

NOVA SÍNTESE PARA A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: O Discurso dos Acadêmicos de Licenciatura em Ciências Biológicas

Aline Alves da Silva¹
Lourdes Aparecida Della Justina²
Maria Júlia Corazza³

RESUMO

O pensamento evolutivo está mudando com o surgimento de uma nova síntese devido ao desenvolvimento de pesquisas que ampliam a forma como se compreendem os aspectos biológicos. Este artigo teve como objetivo compreender a constituição discursiva de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas licenciatura, referente à síntese estendida da evolução. Para tanto, foi solicitado aos acadêmicos que, diante de afirmativas referentes à teoria da evolução, se posicionassem concordando ou não com tais afirmativas e, após, justificassem o porquê de seus posicionamentos. Com a análise do discurso (AD), foi possível perceber que os estudantes em estudo foram apresentados às pesquisas que ampliam os conhecimentos biológicos referentes à evolução. Entretanto, ainda necessitam de uma compreensão mais ampliada referente à síntese estendida e a seus processos, a fim de possibilitá-los a compreender os fenômenos relacionados à evolução biológica de forma integrada.

Palavras-chave: Síntese estendida da evolução; formação de professores; análise do discurso.

NEW SYNTHESIS FOR BIOLOGICAL EVOLUTION: THE DISCOURSE OF UNDERGRADUATE ACADEMICS IN BIOLOGICAL SCIENCES

ABSTRACT

Evolutionary thought has been changing with the occurrence of a new synthesis due to the development of research that broadens the way in which biological aspects are mostly understood. Thus, this study aims at understanding the discursive constitution of undergraduate academics, of two biological sciences courses, referring to the extended synthesis of evolution. So, these academics were asked to, based on the statements concerning the theory of evolution, decide whether or not they agreed with such statements and, afterwards, justify using their reasons. According to the discourse analysis (DA), it was possible to observe that the academics under study were presented to research that expands the biological knowledge regarding evolution. However, they still need a broader understanding regarding extended synthesis and its processes, in order to enable them to understand the phenomena related to biological evolution in an integrated way.

Keywords: Extended synthesis of evolution, teachers' training, discourse analysis.

Submetido em: 2/3/2021

Aceito em: 31/5/2022

¹ Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-1481-1042>

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel/PR, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-6013-7234>

³ Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5527-9932>

INTRODUÇÃO

A evolução biológica em sala de aula é um tema bastante discutido em pesquisas do meio acadêmico. Vale ressaltar que, em 1973, Dobzhansky destacava a importância do papel da teoria evolutiva para que os conteúdos biológicos fossem compreendidos de forma integrada e é dele a famosa frase “nada em biologia faz sentido, exceto à luz da evolução” (Dobzhansky, 1973).

As ciências biológicas são formadas de vários conhecimentos inerentes ao ambiente e à complexidade de sua constituição. Meghioratti (2004) resalta que essa característica não pode ser vista como um mero “acúmulo” de informações sem conexão, mas sim como um emaranhado de conhecimentos que se inter-relacionam. Desta forma, a biologia evolutiva estabelece a relação necessária para compreender a totalidade de informações e fornece sentido ao conhecimento biológico em sua integralidade.

Meyr e El-Hani (2005, p. 10) ressaltam que “não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados na sala de aula de biologia, enquanto as ideias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico”. Assim, é importante ressaltar que os conhecimentos biológicos precisam ser trabalhados de forma integral e em sua totalidade e, para isso, a teoria da evolução pode ser utilizada como um eixo integrador, que facilite a compreensão da biologia.

Entretanto, essa teoria vem sofrendo interferências de outras áreas do conhecimento, que fazem com que os cientistas repensem como seus conceitos são apresentados. Jablonka e Lamb (2010, p. 9), no prólogo de apresentação do livro denominado *Evolução em Quatro Dimensões*, destacam “[...] o pensamento biológico sobre a hereditariedade e a evolução está sofrendo uma mudança revolucionária. O que surge agora é uma nova síntese que desafia a visão centrada no gene do neodarwinismo, conceito dominante no pensamento biológico nos últimos cinquenta anos”. Com essa constatação, cabe questionar quais seriam esses conhecimentos que alteram uma das teorias mais consolidadas do meio científico.

São inúmeros os trabalhos que defendem que existe a necessidade de se expandir essas fronteiras da teoria evolutiva, tais como Gould (2002), Jablonka e Lamb (2010), Pigliucci e Muller (2010), Laland *et al.* (2015), entre outros. As mudanças, propostas pelos pesquisadores, apontam que precisa haver tanto uma reinterpretação como uma releitura dos conhecimentos consolidados da teoria evolutiva que refletirão, por exemplo, nas causas da variação onde a seleção natural atua. E, mesmo que tal seleção não ocorra, com a interferência dos próprios organismos que, ao modificarem o ambiente onde vivem, influenciam na direcionalidade da seleção. Portanto, levando-se em consideração as atualizações e os aprofundamentos que aconteceram em estudos, como a biologia do desenvolvimento, epigenética, construção de nicho e na direcionalidade da plasticidade fenotípica exercida pelo ambiente, questiona-se a necessidade de se estender as fronteiras dessa teoria.

Diante deste cenário, ao pensar a formação de professores de biologia perante a importância da teoria evolutiva frente à compreensão da biologia em sua totalidade e

sua construção constante, é possível que se estabeleçam questionamentos, tais como: o discurso dos professores da formação inicial se aproxima de uma biologia integrada? Os professores dos cursos de Ciências Biológicas das universidades brasileiras possuem conhecimentos referentes às atualizações da teoria evolutiva? E as didáticas e metodologias utilizadas por esses professores são eficientes para a construção de conhecimentos integrados referentes às Ciências Biológicas?

Assim, este artigo buscou a constituição discursiva de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas licenciatura com o objetivo de compreender estas indagações referentes à síntese estendida da evolução. E deteve-se em analisar, mediante a teoria de análise do discurso da linha francesa, as justificativas apresentadas à decisão de concordar ou discordar de afirmativas contendo conhecimentos provenientes da teoria evolutiva.

NUANCES DE UMA SÍNTESE ESTENDIDA PARA A TEORIA DA EVOLUÇÃO

Sobre a ótica da Síntese Moderna, “[...] a evolução biológica resulta do somatório de diversos processos, como mutação, deriva genética, migração e seleção natural, os quais em conjunto alteram as frequências alélicas dentro e entre as populações ao longo das gerações” (Lorfeu ; Kohlsdorf , 2015, p. 12). Entretanto, atualmente, outros conhecimentos vêm sendo incorporados a essa síntese, motivo que levou os cientistas a promoverem discussões a respeito da construção de uma extensão para a compreensão do pensamento evolutivo.

É necessário apresentar um panorama dessas discussões em meio acadêmico, já que nesse artigo será trabalhada a constituição discursiva dos acadêmicos formandos em Ciências Biológicas referente à teoria da evolução. Conforme Brasil (2011, p. 174), “para a análise de discurso, o sujeito é o resultado da relação existente entre história e ideologia. O sujeito, na teoria discursiva, se constitui na relação com o outro, não sendo origem do sentido, está condenado a significar e é atravessado pela incompletude”. Desta forma, é preciso perceber o momento histórico no qual esses acadêmicos estão sendo formados, e qual é a ideologia predominante no meio acadêmico para o tema estudado.

Sabe-se que o primeiro encontro de cientistas para discussão da construção de uma síntese estendida para a evolução ocorreu em 2008, na cidade de Altenberg, da Alemanha, e foi organizado por Massimo Pigliucci. Essas discussões resultaram em um livro – *Evolucion: the extended synthesis* (Evolução: a síntese estendida) – publicado em 2010. Como esse encontro ocorreu recentemente, provavelmente, ainda não esteja integrado ao discurso predominante no meio científico, visto que ocorre uma demora⁴ para que um discurso se torne parte da constituição dos sujeitos.

⁴ A noção de “demora” no tempo, na transposição didática, foi assumida desde os trabalhos iniciais de Chevallard [...] esta noção de demora entre o “saber sábio” e o “saber escolar” é normalmente associada à inovação num dado campo do saber, que se torna obsoletas as concepções anteriores, as quais continuam a ser ensinadas no saber escolar. [...] mas a “demora” entre o “saber sábio” e o “saber escolar” não se limita a obsolescência do saber, implica a influência de diversas instituições para a legitimação, ou não dos novos objetos do saber a serem ensinados. CARVALHO, G. S. A transposição didática e o ensino de Biologia. In: Caldeira, A. M. A.; Araújo, E. S. N. N. (ORG). *Introdução à Didática de Biologia*. Editora Escrituras, São Paulo, 2009.

