

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA  
A CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

**ALINE ALVES DA SILVA**

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E SUA COMPREENSÃO NA  
FORMAÇÃO DE PROFESSORES: O DISCURSO DE  
ACADÊMICOS E DOCENTES**

**Maringá  
2021**

**ALINE ALVES DA SILVA**

**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E SUA COMPREENSÃO NA  
FORMAÇÃO DE PROFESSORES: O DISCURSO DE  
ACADÊMICOS E DOCENTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Maria Júlia Corazza

Co-orientadora: Lourdes Aparecida Della Justina

**MARINGÁ – PR**

**2021**



Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586e	<p>Silva, Aline Alves da</p> <p>Evolução biológica e sua compreensão na formação de professores : o discurso de acadêmicos e docentes / Aline Alves da Silva. -- Maringá, PR, 2021. 176 f.: il. color., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Maria Júlia Corazza . Coorientadora: Profa. Lourdes Aparecida Della Justina. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2021.</p> <p>1. Evolução biológica. 2. Formação de professores. 3. Ciências biológicas - Estudo e ensino. 4. Análise do discurso. I. Corazza , Maria Júlia, orient. II. Justina, Lourdes Aparecida Della, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. IV. Título.</p> <p>CDD 23.ed. 570.7</p>
-------	--

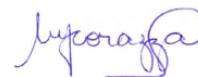
Síntique Raquel Eleutério - CRB 9/1641

**ALINE ALVES DA SILVA**

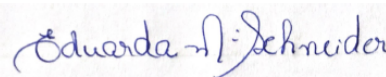
**Evolução biológica e suas compreensões na formação de  
professores: o discurso dos acadêmicos e dos docentes**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em *Ensino de Ciências e Matemática*.


**BANCA EXAMINADORA**



Profa. Dra. Maria Júlia Corazza  
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Profa. Dra. Eduarda Maria Schneider  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Profa. Dra. Rosângela Araújo Xavier Fujii  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior  
Universidade Estadual de Londrina – UEL



Profa. Dra. Ana Tiyomi Obara  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 13 de setembro de 2021.

*Dedico a todos os professores que se preocupam em melhorar a sua prática e refletem diariamente sobre como levar conhecimento de qualidade a seus alunos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao ser superior em quem me apoiei em momentos difíceis, e para o qual solicitei quando o momento era oportuno.

Agradeço à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria Júlia Corazza pela orientação, paciência e compreensão durante todo esse processo de formação, sempre me incentivando a ser melhor e acreditando que eu era capaz.

Agradeço à minha coorientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lourdes Aparecida Della Justina por todo o incentivo, apoio e paciência em todas as etapas da minha formação acadêmica.

Agradeço aos professores componentes da banca, Álvaro Lorencini, Rosângela Fujii e Ana Obara, por aceitarem avaliar este trabalho e auxiliar para melhorá-lo. Agradeço especialmente à professora Eduarda Schneider por ter aceitado participar de todas as bancas de formação a que fui submetida até aqui.

Agradeço também a minha mãe, Maria Izabel, que me auxiliou e me apoiou nos cuidados com o meu filho durante todo esse processo. Agradeço ao meu marido, Paulo Roberti, pelo apoio incondicional tanto financeira quanto emocionalmente, durante toda essa caminhada.

Agradeço ao meu filho, Henrique Roberti, pelos sorrisos sinceros e pelo amor incondicional que sempre me ajudou a manter a calma e continuar em frente.

Agradeço aos meus sogros, Imelda e Lucindo, por sempre estarem dispostos a me ajudar e por estarem constantemente presentes em tudo o que fosse necessário durante esse processo.

Agradeço a toda a minha família, que sempre me apoiou nesse processo de formação.

Agradeço as minhas amigas, que foram também parceiras de viagem e colegas de aula de doutorado, Cintya, Elocir, Kely e Juliana, pelas boas conversas durante as viagens para fazer as disciplinas e após, sempre apoiando, escutando e aconselhando quando precisávamos de uma palavra amiga.

Agradeço à Sandra, secretária do programa, que sempre me atendeu em todas as minhas dúvidas e me auxiliou em tudo o que foi necessário.

Agradeço aos acadêmicos e professores universitários que aceitaram a fazer parte desta pesquisa.

Agradeço às Universidades UEM e Unioeste, por me acolherem e me aceitarem durante todas as etapas da minha formação. Agradeço à CAPES, por ceder o auxílio financeiro.

*“[...] a ciência, como outras atividades produtivas, tais como o Estado, a família e o esporte, é uma instituição social completamente integrada e influenciada pela estrutura de todas as demais instituições sociais. Os problemas que a ciência trata, as ideias que ela usa na investigação desses problemas, mesmo os chamados resultados científicos que surgem da investigação científica, são todos profundamente influenciados pelas predisposições que originam-se da sociedade na qual vivemos. Afinal, os cientistas não começam a vida como cientistas, mas como seres sociais imersos numa família, num Estado, numa sociedade produtiva, e eles enxergam a natureza através de lentes que foram moldadas pelas suas experiências sociais”.*

**Richard C. Lewontin**



## **Evolução biológica e sua compreensão na formação de professores: o discurso de acadêmicos e docentes**

### **RESUMO**

A pesquisa teve como objetivo analisar o discurso de professores e acadêmicos de cursos de graduação em Ciências Biológicas referente ao tema “evolução”, e, ainda, investigar se a síntese estendida faz parte dessas formações discursivas. Para tanto, foram realizados questionários sobre o tema com acadêmicos concluintes do curso de Ciências Biológicas de duas universidades, e também entrevistas semiestruturadas com professores dos cursos de Ciências Biológicas das universidades estaduais do Paraná que aceitaram participar da pesquisa. Para analisar as construções discursivas coletadas nesse processo, recorreremos à Análise do Discurso francesa, visto que essa metodologia considera a ideologia, o imaginário e o real na construção do discurso. A tese foi escrita na forma de cinco artigos, os quais foram organizados em duas seções. A seção I encontra-se constituída por três artigos referentes à pesquisa realizada com os acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras. O artigo 1 teve como objetivo analisar os discursos apresentados pelos acadêmicos quanto aos conhecimentos em relação ao tema “evolução biológica”, buscando identificar indícios de que conceitos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação. As explicações dos acadêmicos foram interpretadas por meio da análise de discurso, que permitiu a identificação da presença sutil de termos como epigenética, plasticidade fenotípica, desenvolvimento biológico, entre outros. Concluiu-se que a citação desses termos configura-se indício discursivo de que esses conhecimentos estão ampliando a forma como a evolução está sendo compreendida pelos acadêmicos de graduação dos cursos de Ciências Biológicas investigados. O artigo 2 teve por objetivo examinar os discursos apresentados por acadêmicos dos cursos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, e, ainda, como esses conceitos são percebidos na síntese estendida da evolução. Para tanto, solicitou-se aos acadêmicos que se posicionassem, concordando ou discordando em relação à afirmativa “Um genótipo forma somente um fenótipo”, e que justificassem suas respostas. Os dados referentes às justificativas dos estudantes foram tratados com base na Análise do Discurso francesa. Assim, percebeu-se que a maioria dos acadêmicos compreende que diferentes fenótipos podem resultar de um mesmo genótipo, devido às interações com outros fatores. O artigo 3 teve como objetivo compreender a constituição discursiva dos acadêmicos, participantes da pesquisa em relação à síntese estendida da evolução. Nesse artigo, ficou evidente que os estudantes foram apresentados às pesquisas que ampliam os conhecimentos biológicos referentes à evolução. Entretanto, ainda necessitam de uma compreensão mais ampliada sobre a síntese estendida e seus processos, a fim de apresentarem uma visão integrada dos fenômenos relacionados à evolução biológica. A seção II foi dividida em dois artigos. O artigo 4 teve por objetivo tecer e fomentar reflexões acerca dos discursos de professores do ensino superior envolvidos na formação docente de Biologia, quanto à necessidade de integrar os conhecimentos biológicos e sobre a possibilidade de a evolução poder ser considerada como o eixo integrador. Para tanto, realizou-se pesquisa on-line com professores universitários, por meio de entrevistas. A análise dos discursos verbais e extraverbais dos professores permitiu separar seus discursos por unidades de sentido, nas quais foram observadas sete formas de pensar a teoria evolutiva dentro do contexto

educacional. Percebeu-se a necessidade de maior compreensão das teorias evolutivas recentes para, então, haver a possibilidade de utilização desses conhecimentos de forma holística no contexto dos cursos de Ciências Biológicas. O artigo 5 teve por objetivo analisar os discursos apresentados pelos professores de cursos de Ciências Biológicas quanto à temática “evolução biológica” e suas modificações ao longo do tempo, até chegar à atualidade, em que se discute a necessidade de uma extensão para essa teoria, procurando integrar os conhecimentos já presentes na síntese moderna com os negligenciados por ela, como, por exemplo, a biologia do desenvolvimento, a epigenética e o nicho construído. A extensão busca, ainda, ampliar os conhecimentos já presentes na síntese moderna e que merecem uma discussão mais apurada, como a questão de gradualismo e de saltacionismo, a plasticidade fenotípica e o alcance das interferências ambientais nos processos evolutivos.

Palavras-Chave: Evolução Biológica; Síntese Estendida da Evolução; Formação de Professores; Análise do Discurso.

## **Biological evolution and its understanding in teacher's ongoing education: the discourse of undergraduate students and professors**

### **ABSTRACT**

This research aims to analyze the discourse of university students and professors in the Biological Sciences field regarding the theme "evolution", and investigates whether the extended synthesis is part of these discursive formations. To this end, surveys regarding this topic were given to undergraduate Biological Sciences students from two universities and semi-structured interviews with Biological Science professors at state universities in Paraná were performed with voluntary participants. To analyze the discursive constructions collected in this process, we utilized French Discourse Analysis, since this methodology considers ideology, "the imaginary", and "the real" in the construction of discourse. The thesis is formatted into five articles, which are organized into two sections. Section I consists of three articles that refer to research about Biological Science undergraduate students from two Brazilian universities. Article 1 aimed to analyze the responses from undergraduates regarding their knowledge of the theme "biological evolution", attempting to identify indications that the concepts from the theory of extended synthesis are (or are not) being addressed during their undergraduate career. The students' explanations were interpreted through discourse analysis which allowed the identification of subtle terms such as epigenetics, phenotypic plasticity, and biological development, among others. Through this analysis, it was concluded that the presence of these terms is discursive evidence that this knowledge is broadening the way evolution is being understood by Biological Science students which were investigated. Article 2 aimed to examine the responses from Biological Science undergraduate students in relation to genotype and phenotype, and also how these concepts are perceived as an extended synthesis of evolution. For this reason, students were asked to agree or disagree with the statement "A genotype forms only one phenotype", and justify their answers. The data referring to the students' justifications were analysed based on the French Discourse Analysis. It was observed that most of the undergraduate students understood that different phenotypes can result from the same genotype due to interactions with other factors. Article 3 aims to comprehend the discursive constitution of the students who took part in this research, regarding the extended synthesis of evolution. In this article, it was clear that those students were introduced to research that extended their biological knowledge about evolution. However, they still needed a broader understanding of the extended synthesis and its processes in order to present an integrated view of the phenomena related to biological evolution. Section II was divided into two articles. The objective of article 4 was to show and encourage reflections regarding statements by university professors who are in charge of the training of Biology teachers. These professors observed the need to integrate biological knowledge and the possibility that evolution could be

considered as the integrating axis. Next, online interviews were carried out with other university professors. The analysis of their verbal and extraverbal responses allowed us to separate their speeches by units of meaning, in which seven ways of thinking about evolutionary theory within the educational context were observed. It was noticed that there is a need for better understanding of recent evolutionary theories so that this knowledge can be used holistically and effectively within the context of Biological Sciences. Article 5 aimed to analyze the responses from Biological Science professors about "biological evolution" and its changes over time to the present. Nowadays, there is discussion about the need for an extension of this theory aiming to integrate the knowledge that is common in the modern synthesis with knowledge that is neglected by it, such as developmental biology, epigenetics and constructed niche. The extension also seeks to broaden the knowledge which is already present in the modern synthesis and deserves a more refined discussion, such as the question of gradualism and leapfrogging, phenotypic plasticity and the extent of environmental interference in evolutionary processes.

**Keywords:** Biological Evolution; Extended Synthesis of Evolution; Teacher Education; Discourse Analysis.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>SEÇÃO I: A evolução na perspectiva dos formandos de Ciências Biológicas.....</b>	<b>39</b>
<b>ARTIGO 1:</b> Síntese moderna e síntese estendida da evolução biológica na perspectiva de acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras .....	41
<b>ARTIGO 2:</b> Discurso de graduandos de Ciências Biológicas sobre os possíveis fenótipos para um genótipo.....	66
<b>ARTIGO 3:</b> Nova síntese para a evolução biológica: o discurso dos acadêmicos de licenciatura em Ciências Biológicas.....	80
<b>SEÇÃO II: Evolução biológica: o que dizem os professores formadores de professores.....</b>	<b>108</b>
<b>ARTIGO 4:</b> A evolução como eixo integrador dos conhecimentos biológicos no ensino superior: discursos docentes .....	110
<b>ARTIGO 5:</b> Evolução biológica - síntese moderna e síntese estendida: as construções discursivas apresentadas por professores do ensino superior .....	134
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>166</b>
<b>REFERÊNCIAS (Introdução, apresentação da parte I, apresentação da parte II, considerações finais).....</b>	<b>172</b>

## APRESENTAÇÃO

Ao iniciar a graduação em Ciências Biológicas, os componentes curriculares que mais me interessavam eram referentes à biologia molecular. Por conta dessa preferência, como trabalho de conclusão de curso, realizei uma pesquisa com estudantes de ensino médio da educação básica sobre como trabalhar em sala de aula utilizando a história da ciência. Para tanto, foi utilizado o contexto histórico da construção de um modelo para a molécula de DNA.

