

EPISTEMOLOGIA DE LAKATOS E AS PROPOSIÇÕES ATUAIS DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

EPISTEMOLOGY OF LAKATOS AND THE CURRENT DISCUSSIONS OF BIOLOGICAL EVOLUTION

EPISTEMOLOGÍA DE LAKATOS Y LAS DISCUSIONES ACTUALES DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Kamilla Zabotti*
kmizabotti@gmail.com

Rosana Franzen Leite
rosana.leite@unioeste.br

Lourdes Aparecida Della Justina*
justina@gmail.com

* Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática (PPGECM) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel – Brasil

Resumo

O presente estudo tem por finalidade propiciar uma discussão teórica-epistemológica da Teoria Sintética da Evolução e os pressupostos atuais da biologia evolutiva, a Síntese Estendida da Evolução, em correlação com a Epistemologia de Lakatos. A epistemologia de Lakatos propicia um entendimento da construção da ciência, que se constitui por Metodologias de Programas de Pesquisa, enfoque dado nas discussões. Espera-se que fomentar reflexões epistemológicas que sejam relevantes na busca de incluir essa compreensão a respeito da biologia evolutiva no ensino de evolução e na formação de professores, visto que a Evolução Biológica é o conceito central da Biologia, pois unifica todos os conteúdos biológicos.

Palavras Chave: Biologia Evolutiva. Filosofia da Ciência. Síntese Estendida. Teoria Sintética da Evolução.

Abstract

The present study aims to provide a theoretical-epistemological discussion of the Synthetic Theory of Evolution and the current discussions of evolutionary biology, the Extended Synthesis of Evolution, in correlation with Lakatos Epistemology. Lakatos epistemology provides an understanding of the construction of science, which consists of Research Program Methodologies, a focus given in the discussions. It is hoped that it will foster epistemological reflections that are relevant in the search to include this understanding about evolutionary biology in the teaching of evolution and in the formation of teachers, since Biological Evolution is the central concept of Biology, as all biological contents are unified.

Keywords: Evolutionary Biolog. Extended Synthesis. Philosophy of Science. Synthetic Theory of Evolution..

Resumen

Este estudio tiene como objetivo proporcionar una discusión teórico-epistemológica de la teoría sintética de la evolución y los supuestos actuales de la biología evolutiva, la síntesis extendida de la evolución, en correlación con la epistemología de Lakatos. La epistemología de Lakatos proporciona una comprensión de la construcción de la ciencia, que consiste en Metodologías del Programa de Investigación, un enfoque dado en las discusiones. Esperamos llevar a cabo reflexiones epistemológicas que sean relevantes en la búsqueda de incluir esta comprensión sobre la biología evolutiva en la enseñanza de la evolución y en la formación de los docentes, ya que la Evolución biológica es el concepto central de la biología, ya que todos los contenidos biológicos están unificados.

Palabras clave: Biología evolutiva. Filosofía de la ciencia. Síntesis extendida. Teoría Sintética de la Evolución.

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por finalidade propiciar uma discussão teórica da Teoria Sintética da Evolução e os pressupostos atuais da biologia evolutiva, que culminaram em um novo programa de pesquisa, a Síntese Estendida da Evolução, em correlação com a epistemologia de Lakatos (1989). Assim, observa-se dois programas de pesquisa o primeiro, a Teoria Sintética da Evolução, que se constitui como um arcabouço teórico consolidado que explica a biologia evolutiva a partir de conceitos como seleção natural, deriva genética, migração e mutação. O segundo que se constitui como a Síntese Estendida da Evolução, com uma articulação inicial entre os pressupostos evolutivos abordados pela Teoria Sintética e as novas constatações sobre os processos evolutivos, voltadas, principalmente, para a origem da diversidade das formas orgânicas e para um pluralismo de processos envolvidos nas explicações causais da evolução.

Novos estudos no campo da biologia evolutiva permitiram a incorporação de conhecimentos teóricos e empíricos que mantêm os fundamentos centrais da Teoria Sintética, mas diferem acerca da ênfase sobre o papel do processo ontogenético e os modos de causalidade evolutiva, se configurando como um novo programa de pesquisa.

