analisa alguns de seus conceitos fundamentais e a maneira como estes conceitos devem ser adequadamente compreendidos como parte da estrutura do sistema de teorias evolutivas. Em seguida são apresentados alguns conceitos e problemas ontológicos inerentes à compreensão desses conceitos. Com isto, espera-se contribuir para o ensino de biologia, bem como orientar futuras pesquisas em ensino sobre evolução. Ao final, formulamos a hipótese de que a clara definição dos conceitos e a explicitação de sua base ontológica podem contribuir para uma melhor compreensão e ensino dos fenômenos evolutivos.

Palavras-chave: Teoria da evolução, ensino de biologia, divulgação científica, categorias ontológicas.

Introdução

Após 150 anos de pesquisas, discussões e controvérsias, mas principalmente de consenso entre biólogos, o modo sobre como percebemos a estrutura e o funcionamento do “mundo biológico” é fortemente influenciado pelo sistema de teorias evolutivas (MARTINS; SANTOS; COUTINHO, 2009). Neste artigo discutiremos certas situações que dificultam o diálogo e a compreensão das informações que o sistema de teorias evolutivas nos proporciona. Em parte, tais dificuldades devem-se à falta de traquejo dos biólogos (e outros acadêmicos que afirmam entender a estrutura desse sistema de teorias) de se expressarem claramente.

Adicionalmente, outros tipos de dificuldades devem-se à utilização de conhecimentos técnicos e históricos da biologia evolutiva, especialmente em relação aos conceitos utilizados, os quais são muitas vezes expressos de modo obscuro, incompleto ou inapropriado. Em consequência disso, o público leigo, acadêmicos (biólogos e outros) e professores têm dificuldades em entender a lógica do sistema de teorias evolutivas, principalmente por causa das inúmeras concepções equivocadas repetidas há décadas por docentes, livros textos, pela mídia e por pesquisadores. Portanto, o diálogo entre a academia e a sociedade só será efetivo e frutífero se os conceitos forem claramente compreendidos e aplicados.

Esclarecendo conceitos.

Alguns conceitos fundamentais do sistema de teorias da evolução e o seu significado na estrutura da teoria devem ser elucidados, a fim de facilitar a compreensão correta sobre a evolução biológica. O próprio vocábulo evolução é fonte de confusão. Rotineiramente, o vocábulo é corretamente utilizado em referência a uma série de mudanças que ocorrem à medida que o tempo passa (VAN DIJK; REYDON, 2009). Assim acontece quando se menciona evolução da sociedade, evolução do universo, evolução da literatura ou, até mesmo, evolução de uma escola de samba. Em biologia, o termo também denota mudanças temporais, pois se refere a um processo natural e o produto particular que resulta da ação deste processo. Tal produto é a diversificação da vida sobre a Terra, cuja história pode ser pictoricamente representada por meio de ramificações (como galhos de uma árvore) que representam as relações de ancestralidade e descendência entre as espécies (VAN DIJK; REYDON, 2009).

Em vários outros usos cotidianos, evolução significa propósito e finalidade, além de direcionamento, conforme pensava Lamarck¹, ou como é divulgado em alguns documentários da TV. As idéias difundidas por Lamarck, no

¹ Deve-se ter em mente que no momento em que Lamarck discute a evolução dos seres vivos, ele estava em um contexto histórico que lhe permitia chegar a essas conclusões. Somente retrospectivamente podemos chamar as ideias lamarckistas de equivocadas.

início do século XIX, são mais facilmente apreendidas pelos alunos do ensino médio e muitas vezes confundidas com o sistema de teorias evolutivas inclusive, não raramente, pelos próprios professores (TIDON; LEWONTIN, 2004; MARTINS; SANTOS; COUTINHO, 2009). Outros derivativos da idéia equivocada de que há um suposto direcionamento e hierarquia natural (no sentido de comparação entre espécies atuais) no mundo biológico aparecem com frequência no ensino médio e superior, a exemplo, o uso de classificações errôneas de espécies ou alguns grupos taxonômicos em superiores, inferiores, primitivos e avançados.