O meu TCC foi desenvolvido no contexto do PIBID, programa de iniciação à docência no qual participei pelo período de três anos, e foi nesse momento que me apaixonei pela profissão docente. Durante o tempo em que participei desse programa, desenvolvemos inúmeros trabalhos voltados ao ensino de biologia na escola básica; também realizamos estudos na universidade, o que aprofundou meus conhecimentos referentes ao trabalho docente, e me fez optar por prosseguir meus estudos envolvendo a pesquisa em biologia e a área do ensino de biologia.

Ao ingressar no mestrado, desenvolvi pesquisas envolvendo a análise de livros didáticos quanto à transposição didática dos conceitos de genótipo e fenótipo (SILVA, Et. Al., 2020; SILVA, JUSTINA, 2018; SILVA, 2017). Como resultado, percebi que os conceitos apresentados nesses materiais eram superficiais e pouco atualizados. Ao estudar o tema, verifiquei a estreita ligação entre esses conceitos e as teorias da evolução, as quais vêm sofrendo alterações devido a estudos que envolvem a compreensão de como os mais variados fenótipos podem ser expressos, dependendo das condições nas quais os organismos se encontram inseridos.

Então, para compreender como pesquisas recentes, envolvendo genótipo e fenótipo, estão se integrando na compreensão que se tem de evolução, desenvolvemos uma pesquisa com o tema “evolução”, em seus aspectos históricos e atuais, com professores e acadêmicos dos cursos de Ciências Biológicas. Considerando-se que esses estudantes atuarão, em grande parte, como docentes da educação básica, precisam ser capazes de realizar a transposição didática dos conteúdos biológicos e de fazer a mediação desse conhecimento para os alunos em sala de aula.

## INTRODUÇÃO

Esta pesquisa teve como objetivo principal compreender como professores de ensino superior, que atuam no curso de Ciências Biológicas, argumentam e se posicionam em relação ao ensino sobre evolução. Ainda, mediante análise dos discursos dos acadêmicos de Ciências Biológicas, analisar se eles possuem uma compreensão histórica e contemporânea do assunto. E, com essas informações discursivas, procurou traçar discussões referentes à necessidade de trabalhar a biologia em âmbito acadêmico tendo a teoria da evolução como eixo integrador desses conhecimentos. Corroborando essa perspectiva integradora do pensamento biológico em diferentes contextos, Scheifele, Corazza e Justina (2020, p. 03) afirmam:

Apenas após a concretização do pensamento evolutivo em um grande paradigma das ciências biológicas, calcado em uma teoria consistente da evolução, que foi a Teoria Sintética, construída a partir de um coletivo de cientistas e pesquisadores de diferentes áreas, é que foi possível a autonomia e emancipação da biologia como uma ciência única. Por isso, consideramos a evolução como eixo central, unificador e/ou articulador, dos conhecimentos biológicos, que proporcionou essa união em torno de uma ciência da vida, que é a biologia.

Para a biologia ser considerada uma ciência houve um longo processo de sua defesa e de apresentação de evidências que a colocassem em tal patamar. Essas discussões são apresentadas por autores como Smocovites (1992) e Mayr (2005).

O caminho percorrido pela teoria da evolução biológica tem sua consolidação e posterior aprimoramento com a publicação do livro (ou obra) de Charles Darwin, intitulado “The Origen of Species: By Means Of Natural Selection”, em 1859. Porém, nessa época, Alfred R. Wallace (1823-1913) chegou às mesmas conclusões que Darwin. Entretanto, muito antes de essa obra consolidar tal teoria e dar a ela respaldo científico experimental, já havia estudos que evidenciavam que o mundo não era estático e imutável como afirmavam as teorias criacionistas (FUTUYMA, 1992; MAYR, 2005; RIDLEY, 2006).

Durante os séculos anteriores, havia um movimento científico em outras ciências que direcionava o pensamento de que a Terra como um todo estava em constante mudança, como descreveram Cardoso, Forato e Rodrigues (2019, p.50). Assim, em meio à atmosfera iluminista do século XVIII, “[...] as concepções fixistas baseadas na

ideia de um projeto divino para a natureza eram cada vez mais questionadas e a construção de um pensamento transformista sobre os seres vivos foi se desenvolvendo”. Isso era demonstrado na construção do conhecimento geológico, por meio de evidências de que a Terra possuía mais tempo do que indicavam as escrituras religiosas, os achados paleontológicos que possuíam amostras de animais já extintos, e ainda as teorias físicas de transformações das estrelas e do sistema solar (MAYR, 2005; MEYER, EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

Nesse mesmo movimento surgiram as teorias evolucionistas, como a de Georges Louis Leclerc-Bufon (1707-1788), o qual propôs que as espécies se transformavam, porém, de uma forma limitada, guiada por um modelo interno. O pesquisador utilizou o exemplo do gato doméstico, que, segundo sua teoria, ao migrar para ambientes distintos, originaria outras variações de felinos, como os leões, leopardos, tigres, etc. (MEYER, EL-HANI, 2005).

Outra teoria, que foi de suma importância para o desenvolvimento da teoria da evolução atual e que fora apresentada de uma forma mais completa para a época de publicação, foi a de Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet – Cavaleiro de Lamarck (1744-1829). Lamarck, diferentemente de seus antecessores, decidiu assumir e apresentar suas ideias para a comunidade científica da época; dentre elas, uma das que mais teve impacto em sua teoria foi a de que o ambiente tem o poder de moldar características nos animais e estas são passadas às gerações futuras. Segundo ele, “A diferença entre o gato salvador selvagem da montanha e o gatinho ronronador doméstico devia-se unicamente à diferença de seus meios ambientes. A natureza era capaz de induzir todos os tipos de mudança nos animais” (STRATHERN, 2001, p. 9). De acordo com Futuyama (1992) e Ridley (2006), os escritos de Lamarck, publicados em 1809, em sua obra intitulada “Philosophie Zoologique”, foi a primeira teoria da evolução apresentada de forma ampliada. Ele acreditava que as formas de vida inferiores surgiam por geração espontânea de matéria inanimada e progrediam a uma complexidade e perfeição mediante intervenção divina. Essa progressão seria guiada pelo ambiente, cujas mudanças forçariam o organismo a utilizar mais determinados órgãos do que outros, de modo que estes se desenvolveriam mais e essas características passariam às futuras gerações. Trata-se da Lei do “uso” e “desuso”. Almeida e Falcão (2010) destacam que essas teorias defendidas por Lamarck representavam o consenso da comunidade naturalista da época.



A concepção de herança dos caracteres adquiridos não é originada na teoria de Lamarck, uma vez que, conforme Martins (2015), essa era uma ideia amplamente aceita por muitos estudiosos da época e foi citada inclusive por Darwin em suas obras. Entretanto, foi Lamarck quem, de uma forma mais complexa e que colocaria em discussão a questão do fixismo, apresentou e discutiu uma teoria para explicar como os organismos e suas populações evoluíam ao longo do tempo. Mas, como destacam Almeida e Falcão (2010), Lamarck era religioso e se propôs a explicar como os organismos se transformavam, porque não acreditava que o criador, em sua extrema bondade e poder, pudesse permitir a destruição completa de uma espécie.

Após a obra de Lamarck, a teoria que mais causou impacto na comunidade científica, ao pensar a evolução biológica, foram os escritos da teoria da seleção natural, de Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913), os quais tiveram suas ideias sobre seleção natural apresentadas em conjunto, em 1858, à *Linnean Society* de Londres.

Charles Darwin era neto de Erasmus Darwin, um dos primeiros a propor uma teoria da evolução, registrando seus pensamentos em forma de poemas. Charles Darwin, desde pequeno, interessava-se em colecionar espécimes. Ele foi educado até os oito anos por suas irmãs, e, após a morte de sua mãe, foi mandado à escola regional de onde morava. Aos 16 anos, foi enviado à Universidade de Edimburgo para cursar Medicina; mas, lá, interessou-se por história natural. Dois anos após, seu pai percebeu que o filho não se interessava pela área médica; então, decidiu que só restaria ao jovem tornar-se clérigo. Assim, Darwin foi enviado à Universidade de Cambridge para estudar teologia, onde ele se uniu a estudiosos de botânica e, com isso, surgiu a oportunidade de participar a bordo do *Beagle*, junto ao capitão Fitzboy, como botânico de uma expedição para a América do Sul (STRATHERN, 2001).

Darwin e Wallace propuseram que a evolução acontecia primariamente baseada na luta pela sobrevivência, isto é, os organismos eram selecionados de forma natural, de modo que o mais adaptado às condições que lhes eram impostas sobreviveria e deixaria descendentes. Como é relatado por Almeida e Falcão (2010), a teoria da evolução de Darwin tinha, como respaldo, três hipóteses: a primeira era embasada no papel do ambiente como causa das variações fenotípicas; a segunda baseava-se no uso e desuso das partes e órgãos dos organismos, que atuaria independentemente da seleção natural; e, a terceira era a da herdabilidade dos caracteres adquiridos. Nessa terceira hipótese,

Darwin utilizou diversos exemplos de plantas para evidenciar que mudanças de hábitos produziriam efeitos que seriam repassados às gerações futuras.

A hereditariedade começou a ser pensada pelos gregos, na antiguidade, predominando entre eles o entendimento de que as características hereditárias provinham do sêmen masculino. Aristóteles, porém, rejeitou essa forma de pensar a hereditariedade e também como esta era transmitida, pois percebeu que as crianças podiam apresentar características da mãe ou da avó (tanto quanto do pai ou do avô), e que essas características são passíveis até mesmo de pular gerações, desaparecendo em uma e reaparecendo na próxima (MUKHERJEE, 2016).

Darwin, assim como os gregos, acreditava na teoria da pangênese para explicar a hereditariedade e, em 1868, publicou, no último capítulo de seu livro intitulado “The variation” – A variação – a explicação para sua teoria da hereditariedade: “The provisional hypothesis of pangenesis” – A hipótese provisória da pangênese (ARCANJO; SILVA, 2017). Segundo essa teoria, todas as partes do corpo têm o poder de se reproduzir a si mesmas. Darwin explicou que isso acontece mediante a formação de gêmulas, as quais eram transmitidas para os descendentes, o que elucidaria a semelhança com seus pais. Arcanjo e Silva (2017, p. 709) fazem a tradução do original de Darwin (1868) acerca da explicação de como funcionaria a hereditariedade pela teoria da pangênese:

Eu presumo que as células, antes de sua completa conversão em material completamente passivo ou ‘material formado’, liberam pequenos grânulos ou átomos, que circulam livremente através do sistema e, quando nutridos apropriadamente, multiplicam-se por autodivisão, transformando-se subsequentemente em células como aquelas das quais derivam. Esses grânulos, por questão de distinção, podem ser chamados gêmulas celulares, ou, como a teoria celular ainda não se encontra completamente estabelecida, apenas gêmulas. Elas supostamente são transmitidas dos parentais para a progênie, e, geralmente, se desenvolvem na geração seguinte, mas, frequentemente, são transmitidas em estado dormente por várias gerações até que então se desenvolvem. O desenvolvimento das gêmulas é, supostamente, dependente da união destas com outras células ou gêmulas parcialmente desenvolvidas que lhe precedem no curso regular de crescimento... Gêmulas, supostamente, são liberadas por toda célula ou unidade [do corpo], não apenas no estado adulto, mas durante todas as etapas do desenvolvimento. Por fim, eu presumo que as gêmulas em seu estado dormente apresentam uma afinidade mútua entre si, levando a sua agregação nas sementes ou órgãos sexuais. Portanto, estritamente falando, não é o sistema reprodutivo, nem as sementes, que são responsáveis pela geração de novos

organismos, mas sim as células do corpo propriamente ditas. Essas premissas constituem a hipótese provisória que eu nomeei Pangênese.

Mais tarde, no século XX, foi repensada a teoria da evolução de Darwin, após terem sido encontrados os escritos deixados por Mendel sobre a genética de populações. Com isso, foi elaborado o que hoje se conhece como a teoria sintética da evolução, ou síntese moderna da teoria da evolução ou mesmo neodarwinismo (FUTUYMA, 1992; RIDLEY, 2006).

Pesquisadores como Ronald Aylmer Fischer (1890-1962), John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), Sewall Green Wright (1889-1988), dentre outros estudiosos, realizaram pesquisas que foram de suma importância para a união entre a teoria da seleção natural de Darwin com a teoria da hereditariedade de Mendel. Foi essa última que consolidou a teoria da evolução, como afirma Ridley (2006, p.38), ao considerar que “[...] a teoria de Darwin agora possuía aquilo que careceu por meio século: uma fundação firme em uma teoria da hereditariedade bem testada”, e isso aconteceu após a união dessas teorias.

Em 1947, contudo, reuniu-se, em um simpósio realizado em Princeton, nos Estados Unidos, um comitê com 30 membros representantes de áreas da biologia, como a genética, a morfologia, a paleontologia e a sistemática, para discutir problemas comuns a essas áreas. Foi a partir de então que a teoria da síntese moderna da evolução passou a ser considerada pelos biólogos como algo importante para a compreensão da biologia (RIDLEY, 2006).