Entendemos que tal reflexão se faz pertinente visto que, considerando que a ciência e seus conceitos são produtos de um contexto de embates teóricos constantes, envolvendo refutações, alegações e deliberações, as quais culminam na sustentação e/ou manutenção, ampliação ou obsolescência de teorias ou paradigmas e sujeita a (re)estruturações, torna-se importante articular epistemologicamente diferentes contextos filosóficos e históricos da Biologia, (re)significando os conceitos de acordo com o avanço das pesquisas das diferentes áreas das Ciências Biológicas, caracterizadas por diferentes cenários heurísticos e investigativos (OLIVEIRA, et al., 2016).

Além do mais, estudos como o de Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016), indicam ausência dessa nova perspectiva da evolução tanto na formação de biólogos, quanto de professores, sendo que:

[...] é necessário que essa articulação também seja refletida nos âmbitos epistêmicos e didáticos, uma vez que a atividade e produção científica contemporânea (tanto teórica quanto empírica) devem ser conteúdo de discussões e reflexões nos cursos de Ciências Biológicas. A importância da inserção da produção científica atual nos cursos de formação de professores é justificada por possibilitar o contato dos estudantes com questões científicas recentes e, sobretudo, por fornecer subsídio teórico consistente acerca de teorias que serão mobilizadas futuramente por eles e que, portanto, devem ser parcimoniosamente compreendidas a partir de referenciais nacionais e internacionais (CESCHIM, OLIVEIRA, CALEIRA, 2016, p. 3).

Dessa maneira, entende-se que reflexões epistemológicas de conceitos específicos são particularmente relevantes quando envolvem teorias que integram diferentes áreas do conhecimento, como é o caso da Evolução Biológica. Assim, de forma sucinta, discorreremos a seguir, os principais aspectos da epistemologia de Lakatos, que subsidiam as discussões da Teoria Sintética da Evolução e da Síntese Estendida.

PROGRAMAS DE PESQUISA DE LAKATOS

Imre Lakatos (1922-1974), foi um dos mais influentes e importante filósofo da ciência no século XX, principalmente por sua obra intitulada “The Methodology of Scientific Research Programmes” (Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica) (ARTHURY, 2012).

Para Lakatos (1989) a ciência é construída por meio de Programas de Pesquisa Científica, e o define como um conjunto de regras que indicam o caminho a ser seguido pela investigação científica em uma determinada área do conhecimento garantindo a continuidade da pesquisa. Logo, a ciência avança na permanente substituição de programas de investigação científica regressivos por programas de investigação progressivos e, de forma subjacente a constante substituição de hipóteses. Ou seja, a avaliação objetiva do crescimento do conhecimento científico deve ser realizada em termos de mudanças, progressivas ou regressivas, para séries de teorias científicas.

Os programas de pesquisa não são compostos necessariamente de uma teoria e sim de várias teorias que se relacionam e possuem duas regras metodológicas: a heurística positiva e a heurística negativa. A primeira irá guiar o pesquisador em qual caminho ele deve seguir, já a segunda, irá alertá-lo acerca de qual caminho não deve seguir. Ambas as regras são fundamentos indispensáveis no decorrer da pesquisa. Lakatos (1989) define que todos os programas de pesquisa são compostos por três estruturas básicas: o “cinturão protetor”, o “núcleo firme” e as “heurísticas”. O núcleo firme, é a base do conhecimento de cada programa, o conceito que o sustenta, o mais caro elemento, o qual deve ser preservado. É irrefutável provisoriamente, pois é convencionalmente aceito (ARTHURY, 2012; SILVEIRA, 1996).