Atualmente, a formação ideológica presente no meio acadêmico é evidenciada por Pligliucci e Muller (2010), ao destacarem que muitos biólogos conservadores ainda possuem resistência em aceitar a necessidade emergente de se ampliar a Síntese Moderna. Os motivos para tais argumentos podem estar na hipótese de que muitos desses estudiosos foram atualizando seus pensamentos para além dessa teoria, sem mesmo perceberem que estavam fora de seus limites originais. Destacam que esse pensamento pode estar diretamente relacionado ao fato de que muitos desses profissionais não têm tempo para ler os artigos, nem mesmo os livros que solidificaram e moldaram a síntese moderna durante os anos 1930 e 1940. Além disso, eles não perceberam o quanto seus conhecimentos se distanciam da síntese moderna original.

Houve alterações no pensamento evolutivo devido às pesquisas em genética molecular, área que se desenvolveu rapidamente com as pesquisas desenvolvidas que culminaram com a publicação do artigo sobre o modelo da dupla hélice do DNA⁵ (ácido desoxirribonucleico), descrito por Watson e Crick, na revista *Nature*, em 1953. A biologia molecular teve um grande desenvolvimento nas últimas décadas do século passado e também nas primeiras do presente século. Esse avanço trouxe, além de ferramentas e metodologias para estudo, um acúmulo de novas informações, conhecimentos que provocaram e estão provocando grandes mudanças conceituais na evolução. Estudos moleculares, por exemplo, sobre o silenciamento gênico, estão fornecendo evidências que demonstram que o que muitos pesquisadores falavam antes sobre o desenvolvimento, sobre a informação para além do DNA, sobre o acaso, sobre o gradualismo x saltacionismo etc., realmente podem ocorrer, ou seja, elas arranham o que tínhamos até então na Síntese Moderna.

Atualmente, busca-se a construção da síntese estendida da evolução, que tem seu arcabouço teórico embasado nos conhecimentos referentes à síntese moderna e em pesquisas mais recentes que auxiliam a compreensão de como ocorre o processo de evolução. Com as informações que existem até hoje, a evolução passa a envolver resultados de pensamentos e pesquisas referentes à biologia do desenvolvimento, como a epigenética e a plasticidade fenotípica, questões ecológicas como o nicho construído.

A despeito de ainda considerada o paradigma corrente da teoria evolutiva, hipóteses acessórias à Síntese Moderna foram desenvolvidas nos últimos cinquenta anos. Desde o neutralismo de Motoo Kimura, que descreveu como a mudança nas frequências genotípicas das populações ocorreria a partir de eventos estocásticos sem componente seletivo, sabe-se que é preciso incorporar outros mecanismos e processos além da seleção natural para explicar a origem e diversificação dos organismos (Silva; Santos, 2015, p. 52).

Desta forma, cientistas como Pligliucci e Muller (2010), Laland *et al.* (2015), Jablonka e Lamb (2010), dentre outros, defendem uma expansão da síntese, visto que compreendem que diversos ramos da biologia foram deixados inteiramente fora da síntese moderna e um deles é a biologia do desenvolvimento (Gabriely; Santos, 2019). A biologia do desenvolvimento – Evo-Devo – que está em evidência nos dias atuais

⁵ Artigo original disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5662058/mod_resource/content/0/Molecular%20Structure%20of%20nucleic%20acids_%20Watson%20e%20Crick1953.pdf acesso em: 02/12/2020.

é um campo que surgiu com o desenvolvimento da biologia molecular e reúne esses conhecimentos da biologia molecular com os de evolução, genética, embriologia etc., com o objetivo de explicar como se originam as formas biológicas, como surgem as variações e como elas promovem a diversidade. E, assim, buscar compreender como o ambiente pode influenciar o desenvolvimento. Este tema será tratado com mais detalhes no tópico denominado “Biologia do Desenvolvimento e evolução”.

Gabrielly e Santos (2019, p. 72) fazem uma adaptação de Laland *et al.* (2015) na elaboração de um quadro comparativo das mudanças nas compreensões que ocorrem da Síntese Moderna para a Síntese Estendida, quadro esse que apresentamos na sequência.

Quadro 1: Comparativo entre a Síntese Moderna da Evolução e a Síntese estendida

| Síntese Moderna da Evolução | Síntese Estendida da Evolução |
|---|---|
| Os genes constituem o único sistema de herança. | A herança vai além dos genes, abrangendo a epigenética e a herança ecológica e fisiológica. |
| A variação genética é aleatória. | A variação não é aleatória, ou seja, algumas variantes são mais prováveis que outras. |
| O principal agente influenciador da evolução é a seleção natural, que por si só explica os conceitos adaptativos. | Os organismos moldam e são moldados por ambientes seletivos. Processos de desenvolvimento operam juntamente com a seleção natural. |
| Gradualismo. Transições fenotípicas ocorrem através de pequenos passos. | Variantes de grande efeito são possíveis e permitem uma mudança rápida. |
| A construção de nicho é reduzida a aspectos geneticamente controlados de fenótipos ou adaptações. | A construção de nicho é tratada como um processo que direciona a evolução pela modificação não aleatória de ambientes seletivos. |
| Os processos de macroevolução são explicados por processos microevolutivos, deriva e fluxo gênico. | Processos evolutivos adicionais como tendências de desenvolvimento e herança ecológica ajudam a explicar processos macroevolutivos. |

Fonte: Gabrielly; Santos (2019, p. 72), adaptado de Laland *et al.* (2015).

Assim, ao se analisar o quadro acima, é possível perceber que a construção do pensamento evolutivo perpassa por variados conhecimentos científicos que possibilitam a compreensão da evolução de forma dinâmica. Uma vez que as principais mudanças que temos são decorrentes de pesquisas que apontam que as informações hereditárias estão além dos genes, as características adquiridas podem ser herdadas (epigenética), mas, nem todas as variações hereditárias são aleatórias. A seleção natural e a deriva genética não são os únicos fatores causais da evolução e podem ter ocorrido saltos nas mudanças evolutivas, dentre outros.

Um exemplo é a evolução gradualista que foi questionada, já em 1940, pelo geneticista alemão Richard Goldschmidt, visto que em registros fósseis não eram encontradas formas intermediárias para os seres vivos conhecidos atualmente. Goldschmidt⁶ propôs que novas espécies surgem por macromutações e não por efeitos

⁶ Fala sobre as falhas nos registros fósseis em: GOLDSCHMIDT, R. *The Material Basis of Evolution*: New Haven-CT: Yale University Press, 1940.

cumulativos de mudanças resultantes da seleção natural (Meyer; El - Hani, 2005). Entretanto, as pesquisas atuais podem auxiliar na compreensão de como surgem essas novas espécies de forma abrupta nos registros fósseis, mediante mudanças que possibilitam a evolução ocorrer de forma saltatória.

Haja vista as reformulações do conhecimento acadêmico acerca da evolução biológica nas últimas décadas, este artigo buscou compreender a constituição discursiva de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas – licenciatura, referentes à síntese estendida da evolução. Desta forma, no tópico seguinte, será apresentada uma breve descrição de pesquisas que estão sendo incorporadas à Teoria da Evolução, cujo objetivo acadêmico consiste em complementá-la para melhor compreender os processos evolutivos.

BIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO E EVOLUÇÃO

O desenvolvimento foi denominado por algum tempo de “recapitulação” e associado ao nome de Ernest Haeckel, no século XIX e início do século XX. Essa linha de pensamento também foi apoiada por vários biólogos da época (Ridley, 2004), entre eles Willam Bateson.

Durante o século XIX, a relação entre a embriologia (ramo da biologia que estuda o desenvolvimento) e a evolução foi estudada por grande parte dos pesquisadores, sendo William Bateson (1861 – 1926) um dos entusiastas dessa interligação. Entretanto, esse encantamento se desfez ao saber e compreender a ligação entre a teoria da evolução de Darwin e a redescoberta dos estudos de Mendel. Então, em 1922, Bateson publicou o trabalho denominado de *Evolutionary Faith and Modern Doubts*, no qual acabou com o pensamento que estabelecia a ligação entre embriologia e evolução (Vieira, 2017). Com o “desinteresse” de cientistas para estabelecerem essas ligações, os conhecimentos relacionados ao desenvolvimento biológico ficaram aquém da Teoria Sintética da Evolução, ou seja, a Síntese Moderna.