Vieira (2017) explica que pensamentos envolvendo a biologia do desenvolvimento, a ecologia, entre outras áreas biológicas, não tiveram espaço em meio à teoria evolutiva que estava desabrochando na época, e que se caracterizava por unir as ideias sobre seleção natural de Darwin e Wallace com genética de populações, modelos matemáticos, modificações por meio de mutações que ocorriam de forma lenta e gradual.

Assim, destaca-se que a síntese moderna da evolução é baseada em conceitos como o de seleção natural, gradualismo, fluxo gênico, variabilidade, adaptação, especiação, isolamento geográfico, deriva gênica, mutação genética, recombinação genética, etc. Dentre eles, a seleção natural é um dos mais importantes princípios. Segundo Mayr (2005), a seleção natural nada mais é que um processo de eliminação no

qual os indivíduos sobrevivem por sorte ou por possuírem características que os tornam mais bem adaptados às condições ambientais a que estão expostos.

Após a elaboração e a consolidação da síntese moderna da teoria evolutiva, ainda ocorreram aprimoramentos, com a inserção dos conhecimentos da genética molecular. As pesquisas nessa área tiveram um desenvolvimento significativo após o reconhecimento e a definição da molécula de DNA como a responsável por carregar as informações genéticas. Isso ocorreu com a publicação, em 1953, do artigo de James D. Watson e Francis H. Crick denominado “Molecular Structure of Nucleic Acids”, (Estrutura Molecular dos Ácidos Nucleicos), na revista *Nature*. Esses conhecimentos da biologia molecular resultaram em mais evidências, que reforçaram a teoria da evolução, e, durante a década de 1970, houve acréscimos a essa teoria.

Com o desenvolvimento do conhecimento sobre o gene, propagaram-se formas de pensamentos de que todas as características dos seres vivos são determinadas pelo genótipo dos indivíduos. Entretanto, a transmissão da hereditariedade não se resume exclusivamente aos genes; é necessário considerar a célula por completo, seu sistema de membranas, suas organelas, citoplasma e material genético. E, ainda, é necessário considerar o organismo em sua totalidade, sem esquecer o ambiente em que se encontra inserido (CONSOLARO, 2009).

Por algum tempo, os geneticistas acreditaram que o genótipo dos organismos determinava o fenótipo com pequenas variações provocadas pelo ambiente. Entretanto, como relata Rutherford (2000), os novos caminhos da genética apontam que mesmo as vias altamente importantes e conservadas de processos considerados essenciais podem sofrer mudanças e alterar minimamente ou até mesmo gerar consequências graves para o fenótipo dos organismos.

Ao se analisar a teoria da evolução, são perceptíveis acréscimos e complementações ao longo do tempo, os quais solidificaram esse pensamento. Logo é perceptível que a biologia é uma ciência que está em constante construção, nunca está terminada, e essa é uma das peculiaridades que a distinguem como ciência. Portanto, é natural que atualmente esse processo ainda esteja acontecendo, conforme defendem diversos autores, como Gould (2002), Carrol (2008), Pigliucci e Muller (2010) ao dizer que está na hora de estabelecer uma extensão para a teoria da evolução.

Conforme destacam Meyer e El-Hani (2005), houve, na virada do século XIX para o século XX, debates antidarwinistas, cujo objetivo era negar a importância da seleção natural na evolução. Entretanto, a síntese moderna consolidou o papel de destaque das teorias darwinistas, superando essas teorias contrárias; as pesquisas atuais buscam, então, compreender os princípios evolutivos. Também nesse mesmo período, havia muitas controvérsias em âmbito acadêmico referentes a quais conhecimentos entrariam nas discussões relativas à teoria moderna da evolução.

A biologia do desenvolvimento ontogenético é um exemplo das discussões que não entraram no arcabouço teórico da síntese moderna da evolução biológica, e que será discutida mais adiante neste trabalho de tese. Cabe, ainda, aqui refletir, de acordo com o que ressalta Meghioratti (2004, p.40), que:

As controvérsias e os contextos históricos presentes no desenvolvimento do pensamento evolutivo evidenciam como a ciência é produzida. Entende-se a ciência como uma atividade dinâmica, influenciada por fatores socioculturais e baseada em paradigmas estabelecidos pela comunidade científica de cada época.

Para construir o que atualmente vem emergindo como uma extensão da síntese evolutiva estão sendo considerados estudos desenvolvidos nas mais diversas áreas, os quais agregam conhecimentos que ampliam e complementam a teoria da seleção natural, sem, no entanto, substituí-la. A seguir, destaca-se o debate envolvendo a comunidade acadêmica a respeito de como muitos cientistas atuais pensam a ampliação do pensamento evolutivo para além da síntese moderna, muitas vezes até ressignificando alguns pontos e acrescentando novos modelos explicativos.

Atualmente, membros da comunidade científica reclamam por uma expansão da síntese, visto que compreendem que diversos ramos da biologia foram deixados inteiramente fora da síntese moderna, sendo que um dos mais famosos conceitos não incorporados é o da biologia do desenvolvimento (GABRIELY; SANTOS, 2019). O primeiro encontro de cientistas para discussão da construção de uma síntese estendida para a evolução ocorreu em 2008, na cidade de Altenberg, na Alemanha, e foi organizado por Massimo Pigliucci. Essas discussões resultaram em um livro – *Evolucion: the extended synthesis* – publicado em 2010.

Nesse encontro, foram discutidos temas que não estão presentes na síntese moderna da evolução, mas que têm um importante papel no processo evolutivo, além de pesquisas que vêm, há muito tempo, sendo desenvolvidas pela comunidade científica.

Os temas dessas discussões relacionavam-se a biologia do desenvolvimento, epigenética, plasticidade fenotípica, nicho construído e comportamento. Esses estudos entrelaçam-se e seriam importantes para ampliar as discussões ligadas à evolução biológica.

Oliveira et al. (2016, p. 326-327) observam que:

Embora a genética tenha ocupado durante muitos anos posições explicativas mais evidentes junto aos processos evolutivos, atualmente esse entendimento que caracterizou o contexto de produção teórica e empírica da teoria evolutiva passa a ser repensado por filósofos e biólogos. Eles propugnam sobre a ideia de que não é exclusivamente a seleção natural (atuando sobre novos fenótipos oriundos de mutações) e a deriva gênica que teriam papel causal e explicativo na evolução dos seres vivos, mas reconhecem a presença sobre diversos outros mecanismos atuando nesses processos.

Muller (2017) ressalta que, apesar de haver um desenvolvimento considerável em pesquisas que têm grande influência na teoria evolucionista, as explicações ainda recaem amplamente na síntese moderna. Assim, percebe-se que as construções discursivas são derivadas quase que exclusivamente dos princípios da genética populacional, tais como dizer que a herança genética sozinha é responsável por transmitir as características dos indivíduos, que as populações evoluem por recombinação e mutação, que a seleção natural representa o único fator direcional na evolução, dentre outros. Portanto, o autor destaca que “o atual paradigma evolutivo ainda é dominado pelas mesmas premissas básicas que marcaram a origem da abordagem de síntese” (MULLER, 2017, p. 4, *tradução nossa*).

Pigliucci e Muller (2010) enfatizam que a descrição do modelo do DNA, nos anos 1950, causou grande revolução no pensamento evolucionista das concepções iniciais de Darwin e do neodarwinismo. No entanto, esses conhecimentos também geraram o que ficou conhecido como o “dogma central” da biologia molecular, o qual afirmava que os sistemas biológicos sempre seguiam pelo mesmo caminho, do DNA para o RNA, e do RNA para proteínas. Com o caminhar das pesquisas, houve a verificação de que o fluxo de DNA para RNA poderia ser revertido por meio da transcriptase reversa, sendo que um grande exemplo é o vírus do HIV, embora isso ocorra também em outros vírus e ainda em alguns organismos eucariotos mediante a atuação de retrotransposons.

Essa forma de pensar reforçou visões deterministas de um modelo hierárquico que considera as informações contidas no material genético, provenientes das mutações, como as principais fontes de variação para a atuação da seleção natural. Margulis e Sagan (2002) defendem que a evolução não só ocorre de modo gradual por meio de mutações ao acaso, mas também pela rápida geração de novas espécies por meio da simbiose de organismos, mecanismo pelo qual “enormes lacunas na evolução foram saltadas pela incorporação simbiótica de componentes previamente aprimorados” (MARGULIS; SAGAN, 2002, p. 23).

Atualmente, já são conhecidos organismos que conseguem replicar RNA em RNA por meio da atuação de RNAs polimerases. E, ainda, com os conhecimentos sobre os *prions*, é possível evidenciar como algumas proteínas são capazes de catalisar mudanças conformacionais em proteínas semelhantes. Essa capacidade não se configura como replicação; entretanto, é, com certeza, transferência de informações (PIGLIUCCI; MULLER, 2010). Jablonka e Lamb (2010) fazem um apanhado histórico de como se chegou ao conhecimento sobre a natureza infecciosa dos *prions*; segundo esses autores, o povo Foré, uma tribo canibal, na Nova Guiné, sofria de uma doença que eles chamaram de kuru (tremedeira) e morriam geralmente de um a dois anos após o início dos sintomas. Pesquisadores ocidentais, ao investigarem esse fenômeno, pensaram, inicialmente, que se tratasse de uma doença genética, mas mulheres que não eram provindas de famílias acometidas pela doença, ao se casarem com homens que tinham a doença, desenvolviam também a doença, com o passar do tempo.

Tempos depois, foi evidenciado que a doença era transmitida pelo ritual funerário desse povo, onde mulheres e crianças cozinhavam os cadáveres e comiam as partes, inclusive o cérebro. Em 1980, Stanley Prusiner passou a defender que o agente infeccioso causador da doença degenerativa que atacava o cérebro era formado apenas por proteínas. Atualmente, sabe-se que essa doença, assim como outras, como a doença da vaca louca, por exemplo, são devidas aos *prions*, que são proteínas com formato anormal, capazes de alterar o formato normal de outras proteínas para um formato aberrante, e, assim, causar as doenças.

E, por fim, hoje, já há exemplos de traduções diretas de DNA para proteínas em experiências que ocorrem em sistemas livres de células, mas que contêm ribossomo e não contêm RNA; logo, é possível afirmar que a veracidade do dogma central não é

confirmada em todos os sistemas biológicos. Desta forma, não se rejeita nenhum dos conhecimentos empíricos dos anos 1950, mas a extensão da síntese pode modificar ou até mesmo rejeitar princípios individuais da síntese moderna, sem isso causar crise na estrutura fundamental da teoria da evolução (PIGLIUCCI; MULLER, 2010).

Reis e Araújo (2019) apresentam um discurso contrário à extensão da síntese. Esses autores, analisando os trabalhos publicados pelos proponentes dessa extensão, concluem que a síntese evolutiva estendida não se trata de algo sintético, como foi a síntese evolutiva moderna, pois a atual proposição busca explicar os fenômenos biológicos de forma ampla. Esse pensamento pode ser evidenciado na seguinte frase: “aderir à chamada síntese estendida tem como consequências a legitimação de uma pluralidade de abordagens (não sintetizadas e dificilmente sintetizáveis em curto prazo) e uma transformação da síntese evolutiva (diferente de uma extensão).” (REIS; ARAÚJO, 2019, p.147).

Existe, ainda, o desafio de explicitar as mudanças não graduais, pois todas essas formas de mudanças foram excluídas da síntese moderna. Então, é evidente o desafio de explicar as alterações fenotípicas descontínuas, tais como a evolução do genoma, a plasticidade fenotípica, o desenvolvimento ontogenético e a herança não genética. Portanto, a dinâmica existente nos registros paleontológicos de mudanças não graduais dos sistemas biológicos e que foram selecionados por regimes contínuos agora pode ser explicada. Esses registros de mudanças biológicas descontínuas representam uma parte significativa da síntese evolutiva (PIGLIUCCI; MULLER, 2010).

Conforme explicam Cardoso, Formato e Rodrigues (2019, p.49), por volta do século XVIII, desenvolveu-se o entendimento de que a maioria das características presentes na geologia terrestre teria sido formada mediante processos contínuos lentos e graduais de transformação da superfície terrestre. Essa percepção, que se refere às teorias atualmente conhecidas como uniformitaristas ou gradualistas, contrapunha-se às concepções catastrofistas associadas à noção de que as espécies eram fixas. Nessas concepções catastrofistas, eventos geológicos bruscos e imprevistos causariam amplas transformações no planeta, provocando a destruição de diversas espécies e levando ao surgimento de novas.



A síntese estendida vem contrapor-se a esse entendimento de evolução somente de forma lenta e gradual, o que é considerado uma grande mudança para esse paradigma, pois leva em consideração a contribuição que oferecem os processos gerativos de fenótipos. Nessa perspectiva, a seleção natural torna-se pano de fundo em constante atuação; entretanto, as especificidades dos fenótipos resultantes são fornecidas pelos sistemas de desenvolvimento em que atuam, ou seja, os próprios organismos são responsáveis pelas determinantes na variação e na inovação passíveis de seleção (PIGLIUCCI; MULLER, 2010).

Segundo Vieira (2017), é preciso considerar os fenômenos envolvidos nas construções de variações fenotípicas, que é onde a seleção natural atua. Uma das áreas que estudam a relação entre os processos de formações fenotípicas e a evolução biológica é a biologia do desenvolvimento do organismo. Carrol (2006, p. 8) destaca que “o desenvolvimento está intimamente ligado à evolução, porque a diversidade morfológica surge por meio de alterações nos embriões”.