Durante o funcionamento normal do programa podem ocorrer anomalias que geram determinado risco para o núcleo firme, neste caso, o cinturão protetor elabora hipóteses auxiliares visando proteger o núcleo firme. O cinturão protetor está em constante modificação, essa característica

permite ao cinturão que ele exerça sua função de proteção. Ao passo que novas anomalias surgirem, o cinturão é flexível o bastante para solucionar tais problemas sem colocar em risco o núcleo firme, permitindo que o programa não sofra uma refutação prematura. Quanto mais tempo o programa permanecer com o núcleo intacto, sendo protegido por meio das estratégias criadas pelas hipóteses auxiliares para solucionar as anomalias que atacam ou que podem atacar o programa, maior será o poder heurístico desse programa. Já as heurísticas são responsáveis pela manutenção e bom funcionamento do cinturão e do núcleo firme (ARTHURY, 2012).

Segundo Lakatos (1989), as hipóteses auxiliares são capazes de fazer uma previsão teórica, por meio de sugestões e palpites que adiantam o programa de como solucionar as possíveis anomalias que possam surgir, fazendo com que o programa progrida. Quando um programa não consegue mais progredir, ele regride, ou até mesmo se degenera, isso acontece porque suas hipóteses auxiliares não são suficientes para criar novas predições. Outro ponto que caracteriza um programa degenerativo, é o fato dele produzir fatos contraditórios.

Dessa forma, um programa de pesquisa pode ser considerado progressivo quando o seu desenvolvimento teórico antecipa o desenvolvimento empírico, prevendo possíveis anomalias por meio das hipóteses auxiliares no cinturão protetor e as solucionando. Esse processo caracteriza-o como heurística positiva. Assim, quanto mais informações excedentes o programa possuir, maior será o seu poder heurístico. Já a heurística negativa proíbe que qualquer anomalia seja capaz de refutar o núcleo firme, porque primeiro ela atua nas hipóteses presentes no cinturão protetor. E da mesma forma, quando o pesquisador se depara com alguma anomalia, a heurística positiva tende a guiá-lo acerca de quais modificações e ou melhorias devem serem feitas no cinturão protetor (SILVEIRA, 1996).

A seguir, discorreremos a respeito das principais conjecturas dos programas de pesquisa da Teoria Sintética e da Síntese Estendida da Evolução, para a explicação da mudança orgânica das espécies, em paralelo com a epistemologia de Lakatos para compreensão da dinâmica científica.

BIOLOGIA EVOLUTIVA: DA TEORIA SINTÉTICA À SÍNTESE ESTENDIDA

A diversidade biológica é uma indicação da autenticidade da vida, visto que atualmente já foi identificado e nomeado em torno de 1,8 milhão de espécies. Essa diversidade se refere a pelo menos 100 mil fungos, 290 mil plantas, 57 mil vertebrados e um milhão de insetos, além de todos os inúmeros tipos de organismos unicelulares. Esses números aumentam constantemente, uma vez que

pesquisadores identificam milhares de novas espécies a cada ano e as estimativas permeiam um total de 10 milhões a 100 milhões de espécies (REECE, *et al.*, 2015). Para Reece *et al.* (2015, p.10), “independentemente da precisão desse número, a enorme variedade da vida confere à biologia um escopo vastíssimo. Biólogos enfrentam um grande desafio na tentativa de dar sentido a essa variedade”.

Nesse panorama, um dos grandes desafios da Biologia é justamente explicar a diversidade do mundo vivo, na tentativa de dar sentido a tamanha variedade. Para isso, atualmente existe um consenso na comunidade científica, no qual a Evolução Biológica, ou seja, a mudança orgânica é a causa da diversidade do mundo vivo. A Evolução Biológica ocorre por mudanças das características hereditárias de grupos de organismos (populações e espécies) ao longo das gerações que levam à divisão de grupos de organismos e à formação de grupos ancestrais. No decorrer das gerações, tais grupos descendentes passam a modificar-se de forma independente. Portanto, em uma perspectiva de longo prazo, a Evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns (FUTUYMA, 2002; MAYR, 2009; JABLONKA; LAMB, 2010).