Desta forma, atualmente, os cientistas percebem a necessidade dessa integração entre a biologia do desenvolvimento e a evolução, o que acarreta uma dedicação especial a esses estudos que atualmente é denominado de EVO-DEVO, campo (ou área) de estudos e pesquisa que se centra nos organismos multicelulares nos quais as inovações e variações fenotípicas decorrem principalmente na morfogênese. Assim, não é possível separar desenvolvimento e evolução, visto que a seleção natural atua no repertório disponível de variantes produzidas pelo desenvolvimento que são resultados variados das vias do desenvolvimento herdadas de seus ancestrais (Santos; El- Hani, 2013).

Mas, para discutir sobre desenvolvimento, antes é necessário entender como os biólogos desenvolvimentistas constroem suas indagações, pois, a ciência se desenvolve na tentativa de buscar respostas a questões de difícil complexidade. Segundo Gilbert (2003), os pesquisadores do desenvolvimento buscam compreender o processo de vir a ser de um embrião e cita, como exemplo a determinação sexual XX para fêmea e XY para macho. O autor também argumenta que um biologista desenvolvimentista pretende entender como o genótipo XX produz fêmeas e como o genótipo XY produz machos.

Gilbert (2003) usa ainda mais um exemplo para explicar como um biólogo desenvolvimentista reflete sobre esse vir a ser:

Da mesma maneira, um geneticista gostaria de saber como os genes globina são transmitidos de uma geração à outra, e um fisiologista pode fazer perguntas sobre a função da globina no corpo. Porém, o biólogo do desenvolvimento pergunta por que os genes globina se expressam somente nas hemácias e como essas se tornam ativas apenas em certas fases do desenvolvimento (ainda não sabemos as respostas) (Gilbert, 2003, p. 1).

Vieira (2017), ao citar Lewis (1978), Gehring (1985), (1998) Averof (1997), Grenier *et al.* (1997) e Carroll (2008), ressalta que a intenção de inserção dos estudos referentes ao desenvolvimento do organismo na teoria da evolução não ocorre por mero acaso. Pois, apesar de haver estudos anteriores referentes à influência do desenvolvimento biológico na evolução, foi em 1978, quando Lewis publicou o artigo, considerado um marco na EVO-DEVO, intitulado *A Gene Complex controlling segmentation in Drosophila* (Um complexo de genes que determinam a segmentação em *Drosophila*). Foi com base neste artigo, apresentado à comunidade científica em 1978, que se iniciou a compreensão do que seriam os genes homeóticos (Hox).

Os genes Hox se apresentam como uma sequência conservada de 180 pares de bases, presente em todos os animais, todas as plantas e fungos. Eles estabelecem os padrões como o eixo anteroposterior, na especificação de quais regiões do indivíduo devem ser cabeça e onde será a extremidade da cauda. Assim, “[...] os genes homeóticos apenas endereçam as regiões e os planos corporais, a estrutura final será dada pela ação de diversos outros genes” (Vieira, 2017, p. 223). Então, os genes Hox seriam como “engenheiros” que especificam onde cada segmento do organismo deve ser construído.

Mesmo na década de 1970, já era possível perceber que o processo de desenvolvimento de um organismo (ou dos organismos) apresentava nova perspectiva para entendimento da evolução, conhecimentos que hoje fazem parte do que vem sendo denominado de Teoria da Síntese Estendida. Como parte desta teoria, a biologia do desenvolvimento, ou Evo-Devo, está contribuindo para o estudo da evolução ao mostrar que simples mudanças na regulação da expressão dos genes podem acarretar mudanças fenotípicas, levando ao surgimento de novas características em indivíduos que diferem “das médias morfológicas das populações às quais pertencem” (Santos; El- Hane, 2013, p. 202).

Segundo Ridley (2004), essa teoria (EVO-DEVO) possibilita a compreensão de que as fases do desenvolvimento embrionário do organismo correspondem à história filogenética da espécie. O autor apresenta como exemplo a aparência transitória de estruturas semelhantes a fendas branquiais no desenvolvimento embrionário de mamíferos, as quais seriam referentes à evolução dos mamíferos, oriundas de sua ancestralidade comum aos peixes. Assim, a evolução teria prosseguimento, mediante adição sucessiva de novas etapas ao final do desenvolvimento, denominada de adição terminal.

Deste modo, a evolução por desenvolvimento (recapitulação) não ocorre sempre da mesma forma, pode haver exceções, e algumas “características novas ou modificadas podem ser introduzidas em estágios mais iniciais de desenvolvimento” (Ridley, 2004,

p. 595). Porém, em outra forma, isso acontece “quando os membros de uma espécie evoluem para a reprodução em uma fase mais precoce do desenvolvimento” (Ridley, 2004, p. 596).

A formação de um organismo final é dependente da posição das células no embrião. Essas células iniciais do embrião são totipotentes, ou seja, têm a capacidade de formar qualquer parte do corpo do organismo dependendo da expressão de seus genes. E, com o passar do tempo, elas terão seus futuros cada vez mais especificados, mas, para que isto acontecesse, muitos processos foram necessários para se chegar a esse ponto. Esses processos são responsáveis por seguir determinados padrões de expressão gênica e dependendo de sua localização no embrião, esses padrões são estabelecidos pela regulação do desenvolvimento. Portanto, conforme o embrião vai se desenvolvendo em compartimentos cada vez mais específicos, as células presentes nessas partes passam a ter seus futuros cada vez mais delimitados, ou seja, diminuem sua capacidade totipotente, e, por fim, passam a integrar a formação das estruturas orgânicas em posições específicas (Almeida; E I-H ani, 2010).

O desenvolvimento também ocorre pelo processo de briclonação, no qual “genes preexistentes participam da construção de uma nova estrutura” (Meyer, E I- Hani, 2005, p. 101). Para explicar o que seria a briclonação, os autores descrevem o exemplo dos genes que controlam o desenvolvimento dos apêndices:

Essa briclonação é possível se os genes que regulam processos de desenvolvimento estiverem “ligando” e “desligando” genes diferentes, em espécies diversas. Ou alternativamente, se o momento ou local em que são expressos muda, criando assim a possibilidade de produzir estruturas diferentes, ainda que usando a mesma maquinaria. [...] a formação de apêndices em vertebrados se inicia com a atividade de um conjunto de genes que estimula o desenvolvimento dessas estruturas, mas sem que haja uma diferenciação entre os apêndices anteriores e posteriores. A seguir, nos mais diversos animais, ocorre a expressão diferencial de outro conjunto de genes (Tbx5 nos anteriores e Tbx4 e outros nos posteriores), que leva à diferenciação entre apêndices. A etapa final ainda não é completamente conhecida, mas há uma proposta de como ela ocorre: em diferentes espécies, o Tbx5 estaria modulando a expressão de genes diferentes. Assim, em aves, ele desencadearia uma cascata de eventos que levam à formação de uma asa, enquanto em mamíferos, ele estimularia outro conjunto de genes que levaria à formação de um antebraço (Meyer, E I- Hani, 2005, p. 100).

A partir dos conhecimentos sobre desenvolvimento embrionário e como eles podem atuar formando variação, sendo influenciados por diversos fatores que não somente a leitura de um código, atualmente, não há como se pensar a evolução sem a inclusão do desenvolvimento, pois esse é agente ativo na formação de organismos, os quais serão sujeitos no processo evolutivo. Como é possível observar na ligação existente, entre a seleção natural e o desenvolvimento, os quais desempenham papel importante na construção da diversidade biológica, pois “com certeza há formas que são viáveis do ponto de vista do desenvolvimento, mas que foram removidas por seleção; certamente também há formas que simplesmente não podem ser criadas com base nos mecanismos de desenvolvimento que existem” (Meyer; El-Hani, 2005, p.104).

PLASTICIDADE FENÓTIPICA

Conforme Simon (2010, p.4), se estamos pensando em plasticidade fenotípica é porque “[...] compreendemos que o ambiente, além de selecionar variantes fenotípicas, produz os variantes por meio de sua interação com a genética. Ou seja, a variação ambiental contribui para a variação fenotípica, o substrato da seleção natural”. Assim, o ambiente tem a capacidade de modular os fenótipos constituídos, produzindo variação e, conseqüentemente, atuando nos processos de evolução.