Dessa forma, é cabível entender um pouco sobre como se chegou à conclusão da estreita ligação entre desenvolvimento biológico e evolução. Há muito tempo que o processo de desenvolvimento animal é objeto de especulações das mais variadas formas, até que pesquisadores do século XVIII e XIX, como o biólogo e naturalista russo Karl-Ernst von Baer (1792-1876) e o naturalista francês Étienne G. Saint-Hilaire (1779-1844), chegaram a importantes conclusões ao observar o desenvolvimento de embriões de várias espécies e comparar seus resultados. Esses cientistas perceberam que, nesse processo de desenvolvimento, havia semelhanças entre as diferentes espécies (MARQUES-SOUZA, 2017).

Embora as discussões sejam atuais, Vieira (2017) destaca que as pesquisas que envolvem evolução e desenvolvimento tiveram maior ênfase com pesquisadores como William Batson (1861-1926), que era um entusiasta do desenvolvimento embrionário até o início do século XX, quando sentenciou à morte a biologia embrionária, com o artigo “Evolutionary Faith and Modern Doubts”, publicado em 1922. Nesse artigo, ele exaltou os geneticistas, afirmando que estes seriam os sucessores dos morfologistas/embriologistas. Richard Benedict Goldschmidt (1878-1958), com o livro “The Material Basis of Evolution”, publicado em 1940, defende “[...] a ideia de que as mudanças evolutivas não são sempre graduais e contínuas, mas eventualmente grandes

mudanças macroevolutivas podem ser geradas via “reações sistêmicas” e macromutações” (VIEIRA, 2017, p. 2018). E, ainda, Conrad H. Waddington (1905-1975), com seus estudos relacionados à epigenética, defende que as mudanças ocasionadas pelo ambiente têm o poder de modular os fenótipos a tal ponto de transmitir às gerações futuras. Esse tema será discutido de forma mais aprofundada no seguimento deste trabalho.

Quando Charles Darwin publicou *A origem das espécies*, em 1859, destacou a importância dos estudos de embriologia (desenvolvimento dos organismos) para o entendimento dos mecanismos e processos evolutivos das espécies. A partir de então, diversos morfologistas/embriologistas passaram a abordar o desenvolvimento dos organismos sobre uma nova ótica – à luz da evolução. A teoria da recapitulação de Ernst Haeckel (1866) desempenhou forte influência sobre a área: o autor propunha que a ontogenia (desenvolvimento) recapitula a filogenia (evolução) dos organismos. O interessante desse contexto histórico é que o primeiro estudo publicado testando a teoria evolutiva de Darwin, utilizando embriões e larvas, foi o de Fritz Müller (1864). Através da observação da ontogenia de crustáceos, Müller demonstrou que a ontogenia poderia ser utilizada para entender os padrões da história evolutiva das espécies (filogenia); ou seja, mecanismos evolutivos podem ser encontrados na ontogenia (desenvolvimento) (VIEIRA, 2017, p. 2014).

Então, como a biologia do desenvolvimento biológico tornou-se uma “caixa preta” na síntese moderna da evolução? Araújo e Araújo (2015) alegam que isso aconteceu, apesar do apreço por essa temática de cientistas da síntese evolutiva moderna, como Julian Huxley (1887-1975) e Sewall Wright (1889-1998), devido à forte fundamentação dessa síntese teórica na genética de transmissão, deixando o desenvolvimento ontogenético de fora das discussões.

Isso aconteceu, como esclarece Vieira (2017), devido a uma variedade de trabalhos que tentavam estabelecer as relações evolutivas das espécies utilizando as sequências do desenvolvimento embrionário, mas não conseguiram alcançar o seu objetivo. Ainda, houve, em 1900, a redescoberta da genética mendeliana, a qual apresentava a segregação de fatores hereditários que eram totalmente plausíveis com os estudos em *Drosophila* realizados no laboratório onde pesquisava Thomas Hunt Morgan (1866-1945), fatos que ergueram a genética a um patamar inalcançável. Ainda em 1937, um biólogo russo, Theodosius Dobzhansky, publicou o livro “*Genética e a Origem das Espécies*”, que terminou por sentenciar ao ostracismo a embriologia evolutiva.

Essa união entre desenvolvimento e evolução somente viria a acontecer décadas mais tarde, entre 1970 e 1980, com a obra “Ontogeny and Phylogeny”, de Stephen J. Gold, publicada em 1977. As pesquisas que evidenciaram o papel dos genes homeobox (HOX) no processo de construção anteroposterior na formação dos organismos são um exemplo clássico de como a ontogenia é capaz de exercer um importante papel nos processos evolutivos. Como salientam HRYCAJ e WELLIK (2016), a expansão e a evolução dos genes HOX desempenharam um papel fundamental na rápida diversificação dos planos corporais dos bilaterais. Essas pesquisas iniciaram-se em 1960, como aponta Marques-Souza (2012, p. 298):

[...] o geneticista norte-americano Edward Lewis (1918-2004) percebeu que algumas das mosca-das-fruta (*Drosophila melanogaster*) que estudava nasciam – em frequência muito pequena – com anomalias no plano corporal. Uma mosca tinha, no lugar das antenas, patas totalmente formadas. Outra nasceu com quatro asas, e não duas. Na mesma época, o biólogo do desenvolvimento norte-americano Eric F. Wieschaus e a bióloga alemã Christiane Nüsslein-Volhard, usando substâncias capazes de alterar o material genético das moscas-das-frutas, obtiveram milhares de moscas com mutações em diversos processos importantes na formação e na vida do inseto. Segundo os estudos, cada mutação decorria da alteração de apenas um gene. E surgiram descobertas extraordinárias: por exemplo, apenas um gene foi identificado como responsável pela formação da cabeça da mosca no lugar certo.

Desta forma, foi estabelecida a ligação entre desenvolvimento biológico e a teoria da evolução, e isso iniciou o que atualmente se conhece como a biologia do desenvolvimento evolutivo (EVO-DEVO). Um exemplo da atualidade é a influência que o mau funcionamento dos genes HOX tem na formação da coluna vertebral dos animais. Sobre isso, Silva et al. (2017), ao pesquisar sobre o papel dos genes HOX na má formação da coluna vertebral, destacam que doenças congênitas ligadas ao sistema nervoso central, como a esclerose e a espinha bífida, que sempre foram um desafio para a medicina, podem ser estudadas e entendidas devido aos estudos e à compreensão da expressão do gene HOX e de sua função na construção do plano corporal. As análises moleculares da expressão desse gene podem contribuir para o desenvolvimento de planos de ação a fim de tentar evitar que problemas como esses aconteçam, ou mesmo conseguir agir conforme a situação existente.

Cabe enfatizar que a evolução e o desenvolvimento são processos diferentes, uma vez que enquanto o desenvolvimento volta-se à forma individual no organismo, dirigindo-o para a forma adulta, a evolução é um processo populacional, contingente e

aberto, sem direcionalidade. Entretanto, apesar de atuarem de formas diferentes, ambos os processos influenciam-se de forma mútua. O desenvolvimento limita as possibilidades de variação que ocorrem em um organismo e a seleção atua dentro dessas variações; assim, as restrições impostas podem tanto mudar a direção quanto a velocidade da evolução (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

Nessa linha de pensamento, mas de uma perspectiva diferente, atualmente estão os processos epigenéticos, que se constituem como área da genética que dirige seus estudos para a herdabilidade das características adquiridas pelos pais e que possuem influência na vida dos seus descendentes. Fantappiè (2013, p. 1) assim define a epigenética:

A epigenética é definida como modificações do genoma que são herdadas pelas próximas gerações, mas que não alteram a sequência de DNA. Por muitos anos, considerou-se que os genes eram os únicos responsáveis por repassar às características biológicas de uma geração a outra. Entretanto esse conceito tem mudado e hoje os cientistas sabem que variações não genéticas (ou epigenéticas) adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente ser passadas aos seus descendentes. A herança epigenética depende de pequenas mudanças químicas no DNA e em proteínas que envolvem o DNA. Existem evidências científicas mostrando que hábitos da vida e o ambiente social em que uma pessoa está inserida podem modificar o funcionamento de seus genes.

Reversi (2015) destaca que um dos argumentos de Conhad Hall Waddington (1905-1975) para suas teorias epigenéticas foi que a atuação da seleção natural ocorre somente nas características expressas, selecionando apenas o produto final do desenvolvimento e não tem atuação na carga genética, a qual possui as potencialidades para manifestar essas características. Ela também não consegue influir nos mecanismos de resposta ao ambiente, que transforma o genótipo em fenótipo.

Esse conceito, “epigenética”, foi proposto por Waddington em seu trabalho, intitulado *Canalization of development and the inheritance of acquired characters* (Canalização do desenvolvimento e herança dos caracteres adquiridos), publicado em 1942, na revista *Nature*. Segundo Santos (2015), as pesquisas desse cientista centravam-se em analisar a herdabilidade de caracteres adquiridos, e um exemplo desse mecanismo foi encontrado em sua pesquisa sobre a calosidade existente no peito dos avestruzes. Inicialmente, essas calosidades formaram-se devido à fricção que esses animais

formavam com as pernas ao sentar-se. Com o passar do tempo e desenvolvimento de suas pesquisas, Waddington percebeu que essa característica no peito dos avestruzes já se formava durante o desenvolvimento embrionário. A partir de então, os pesquisadores começaram a se questionar se as fricções haviam modificado algo no material genético das aves de tal forma que essa característica passou a ser transmitida de geração em geração.

Como os estudos com as aves eram de difícil acesso, Waddington decidiu trabalhar com as drosophilas e, por meio de suas observações, percebeu que fatores ambientais estressores poderiam causar o surgimento de fenótipos não esperados, como uma forma de assimilação genética, e que esses novos fenótipos eram repassados para as gerações seguintes, fixando-se mesmo quando não estavam mais na presença dos fatores ambientais estressores. Esse processo é conhecido por herança transgeracional (ARAÚJO, 2017). Assim, esse cientista não poderia concordar em excluir o desenvolvimento biológico da teoria da evolução.

Jablonka e Lamb (2010, p. 134) salientam que as pesquisas em epigenética ganharam destaque após 1975, quando

[...] dois artigos um tanto especulativos chamaram atenção para o problema e sugeriram uma possível solução. Robin Holliday e John Pugh, dois biólogos britânicos, e Arthur Riggs, nos Estados Unidos, propuseram de forma independente um mecanismo que poderia possibilitar que estados de atividade e inatividade dos genes fossem mantidos e transmitidos a futuras gerações de células. Suas ideias geraram bastante interesse, e depois de um começo vagaroso, o estudo da memória celular e da herança epigenética começou a decolar. E ganhou ímpeto ainda maior quando se descobriu que entender a herança epigenética seria crucial para o sucesso da clonagem e de projetos de engenharia genética.

De acordo com Kaminker (2007), a regulação epigenética consistiria na capacidade do genoma em adaptar-se ao meio ambiente, o que ocasionaria mudanças no fenótipo condicionadas também pelo ambiente. Vara (2013) argumenta que uma das principais razões para o desenvolvimento das pesquisas em epigenética consiste em entender como ocorre a regulação seletiva de um alelo posicionado dentro do núcleo. Essa área busca explicar, por exemplo, a distinção entre alelos idênticos, os processos que mantêm essas mudanças mesmo após sucessivas divisões celulares, e o fato de gêmeos monozigóticos não serem totalmente idênticos, apesar de possuírem a mesma carga genética.

Atualmente, muitas pesquisas são realizadas a fim de desenvolver os conhecimentos relacionados aos processos que explicam como essas alterações acontecem e por que algumas podem ser transmitidas às gerações posteriores. Mas, ainda hoje, para muitas pessoas, o conhecimento de que os genes são influenciados e, muitas vezes, regulados em suas atividades pelos fatores ambientais externos, pode ser espantoso. Entretanto, as influências ambientais não são diretas, elas ocorrem por meio de alterações nas células em que os genes estão presentes. As reações das células a fatores são diversificadas, como, por exemplo, a falta de alimento em útero materno, que ocorreu com bastante intensidade em períodos de extremos, como na Segunda Guerra, fato que foi documentado e analisado por alguns estudiosos.

Esses estudos evidenciaram que as células do fígado reagem de modo diferente dos neurônios, por exemplo, assim como as demais células do corpo podem ter reações diversificadas para os mesmos fatores ambientais. Desse modo, para realizar as análises, os pesquisadores geralmente se restringem a uma determinada área do organismo, percebendo, assim, as influências exercidas por esses fatores no desenvolvimento do organismo (FRANCIS, 2015).

Os estudos de Costa e Pacheco (2013) revelam que a epigenética, correspondente a um conjunto de mecanismos que promove a regulação da expressão gênica em nível transcricional, foi por muito tempo esquecida. Todavia, há alguns anos as evidências demonstram que os mecanismos epigenéticos são de fundamental importância nos mecanismos de ativação e silenciamento da expressão gênica, apresentando grande influência nos processos fisiológicos e nas alterações patológicas dos indivíduos.

Os processos epigenéticos que interferem na regulação da expressão gênica consistem em: metilação do DNA, imprinting gênomico, modificação de histonas e reprogramação epigenética. A metilação do DNA, conforme Ferreira e Franco (2012), se procede com a adição de radicais metil os quais se ligam em bases nitrogenadas de citosinas que antecedem guaninas. Esse processo tem como resultado o silenciamento gênico, pois os RNA-transcricionais iniciam o processo de transcrição pelo contato das moléculas de citosina.