A modificação evolutiva dentro de uma população deve-se à mudança nas proporções (frequências) de seus alelos, processo que pode levar ao aumento da frequência de um alelo raro a tal ponto que substitua completamente o alelo que, antes, era comum (FUTUYMA, 2002). De maneira simplificada, as mudanças nas frequências alélicas podem ocorrer por meio de dois processos, deriva genética e seleção natural. O primeiro processo é o resultado da variação aleatória da sobrevivência e da reprodução de genótipos diferentes em que as frequências dos alelos oscilam por puro acaso e, ao final, um destes alelos acaba substituindo os outros. Ainda, esse sistema tem um maior efeito e velocidade em populações pequenas, o que acaba resultando em mudança evolutiva, porém não em adaptação (FUTUYMA, 2002). O segundo processo, por sua vez, consiste em diferenças que não são aleatórias entre organismos portadores de alelos ou genótipos diferentes quanto à sua taxa de sobrevivência ou de reprodução.

Essas explicações para a mudança orgânica das espécies foram construídas na formulação da Teoria Sintética da Evolução, que teve como auge o início do século XX, e enfatiza:

[...] a ação da seleção natural sobre a variação fenotípica, mas não considera a alteração no meio que o organismo produziu. Além disso, a perspectiva DNA-centrista da Síntese aborda o organismo como resultado de um conjunto gênico a partir do qual emergirão as possibilidades fenotípicas de variabilidade genética derivadas de mutações, as quais serão triadas sob a seleção natural, consonante às pressões seletivas (OLIVEIRA, *et al.*, 2016, p. 337).

Evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns. Essa definição constitui o núcleo firme tanto da Teoria Sintética da Evolução, quanto da Síntese Estendida. Portanto, existe um consenso na comunidade em relação à Teoria Sintética, que não são controvérsias no contexto científico atual: 1. a noção de que os seres vivos evoluem e essa evolução ocorre, segundo Darwin, por descendência com modificação; 2. a tese de que todos os seres vivos são aparentados entre si; e 3. o importante papel desempenhado pela seleção natural como mecanismo evolutivo (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Entretanto, atualmente ocorrem debates acerca dos mecanismos evolutivos, na qual situam-se os questionamentos: a seleção natural explica todos os fenômenos evolutivos? as grandes mudanças na história da vida (macroevolução) podem ser explicadas apenas a partir da ação da seleção natural dentro das populações (microevolução)? o processo evolutivo é sempre gradual ou ele pode ocorrer, de tempos em tempos, a taxas mais rápidas? Estas são algumas das anomalias, que marcam os debates atuais sobre a Teoria Sintética, fazendo com que o programa de pesquisa regreda, uma vez que as hipóteses auxiliares não dão conta de respondê-las. Essas anomalias surgem principalmente de estudos trazidos pela compreensão do desenvolvimento e do papel do ambiente na determinação de fenótipos (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Dessa forma, enfatiza-se que, desde a década de 1940, a Teoria Sintética da Evolução tem esclarecido algumas questões em torno da Evolução Biológica, porém, a partir dos anos de 1980, ela tem sido também objeto de crescente debate, o que ocorreu em virtude de um modelo explicativo que denota uma compreensão mais aprimorada das possibilidades e dos limites da seleção natural. É irrefutável o importante papel da seleção natural como mecanismo de mudança evolutiva, mas não é o único mecanismo. Esses debates recentes oferecem uma nova perspectiva para a Biologia evolutiva, a Síntese Estendida (MEYER, EL-HANI, 2005; ALMEIDA; EL-HANI, 2010). Os avanços teóricos e empíricos da Síntese Estendida levaram à "compreensão do desenvolvimento, que deram origem à Biologia evolutiva do desenvolvimento (também conhecida como evo-devo)" (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 12).

Acreditava-se, anteriormente à relação da Biologia Molecular, Embriologia e Evolução, que organismos estruturalmente mais complexos deveriam ter mais genes envolvidos na regulação de seu desenvolvimento. Entretanto, a maior constatação da evo-devo é de que o modo como os genes e seus produtos interagem é, também, semelhante em organismos morfológicamente muito distintos. Ou seja, uma mosca e um humano utilizam a mesma caixa de ferramentas genéticas para se desenvolverem. Pesquisas moleculares realizadas na década de 1980 mostraram que os genes responsáveis pela