Outra idéia equivocada proveniente de Lamarck é a da atribuição do papel da evolução como modificação (ou mutação) do indivíduo durante seu desenvolvimento, expressa pelo pescoço da girafa. No entanto, um indivíduo não passa as características que adquiriu, por exemplo, músculos hipertrofiados de um halterofilista não são herdados por seus descendentes. Além disto, o indivíduo não tem a mínima chance de, por si próprio, tornar-se uma nova espécie. Indivíduos sobrevivem, eventualmente reproduzem, mas sempre morrem. A evolução, ou seja, a origem de novas espécies depende da especiação, um processo lento e gradual de mudanças que ocorrem em populações de indivíduos no decorrer de várias gerações. Desta forma, em biologia, a palavra evolução se refere às mudanças que ocorrem ao longo do tempo, sem qualquer significado de aperfeiçoamento ou pré-destinação.

Outro conceito importante e por isso deve ser bem compreendido é o de adaptação. Pesquisas em educação

mostram que as pessoas tendem a compreender adaptação como um processo único que ocorre em nível individual (por exemplo, VAN DIJKE; REYDON, 2009). No entanto, o conceito de adaptação evolutiva também deve ser compreendido como resultado de mudanças que ocorrem na frequência da proporção de indivíduos que têm certas características vantajosas (ou adaptativas), em uma população, no transcurso de várias gerações. Ou seja, na evolução biológica, a adaptação como um atributo de um fenótipo é consequência dos resultados de uma mescla de mutação, por meio do qual surgem as novas características variantes no material genético, e de seleção natural. O resultado dessa mescla é o aumento da frequência e eventual fixação daquelas características adaptativas, ao longo das gerações, que conferem a seus portadores uma maior probabilidade de sobrevivência e reprodução. Alguns atributos adaptativos relacionam-se principalmente à sobrevivência, como as que conferem uma maior capacidade relativa de escapar de predadores. Outros são vantajosos em relação à reprodução, como no caso de machos com atributos que indicam seu vigor e que, por isso, obtêm a primazia de cópulas com fêmeas mais seletivas. Portanto, no decorrer do processo adaptativo, as variantes mais vantajosas para sobrevivência e reprodução dos indivíduos que as detêm tendem a aumentar em frequência a cada geração. Ao contrário, as que atribuem aos indivíduos uma capacidade potencial mais baixa de sobrevivência e reprodução relativas aos demais, serão cada vez menos representadas em indivíduos de gerações futuras. É importante ressaltar que o conceito de adaptação evolutiva está


intimamente ligado aos conceitos de variabilidade genética e seleção natural.

Categorização e ontologia.

Diversos estudos nas áreas de psicologia cognitiva e educação em biologia mostram que as pessoas tendem a considerar mais as similaridades entre indivíduos de uma mesma espécie, do que as variações que existem entre eles (CHI, 2005 e 2008; LAKOFF, 1987). No entanto, sem compreender como tal variação ocorre é impossível compreender como o processo evolutivo ocorre. Por trás disso, pode estar o que Mayr (2009) denominou pensamento essencialista: as coisas e os seres têm uma natureza íntima que lhes confere autenticidade e que os diferenciam dos demais. Essencialismo se refere a certas propriedades que uma determinada entidade não poderia perder para ser considerada em certa categoria. Esta forma de pensar é um forte obstáculo à compreensão da teoria da evolução, porque o essencialismo ignora o papel da variação entre os indivíduos e as populações² (HULL, 1989).