De acordo com Rocha (2013), são duas as concepções de plasticidade fenotípica: a primeira é definida como um processo do desenvolvimento capaz de produzir evolução adaptativa; enquanto a segunda é considerada uma forma de caráter quantitativo, capaz de ser mensurado como qualquer outro, mediante norma de reação. Assim, podemos perceber no discurso do autor a possibilidade de compreensão da plasticidade fenotípica como algo dinâmico e direcionado conforme as vivências do organismo desde seu desenvolvimento embrionário até sua formação completa e ainda, outra forma de ver a plasticidade fenotípica consiste na compreensão de que ela pode ser mensurada observando o genótipo do indivíduo.

Entretanto, conforme Dewitt e Scheiner (2004), o problema de uma definição muito abrangente está no fato de que todos os processos biológicos são, em parte, influenciados pelo ambiente. Desta forma, todas as abordagens podem cair no campo da plasticidade. Isso pode não apresentar problemas, desde que a questão a ser abordada seja a plasticidade com o foco na interação genótipo-ambiente. Assim, essa magnitude de escopo reforça o pensamento de que um valor de característica específico, conforme observado em determinado ambiente, continuamente se processa em um caso especial de um relacionamento potencialmente mais complexo. Portanto, observações fenótipo-ambiente específicas são um fragmento de um espaço multidimensional. Com essa forma de perceber a plasticidade, é possível promover o lembrete constante e útil de que determinadas distribuições de fenótipo podem se aplicar apenas ao ambiente em que a observação está sendo conduzida. Extrapolação além de determinadas condições deve ser justificada e não assumida como verdadeiras.

Desta forma, para se pensar a plasticidade fenotípica, é necessário entender que ela pode sim permear pela compreensão de outros conhecimentos biológicos que possuem como foco de estudo a interação genótipo-ambiente-fenótipo. É possível perceber o entrelace entre os conhecimentos biológicos quando pensamos que o ambiente é muito mais do que agente seletor, ao contrário, ele atua ainda como “produtor” de fenótipos variáveis passíveis de seleção. Essa afirmação pode ser verificada em Lorfeu e Kohlsdorf (2015):

A Teoria Evolutiva tradicionalmente aborda o ambiente apenas como agente seletor de variação fenotípica. Um acúmulo crescente de evidências sugere, entretanto, um papel adicional do ambiente no processo evolutivo: o de induzir variação fenotípica. A presença de plasticidade em vias de desenvolvimento expõe a variação genética existente que estaria “escondida” em outra condição ambiental. Nesse modelo de evolução adaptativa, a plasticidade fenotípica atua juntamente com a variação genética

nos processos que originam novos fenótipos em uma população (Lorfeu; Kohlsdorf, 2015, p. 11).

Como é apresentado pelas teorias, os organismos têm a capacidade de interferir no ambiente modificando-o e, com isso, coevoluem, pois essas alterações geram pressões seletivas que podem interferir em sua expressão fenotípica. Assim, é necessário considerar essas capacidades quando se pensa em teoria da evolução.

EPIGENÉTICA

Os cientistas do desenvolvimento, até meados dos anos 1970, debruçaram-se em suas pesquisas para entender como as células se diferenciam para formar variados tecidos e órgãos, visto que todas elas possuíam o mesmo código genético. Buscavam compreender os sinais que ligavam e desligavam determinados genes e a cascata de reações que se seguiam e permitiam que células, em determinadas regiões, se especializaram em determinadas funções e, em outros lugares, se especializam em funções diferentes. Portanto, enfatiza-se em como as células se especializam e não havia preocupação em verificar como as células se mantinham em seus padrões epigenéticos e, posteriormente, repassavam esses mesmos padrões às células filhas (Jablonka; Lamb, 2010).

Assim, em 1975, foram publicados dois artigos de autores diferentes, um de autoria de Robin Holliday e John Pugh, biólogos britânicos, e o outro de Arthur Riggs, dos Estados Unidos. Ambos os artigos chamaram atenção no meio acadêmico devido ao fato de evidenciarem de forma independente que “[...] um mecanismo poderia possibilitar que estados de atividade e inatividade dos genes fossem mantidos e transmitidos a futuras gerações” (Jablonka; Lamb, 2005, p. 134). No entanto, os estudos de memória celular e epigenética tiveram um início vagaroso e somente depois de um tempo passaram a ocorrer de forma acelerada, ganhando destaque devido à sua necessidade de compreensão para o desenvolvimento de clonagem e projetos de engenharia genética (Jablonka; Lamb, 2010).

Entretanto, as evidências de controle de formas epigenéticas para o desenvolvimento biológico iniciaram antes desses artigos, visto que, ainda em 1942, o pesquisador Conrad Hal Waddington apresentava pesquisas que envolviam conhecimentos referentes a padrões epigenéticos para a formação do organismo. Ele inseriu o termo epigenética, no meio científico, que tem como definição atual “[...] mudanças herdáveis na função gênica/fenótipo que não estão relacionadas a mudanças na estrutura primária do DNA” (Franco, 2017, p. 77). Conforme Paiva *et al.* (2019, p. 305), “existem dois mecanismos epigenéticos principais: metilação do DNA e modificação de histonas. Os padrões de metilação do DNA são os mais estudados e compreendidos”. Desta forma, a metilação consiste na adição de um radical metil (CH_3) na posição 5', que dificulta a transcrição do DNA, devido às ligações nas ilhas CpGs. Porém, os estudos evidenciam ainda que existe um terceiro mecanismo que consiste na formação de RNAs não codificadores, que possuem a capacidade de impedir a tradução de RNAm, e desse modo, silenciar genes.

As modificações de histonas podem ser de variadas formas, tais como: acetilação, metilação, fosforilação, ubiquitinação, glicosilação, sumoilação, dentre outros. Essas configurações são denominadas de códigos de histonas, as quais podem ser mais

abertas (eucromatinas) ou mais fechadas (heterocromatina) e interferem nas expressões gênicas. Ainda, é evidente que as alterações epigenéticas não estão ocorrendo o tempo todo no material genético. Desta forma, as células filhas herdaram os padrões epigenéticos da célula mãe. Entretanto, durante o desenvolvimento embrionário, existe uma “janela” onde os padrões estão sendo estabelecidos e são altamente influenciados pelo ambiente (Franco, 2017).

Costa e Pacheco (2013) destacam que:

[...] os padrões de marcações epigenéticas nos genomas parecem envolver fenômenos integrados de sistemas de regulação para que possam ser estabelecidos e mantidos da gametogênese à vida adulta, mesmo apesar do epigenoma mostrar-se extremamente susceptível a distúrbios promovidos pelo ambiente, podendo ser alterado em qualquer momento da vida do indivíduo (Costa; Pacheco, 2013, p. 2013).

Assim como descrevem Lopes e Lauranti (2017, p. 259), “os diferentes sistemas de herança permitiriam, então, um cruzamento entre desenvolvimento, aprendizagem e evolução, uma vez que variações ocorridas durante o tempo de vida de um organismo poderiam ser transmitidas às futuras gerações”.

Portanto, apesar de as marcações epigenéticas ocorrerem com mais intensidade durante o desenvolvimento embrionário, elas também ocorrem durante toda a vida adulta do indivíduo, mesmo que de forma menos intensa. Costa e Pacheco (2013) ainda destacam que, atualmente, as pesquisas têm apontado a participação de fenômenos epigenéticos na gênese de muitas doenças, como o câncer. Entretanto, essas interferências não são compreendidas de forma aprofundada, e ainda devem interagir com outras formas de regulação gênica, mas isso ainda precisa ser mais investigado para melhor compreensão.

NICHO CONSTRUÍDO

A construção de nicho é vista muitas vezes como produto da seleção natural, pois é um processo resultante da adaptação do indivíduo. Entretanto, pesquisadores como Day, Laland, Odling-Smee (2003), Griffiths (2003) defendem que a construção de nicho vai além da adaptação e pode interferir ao moldar as pressões seletivas. “Os traços de construção de nichos são mais do que apenas adaptações, porque desempenham o papel adicional de modificar as pressões da seleção natural, frequentemente de maneira direcionada e, ao fazê-lo, mudam a dinâmica evolutiva” (Day, Laland, Odling-Smee, 2003, p.82). Assim, Day, Laland, Odling-Smee (2003) argumentam que os organismos durante a sua existência constroem recursos e produtos para si e para outras espécies, alterando assim as pressões de seleção tanto para sua população quanto para outras.