organização da constituição corporal dos organismos possuem homólogos na maioria dos animais (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Além desse processo de regulação gênica, a posição na qual ocorrem certos eventos dentro do embrião cumpre papel central, pois o desenvolvimento passa a ser entendido como a transformação de posição em forma. Essa posição pode ser espacial ou temporal, em que eventos desenvolvimentais ocorrem como um tipo de informação epigenética, a informação posicional. Outro detalhe importante se relaciona aos achados centrais da evo-devo, em que “as diferenças de complexidade e organização corporal dos animais estão relacionadas principalmente a mudanças nos padrões espaciais e temporais de regulação gênica” (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 14). Isso indica a existência de outros fatores que interferem na regulação gênica, fazendo com que mudanças fenotípicas não dependam de alterações genéticas. Além disso, questiona-se o papel do ambiente na mudança fenotípica:

[...] perguntas como “De que maneira o ambiente influencia processos ontogenéticos?”; “Como mudanças ambientais determinam a origem de novos fenótipos?” e “Como a evolução da ontogenia afeta o ambiente?” (re)posicionam o papel do ambiente dentro das concepções teóricas da Evolução e caracterizam uma área de pesquisa denominada Eco-Evo-Devo. (OLIVEIRA, *et al.*, p.326).

Segundo Oliveira *et al.* (2016) a eco-evo-devo apresenta-se como uma novidade teórica em decorrência de suas proposições e explicações acerca da origem da diversidade biológica visto que reitera o papel do ambiente no surgimento de novos fenótipos. O papel do ambiente é reconhecido e resgata a “ideia de que sua atuação na evolução das linhagens não se restringe exclusivamente à seletividade de fenótipos, mas incorpora também processos indutores de variação fenotípica dentro das populações” (OLIVEIRA, *et al.*, 2016, p. 326). Ou seja, o ambiente é capaz de propiciar variações no fenótipo, que posteriormente podem ser selecionados pela seleção natural, que podem ser explicados pelos conceitos de plasticidade fenotípica e construção de nicho.

Esses novos estudos e evidências não foram explicados pelos conceitos da Teoria Sintética, o que culminou na emergência de um novo programa de pesquisa progressivo, a Síntese Estendida da Evolução. Tem como núcleo firme a existência de processos envolvidos na diversificação dos seres vivos que vão além da seleção natural, além da perspectiva de DNA-centrista da Teoria Sintética. As discussões voltam-se principalmente para a origem da diversidade das formas orgânicas e para um pluralismo de processos envolvidos nas explicações causais da Evolução. Esse pluralismo de processos inclui, além da seleção natural e deriva gênica, sistema de herança epigenética (SHEs), distintos modos de especiação, plasticidade fenotípica e construção de nicho (JAMBLOKA; LAMB,

2010; ALMEIDA; EL-HANI, 2010; OLIVEIRA, *et al.*, 2016). A seguir são discutidos os principais mecanismos de mudança orgânica das espécies segundo a biologia evolutiva do desenvolvimento.

MECANISMOS EVOLUTIVOS DA SÍNTESE ESTENDIDA DA EVOLUÇÃO: SISTEMA DE HERANÇA EPIGENÉTICA (SHE), PLASTICIDADE FENOTÍPICA E CONSTRUÇÃO DE NICHOS

Embora as células do nosso corpo apresentem o mesmo material genético, suas funções e formas diferem umas das outras, as quais podem ser epigenéticas e não genéticas. Segundo Jablonka e Lamb (2010), os sistemas de herança epigenética (SHE) podem ser divididos em quatro tipos. O primeiro deles possibilita que células-filhas herdem padrões de atividade genética presentes na célula-mãe, o que ocorre quando o controle da atividade genética envolve 1. circuitos autossustentáveis de retroalimentação, que se referem às memórias da atividade genética. O segundo tipo de herança epigenética está relacionado com a estrutura da célula, diferente do primeiro que trata da atividade dos genes. Chama-se de 2. herança estrutural as memórias da forma, na qual algumas estruturas celulares podem ser herdadas porque as estruturas existentes guiam a formação de estruturas similares em células-filhas. O terceiro tipo de SHEs está ligado a informações presentes no cromossomo, são os 3. sistemas de marcação da cromatina, ou seja, memórias cromossômicas. O último tipo de SHEs refere-se à 4. interferência de RNA: silenciando os genes. Essa interferência leva ao silenciamento estável e herdável pelas células de genes específicos, que possuem características peculiares. Os SHEs, que fornecem a memória celular e permitem que as linhagens celulares mantenham suas características, foram uma das precondições à evolução do desenvolvimento complexo (JABLONKA; LAMB, 2010).