A seleção natural é estritamente relacionada à adaptação como um processo e, embora seja extremamente importante

² No sentido de aclarar o significado de essencialismo, podemos dizer que essa visão supõe que as coisas possuem propriedades necessárias e suficientes que faz com elas sejam o que são. O grande obstáculo imposto por essa forma de pensar é que essências não podem evoluir. Assim, se uma espécie possui uma determinada essência que a distingue de tudo mais, torna-se difícil pensar em variações dentro da espécie.



para a explicação de vários fenômenos biológicos, é uma das teorias mais divulgadas e mal compreendidas da biologia. Defini-la é relativamente simples, difícil é compreender os seus detalhes e significados, pois a seleção natural é também um processo que envolve um conjunto de fatores bióticos e abióticos, por intermédio dos quais um atributo, e os indivíduos que as detêm, terão suas frequências deterministicamente alteradas nas populações no decorrer de várias gerações. Seleção natural é consequência da sobrevivência e/ou reprodução de indivíduos que diferem entre si em uma ou mais características (FUTUYMA, 1997): os que apresentarem características vantajosas em uma dada combinação de fatores abióticos (luz, temperatura etc) e bióticos (parasitas, competidores, mutualistas etc) deixarão, em média, um número maior de descendentes do que os que apresentarem desvantagens neste mesmo ambiente. Portanto, seleção natural não é um mecanismo ativo, uma força, mas um processo passivo que depende da variabilidade genética pré-existente e da combinação de condições ambientais específicas.

Pesquisas sobre cognição evidenciam que alunos não têm dificuldade em compreender entidades e suas propriedades, por exemplo, que as zebras têm listras e os elefantes são grandes. No entanto, é comum ocorrerem erros de categorização quando estudantes atribuem um conceito a uma categoria à qual não pertence (CHI, 2005 e 2008). Por exemplo, a categorização de baleias como “peixes” constitui um desses equívocos, embora baleias vivam na água e nadem de modo semelhante a peixes. Tais erros de categorização são



responsáveis pela dificuldade de compreensão de muitos conceitos científicos.

Como resultado, os estudantes designam um conceito a uma categoria (frequentemente baseado em atributos perceptuais) quando na verdade ele pertence a outra categoria. Além disso, erros de categorização são ainda mais sérios quando os estudantes atribuem conceitos a uma categoria que é ontologicamente distinta (artefatos produzidos pelo homem e por outros seres vivos: represas construídas por engenheiros e construídas por castores). Entre as categorias ontológicas podemos distinguir as que se referem a eventos e processos, ambas importantes para a compreensão da seleção natural como um processo passivo (FERRARI; CHI, 1998; CHI, 2005).

Há seis características que diferenciam eventos de processos. Eventos consistem de componentes com ações distintas. Em um campeonato de futebol (evento), por exemplo, a função do goleiro é diferente a da que o atacante exerce. O campeonato pode ser delimitado: ele tem um começo nítido (o apito inicial da primeira partida) e fim (o apito final da última partida). A ação de um evento ocorre sequencialmente. No referido campeonato, temos as fases eliminatórias, oitavas de final, quartas de final, etc. As sequências de ações são contingentes e causais: o jogo entre o time A e o time B, nas quartas de final, é causado pelo resultado das partidas anteriores. Um evento tem um objetivo direcionado. O objetivo, neste caso, é o de promover um campeão. Finalmente, o evento tem um fim determinado. O campeonato termina quando o objetivo é atingido.

Os processos, pelo contrário, possuem propriedades opostas aos eventos (VAN DIJK; REYDON, 2009; SHTULMAN; SCHULZ, 2008). Não há um começo ou fim definidos para a Seleção Natural, seus resultados são continuamente observados nas populações de indivíduos em sucessivas gerações. Por mais adaptado que um organismo esteja, as suas características e, portanto a população a que pertence, estão sendo potencialmente influenciadas pela Seleção Natural. Todas as características dos indivíduos da população estão simultaneamente interagindo com os fatores ambientais (bióticos e abióticos), cujo aumento da frequência relativa de atributos adaptativos resulta da Seleção Natural. O surgimento de uma nova espécie resulta da diferenciação de populações que acumulam atributos diversos no decorrer do tempo. Mas a Seleção Natural não deve ser interpretada como se fosse uma força direcionada para atingir um objetivo específico, se trata de um processo passivo. No entanto, conhecendo em detalhe as condições bióticas e abióticas que influenciam uma população e a variabilidade genética pré-existente, podemos prever quais características poderão conseqüentemente aumentar em frequência ao longo de várias gerações. Finalmente, os processos estão em interações dinâmicas contínuas e nunca cessam, por exemplo, algumas características que são adaptativas para uma população em um determinado tempo e local poderão ser desvantajosas em outro momento ou região geográfica. Assim, as populações estão continuamente se modificando em relação às suas populações ancestrais e a