Segundo Griffiths (2003), a crítica de Richard Lewontin, publicada em 1982 e 1983, para o modelo de adaptação que faz analogia à “chave e fechadura”, tem bastante amplitude no meio acadêmico, visto que supõe que as adaptações seriam soluções-“chave” para os problemas impostos pelo ambiente “bloqueios”. Nessa concepção, os organismos seriam adaptados para determinado ambiente, pois evoluíram para se ajustarem a esse modo de vida. Entretanto, Lewontin sugeriu que,

ao invés dessa metáfora da adaptação, seria mais acertado falar em uma metáfora da construção. Nessa, os organismos e seus nichos ecológicos estariam se co-construindo e co-definindo. Assim, os organismos moldam seus ambientes fisicamente e determinam quais fatores desse ambiente externo são importantes para sua evolução. Deste modo, é reunido um conjunto de fatores bióticos e abióticos na formação de um nicho. Os moldes são construídos de forma conjunta, existindo uma co-adaptação entre o ambiente e os organismos que nele habitam.

Laland e Sterelny (2006) apresentam o exemplo dos castores que constroem suas barragens e, com isso, modulam as pressões de seleção, assim, atuam como codiretores da própria evolução. Os autores destacam pontos importantes que precisam ser revistos na teoria evolutiva, dentre eles a unidirecionalidade do organismo para o ambiente, na qual somente o ambiente teria a capacidade de interferência na formação do organismo, sem que o contrário fosse possível. Desta forma, é necessária maior compreensão de como ocorre a intervenção dos organismos em seu ambiente físico, gerando uma “via de mão dupla”. É preciso entender, também, que essa construção de nicho é valiosa para a compreensão de como os organismos evoluem, portanto, deve ser considerada no processo evolutivo.

Assim, cabe aqui ressaltar que a construção de nicho, como destacado pelos autores citados nesse tópico, é um importante processo a ser considerado no quadro teórico da evolução.

PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa foi realizada, ao final de 2019, mediante apresentação de um questionário contendo afirmativas, referentes à teoria evolutiva, onde os acadêmicos precisavam justificar seus posicionamentos perante tal afirmativa. Assim, foi realizada a coleta de dados com quarenta e três (43) acadêmicos/acadêmicas de duas universidades públicas brasileiras. Vale ressaltar que o grupo selecionado estava matriculado no último ano de graduação em Ciências Biológicas Licenciatura. Os questionários foram codificados em A1, A2, A3... A43, correspondentes a cada acadêmico/acadêmica, visando manter o anonimato dos sujeitos em pesquisa.

Assim, com o objetivo de compreender a constituição discursiva de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas Licenciatura, referentes à síntese estendida da evolução, solicitou-se que os formandos do referido curso respondessem a um questionário. Este instrumento foi realizado por meio de afirmativas às quais os participantes da pesquisa deveriam assinalar se concordavam ou não com elas (ou com o enunciado das mesmas) e apresentar explicações para seus posicionamentos.

As afirmativas trabalhadas com os acadêmicos se encontram presentes no quadro a seguir.

Quadro 2: Questionário de afirmativas apresentado aos estudantes.

| QUESTÕES | OBJETIVOS |
|---|--|
| 1) O organismo é agente passivo nas mudanças ambientais, assim, não pode responder de formas adaptativas distintas aos estímulos ambientais. () concordo () discordo. Explique. | O objetivo desta questão era que os acadêmicos discursassem a respeito da teoria de construção de nicho e apresentassem uma justificativa para sua decisão. |
| 2) Os únicos fatores de evolução são a deriva gênica, o isolamento geográfico e a seleção natural. () concordo () discordo. Explique. | O objetivo desta questão estava em perceber se os acadêmicos compreendiam que esses não são os únicos fatores e apresentassem uma construção discursiva para sua escolha. |
| 3) A evolução ocorre de forma lenta e gradativa, não podendo haver evolução aos saltos e de forma rápida. () concordo () discordo. Explique. | Na questão três, o objetivo era perceber se os acadêmicos tinham conhecimento sobre as discussões científicas referentes à polêmica, gradualismo x saltacionismo. |
| 4) A epigenética, o desenvolvimento biológico, a plasticidade fenotípica e o nicho construídos não exercem papel nos processos evolutivos. () concordo () discordo. Explique. | Essa questão objetivava analisar os discursos dos acadêmicos referentes às pesquisas atuais que estão sendo mencionadas como determinantes para a extensão da síntese estendida. |

Fonte: As Autoras (2019).

Recorreu-se à análise do discurso para a análise dos dados, sobre a qual Barona e Komesu (2008), ao citarem Michel Pêcheux, descrevem:

[...] a Análise do Discurso consiste em uma teoria não-subjetiva da linguagem que concebe o sujeito não como o centro do discurso, mas como sujeito cindido pelo inconsciente e interpelado pela ideologia. Na produção do discurso, o sujeito sofre uma tripla determinação: a da língua, a da ideologia e a do inconsciente (Barona; Komesu, 2008, p. 11).

Assim, para a análise do discurso pensada por Pêcheux, não existe a possibilidade de os discursos serem transparentes, pois os sentidos não vêm “colados” nas palavras. Desta forma, o sentido de um texto não existe em si mesmo, visto que os sentidos são construídos e condicionados à posição ideológica de quem os produz (Barona; Komesu, 2008). Portanto, a formação dos sentidos dos textos construídos pelos sujeitos é fruto de seu posicionamento e compreensão dos fenômenos abordados.

Pensando nisso, iremos trabalhar os discursos apresentados pelos acadêmicos em suas explicações para seu posicionamento utilizando a sistematização apresentada por Orlandi (2009). Essa se constitui em três etapas: a primeira etapa consiste na passagem da superfície da língua para o texto (discurso), em que o analista faz seu primeiro lance de análise; a segunda etapa corresponde à passagem do objeto discursivo para a formação discursiva, em que o analista observa e busca relacionar as formações discursivas; a terceira etapa condiz com o processo discursivo relacionado à formação ideológica que, conforme Orlandi (2009, p. 81), “[...] é nesse lugar, em que a língua e a história se ligam pelo equívoco, lugar dos deslizamentos de sentidos como efeitos metafóricos, que se define o trabalho ideológico, o trabalho da interpretação”.

Para análise, os discursos foram organizados conforme a ordem das afirmativas, que originaram blocos de análises, com isso, objetivou-se apresentar as constituições discursivas de forma a facilitar a compreensão dos leitores. Assim, primeiramente foi posta em evidência a questão; em seguida, estabeleceu-se a análise discursiva das justificativas dos acadêmicos.

ANÁLISE DAS CONSTRUÇÕES DISCURSIVAS APRESENTADAS PELOS ACADÊMICOS

Para a afirmativa 1 (um) – **“O organismo é agente passivo nas mudanças ambientais, assim, não pode responder com formas adaptativas distintas aos estímulos ambientais”** – dos 43 acadêmicos, somente cinco discordaram da afirmativa. Formando três blocos de análises: o **bloco 1 (um)** está representado pelos discursos dos acadêmicos que concordaram com a afirmativa e estão representados a seguir .

“Indivíduos possuem a capacidade de adaptação, mas nem todos conseguem se adaptar” A21

“De acordo com os princípios genéticos essa frase está correta” A27

Como é possível observar, o discurso do sujeito A27 foi construído no advento da Síntese Moderna da Evolução Biológica, pois se utiliza de princípios genéticos para justificar sua resposta. Assim, se formos considerar que a informação genética está somente nos genes, como foi pensado na descrição molecular clássica relatada por diversos autores, como Silva (2017), Schneider *et al.* (2011), Pitombo, Almeida e El-Hani (2007), a explicação é válida. Mas, há evidências trazidas pela Síntese Estendida e por diversas áreas da biologia que integram o conhecimento biológico. Esta forma de pensar estagnou na Síntese Moderna e na biologia positivista, pois os organismos não são agentes passivos, eles podem tanto interferir no próprio ambiente, favorecendo suas relações com o mesmo, como explicado pela teoria do nicho construído, como possuem plasticidade fenotípica capaz de se adaptar ao meio ao qual estão inseridos.