No imprinting gênomico todos os organismos recebem um cromossomo autossomo materno e outro paterno, e ambos os genes geralmente são funcionais,

gerando heranças bialélicas, mas alguns genes sofrem imprinting ou no óvulo ou no espermatozoide e esses genes são silenciados (COSTA; PACHECO, 2013). Os estudos mais completos desse tema envolvem experimentos com camundongos e humanos, referentes ao desenvolvimento fetal e placentário. Ferreira e Franco (2012) usam como exemplo os genes de crescimento fetal, sendo que o paternal IGF2 estimula o crescimento fetal e o IGF2R, quando expresso, diminui o crescimento fetal.

As histonas consistem em um conjunto de proteínas envoltas por material genético, formando o que se conhece por cromatina, cuja estrutura base chama-se nucleossomo. Essas estruturas têm papel fundamental na expressão gênica, uma vez que regulam o acesso ao material genético conforme o nível de compactação. Assim, a cromatina mais compactada é chamada de heterocromatina, e a menos compactada, eucromatina. Quando as alterações pós-traducionais dessas histonas favorecem uma maior compactação da cromatina, produzem formas de compactação inacessíveis aos sítios de ligação dos fatores de transcrição, e isso interfere na expressão gênica (FERREIRA; FRANCO, 2012).

Jablonka e Lamb (2010) ressaltam que, atualmente, ainda há relutância entre os biólogos em aceitar o papel da epigenética na evolução. Todavia, como é evidenciado nas explicações de como a epigenética atua formando e inibindo variações biológicas, não há como negar a total influência que esse mecanismo exerce nos processos evolutivos. Portanto, tornam-se necessárias melhores revisões para entender como a epigenética atua nesses processos e até que ponto interfere na evolução biológica.

Outro processo importante para a evolução e que merece maiores discussões é a **plasticidade fenotípica**. Os estudos sobre essa temática tiveram mais ênfase a partir de 1980, mas, como a plasticidade fenotípica é fruto da investigação da relação entre a hereditariedade e o ambiente, as pesquisas relacionadas a esse assunto já vêm de muito tempo atrás, como relata Santos (2015). Dentre estas, destacaram-se os estudos do naturalista norte-americano James Mark Baldwin (1861-1934), que discorria sobre a seleção orgânica (ou Efeito Baldwin). Esse cientista não estava satisfeito com as explicações existentes na época para os fenômenos biológicos. Assim, Santos (2015, p.159), citando os trabalhos de Baldwin de 1896 e 1902 descreve que “[...] os indivíduos de uma mesma geração eram plásticos e podiam se adaptar a seus ambientes embora os caracteres adquiridos durante sua vida não fossem herdados [...] Ele acreditava que a seleção natural atuava sobre “as variações em direção à plasticidade”.

Durante o processo de construção da síntese moderna da evolução, também se discutia, assim como a epigenética, a assimilação genética. Nessas pesquisas, Conrad Hal Waddington analisou drosophilas submetendo-as a diferentes condições ambientais, obtendo com isso, uma gama de variações fenotípicas. Essas evidências históricas demonstram que já havia discussões acerca desses conhecimentos durante o desenvolvimento e a construção da moderna síntese evolutiva, mas, mesmo assim, eles foram desconsiderados.

Para Garland e Kelly (2006), a plasticidade fenotípica pode ser entendida como o processo em que o ser vivo é moldado pelo ambiente, de forma a adequar-se melhor às condições que lhes são impostas, ou seja, o indivíduo tem a capacidade de expressar o fenótipo presente em seu material genético, que seja mais adequado para sobreviver em diferentes condições ambientais. Assim, como apontam Silva e Santos (2015, p. 54), “Atualmente, não se considera mais o organismo como agente passivo às mudanças ambientais. Em alguns casos, ele é dotado de respostas adaptativas alternativas que podem ocorrer entre gerações e ao longo de uma única geração”. Existem discussões que investigam como pode ocorrer a plasticidade fenotípica, como fica evidenciado na citação a seguir:

A sequência de eventos envolvidos na plasticidade fenotípica muitas vezes inclui os seguintes componentes: (1) algo no ambiente muda; (2) o organismo sente essa mudança; (3) o organismo altera a expressão do gene; e (4), normalmente, a expressão de gene alterada produz fenótipos observáveis adicionais (GARLAND; KELLY, 2006, p. 2347-2348).

Portanto, a forma como o fenótipo se constitui e como a evolução se processa precisa ser revista e isso já vem ocorrendo com as novas pesquisas que têm por objetivo compreender de modo mais completo esses assuntos. Dentro dessas pesquisas, o desenvolvimento do organismo como um todo vem sendo considerado, assim como a herdabilidade genética, pois, caso se desconsiderasse um desses temas, a síntese estendida da evolução ficaria novamente incompleta.

Ainda, no que se refere às pesquisas mais recentes, tem-se o **nicho construído**, que entrou nessa discussão após a publicação em 1979, do artigo de Stephen Jay Gold e Richard Lewontin, intitulado “The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme”- As tochas de San Marco e o paradigma panglossiano: uma crítica ao programa adaptacionista. Nesse artigo, os



autores criticavam o adaptacionismo, destacando que o organismo precisa ser entendido por completo e não em suas partes, conforme acontece com o programa de adaptação que divide o organismo em traços unitários e propõe uma história adaptativa para cada uma dessas partes separadamente. Os autores ainda usam o exemplo das patas dianteiras pequenas dos tiranossauros machos, os quais podem tê-las usado para excitar as parceiras femininas; entretanto, isso não vai explicar por que ficaram tão pequenas.

Mediante essas discussões, Odling-Smee, Laland e Feldman (2003) discorrem que os organismos interagem com os ambientes fazendo escolha de seus habitats e consomem energia e recurso desses locais, modificando-os. Dessa forma, esses organismos geram pressões seletivas e formam seu próprio nicho, que será repassado para seus descendentes. Pinker (2010, p. 11) compreende que:

O comportamento de um organismo altera suas cercanias físicas, que afetam as pressões de seleção, que por sua vez selecionam por adaptações adicionais para explorar o ambiente alterado, e assim por diante. Um exemplo clássico está na forma como os castores produziram um nicho aquático e desenvolveram adaptações adicionais para ali prosperarem.

Dessa forma, Oliveira et al. (2016) destacam que a herança biológica, que geralmente é descrita como herança genética, pode passar a ser compreendida de uma forma mais amplificada. Logo, entende-se que o organismo, durante o processo de desenvolvimento biológico, decorre das interações do seu genoma, em seu estágio anterior, referente ao fenótipo potencial, com o ambiente em que o desenvolvimento ocorre. Então, além das especificações estabelecidas pelo código genético, os padrões de herança sofrem interferência do ambiente físico, de forma que tanto a herança ambiental quanto os fatores ambientais aleatórios exercem um importante papel.

Os conhecimentos sobre herança epigenética, plasticidade fenotípica, desenvolvimento do organismo e sobre o nicho construído alteram a forma como se compreende, atualmente, a evolução biológica dos seres vivos. Nos dias atuais, a síntese moderna da evolução possibilita o entendimento de como ela ocorre por vários vieses, como o ecológico, o filogenético, entre outros. Dessa forma, sob a perspectiva de Silva e Santos (2015), esses mecanismos descritos anteriormente têm a capacidade de gerar diversidade aos saltos e não somente de forma gradual, causando alterações radicais no plano corpóreo dos organismos, tudo isso em um período de tempo bem menor do que

se acreditava. Esses mecanismos e não somente a seleção natural são capazes de gerar novidades evolutivas, deixando, assim, para a seleção natural o trabalho de refinamento e de manutenção das características que surgem das mais variadas formas.

Ainda, no final do século XX e início do XXI, pesquisas que envolvem a ecologia, a evolução e o desenvolvimento começaram a ser realizadas sob a ótica de que o organismo precisa ser visto como um todo e não em suas partes, e que a seleção natural é parte importante da evolução, mas trabalha dentro de limitações fenotípicas e padrões ambientais, muitas vezes, criados pelos próprios organismos que interagem com o ambiente em um processo de coevolução. Esses estudos são denominados de ECO-EVO-DEVO, como definem Oliveira et al. (2016, p. 343):

Essa área de pesquisa concebe o processo evolutivo como decorrente de um pluralismo de processos que atuam em diferentes níveis e operam de forma complementar [...] Questões referentes à ação do ambiente na geração de diversidade fenotípica, mecanismos de herança biológica e teoria de construção de nicho são subjacentes à consolidação da Eco-Evo-Devo. Essa área de pesquisa concebe o processo evolutivo como decorrente de um pluralismo de processos que atuam em diferentes níveis e operam de forma complementar. Gene, organismo e ambiente são conceitos bastante usados nas Ciências Biológicas e, quando entendidos a partir de suas múltiplas relações, apreendem mecanismos diversos que intervêm na evolução biológica e, como consequência, na diversidade das formas orgânicas.

Justina, Meghiorati e Caldeira (2012), em seu artigo, propõem rever as relações existentes entre o organismo e o ambiente, ressaltando a necessidade de desvelar a “caixa preta” do desenvolvimento biológico. Com isso, sugerem um modelo explicativo para a rede conceitual, envolvendo a relação entre genótipo e fenótipo de um organismo ao longo de sua história de vida. Nesse trabalho, fizemos uma releitura desse modelo, considerando a síntese estendida da evolução.

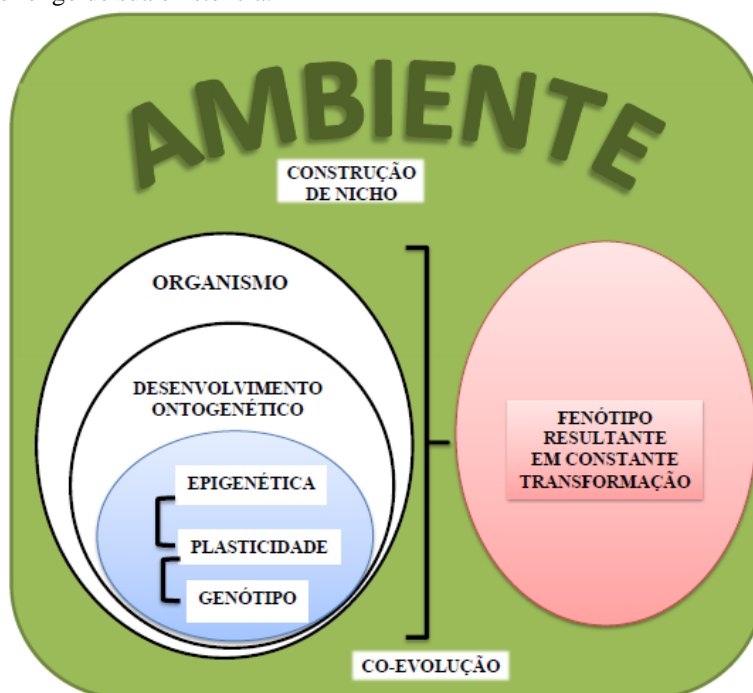
**Figura 1:** Modelo explicativo apresentado por Justina, Meghiorati e Caldeira (2012, p.80).



**Fonte:** Justina, Meghiorati e Caldeira (2012, p.80).

As interações que ocorrem entre os processos supracitados foram organizadas em um modelo explicativo na figura 2, para facilitar o entendimento dessas interações e correlações que ocorrem para formar o fenótipo do indivíduo.

**Figura 2:** Modelo explicativo das interações que ocorrem e resultam em um fenótipo que passa por transformações ao longo de sua existência.



**Fonte:** As autoras

Este modelo esquemático busca explicar como as interações entre o meio ambiente e organismo afetam no desenvolvimento biológico dos indivíduos. E ainda, demonstra-se que existe a coevolução entre ambiente e organismo, e essas interações forma um fenótipo resultante que nunca está acabado, pois é constantemente moldado pelo ambiente, ao mesmo tempo que também interfere nesse meio. O organismo retratado neste modelo contem suas partes de desenvolvimento ontogenético integradas em um todo, sendo destacadas as interferências que ocorrem especificamente no genótipo (no círculo azul), as quais consistem nas regulações epigenéticas e na capacidade plástica do genótipo ou do fenótipo frente às condições de ambiente a que é exposto.

Essas interações que ocorrem para formar o fenótipo dos organismos são compreendidas devido aos resultados das mais variadas fontes de pesquisas científicas, tanto empíricas quanto teóricas e também filosóficas e históricas do conhecimento biológico. Dessa forma, mesmo apresentando o potencial para modificar totalmente as

relações que os indivíduos estabelecem com os conhecimentos de genética e evolução biológica, em sua grande maioria, esses estudos demoram muito tempo para alcançar a sociedade. Uma das formas mais relevantes de levar à sociedade os resultados dessas pesquisas e como elas podem interferir nas decisões que essas pessoas possam vir a adotar é o ambiente escolar. Mas, para que esses conhecimentos cheguem à escola, é necessário que eles estejam sendo trabalhados com os futuros professores em sua formação inicial.

Nesse sentido, para que a formação inicial de professores consiga impactar a sociedade, de modo a possibilitar que os cidadãos sejam capazes de avaliar os benefícios e prejuízos causados pelas pesquisas científicas, bem como as interferências dessas pesquisas na sociedade e vice-versa, torna-se importante que essas compreensões sejam construídas desde os anos escolares da vida dos cidadãos (CASAGRANDE; MAESTRELLI, 2006). Para tanto, os professores da escola básica precisam de formação que os capacite a trabalhar novos conhecimentos e os ensine a pesquisar, para que se mantenham atualizados sobre como a ciência vem se desenvolvendo.