diferentes populações contemporâneas das quais forem isoladas geográfica e reprodutivamente.

Exemplo clássico de confusão entre categorias ontológicas relacionadas à evolução é o proposto pelo reverendo William Paley (1743-1805). Ao comparar o olho humano a um relógio, o teólogo argumentou que se um relógio remete-se à idéia de um relojoeiro, também o olho humano, ao se constatar sua perfeição e complexidade, deveria remeter à idéia de um grande projetista, um Criador. Ora, por pertencerem a categorias ontologicamente distintas, o olho e o relógio não compartilham atributos ontológicos e, por conseqüência, o argumento de Paley perde a validade, pois resulta de uma falácia conhecida como *falsa analogia*. Hoje em dia, o argumento criacionista de Paley apresenta-se com o rótulo de planejamento inteligente (*intelligent design*). No entanto, o problema de confusão entre categorias e, por conseguinte, da *falsa analogia* permanece o mesmo.

Considerações Finais.

Diversos obstáculos dificultam a compreensão do sistema de teorias evolutivas. Não apenas problemas de confusão terminológica ou conceitual, mas, muitas vezes, a influência de nossa própria herança cultural, tal como o essencialismo e nossa propensão às confusões ontológicas. Assim, o ensino e a divulgação do sistema de teorias evolutivas requerem um trabalho mais amplo do que o que poderia ser feito por pessoas bem treinadas e com profundo conhecimento na área. Embora

muitas pesquisas sejam realizadas no Brasil, é necessário ainda um diálogo maior entre cientistas e pesquisadores da área de filosofia da ciência, cognição e educadores.

Há uma atitude simplista em relação à aceitação e compreensão da evolução biológica que precisa ser revista por seus divulgadores. Esta atitude é a de simplesmente considerar as pessoas que não aceitam a evolução como ignorantes ou irracionistas. No entanto, o problema é bem mais complexo. O conjunto de teorias que compõe o que se convencionou chamar de Teoria da Evolução não é fácil de ser compreendido. Somando a isto, sua aceitação contraria crenças enraizadas sobre nossa existência e lugar que ocupamos no Universo. Talvez a melhor atitude de divulgadores e educadores seja a de aliar a divulgação da Evolução à noção de como é produzido o conhecimento científico em Biologia. Compreendendo como são obtidas as evidências em biologia evolutiva, teremos fundamentos lógicos suficientes para apresentá-la de uma forma que outros possam aceitá-la ou que sirvam de subsídios para a discussão sobre alternativas realmente científicas para os diversos fenômenos biológicos interpretados à luz da Evolução.

Para finalizar, propomos que o esclarecimento dos conceitos da estrutura do sistema de teorias evolutivas e a explicitação de sua base ontológica tal como realizado aqui podem contribuir com o processo de compreensão adequada dos fenômenos biológicos e da evolução, em sala de aula. Podemos colocar então algumas questões. O que pode ser feito para explicitar claramente a estrutura da teoria da evolução em sala de aula? Qual o impacto do detalhamento dos fundamentos

ontológicos da teoria da evolução sobre a aprendizagem? Será que os professores têm consciência da estrutura teórica do darwinismo? O que poderia ser feito na formação inicial dos professores? No entanto, é necessário obter-se um diagnóstico sobre o estado atual do ensino da evolução no Brasil para que sejam elaboradas estratégias apropriadas de ensino e para avaliar os seus impactos sobre a aprendizagem do sistema de teorias evolutivas.