Assim, conforme destacado por Oliveira, Brando e Caldeira (2017, p. 88): “É notório o entendimento de que a molécula de DNA e toda perspectiva genética é parte necessária da rede das interações orgânicas, mas não é suficiente para, sozinha, determinar todas as características do organismo ou dos caminhos evolutivos”.

Dentre os que discordam, as respostas foram divididas entre dois blocos. O **bloco 2 (dois)** é formado pelas explicações da interferência do ambiente na formação fenotípica do organismo. Esse posicionamento pode ser observado nas construções discursivas a seguir, que utilizam de exemplos de adaptação ao meio que ocorrem na natureza.

“Cada organismo responde de um dado modo às mudanças ambientais, uns são capazes de realizar mimetismo e outros a camuflagem” A2.

“Há organismos que têm a capacidade de se adaptar a diferentes ambientes, após passar por um processo de aclimação, como ocorre nos peixes” A4.

“Muitos organismos são capazes de se adaptar ao ambiente, como por exemplo, animais que desenvolvem pelagem de inverno” A16.

Como é percebido na fala dos sujeitos, o organismo possui a capacidade de se adaptar ao meio. Os exemplos citados acima reúnem evidências da capacidade plástica dos organismos ao serem expostos a diferentes situações, como forma de proteção (mimetismo), situações de estresse, causadas por mudanças extremas no ambiente (aclimatação). Assim, em seus discursos, são perceptíveis os conhecimentos referentes à ecologia e como o ambiente é agente ativo na adaptação e sobrevivência dos organismos.

Outros estudantes inserem o ser humano em suas explicações de como o animal pode se adaptar ao meio, como pode ser observado em A1 e A13, o que leva a perceber a compreensão de que o humano também é parte da natureza e não algo externo a ela.

“temos ferramentas evolutivas para nos adaptar às mudanças” A1

“a espécie humana responde forma adaptativa ao meio” A13

No **bloco 3 (três)**, houve estudantes que citaram a plasticidade fenotípica dos organismos para explicar a capacidade de adaptação, como observado nas construções discursivas a seguir:

“O organismo possui plasticidade fenotípica para se adaptar, é possível observar isso em várias espécies” A30.

“vai depender se o animal possui adaptação fisiológica específica para certas condições, onde ocorre a expressão de seu fenótipo” A37.

“Os Organismos não se comportam passivamente às mudanças ambientais. Há ocorrência de plasticidade fenotípica, que permite adequações a determinadas alterações” A38.

É perceptível nos discursos dos acadêmicos que citam a plasticidade fenotípica, a compreensão da capacidade dos organismos de interferir no ambiente e ser por ele também influenciados em sua formação fenotípica. Assim como destacam Lorfeu e Kohlsdorf (2015), fenótipos novos poderiam surgir mediante variação genética em contato com o ambiente, sem necessariamente que a implementação de um novo alelo surgisse na população. Explicando com outras palavras, seria como se “o ambiente em que um organismo se desenvolvesse passasse a figurar não apenas como agente seletor da variação existente, mas também como elemento indutor de variação fenotípica” (Lorfeu; Kohlsdorf, 2015, p.12).

Para a afirmativa 2, **“Os únicos instrumentos de evolução são a deriva gênica, o isolamento geográfico e a seleção natural”**. Dos 43 acadêmicos, 12 concordaram e 31 discordaram. Os discursos apresentados pelos acadêmicos possibilitaram a união das justificativas em um bloco único, visto que tanto os que concordaram, e mesmo os que discordaram, seguiram a mesma perspectiva, a qual consistiu em afirmar o que já estava escrito na questão. Aqueles que discordavam acrescentavam mais algum fator, como a interferência humana no ambiente, o ambiente onde o organismo está inserido, o isolamento reprodutivo e a mutação. O acadêmico A26 somente citou a epigenética em sua justificativa, sem mais explicações. Algumas das explicações apresentadas pelos acadêmicos se encontram a seguir:

Atualmente, a humanidade pode influenciar nas características mais adequadas para a exploração comercial dos organismos, a seleção artificial A9.

A evolução não se resume a isso apenas, leva em consideração tudo o que envolve o indivíduo e onde ele está inserido A30.

Existem os mecanismos de isolamento reprodutivo, que não necessariamente isolamento geográfico A37.

Cabe ressaltar a importância dos mecanismos de isolamento reprodutivo, pré e pós copulatórios como instrumentos de evolução A38.

A outros instrumentos de evolução, como a mutação, por exemplo A20.

Como é perceptível nos discursos acerca dessa afirmativa, os estudantes permaneceram com as explicações da síntese moderna da evolução e desconsideraram pesquisas recentes que englobam perspectivas diferentes de formação de variação biológica. Atualmente, sabe-se que os mecanismos que atuam na evolução são plurais, desta forma, entende-se que “[...] esse pluralismo irroga a existência de diversos mecanismos operando de modo complementar no processo evolutivo. Não se pode pensar na expressão fenotípica como resultado único dos genes herdados” (Oliveira; Brando; Caldeira, 2017, p. 83). As interferências que ocorrem na formação fenotípica dos organismos são destacadas por Silva (2017), que ressalta as possibilidades de interferências internas e externas que ocorrem no genótipo para formar o fenótipo fisiológico, morfológico e comportamental desses indivíduos.

Um exemplo de mecanismo que promove a evolução é a construção de nicho, visto que, como descrito por Day, Laland e Odling-Smee (2003), ela pode afetar a dinâmica de recursos e alterar de forma significativa padrões ecológicos e evolutivos. Isso acontece devido às características cuja aptidão depende de fontes alteráveis de seleção, sendo assim, coevoluem com as características que alteram fontes de seleção. Logo, tem-se uma dinâmica evolutiva para ambas as características muito diferentes do que ocorreria se cada característica tivesse evoluído isoladamente.

Para a afirmativa 3, **“A evolução ocorre de forma lenta e gradativa, não podendo haver evolução aos saltos de forma rápida”**. Dos 43 acadêmicos, quinze concordaram com a afirmativa e vinte e oito discordaram. A partir das respostas obtidas, foi possível dividir a análise em dois blocos: no **bloco 1 (um)** encontram-se as justificativas dos acadêmicos que concordam com a afirmativa 3. É possível observar que eles concordam de acordo com os seguintes discursos:

O processo de evolução é um processo lento, no qual as espécies com as condições favoráveis sobrevivem a determinados ambientes A32.

São necessárias várias gerações para que ocorra a separação de duas espécies e o aparecimento de novas características em uma população A31.

A evolução é o acúmulo de pequenas mutações que vão modificando o fenótipo do organismo até chegar a uma nova espécie diferente da espécie da qual derivou A4.

Como é evidenciado nas enunciações dos acadêmicos, pode-se perceber um discurso oriundo da Síntese Moderna da Evolução. Esse pensamento é proveniente de sua formação realizada por professores que muitas vezes ainda não tiveram contato

com as pesquisas que integram algumas concepções, como a de que a evolução pode ocorrer tanto de forma gradual, quanto de modo saltatório.

Conforme Meyer e El-Hani (2005), uma forma de explicar a evolução aos saltos foi apresentada por Stephen Jay Gould e Niles Eldredge, em 1970, os quais basearam seus estudos na teoria proposta por Ernest Mayr (1904-2005), denominada por Gould e Eldredge de equilíbrio pontuado. Essa consiste em afirmar que as novas espécies surgem quando pequenos conjuntos de indivíduos se separam da população. Esses pequenos grupos, por sua vez, herdaram diferentes combinações de genes devido à ocorrência de macromutações, enquanto a população originária continuaria com sua carga genética coesa. Isso explicaria as mudanças bruscas e a ausência de fósseis intermediários.

No **bloco 2 (dois)**, estão presentes os discursos de quem discorda com a afirmativa 3, como representado pelos discursos a seguir.

*O ambiente pode ser transformado de forma rápida e com isso “forçar” a evolução **A41**.*

*Microrganismos evoluem mais rápido devido à rapidez na evolução **A14**.*

*Muitos organismos como as bactérias evoluem rapidamente **A16**.*

*Existe uma variação de populações, por exemplo, nos elefantes uma geração dura 40 anos e nas drosophilas 9 dias, em uma a evolução ocorre mais rápido do que na outra **A11**.*

*Depende de quais fatores estão interferindo no ambiente, pode haver **A30**.*

*A evolução não é direcionada e dependendo a situação pode ocorrer alterações de uma geração a outra que representa a evolução de um táxon **A37**.*

Fica evidente que muitos discursos apresentados pelos sujeitos não estão considerando os saltos evolutivos devido a fatores como a endossimbiose, a epigenética ou vias do desenvolvimento. Eles apenas citam que a evolução ocorre de forma mais rápida em microrganismos, outro cita populações de drosóphilas e elefantes, mas não explicam esses mecanismos.