Diante dessa perspectiva, questiona-se “como trabalhar com um conhecimento integrado e pluralista sobre o processo evolutivo na formação de biólogos,” considerando “tanto aqueles que se direcionarão para a pesquisa acadêmica e a atuação técnica, quanto aqueles que serão professores de biologia” (SANTOS; EL-HANI, 2013, p. 203).

Portanto, é relevante realizar pesquisas que tenham como objetivo a análise do desenvolvimento da construção do conhecimento acerca da síntese estendida da evolução, por pessoas em formação em Ciências Biológicas, visto que esses conhecimentos podem modificar a maneira como pensamos a herdabilidade das características de nossos antepassados e como elas influenciam em como somos, atualmente, nos aspectos comportamental, físico, psíquico, fisiológico, dentre outros.

Assim, torna-se importante, também, analisar a construção discursiva dos professores universitários referente à transposição didática dos conhecimentos relacionados à “síntese estendida da evolução”, para que não ocorram distorções na compreensão dessas teorias quando chegarem à escola básica. Este trabalho buscou responder algumas questões inerentes à formação inicial do professor de Biologia pelo curso superior de Ciências Biológicas, tais como: como trabalhar com um conhecimento integrado e pluralista sobre o processo evolutivo na licenciatura de Ciências Biológicas?

E ainda, o que é necessário ser feito para que as teorias que integram a síntese estendida cheguem à escola? Para responder a esse questionamento buscamos dividi-lo em cinco perguntas mais específicas: (I) Como acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras discursam sobre o tema “evolução biológica”? Esses discursos apresentam indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação? (II) Como os acadêmicos de Ciências Biológicas empregam, em seus discursos, conceitos como os de genótipo e fenótipo, considerando a teoria da síntese estendida da evolução? (III) Quais as formações discursivas dos acadêmicos de Ciências Biológicas sobre as pesquisas que alteram o pensamento evolutivo neodarwinista? (IV) Como integrar conhecimentos produzidos pelas diversas áreas da biologia por meio da evolução? (V) Qual o discurso dos professores de graduação referente à temática “evolução”? De qual teoria da evolução estamos falando?

Esses questionamentos justificam a necessidade de pesquisar e analisar como os conhecimentos acerca dos mecanismos evolutivos estão sendo trabalhados em sala de aula no ensino superior. Para que o trabalho se desenvolva, é necessário que os professores do ensino superior apresentem esses conhecimentos da forma mais completa possível, considerando seus aspectos históricos, filosóficos e atuais, a fim de que estes não se desenvolvam com configuração a-histórica e descontextualizada.

Nesta tese, apresentamos a pesquisa realizada em formato de artigos que se complementam em formato “multipaper”, conforme assegura o artigo 46 do regulamento do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática: “Para obtenção do título de Mestre ou Doutor será exigida, além das outras atividades estabelecidas por este regulamento, obrigatoriamente, a apresentação escrita de dissertação ou tese sobre o trabalho de pesquisa ou apresentação do trabalho equivalente.” (2016, p.15). No inciso segundo deste artigo 46 do regulamentado PCM está descrito que:

§2º - É considerado como trabalho equivalente todo aquele que, revelando as mesmas características da dissertação/tese, se consubstancie em: I – análise crítica de textos produzidos na área de Educação para a Ciência e a Matemática contemplando, neste caso, uma detalhada avaliação teórica e metodológica dos mesmos; II – produção de softwares, CD-ROMs e outros materiais pertinentes à área de concentração do PCM, que comprovem fundamentação teórica e metodológica em sua elaboração; III – tradução comentada de textos pertencentes à área de Educação para a Ciência e a Matemática que,

pela sua importância e seu difícil acesso, sejam de reconhecida utilidade ao pesquisador brasileiro; IV – produção, dentro do contexto do curso de Doutorado do PCM, de livro, de caráter científico ou de difusão de conhecimentos, ou no mínimo dois artigos sendo, um aceito para publicação e outro submetido, ambos em periódicos de Qualis A1, A2, B1, B2. As produções devem estar fundamentadas teórico e metodologicamente em discussões e pesquisas contemporâneas na área de Educação para a Ciência e a Matemática; V – outros trabalhos, por proposta do orientador que, a juízo do CA do PCM, possam ser considerados equivalentes à dissertação ou tese.

Com o aporte apresentado pelo regulamento do PCM, os artigos produzidos durante a realização da pesquisa foram organizados em duas seções, organizadas em uma sequência lógica. A seção I – **Evolução em foco: discursos dos acadêmicos de licenciatura em Ciências Biológicas** – conta com três artigos resultantes dos questionários aplicados aos acadêmicos do último ano do curso de Ciências Biológicas, sendo estes intitulados: Síntese moderna e síntese estendida da evolução biológica na perspectiva de acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras”<sup>1</sup>; “Discurso de graduandos de Ciências Biológicas sobre os possíveis fenótipos para um genótipo”<sup>2</sup> e “Uma nova síntese para a evolução biológica: o discurso dos acadêmicos de licenciatura em Ciências Biológicas”<sup>3</sup>.

**O artigo 1** teve o objetivo de compreender como formandos do curso de Ciências Biológicas discursam acerca do tema “evolução biológica”, buscando identificar indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese moderna e da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação. Para a constituição dos dados, foi solicitado aos estudantes que explicassem por que concordavam ou discordavam das afirmativas.

**O artigo 2** teve como objetivo evidenciar os discursos apresentados por formandos dos cursos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, e, ainda, como esses conceitos são percebidos na síntese estendida da evolução. Para tanto, foi solicitado aos acadêmicos que se posicionassem concordando ou discordando em relação à afirmativa.

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação e no prelo para ser publicado na revista *Góndola*, enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

<sup>2</sup> Aceito para apresentação no Simpósio de Pesquisa em Educação para a Ciência (SIPEC) e posterior publicação na revista *Valore*.

<sup>3</sup> Submetido a uma revista científica e está em avaliação.

**O artigo 3** caminhou pela perspectiva de que 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, de uma forma geral. Esse artigo teve como objetivo compreender os discursos de acadêmicos, formandos de cursos de Ciências Biológicas - licenciatura, referente à síntese estendida da evolução. Para tanto, foi solicitado que os acadêmicos respondessem perguntas do questionário proposto, referentes a afirmativas sobre a síntese estendida.

A seção II – Formação de professores que ensinam biologia: quais os discursos referentes à teoria da evolução presentes entre os formadores desses futuros profissionais – resultou em dois artigos intitulados “A evolução como eixo integrador dos conhecimentos biológicos: discursos apresentados por docentes que trabalham no ensino superior” e “Evolução biológica síntese moderna e síntese estendida: as construções discursivas apresentadas por professores do ensino superior”, os quais são resultantes das entrevistas realizadas com os docentes dos cursos de graduação em Ciências Biológicas.

**O artigo 4** tem por objetivo analisar o discurso dos docentes envolvidos na formação de professores de Biologia quanto à necessidade de integrar as ciências biológicas e também se a evolução pode ser considerada como esse eixo integrador. Para isso, foram analisados os discursos dos professores universitários fornecidos mediante respostas obtidas por entrevistas, realizadas utilizando-se ferramentas audiovisuais de forma online.

**O artigo 5** tem por objetivo analisar os discursos apresentados pelos docentes de cursos de Ciências Biológicas quanto à temática “evolução biológica” e suas modificações ao longo do tempo até se chegar à atualidade, em que se discute a necessidade de uma extensão para a teoria da síntese moderna. Assim, procurou-se integrar os conhecimentos já presentes nessa teoria com os negligenciados por ela, como, por exemplo a biologia do desenvolvimento, a epigenética e o nicho construído e também ampliar os conhecimentos já presentes na teoria e que merecem uma discussão mais apurada, como a questão de gradualismo e do saltacionismo, a plasticidade fenotípica e o alcance das interferências ambientais nos processos evolutivos.

## **SEÇÃO I: A EVOLUÇÃO NA PERSPECTIVA DOS FORMANDOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

O momento histórico que estamos vivenciando atualmente na ciência biologia está abalando a forma como os pesquisadores entendem os processos evolutivos. Os questionamentos colocados pelas pesquisas que tiveram avanços significativos nos anos recentes têm provocado um debate profundo no meio científico sobre a necessidade ou não de uma revisão da teoria sintética da evolução. Entre os pesquisadores das ciências biológicas, existem aqueles que defendem que não existe a necessidade de estender essa teoria evolutiva, enquanto outros argumentam que, mediante a quantidade de questionamentos que vêm bombardeando a teoria da síntese moderna ou sintética, é inevitável que aconteça uma profunda revisão e reinterpretação dessa teoria.

Ao refletir sobre esse cenário acadêmico, recorreremos à teoria de construção de ciências de Lakatos. Esse epistemólogo defende que não é porque existem questionamentos a um dado programa de pesquisa que este será refutado, pois encontra-se protegido por um núcleo firme (a teoria em si), por um cinturão protetor (hipóteses que protegem a teoria) e que, portanto, há sempre o esforço para não abandonar uma teoria, mas, sim, amadurecê-la a fim de não ser substituída (MASSONI, 2005). Então, de acordo com Lakatos, no momento presente estaria acontecendo uma maturação e aperfeiçoamento da síntese moderna da evolução, visto que os pesquisadores que questionam essa teoria não falam em abandoná-la, mas de haver uma reinterpretação dos processos que a compõem.

A teoria da evolução é defendida por inúmeros pesquisadores como necessária à compreensão da biologia de forma integrada e sistêmica (ou seja, em sua totalidade). Dessa forma, esse processo de amadurecimento reafirma ainda mais essa possibilidade, pois permite a integração dos conteúdos biológicos, tanto a nível microscópico como macroscópico. Portanto, a capacidade de integrar conhecimentos biológicos pela evolução deveria ser desenvolvida pelos acadêmicos de Ciências Biológicas, já que esses estudantes serão habilitados a trabalhar esses conhecimentos em sala de aula.

Diante exposto, nesta primeira seção são apresentados artigos que expõem a análise dos discursos dos acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades paranaenses, referentes à temática “evolução biológica”. Para a obtenção desses discursos, foi utilizado um questionário composto de nove afirmativas, nas quais os



alunos teriam que assinalar se concordavam ou discordavam e, independentemente de seu posicionamento, seria necessário justificar a escolha.

O artigo 1 buscou responder às questões de pesquisa: “Como acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras discursam sobre o tema “evolução biológica”? Esses discursos apresentam indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação?” Para tanto, foram analisados os discursos apresentados pelos acadêmicos para as afirmativas: I - A seleção natural é considerada o único agente atuante, na seleção das características fenotípicas; assim, promove a evolução. II - Um indivíduo não pode variar o seu fenótipo de acordo com o ambiente em que está inserido. III - A variação fenotípica é produto da formação genotípica do indivíduo e dos processos de crossing over que ocorrem durante a gametogênese. IV - O ambiente não tem o poder de interferir na expressão gênica, ele somente pode exercer influência no indivíduo depois de sua formação completa.

O artigo 2 teve como objetivo responder: “Como os acadêmicos de Ciências Biológicas empregam, em seus discursos, conceitos como os de genótipo e fenótipo, considerando a teoria da síntese estendida da evolução?”. Buscamos responder a essa questão de pesquisa por meio da análise das construções discursivas apresentadas pelos acadêmicos para a afirmativa V - Um genótipo forma somente um fenótipo.

Já o artigo 3 buscou responder: “Quais as formações discursivas dos acadêmicos de Ciências Biológicas sobre as pesquisas que alteram o pensamento evolutivo neodarwinista?”. Para responder a esse questionamento, analisamos as afirmativas: VI - O organismo é agente passivo nas mudanças ambientais; assim, não pode responder de formas adaptativas distintas aos estímulos ambientais. VII - Os únicos instrumentos de evolução são a deriva gênica, o isolamento geográfico e a seleção natural. VIII - A evolução ocorre de forma lenta e gradativa, não podendo haver evolução aos saltos e de forma rápida. IX - A epigenética, o desenvolvimento biológico, a plasticidade fenotípica e o nicho construído não exercem papel nos processos evolutivos.

A análise do discurso francesa foi utilizada para interpretar as construções discursivas apresentadas pelos acadêmicos ao justificarem seus posicionamentos em relação às afirmativas. A seguir, apresentamos, na íntegra, os artigos submetidos a esse método de análise.

## **ARTIGO 1: Síntese moderna e síntese estendida da evolução biológica na perspectiva de acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras<sup>4</sup>**

**Síntesis moderna y síntesis extendida de la evolución biológica en la perspectiva de académicos de Ciencias Biológicas de dos universidades Brasileñas.**

**Modern synthesis and extended synthesis of biological evolution from the perspective of Biological Sciences undergraduate students from two Brazilian Universities**

### **RESUMO**

O artigo teve como objetivo analisar os discursos apresentados pelos acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras quanto a seus conhecimentos em relação ao tema “evolução biológica”, buscando identificar indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação. Para a constituição dos dados, foi solicitado que os sujeitos apresentassem justificativa para seu posicionamento de concordar ou discordar das afirmativas propostas sobre o tema. As explicações dos estudantes foram interpretadas por meio da análise de discurso, que permitiu a identificação da presença de termos como epigenética, plasticidade fenotípica, desenvolvimento biológico, entre outros. Concluiu-se que a citação desses conceitos configura-se indício discursivo de que esses conhecimentos estão ampliando a forma como a evolução está sendo compreendida também pelos estudantes de graduação dos cursos de Ciências Biológicas investigados.