Agradecimentos.

Francisco Ângelo Coutinho é grato ao CNPq pelo apoio financeiro. Os autores são gratos aos dois revisores anônimos, cujas leituras e sugestões em muito contribuíram para a melhoria do texto.

Referências bibliográficas³

CHI, M. T. H. Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. **Journal of the Learning Sciences**, 14, 161–199, 2005.

CHI, M. T. H. Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S.

³ Além da bibliografia aqui apresentada, o leitor pode encontrar vários trabalhos em língua portuguesa em revistas tais como: *Investigações em Ensino de Ciências*; *Revista Ensaio*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*; *Ciência e Educação*, entre outras.

Vosniadou (Ed.), **International handbook of research in conceptual change** (pp. 61–82). New York: Routledge, 2008.

FERRARI, M. e CHI, M. T. H. The nature of naive explanations of natural selection. **International Journal fo Science Education**, 20, 1231-1256, 1998.

FUTUYMA, D. **Evolutionary Biology**. 3^a ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 1997.

HULL, D.L. **The metaphysics of evolution**. SUNY Press, Albany, pp 221–240, 1989.

LAKOFF, G. **Women, Fire, and Dangerous Things**. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.

MARTINS, R. P.; SANTOS, F. R.; COUTINHO, F. A. A mal compreendida evolução. **Ciência Hoje**, 45 (266): 74-75, 2009.

MAYR, E. **The growth of biological thought**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

MAYR, E. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.

SHTULMAN, A.; SCHULZ, L. The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. **Cognitive Science**, 32: 1049-1062, 2008.

TIDON, R.; LEWONTIN R. C. Teaching Evolutionary Biology. **Gen. Mol. Biol.** 27: 124-131, 2004.

VAN DIJK, E. M.; REYDON, T. A. C. A conceptual analysis of evolutionary theory for teacher education. **Science & Education**, DOI 10.1007/s11191-009-9190-x, 2009.

Sobre os autores

Francisco Ângelo Coutinho - Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, Mestre em Filosofia e Doutor em Educação. Tem interesse em formação de conceitos na biologia e no ensino de biologia e pelos temas história e filosofia da biologia, linguagem e cognição, teorias da instrução, perfil conceitual, processos de comunicação (verbal e não verbal) em salas de aula de Ciências e Biologia. E-mail: fac01@terra.com.br.

Fabrcio Rodrigues dos Santos - Departamento de Biologia Geral – ICB – UFMG. Doutor. Pesquisa em Genética Evolutiva Interesse em reconstrução da história natural de espécies da fauna nativa brasileira e da espécie humana. Uso da genética evolutiva na conservação de espécies nativas. E-mail: fsantos.ufmg@gmail.com.

Rogério Parentoni Martins - Departamento de Biologia – Centro de Ciências – UFCe. Naturalista pela UFMG, mestre e doutor em Ecologia pela UNICAMP. Aposentado pela UFMG e atualmente professor-visitante no Interesses atuais, filosofia da biologia e teorias ecológico-evolutivas, em especial seleção natural. E-mail: wasp@icb.ufmg.br.

UNDERSTANDING THE SYSTEM OF EVOLUTIONARY THEORIES.

Abstract

Aiming to clarify some difficulties in the comprehension of Theory of Evolution, this paper analyzes in a first glance, some of the fundamental concepts and the way they are understood in the structure of the theory. Next, some ontological problems are presented that concern the understanding of the Theory of Evolution. Thus, we hope to contribute to teaching of biology, as well as to orient future research in the field of teaching the Theory of Evolution. In the end, we raise the hypothesis that a clear definition of the concepts of the structure in the Theory of Evolution and the explanation of its ontological fundamentals can contribute with the process of understanding and teaching of the evolutionary phenomena.

Keywords: Theory of evolution, biology teaching, scientific outreach, ontological categories.