No que diz respeito às influências do ambiente nas mudanças fenotípicas, é discutido o conceito de plasticidade fenotípica. Caracteriza-se pela habilidade do organismo em produzir reações ao ambiente, como uma mudança morfológica ou uma taxa de atividade em resposta a um fator ambiental. Esse mecanismo possibilita a observação de uma relação explícita entre a variação fenotípica, a seleção natural e interferência ambiental. A plasticidade implica que a seleção pode operar em vários estágios da ontogenia e isso fornece uma chave explicativa para as circunstâncias em que as populações reagem rapidamente às condições de mudanças ambientais. Um exemplo disso são os casos de espécies de peixes, tartarugas e lagartos nos quais o sexo é determinado pela temperatura durante a incubação. Um mesmo ovo pode dar origem a uma fêmea ou a um macho, dependendo da temperatura local, ou seja, um genoma único pode gerar diferentes fenótipos dependendo dos sinais ambientais (CESCHIM,

OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016). Assim, o ambiente não representa somente um agente seletivo, uma vez que também está envolvido com a produção de fenótipos:

[...] atualmente, há um interesse na plasticidade como uma causa e não apenas como uma consequência da evolução fenotípica. A plasticidade do desenvolvimento, ou plasticidade fenotípica, é tradicionalmente entendida como característica geneticamente determinada em indivíduos, que podem evoluir sob seleção natural ou deriva genética. Nessa perspectiva, a plasticidade seria uma condição que promove, em ambientes variáveis, a evolução adaptativa em comparação aos organismos com fenótipos não plásticos (CESCHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2015, p. 15).

Outro processo indutor de variação fenotípica dentro das populações na Síntese Estendida da Evolução, é a teoria da construção de nicho, no qual “os organismos de um dado ambiente teriam a capacidade de manipulá-lo, atuando como “co-diretores” de seu próprio processo evolutivo e de outras espécies, podendo inclusive influenciar no modo de vida de seus descendentes”, chamada de herança ecológica (CORRÊA, et al., 2011, p. 4).

Os organismos descendentes herdam o legado de seus antepassados, por meio da modificação efetuada pelos últimos em seu ambiente. Segundo Jablonka e Lamb (2010), os SHEs têm papel fundamental em adquirir e transmitir informações, no aprendizado social e na evolução das tradições animais. Um exemplo são os ratos-pretos na floresta de pinheiros:

[...] a mudança na dieta significa que eles podem passar a maior parte do tempo nas árvores, construindo seus ninhos e cuidando de seus filhotes. Ao aprenderem como extrair as sementes das pinhas, os ratos construíram para si mesmos um ambiente muito diferente dos outros ratos-pretos. Se esse hábito arborícola continuar por várias gerações, quaisquer variações socialmente aprendidas ou genéticas que tornem os ratos mais adaptados a viver nas árvores serão selecionadas. [...] Dessa forma, um novo hábito pode resultar na construção de um nicho alternativo no qual os animais e sua prole são selecionados. Os animais, portanto, não são apenas objetos passivos de seleção, pois suas próprias atividades afetam o valor adaptativo de suas variações comportamentais (JABLONKA; LAMB, 2010, p. 210).

Os três principais conceitos da Síntese Estendida da Evolução discutidos brevemente – sistema de herança epigenética, plasticidade fenotípica e construção de nicho – constituem as hipóteses auxiliares e o cinturão protetor do núcleo firme deste programa de pesquisa contemporâneo. Visto que, visam proteger o núcleo firme, ou seja, são explicações que afirmam a ideia de que há uma pluralidade de mecanismos envolvidos nas mudanças fenotípicas das espécies, reafirmando também a macroevolução, em tempos e taxas maiores.