Porém, o questionamento ao gradualismo não é algo recente na teoria da evolução e, atualmente, a capacidade de evolução aos saltos é evidenciada por muitas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento biológico, à epigenética, à plasticidade fenotípica e ao nicho construído. A variação é um fator relevante nos processos evolutivos e os conhecimentos atuais indicam que essa variação pode ocorrer aos saltos, permitindo que a evolução ocorra de forma rápida. Silva e Santos (2015, p. 56) destacam que:

Os processos e mecanismos supracitados são capazes de gerar diversidade em saltos e não apenas de forma gradual, alterando radicalmente o plano corpóreo dos organismos em um tempo geológico mais curto do que se imaginava. Tais mecanismos permitem estabelecer que não apenas a seleção natural é responsável pelo surgimento de novidades evolutivas, e que o seu papel mais efetivo na evolução é o refinamento e manutenção de características surgidas a partir de fontes distintas. Mecanismos como os Sistemas de Herança Epigenética e os Módulos de Padronização Dinâmica seriam responsáveis pelo aumento da disparidade morfológica entre os organismos, pela macroevolução, que corresponde a grandes mudanças nos planos corpóreos, resultando

no aparecimento de clados mais inclusivos (como filões e classes). Em contrapartida, a seleção natural seria responsável pelo processo de diversificação dos organismos, uma vez que a sua influência seria mais forte no nível específico. Nessa escala, a seleção natural atuaria na microevolução (juntamente com a deriva genética, que promove a mudança da frequência gênica sem qualquer componente seletivo) através de mudanças cumulativas capazes de gerar espécies diferentes, desde que o fluxo de informações hereditárias entre as subpopulações deixe de existir (Silva; Santos, 2015, p. 56).

Ao analisarmos a afirmativa quatro “**A epigenética, o desenvolvimento biológico, a plasticidade fenotípica e o nicho construído não exercem papel nos processos evolutivos**”, foram obtidos os seguintes dados: dos 43 acadêmicos, somente três concordaram com a afirmativa. Com a análise das construções discursivas apresentadas a essa afirmativa, foi possível dividir em dois blocos de análises. No **bloco 1 (um)**, estão os acadêmicos que concordaram com a afirmativa, todavia, somente A16 justificou com o seguinte discurso:

Concordo, porém, não tenho conhecimento suficiente para afirmar se está correto ou incorreto A16.

No **bloco 2 (dois)** estão os discursos dos acadêmicos que discordam da afirmativa quatro.

Eles exercem papéis na evolução, uma vez que interferem na expressão genotípica e fenotípica do indivíduo A30.

Exercem papel nos processos evolutivos. Por exemplo, espécies podem competir pelo nicho, podendo excluir umas às outras, portanto, ocorrendo evolução A14.

Penso que tudo isso contribui de alguma maneira para a adaptação dos seres vivos ao ambiente e seu fitness A24.

Pois estes são essenciais para que os organismos tenham as condições necessárias para sobreviver a determinados ambientes A32.

Exercem papel, pois são importantes para o aparecimento de novas características em uma população, silenciamento ou ativação de genes que são expressos de acordo com o ambiente A31.

Se todos esses mecanismos atuam sobre o fenótipo, e a sobrevivência diferencial da espécie, eles exercem papel nos processos evolutivos A23.

Os discursos dos acadêmicos evidenciam que, em sua maioria, os acadêmicos consideram que os mecanismos apresentados colaboram para a evolução dos organismos, por isso discordam da afirmativa. Entretanto, as justificativas deles demonstram o conhecimento limitado que os mesmos possuem sobre os temas apresentados. Isso é compreensível, pois as pesquisas que estão desenvolvendo esses temas são relativamente recentes e requerem tempo para serem incorporadas e compreendidas como parte dos processos evolutivos. Autores, como Pigliucci e Muller (2010), relatam sobre o quão difícil é para alguns estudiosos mais antigos da biologia evolutiva aceitar e compreender a necessidade emergente de se estender a síntese da teoria da evolução. Provavelmente, porque eles estão imersos na síntese moderna de tal forma que apenas incorporam os conhecimentos novos à referida teoria, pois não percebem que estão distantes da síntese moderna original.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo compreender a constituição discursiva de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas - licenciatura, referentes à síntese estendida da evolução. Visto que eles estarão habilitados a trabalhar a biologia nas escolas de educação básica e necessitam de conhecimento-suporte para trabalhar a biologia de forma integrada, como defendido por autores como Meglhioratti (2004), Meyer, El-Hani (2005), Dawkins (2007), Mayr (2009), Oleques, Bartholomei-Santos e Noemi Boer (2010) Silva (2017) e Scheifele, Corazza, Justina (2020). Desta forma, pesquisar como esses futuros docentes compreendem a evolução e suas extensões é importante para auxiliar os professores formadores a perceberem quais as necessidades conceituais existentes para uma compreensão mais integral dos conhecimentos biológicos.

A partir das análises das construções discursivas apresentadas para a afirmativa um, “o organismo é agente passivo nas mudanças ambientais, assim não pode responder com formas adaptativas distintas aos estímulos ambientais”, foi possível verificar que a maioria dos acadêmicos consegue identificar que o ambiente pode influenciar na formação fenotípica dos organismos. Isso é evidente nos exemplos citados pelos estudantes, entretanto, eles não explicam como isso acontece, e somente dois alunos citam a capacidade plástica de ambientação, sem dar maiores explicações para tal mecanismo. Entretanto, como nosso objetivo era analisar se esses conceitos já estavam sendo trabalhados com os estudantes de graduação, fica evidente que sim. Tais conceitos vêm sendo trabalhados, mas não de forma que possibilite aos futuros professores entender a biologia de forma integrada e que todos esses aspectos interferem na evolução biológica, a qual possibilitaria a compreensão da biologia em sua totalidade.

Ao analisar a afirmativa dois, – “Os únicos instrumentos da evolução são a deriva gênica, o isolamento geográfico e a seleção natural” – é evidente a falta de compreensão da biologia de forma unificada e ainda se reforça a necessidade de se trabalhar com os aspectos da teoria evolutiva de forma clara, objetiva e atualizada, pois os acadêmicos citam os elementos da teoria da evolução, mas não explicam como esses elementos interferem, nem relatam todos os conhecimentos que interferem nessa compreensão. Essas construções discursivas mostram a limitação existente quanto ao entendimento destes futuros professores no que tange à amplitude e aos mecanismos de forma geral que interferem na evolução biológica.

A análise da afirmativa três, – “A evolução ocorre de forma lenta e gradativa, não podendo haver a evolução aos saltos de forma rápida” – ao serem analisados os discursos apresentados para justificar o posicionamento para essa afirmativa, é evidenciada a falta de consenso que existe até mesmo na comunidade científica para essa questão. Pois, houve uma parcela significativa de estudantes que concordaram, mas também houve muitos que discordaram, porém, não explicaram como a evolução aos saltos poderia ocorrer. Como na síntese moderna da evolução, esse é um ponto bastante significativo e ainda está em discussão à extensão síntese e a evolução aos saltos, são aspectos que necessitam de ampla discussão. É compreensível esse posicio-

namento dos acadêmicos e reflete as discussões da ciência biologia que ocorrem em todo o Planeta.

Ao analisar os discursos da afirmativa quatro, – “A epigenética, o desenvolvimento biológico, a plasticidade fenotípica e o nicho construído não exercem papel nos processos evolutivos” – fica evidenciado que os acadêmicos possuem conhecimentos sobre esses processos, mas não de forma aprofundada. Tem-se a impressão de que eles já ouviram falar e até mesmo sabem como esses conceitos funcionam na prática, de forma superficial, mas eles não têm conhecimento suficiente para explicá-los e para entender sua relação com a teoria evolutiva de forma ampla. Tudo isso é compreensível, visto que essas interferências e suas limitações ainda estão em análise e ainda se discute a necessidade de ampliação da teoria evolutiva, mesmo com tantas evidências da necessidade de uma releitura da forma como a síntese moderna foi apresentada nos anos 1930 a 1940.