**Palavras-chave:** evolução, formação de professores, síntese estendida, síntese moderna.

### **ABSTRACT**

This article aims to analyze discourses presented by Biological Science undergraduates from two Brazilian Universities regarding their knowledge of Biological Evolution. It aims to identify evidence if knowledge derived from the Theory of Extended Synthesis is (or is not) being addressed during the graduation period. For the data, the undergraduates were asked to defend whether they agreed or disagreed with proposals about the topic. The students' explanations were then interpreted via discourse analysis, which allowed the identification of the presence of concepts such as epigenetics, phenotypic plasticity, and biological development, among others. It was possible to conclude the mention of these concepts reflected discursive evidence that this knowledge has expanded the way evolution is understood by undergraduates studying Biological Sciences in which the survey was given.

**Keywords:** evolution, teacher training, extended synthesis, modern synthesis.

---

<sup>4</sup> SILVA, A. A.; JUSTINA, L. A. D.; CORAZZA, M. J., Síntese moderna e síntese estendida da evolução biológica na perspectiva de acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras. *Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. Vol. 16, n.3, 2021.

## RESUMEN

El artículo tuvo como objetivo analizar los discursos presentados por los académicos de ciencias biológicas de dos universidades brasileñas en cuanto a sus conocimientos relacionados al tema Evolución Biológica, buscando identificar evidencias de que los conocimientos provenientes de la Teoría de la Síntesis Extendida están (o no) siendo tomadas durante la graduación. Para la constitución de los datos, se pidió a los sujetos que justificaran su posición para estar de acuerdo o en desacuerdo con las declaraciones propuestas sobre el tema. Las explicaciones de los estudiantes fueron interpretadas por medio del análisis del discurso, que nos permitió la identificar la presencia de términos como epigenética, plasticidad fenotípica, desarrollo biológico, entre otros. Se concluyó que al citar esos conceptos se configura una evidencia discursiva de que esos conocimientos están ampliando la forma como la evolución está siendo comprendida también por los estudiantes de pregrado de los cursos de Ciencias Biológicas investigados.

**Palabras clave:** evolución, formación docente, síntesis extendida, síntesis moderna.

### 1. Introdução

Para que o professor de Biologia esteja capacitado a construir o conhecimento com seus alunos, é necessário que ele tenha domínio do conteúdo da disciplina a ser ensinada (Biologia, Matemática, História, etc.), dos conteúdos pedagógicos (didática, metodologias de ensino, etc.), dos curriculares (referentes à forma como a instituições educacionais selecionam e organizam os conhecimentos disciplinares), que, em conjunto aos conhecimentos resultantes da experiência, compõem os saberes necessários à profissão docente propostos por Tardif (2012) e Gauthier (1998).

Os saberes disciplinares, conteúdos a serem ensinados, constituem os diversos campos de conhecimentos, provenientes da sociedade atual, que são integrados às universidades na forma de disciplinas (como exemplo, Biologia Geral ou Biologia Celular, Matemática Básica, História Antiga, etc.). Nas palavras de Tardif (2012, p.38), “os saberes das disciplinas emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes” (TARDIF, 2012, p. 38).

Neste artigo, tratamos de saberes disciplinares da biologia, pautando-nos na ideia defendida por autores como Dobzhansky (1973), Meyer e El-Hani (2005), Dawkins (2007) e Mayr (2009), de que os conhecimentos biológicos somente podem ser compreendidos se forem estudados em uma perspectiva evolutiva.

Antes de nos referirmos aos diferentes aspectos do pensamento evolutivo, tal como se apresenta na atualidade, é preciso lembrar que, inicialmente, quando Charles Darwin publicou o livro “On the origin of species”, em 1859, a ideia de evolução foi amplamente rejeitada. De acordo com Mayr (2009), foi preciso um século de acontecimentos para que essa forma de pensar fosse aceitável, de modo a integrar a produção de conhecimentos na biologia e contribuir para a autonomia dessa ciência. Anteriormente a Darwin, durante e logo após a revolução científica, no Iluminismo do século XVIII, outras maneiras de perceber a realidade foram repensadas, ressurgindo compreensões de que as coisas do mundo “evoluem” ou “transformam-se”. Essa forma de pensar culminou em um movimento que envolveu a origem e a transformação das estrelas e do sistema solar, a transformação do relevo da Terra e a evolução biológica dos seres vivos (MEYER; EL-HANI, 2005). respeito desse conceito, Ridley (2006, p. 28) explica que:

Evolução significa mudança, mudança na forma e no comportamento dos organismos ao longo das gerações. As formas dos organismos, em todos os níveis, desde sequências de DNA até a morfologia macroscópica e o comportamento social podem ser modificadas a partir daquelas dos seus ancestrais durante a evolução.

Uma das primeiras explicações do mundo moderno para a evolução foi proposta pelo francês Georges Louis Leclerc “Buffon” (1707–1788), e pode ser resumida da seguinte forma: “A geração espontânea origina um conjunto de seres vivos e estes, sob a influência do ambiente, dão origem a novas formas, aumentando a diversidade de formas vivas” (MEYER; EL-HANI, 2005, p.19). Buffon acreditava que a geração espontânea era capaz de originar seres complexos, modo de pensar diferente de Jean-Baptiste Lamarck, que tinha como ideia central em sua teoria “[...] uma tendência inerente à vida de aumento de complexidade, a qual originava formas complexas a partir de múltiplas formas primitivas que surgiam por geração espontânea” (ibid, p.24).

Para Ridley (2006), nenhum dos pensadores anteriores a Lamarck elaborou qualquer ideia consistente o suficiente que pudesse ser reconhecida, atualmente, para explicar por que as espécies mudam. Isso só veio a acontecer em 1809, com a publicação do trabalho de Lamarck, “Philosophie Zoologique”, no qual ele argumentava que as espécies modificam-se ao longo do tempo e se transformam em outras espécies. A forma como ele explicava as mudanças herdáveis diferem das apresentadas por Darwin, uma vez que para Lamarck as linhagens persistem indefinidamente, ocorrendo modificações de uma

forma para outra, não havendo ramificações e nem extinções em seu sistema. Outra forma de pensamento que era defendida por esse naturalista é a conhecida herança dos caracteres adquiridos, pela qual as características adquiridas pelos indivíduos ao longo da existência seriam repassadas aos seus descendentes. Essa ideia também foi utilizada por Darwin, ao ser questionado sobre a origem da variação biológica que estaria disponível à ação da seleção natural.

O processo de seleção natural, proposto ao mesmo tempo, mas de modo independente por Darwin (1858, 1859) e Wallace (1858), resume-se à ideia de que características vantajosas presentes em indivíduos de uma população que vive em um determinado ambiente são selecionadas, enquanto que outras, de indivíduos diferentes, são eliminadas por não contribuírem para a sobrevivência. Para que isso ocorra é necessário que haja uma grande quantidade de indivíduos, visto que aumenta a possibilidade de haver variação e se garante que determinada característica mantenha-se em meio à população, sendo essa variação necessária e aleatória. Entretanto, Darwin não excluía outros mecanismos complementares à seleção natural para explicar a evolução biológica (SILVA; SANTOS, 2015).

Darwin propôs dois mecanismos de mudanças evolutivas baseados na ancestralidade comum. O primeiro consiste na anagênese (ana - para cima; gênese - origem); nesse processo, ocorre um “movimento “para cima” de uma linhagem evolutiva, a transformação gradual de uma ancestral e seus descendentes diretos” (MAYR, 2009, p. 31). O outro mecanismo fundamenta-se na cladogênese (clado – ramo; gênese - origem), que “consiste na subdivisão de linhagens evolutivas ou, de forma mais geral, no surgimento de novos ramos (clados) na árvore filogenética” (MAYR, 2009, p. 32). Ou seja, inicialmente, ocorre um evento de especiação e esse novo clado pode se tornar um ramo importante da árvore filogenética e ir, com o tempo, tornando-se cada vez mais diferente da forma ancestral.

A teoria da síntese moderna da evolução tem a seleção natural como o principal mecanismo para promover o desenvolvimento tanto da micro quanto da macroevolução, aceitando a necessidade de apenas outros mecanismos de separação ou isolamento de populações para que surjam novas espécies (ALMEIDA; EL-HANI, 2010). Segundo essa teoria, também chamada de teoria sintética da evolução, a variação resultaria apenas dos processos de mutação, que podem ocorrer na replicação do DNA, e dos

processos de recombinação gênica entre cromossomos homólogos, durante a formação dos gametas na meiose. Desta forma, a variação ocorreria de maneira aleatória e não teria relação com uma melhora adaptativa (SILVA; SANTOS, 2015). Assim, em resumo, conforme Ribeiro (2014, p. 3),

O advento da síntese moderna (1918-1950) incorporou as descobertas de Mendel à teoria da evolução de Darwin. Posteriormente, com as contribuições da Biologia Molecular acerca de mecanismos específicos de hereditariedade e expressão fenotípica, houve muito avanço no desvendamento das vias que relacionam DNA, RNA e proteínas. Por muito tempo, entretanto, a origem da variabilidade foi associada principalmente a mutações aleatórias que, se vantajosas sob determinadas condições ambientais, aumentavam em frequência na população por meio de seleção natural. A Biologia Evolutiva baseava-se em uma visão “genocêntrica”, não valorizando as descobertas que alertavam para a importância da influência do ambiente na expressão e transmissão de características.

Atualmente, sabe-se que outros fatores, além da seleção natural, da deriva genética e do isolamento geográfico, interferem no processo evolutivo, como destacam Pigliucci (2009), Pigliucci e Muller (2010), Jablonka e Lamb (2010), entre outros autores que defendem a necessidade de uma extensão da teoria sintética da evolução. Entretanto, ainda hoje não existe um consenso no meio acadêmico referente à teoria da síntese estendida da evolução. Alguns estudiosos do tema, como Dickins e Rahman (2012) e Futuyma (2013) defendem que as mudanças que ocorrem com as novas pesquisas não seriam suficientes para haver uma ampliação da síntese. Já outros pesquisadores, como Reis e Araújo (2019) defendem que não é adequado dizer que se trata de uma simples extensão, uma vez que esse termo carrega um sentido conservador, com o indicativo de que continuaria havendo uma síntese e que esta seria somente estendida. Porém, de acordo com os autores, a proposta denominada síntese evolutiva estendida vai além disso, visto que se trataria de uma releitura dos pressupostos que compõem a síntese moderna.

Nessa mesma linha de pensamento, Muller (2017) destaca que a síntese moderna da evolução tornou-se um paradigma bem estabelecido, que tem suas origens em um quadro teórico estruturado na primeira metade do século XX e que perdura até os dias atuais. Entretanto, o autor defende que, com os conhecimentos provenientes de pesquisas atuais, como o desenvolvimento biológico, a epigenética, o nicho construído e a plasticidade fenotípica, é necessário repensar a forma como a evolução é compreendida. Verificam-se, portanto, nos discursos do mundo acadêmico atual,

enunciados que constituem uma formação discursiva dominante (PÊCHEUX, 1988) que busca proteger a teoria sintética da evolução.

Todavia, como é reconhecido por Muller (2017), muitas mudanças ocorreram desde que essa teoria foi estabelecida, a começar pela proposição da natureza e da estrutura do material genético, que serviu de base para o desenvolvimento de pesquisas e a produção de conhecimento em diversas áreas, como, por exemplo, na biologia e genética molecular; na biologia evolutiva, destacando-se os estudos sistemáticos e filogenéticos; na biologia do desenvolvimento e na ecologia, entre outras matrizes disciplinares da ciência biologia. Torna-se evidente que a compreensão de evolução teve expansão de forma significativa, e seria um erro dizer que essas pesquisas, tanto conceituais como empíricas, não acarretariam mudanças teóricas. Nesse cenário acadêmico, os interdiscursos, ou seja, a exterioridade discursiva dos “diferentes autores, que vão constituindo a ciência, produzem a necessidade de uma re-significação [...]” (ORLANDI, 2007).

Nesse processo de construção de sentidos e significados, muitos conhecimentos atualizados podem interferir na forma como se compreende a evolução. São eles a epigenética, a plasticidade fenotípica, o desenvolvimento biológico e a construção de nicho. Em se tratando dos estudos que envolvem evolução e desenvolvimento biológico, pode-se dizer que tiveram raízes nas pesquisas de William Batson (1861-1926), de Richard Benedict Goldschmidt (1878-1958) e de Conrad H. Waddington (1905-1975).

Segundo Vieira (2017, p. 217-218), tanto Goldschmidt como Waddington debruçaram-se

[...] em pesquisas com o intuito de compreender fenômenos como a norma de reação (descreve o padrão de expressão fenotípica a partir de um dado genótipo em resposta às variações ambientais) e assimilação genética (processo pelo qual um fenótipo originalmente produzido em resposta a uma condição ambiental, como a exposição a um teratígeno, torna-se posteriormente geneticamente codificado por seleção artificial ou seleção natural).

Vieira (2017) descreve, ainda, que esses pensamentos não tiveram espaço em meio à teoria evolutiva que estava desabrochando nas primeiras décadas do século XX, a qual se caracterizava por unir os pensamentos sobre seleção natural, de Charles R.

Darwin (1809-1882), e Alfred R. Wallace (1823-1913), com genética de populações, modelos matemáticos, modificações por meio de mutação, que ocorria de forma lenta e gradual. Essa união entre desenvolvimento e evolução só viria a acontecer décadas mais tarde, entre 1970 e 1980, com a obra “Ontogeny and Phylogeny”, de Stephen J. Gold, publicada em 1977.