Resgatando a explicação de Lakatos para estrutura da ciência, mais especificamente a competição entre programas de pesquisa, citamos o trecho da pesquisa teórica de Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p.13), no qual ponderam:

As informações obtidas por meio de pesquisas de genes reguladores do desenvolvimento, [...] de influências ambientais sobre o fenótipo e de influências do organismo no ambiente não só complementam o arcabouço teórico evolutivo por acrescentar novos fatores com poder explicativo, mas **reestruturam** – ou deveriam reestruturar – toda a forma de interpretar processos evolutivos já consolidados. Inicialmente, é preciso ratificar que na Síntese Estendida da evolução, a seleção natural e a deriva genética ainda permanecem como processos capazes de alterar proporções genéticas em populações, assim como as mutações e as recombinações gênicas permanecem como fontes de variações. Sendo assim, o pensamento evolutivo contemporâneo não representa uma negação ou ruptura com prestígio conceitual dos últimos quadros teóricos da biologia evolutiva. É igualmente importante ressaltar que os conhecimentos sustentados pela Eco-evo-devo não são meros acréscimos ou conhecimentos “complementares”, pois têm atuações sistêmicas o que, necessariamente, irroga a reinterpretção e a articulação de tais conceitos ao quadro teórico da Teoria Sintética (CECHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016, p. 13).

A abordagem teórica da Síntese Estendida suscita rupturas pontuais com questões defendidas pela Teoria Sintética, o gradualismo, a microevolução e a seleção natural como fator causal de adaptações. Havendo, dessa forma, um embate de origem epistemológica e empírica entre o núcleo firme da Teoria Sintética e a Síntese Estendida, visto que os conceitos da eco-evo-devo, plasticidade fenotípica, construção do nicho e herança inclusiva, são incompatíveis com as premissas do gradualismo¹, da microevolução² e da adaptação entendida necessariamente como subproduto da seleção natural. Não porque tais fatores deixaram de ser considerados pela Síntese Estendida, mas porque a Teoria Sintética defende a exclusividade de tais possibilidades evolutivas (CECHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016).

Retomando os questionamentos do início da discussão, que “atingem” o núcleo firme da Teoria Sintética, a seleção natural explica todos os fenômenos evolutivos? As grandes mudanças que vemos na história da vida (que são chamadas de “macroevolução”) podem ser explicadas apenas a partir da ação da seleção natural dentro das populações (o que chamamos de “microevolução”)? O processo evolutivo é sempre gradual ou ele pode ocorrer, de tempos em tempos, a taxas mais rápidas?

O gradualismo e microevolução como meios exclusivos pelos quais os caminhos evolutivos ocorrem não são asserções coerentes dentro da Síntese Estendida, uma vez que são contemplados mecanismos que compreendem taxas variáveis de mudança. Os saltos podem ocorrer, por exemplo, porque mutações em genes que têm grande controle na regulação gênica podem resultar em efeitos significativos. A biologia evolutiva do desenvolvimento rompe com o gradualismo estrito para explicar inovações morfológicas que acontecem em curtos períodos de tempo. (CESCHIM, OLIVEIRA, CALDEIRA, 2016, p. 22).

1 É a defesa de que transições fenotípicas acontecem em pequenos passos.

2 Microevolução é definida como as frequências gênicas e distribuições de características mudam ao longo das muitas gerações de uma população. Macroevolução leva em conta o tempo geológico, toda a diversidade biológica, conforme expressa nos grandes padrões mostrados na árvore da vida (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Diante disso, percebe-se que as principais discordâncias de ambos programas de pesquisa estão os conceitos de gradualismo e microevolução, como mudança exclusiva da mudança orgânica que a Teoria Sintética defende. Além disso, outra ruptura importante que impulsionou a regressão desse programa de pesquisa e emergência de um novo, é a perda da exclusividade da seleção natural na explicação da complementaridade organismo-ambiente, ou seja, na explicação de adaptações.