Portanto, observa-se a partir dos discursos dos acadêmicos, que eles não possuem conhecimento integrado sobre a teoria da evolução nem de suas atualizações, mas demonstram conhecimento fragmentado e superficial sobre o assunto. Logo, é necessário trabalhar esses conhecimentos de uma forma mais abrangente nos cursos de formação de professores. Oliveira, Brando e Caldeira (2017) apresentam diagramas didático-metodológicos que indicam caminhos de como trabalhar nos cursos de formação docente. Os autores defendem que “[...] é importante que essa complexidade caracterizada pelas contribuições e discussões epistemológicas acerca da integração dos fenômenos biológicos seja o conteúdo abordado nos cursos de Formação Inicial por meio de uma didática específica que contemple essas questões” (Oliveira; Brando; Caldeira, 2017, p. 88).

Desta forma, este artigo buscou contribuir para evidenciar como os acadêmicos e futuros professores de biologia entendem a evolução biológica, mas ainda há um longo caminho a ser percorrido a fim de que esses conhecimentos sejam ampliados nas graduações de Ciências Biológicas – licenciatura. Na busca para possibilitar que a biologia seja trabalhada de forma holística, utiliza-se a teoria evolutiva como eixo que integra todos os conhecimentos provenientes das ciências que compõem a biologia. Para tanto, é necessário que mais pesquisas que visem compreender como está a formação de nossos professores que serão incumbidos de ensinar biologia, quanto ao quesito evolução e suas capacidades de integração, sejam realizadas. Também são necessários materiais didáticos que coloquem a evolução integrando a biologia. Nosso intuito com esse artigo é o de contribuir para a emergência de reflexões e ações que visem à integração do conhecimento biológico, tão necessária, complexa e inacabada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ana Maria Rocha de; EL-HANI, Charbel Niño. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. *Scientia e Studia*, v. 8, n. 1, p. 9-10, 2010.
- BARONAS, Roberto Leiser; KOMESU, Fabiana. *Homenagem a Michel Pêcheux: 25 anos de presença na Análise do Discurso*. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2008.
- BRASIL, Luciana Leão. Michel pêcheux e a teoria da análise de discurso: desdobramentos importantes para a compreensão de uma tipologia discursiva. *Linguagem: estudos e pesquisas*, v. 15, n. 1, 2011.

- COSTA, Everton de Brito Oliveira; PACHECO, Cristiane. Epigenética: regulação da expressão gênica em nível transcricional e suas implicações. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 34, n. 2, p. 125-136, 2013.
- DAWKINS, Richard. *O gene egoísta*. Editora Companhia das Letras, 2007.
- DAY, Rachel L.; LALAND, Kevin N.; ODLING-SMEE, F. John. Rethinking adaptation: the niche-construction perspective. *Perspectives in biology and medicine*, v. 46, n. 1, p. 80-95, 2003.
- DEWITT, Thomas J.; SCHEINER, Samuel M. (Ed.). *Phenotypic plasticity: functional and conceptual approaches*. Oxford University Press, 2004.
- DOBZHANSKY, Theodosius. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The american biology teacher*, v. 35, n. 3, p. 125-129, 1973.
- FRANCO, Maurício Machaim. Epigenética no melhoramento genético e reprodução animal. In: *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, v. 24, n. 1-2, p. 75-80, 2017.
- GABRIELY, Melissa; DOS SANTOS, Charles Morphy D. Em direção a uma síntese estendida da teoria evolutiva: estado da arte e perspectivas futuras. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 6, n. 5, p. 60-76, 2019.
- GILBERT, S. F. *Biologia do desenvolvimento*. 5ª edição. Ribeirão Preto, SP: Editora, 2003.
- GRIFFITHS, Paul E. Beyond the Baldwin effect: James Mark Baldwin's 'social heredity', epigenetic inheritance, and niche construction. *Evolution and learning: The Baldwin effect reconsidered*, p. 193-215, 2003.
- GOULD, Stephen Jay. *The structure of evolutionary theory*. Harvard University Press, 2002.
- JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. *Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida*. Companhia das Letras, 2010.
- LALAND K. N, ULLER T, FELDMAN M.W, STERELNY K, MULLER G.B, MOCZEK A, JABLONKA E, Odling-Smee J. *The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions and predictions*. The Royal Society Publishing, 2015.
- LALAND, Kevin N.; STERELNY, Kim. Perspective: seven reasons (not) to neglect niche construction. *Evolution*, v. 60, n. 9, p. 1751-1762, 2006.
- LOPES, Carlos Eduardo; LAURENTI, Carolina. Elementos neolamarckistas do selecionismo skinneriano. *Interação em Psicologia*, v. 20, n. 3, 2017.
- LOFEU, Leandro; KOHLSDORF, Tiana. Mais que seleção: o papel do ambiente na origem e evolução da diversidade fenotípica. *Genética na Escola*, v. 10, n. 1, p. 11-19, 2015.
- MAYR, Ernst. *O que é evolução*. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Nino. *Evolução: o sentido da biologia*. Unesp, 2005.
- MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. *História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de biologia*. 2004. 272 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/90876>.
- OLEQUES, Luciane Carvalho; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat; BOER, Noemi. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.
- OLIVEIRA, Thais Benetti; BRANDO, Fernanda; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Evolução biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 12, n. 2, p. 81-98, 2017.
- ORLANDI, Eni P. *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. 8ª Edição, Campinas, SP: Pontes, 2009.
- PAIVA, José Teodoro; CAETANO, Geovani da Costa; OLIVEIRA, Hinayah Rojas. Epigenética: mecanismos, herança e implicações no melhoramento animal. *Archivos de zootecnia*, v. 68, n. 262, p. 304-311, 2019.
- PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. *Evolution—the extended synthesis*. 2010.
- PITOMBO, Maiana Albuquerque; ALMEIDA, Ana Maria Rocha; EL-HANI, Charbel Niño. Conceitos de gene e idéias sobre função gênica em livros didáticos de biologia celular e molecular do ensino superior. *Revista Contexto & Educação*, v. 22, n. 77, p. 81-110, 2007.
- RIDLEY, Mark. *Evolução*. Artmed Editora, 2004.
- ROCHA, Felipe Bastos. Plasticidade fenotípica em *Drosophila mediopunctata*: não-linearidade e correlações com valor médio. Tese (doutorado), Universidade Estadual de Campinas. 2013.

SANTOS, Wellington Bittencourt; EL-HANI, Charbel N. A abordagem do pluralismo de processos e da evolução em livros didáticos de biologia evolutiva e zoologia de vertebrados. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 15, n. 3, p. 199-216, 2013.

SCHEIFELE, Alexandre; CORAZZA, Maria Júlia; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. Concepções de professores de biologia em formação inicial sobre evolução biológica. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e797986421-e797986421, 2020.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della Justina; ANDRADE, Mariana Bologna Soares; OLIVEIRA, Thais Benetti; CALDEIA, Ana Maria de Andrade, MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. *Investigações em Ensino de Ciências*, p. 201-222, 2011.

SIMON, Monique Nouailhetas. *Plasticidade fenotípica em relação à temperatura de larvas de Rhinella (Anura: Bufonidae) da caatinga e da floresta Atlântica*. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Aline Alves. *Conceitos e transposição didática de genótipo e fenótipo: uma análise de livros didáticos*. 2017. 122f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017.

SILVA, Mariane Tavares; SANTOS, Charles Morphy D. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à Síntese Estendida da Evolução. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 11, n. 22, p. 46-61, 2015.

VIEIRA, Gilberto Cavalheiro. Admirável mundo novo: A epigenética, 2017. In: ARÁUJO, Leonardo Augusto Luvison (Org.). *Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino*. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2017.

ZABOTTI, Kamilla. *Um estudo sobre o ensino dos temas “Origem da Vida” e “Evolução Biológica” em dissertações e teses brasileiras (2006 a 2016)*. 2018. 184 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de concentração: Sociedade, Estado e Educação, Linha de Pesquisa: Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2018.

Autora correspondente:

Aline Alves da Silva

Universidade Estadual de Maringá

Av. Colombo, 5790 - Zona 7, Maringá/PR, Brasil. CEP 87020-900

E-mail: nyne_alves@hotmail.com / alinesilva4550@gmail.com

Todo conteúdo da Revista Contexto & Educação
está sob Licença Creative Commons CC – By 4.0.