REFLEXÕES FINAIS

A ciência avança na permanente substituição de programas de investigação científica regressivos por programas de investigação progressivos, no qual as teorias são substituídas quando a substituta apresenta mais informações do que a anterior. No entanto, substituir uma teoria não quer dizer que ela é falseada (LAKATOS, 1989). Esse é o caso da Teoria Sintética da Evolução, pois seus principais conceitos, seleção natural e deriva genética, não são falseados. Na Síntese Estendida esses conceitos são necessários para compreensão de mudanças e adaptações dentro de populações, sendo que o núcleo firme defende uma pluralidade de processos envolvidos nas explicações causais da Evolução, com a inclusão dos conceitos: sistema de herança epigenética, plasticidade fenotípica e construção de nicho.

Ademais, assim como afirma Lakatos, a revolução científica é racional porque se dá quando um programa supera o outro. E essa superação não ocorre de maneira rápida, por isso muitas vezes os programas funcionam juntos (SILVEIRA, 1996). Podemos inferir que talvez seja em decorrência disto que os cursos de formação de biólogos, incluindo licenciados e bacharéis, bem como no próprio ensino da evolução biológica na educação básica, ainda é na perspectiva da Teoria Sintética. E na maioria das vezes, é apresentado pelos livros didáticos utilizados tanto na educação básica como na formação inicial, como sendo o único ou principal eixo teórico para explicar o processo evolutivo.

Por fim, entende-se que a Síntese Estendida, mais pluralista, pauta-se na ideia de que, ao passo que as características têm suas distribuições modificadas ao longo das gerações de uma população, por seleção natural, processos mais rápidos, como alterações no desenvolvimento, e na sua regulação, tem um papel importante. Com a eco-evo-devo tem-se uma explicação mais completa e consistente sobre a origem das formas sobre as quais a seleção natural pode atuar. Além disso, com a integração da biologia molecular, promoveu-se um entendimento mais completo das grandes transições evolutivas, bem como da construção dos planos corporais e do surgimento de novidades evolutivas. De forma geral, entende-se que o desenvolvimento embrionário e o ambiente, estão intimamente relacionados com a evolução das espécies.

Enfatiza-se, portanto, a necessidade de compreender a pluralidade dos mecanismos evolutivos, que vão além da seleção natural, e que podem estar envolvidos desde o desenvolvimento embrionário das espécies. Assim, justifica-se a necessidade de reflexões epistemológicas na busca por maneiras de incluir esses novos entendimentos a respeito da biologia evolutiva no ensino de evolução e na formação de professores, visto que a concepção integrada dos fenômenos naturais e processos biológicos ocorre mediante a compreensão da Evolução Biológica.

Referências

- ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-40, 2010.
- ARTHURY, L. H. M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- CESCHIM, B.; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. C.; Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. *Filosofia e História da Biologia*, v. 11, n. 1, p. 1-29, 2016.
- CORRÊA, A. L.; NUNES, P. D. S.; CALDEIRA, A. M. D. A.; CAVASSAN, O. Proposta de aproximação entre a evo-devo e a teoria da construção do nicho: perspectiva histórico-epistemológica para o ensino de biologia. *Anais... V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)*, 2011.
- FUTUYMA, D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade**. Sociedade Brasileira de Genética, São Paulo, 2002.
- JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. Companhia das Letras, 2010.
- LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1989.
- MAYR, E. **O que é Evolução**. Rocco, Rio de Janeiro, 2009.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2005.
- OLIVEIRA, T. B.; ROCHA, F. B.; KOHLSDORF, T.; CALDEIRA, A. M.A. Eco-Evo-Devo: uma (re) leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. *Filosofia e História da Biologia*, V. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.
- REECE, J. B.; WASSERMAN, S. A.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B. **Biologia de Campbell**. Artmed Editora, 2015.
- SILVEIRA, F. L. da. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno catarinense de ensino de física*. Florianópolis. Vol. 13, n. 3 (dez. 1996), p. 219-230, 1996.

Recebido em: 08/03/2020

Aceito em: 01/11/2020

Endereço para correspondência:

Nome: Kamilla Zabotti

Email: kmizabotti@gmail.com



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).