Desse modo, é evidente que os estudos atuais estão direcionando a teoria da evolução para uma reanálise e uma nova interpretação, pois, além de a genética molecular continuar sendo um importante aporte para essa teoria, ainda estão sendo integrados os conhecimentos referentes à biologia do desenvolvimento do organismo, à epigenética, ao nicho construído e à plasticidade fenotípica. Como ressaltam Santos e El-Hani (2013, p.201), “torna-se necessário compreender a possível influência de outros mecanismos ou fatores evolutivos, que podem estar atuando de modo antagonístico ou sinérgico à seleção”.

Um desses conhecimentos é a biologia do desenvolvimento, que, conforme Gilbert (2003), pode integrar várias áreas, como biologia molecular, química, fisiológica (fisiologia) etc., com o objetivo único de entender: “Como um ovo fertilizado origina um ser adulto, e como esse ser adulto produz um outro ser?” (GILBERT, 2003, p. 2). O desenvolvimento não privilegia nenhum componente do organismo, pois é uma relação de sistemas dependentes entre si, os quais funcionam por retroalimentação; sendo assim, não pode ser simplificado como a leitura de um código ou de um programa (MULLER, 2017).

A biologia do desenvolvimento, conforme Almeida e El-Hani (2010, p. 12), “constitui uma nova abordagem para a compreensão da evolução da forma orgânica, que enfoca genes que regulam o desenvolvimento e os efeitos de mudanças em seus padrões de expressão sobre a forma do organismo”. Desta forma, pode-se ressaltar que esses processos focados no desenvolvimento têm importante atuação na formação fenotípica do indivíduo; ainda, esses genes podem ser influenciados por fatores externos, os quais podem direcionar a expressão deles.

Outro importante mecanismo atuante na evolução são as heranças não genéticas ou epigenéticas. Esse mecanismo foi observado inicialmente por Conrad H. Waddington, mas somente a partir dos anos 1990 foi possível descrever como o mesmo



genótipo poderia formar fenótipos diferentes e estes serem fixados nas populações. As alterações epigenéticas podem ocorrer de três maneiras: metilação do DNA, modificação das histonas e modulação da expressão gênica mediada por RNA não codificante (VIEIRA, 2017).

Conforme Silva e Santos (2015), as mudanças nos fenótipos não são ilimitadas, visto que a regulação da expressão gênica, que gera a variação, ficaria restrita aos módulos de padronização dinâmica (MDPs). Assim, esses MDPs, em conjunto ou isolados, seriam capazes de formar diversificados padrões fenotípicos. Dessa maneira, os autores ressaltam:

Em uma definição contemporânea, a seleção natural fica condicionada à variação existente e às condições que geram essa variação, uma vez que os processos descritos acima demonstram que, para que ocorra uma mudança nos morfotipos disponíveis, não é necessário mudança expressiva nas sequências gênicas (SILVA; SANTOS, 2015, p. 56).

Os processos baseados na epigenética e nos MDPs produzem variação limitada; então, a seleção atuaria como responsável pelo refinamento e pela manutenção dessas características originadas de fontes diversificadas. Assim, a evolução não ocorreria apenas de forma gradual; ela pode ocorrer, também, aos saltos, alterando radicalmente os organismos em um período de tempo bem mais curto do que se imaginava. Portanto, a seleção pode atuar tanto na produção de fenótipos como nas pressões seletivas que mantêm essas mudanças nos organismos (SILVA; SANTOS, 2015).

Também, faz-se necessário repensar a evolução em termos de plasticidade fenotípica, sobre a qual, até o momento, tem-se o conhecimento de que o organismo não é agente passivo nas mudanças ambientais, como se pensava anteriormente, na síntese moderna. Em casos específicos, ele responde por meio de formas adaptativas distintas, as quais podem ocorrer em uma única geração ou ao longo de várias gerações (SILVA; SANTOS, 2015). Os autores ainda destacam que “[...] na realidade, não são os genes que evoluem, mas, sim, as redes de interação gênica que modulam a expressão dos genes propriamente ditos” (SILVA; SANTOS, 2015, p.55).

Lima et al. (2017) enfatizam que para verificar as variações fenotípicas que ocorrem nos organismos é utilizada a norma de reação; nesse caso, analisa-se o que acontece com indivíduos geneticamente idênticos, quando transplantados. Esses indivíduos analisados geralmente são oriundos de estacas retiradas da mesma planta,

gêmeos homozigóticos, indivíduos que se originam por bipartição, como planárias e bactérias, dentre outros.

Alguns autores ainda defendem que é possível interferência nos processos evolutivos ocasionados pela construção de nicho, realizada pelos organismos, pois “A habilidade de construção e remodelamento do ambiente por determinado organismo é sedimentada em seu genótipo e transferida seletivamente entre gerações” (Oliveira, et al. 2016, p. 337). Logo, o organismo recebe de seus progenitores um nicho de partida que lhe é apresentado durante o desenvolvimento e esse micro-habitat é determinante na formação fenotípica do indivíduo. Desta forma, “o organismo, ao longo do desenvolvimento biológico, é resultado das interações de seu genoma, do estágio anterior de desenvolvimento, do fenótipo potencial e do ambiente em que o desenvolvimento se estabelece” (OLIVEIRA, ET AL. 2016, P. 339).

Pigliucci e Muller (2010) esclarecem que a síntese estendida tem, como foco, tratar a causa mecânica da evolução fenotípica, visto que a síntese moderna tratou dos dados fenotípicos pré-existentes. Então, a extensão tem o objetivo de expandir esses conhecimentos e explicar as condições de geração, fixação e variação das características fenotípicas. Assim, a teoria da evolução não se limita mais somente à explicação da elevação da frequência e à manutenção das variantes favoráveis; ela se expandiu para o esclarecimento das condições mecânicas para a formação e a inovação dessas características.

Pigliucci e Muller (2010) ponderam que as novas formas de compreensão referentes à teoria evolutiva não têm a intenção de diminuir o papel do gene na evolução, mas somente diminuir seu peso quanto à responsabilidade em gerar variação genética. Tal responsabilidade é atribuída, também, ao desenvolvimento, à fidelidade de sua herança e à fixação progressiva de traços fenotípicos pela plasticidade fenotípica. Desse modo, a evolução tem seu progresso mediante a captura de interações emergentes em circuitos epigenéticos, os quais são construídos e repassados por gerações.

O maior problema em estender a síntese consiste na aceitação da comunidade científica, pois, conforme Laland et al. (2015), essa ampliação não implica somente novas direções para a pesquisa, mas ainda consiste em novas maneiras de pensar e interpretar problemas novos e familiares na biologia evolutiva.

Apesar de as pesquisas apontarem para mudanças na forma como a evolução é apresentada, mesmo que estes não excluam nada do que a síntese moderna dispõe, mas alterem a forma como esses são percebidos pela comunidade científica, ainda existe muita resistência por parte dos pesquisadores. Isso ocorre porque as pesquisas mais recentes modificam, mesmo que minimamente, o núcleo rígido do entendimento de como ocorre a evolução e acrescentam novas informações, as quais complementam a síntese moderna. Mesmo que essas mudanças sejam consideradas uma extensão da síntese, ainda é difícil para pesquisadores tradicionais aceitarem-nas.

Como explicam Scheifele, Corazza e Justina (2020, p.3),

Somente após a concretização do pensamento evolutivo em um grande paradigma das ciências biológicas, calcado em uma teoria consistente da evolução, que foi a Teoria Sintética, construída a partir de um coletivo de cientistas e pesquisadores de diferentes áreas, é que foi possível a autonomia e emancipação da Biologia como uma ciência única. Por isso, consideramos a evolução como eixo central, unificador e/ou articulador, dos conhecimentos biológicos, que proporcionou essa união em torno de uma ciência da vida, que é a Biologia.

Portanto, é necessário que esse conteúdo, com atualizações referentes à evolução, esteja presente em sala de aula, como forma de integrar os conhecimentos biológicos. Santos e EL-Hani (2013, p.3-4) constroem uma discursividade argumentando que “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”. Diante dessa necessidade, os autores colocam como questionamento: “como trabalhar com um conhecimento integrado e pluralista sobre o processo evolutivo na formação de biólogos, tanto aqueles que se direcionarão para a pesquisa acadêmica e a atuação técnica, quanto aqueles que serão professores de Biologia” (ibid., p. 203).

Enfim, a evolução, desde que começou a ser pensada pelos cientistas, sofreu diversas alterações, as quais se complementam e possibilitam a construção desse conhecimento pela ciência. Desta forma, entender como a evolução vem sendo modificada ao longo do tempo e compreender que esse conceito é imprescindível para entender essa ciência em sua totalidade pode auxiliar os professores de Biologia a desenvolver seu trabalho em sala.

O exposto até o momento justifica a necessidade de pesquisas que buscam investigar como os formandos de Ciências Biológicas discursam sobre a temática “evolução biológica”, analisando se suas construções discursivas apresentam informações provenientes da produção de conhecimentos mais recente, os quais podem alterar ou reinterpretar a forma como a evolução vem sendo compreendida desde a estruturação da síntese moderna.

Diante dessa justificativa, este trabalho de pesquisa teve o objetivo de analisar os discursos apresentados por acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras em relação aos seus conhecimentos sobre o tema “evolução biológica”, com o intuito de identificar indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação.

### 3. Desenvolvimento Metodológico

Neste artigo, foram analisadas as construções discursivas apresentadas por acadêmicos formandos em Ciências Biológicas, na modalidade licenciatura, de duas universidades brasileiras. Para obtenção desses discursos, foi solicitado que esses estudantes justificassem, de forma escrita, sua decisão em concordar ou discordar de afirmativas acerca da temática “evolução”. Antes de aplicar o instrumento aos acadêmicos, as afirmativas foram submetidas ao processo de validação em um grupo de pesquisa (Grupo de Educação em Ciências e Biologia - GECIBIO) e avaliadas quanto à forma e ao conteúdo. Quatro dessas afirmativas foram selecionadas para compor o quadro de análise deste artigo (Quadro 1). Como resultado, obtiveram-se 43 questionários, sendo 21 de uma universidade e 22 da outra. Para manter o anonimato dos sujeitos de pesquisas, as respostas foram codificadas em A1, A2, ..., A43.

**Quadro 1:** Questionário destinado aos alunos do último ano do curso de Ciências Biológicas.

- |    |   |
|----|---|
| 1) | A seleção natural é considerada o único agente atuante na seleção das características fenotípicas, assim, promovendo a evolução. ( ) Concordo ( ) Discordo. Explique.         |
| 2) | Um indivíduo não pode variar o seu fenótipo de acordo com o ambiente em que está inserido. ( ) Concordo ( ) Discordo. Explique.   |
| 3) | A variação fenotípica é produto da formação genotípica do indivíduo e dos processos de crossing over que ocorrem durante a gametogênese. ( ) Concordo ( ) Discordo. Explique. |

4) O ambiente não tem o poder de interferir na expressão gênica; ele somente pode exercer influência no indivíduo depois de sua formação completa. ( ) Concordo ( ) Discordo. Explique.

A análise das constituições discursivas acerca das teorias evolutivas ocorreu de forma qualitativa, baseada na teoria de Análise do Discurso francesa, que considera o sujeito uma construção histórica e social. Assim, essa teoria apoia-se na reflexão acerca do sujeito e do significado, pois considera que o sujeito, ao significar, significase, afastando-o do idealismo subjetivista, no qual é visto de forma individual, e também do objetivismo abstrato, para o qual o sujeito é universal (ORLANDI, 1994). Portanto, para analisar as construções discursivas apresentadas pelos acadêmicos, a análise de discurso possui elementos que permitem perceber os sentidos e significados que permeiam a realidade histórica, social e ideológica da qual esses estudantes fazem parte.

A Análise do Discurso iniciou-se com os estudos de Michel Pêcheux (1938-1983), cuja teoria descreve como a linguagem se materializa em ideologia e como esta se manifesta na linguagem. Pêcheux tem como objetivo desvelar os mecanismos de determinação histórica que compõem os processos de significação e, em seus escritos, busca centralizar a relação entre o simbolismo e a política (ORLANDI, 2005).

Orlandi (2005, p.11) pontua que “Pêcheux considera a língua como um sistema capaz de ambiguidade e define a discursividade como a inserção dos efeitos materiais da língua na história, incluindo a análise do imaginário na relação dos sujeitos com a linguagem”. Assim, pode-se afirmar que o discurso presente nas sociedades pode apresentar diversos sentidos, porém, não está desvinculado da história e do imaginário dos sujeitos.

Para esta análise, utilizamos as três etapas propostas por Orlandi (2009). Na primeira etapa, o analista, ao tomar contato com o texto, procura nele sua discursividade e lança uma primeira análise, ou seja, “constrói um objeto discursivo [...], desfazendo, assim, a ilusão de que aquilo que foi dito só poderia sê-lo daquela maneira” (ORLANDI, 2009, p.77). Ao realizar a segunda etapa, o analista observa os efeitos metafóricos. Orlandi (2009, p. 78), citando Pêcheux (1969), destaca que a metáfora “é o fenômeno semântico produzido por uma substituição contextual, lembrando que este deslizamento de sentido entre X e Y é constitutivo tanto do sentido designado por X como por Y”. Assim, a metáfora faz parte do processo de produção de sentido e da

constituição do sujeito; ela não é vista como desvio, mas, sim, como transferência (ORLANDI, 2009). A terceira etapa consiste no processo discursivo e formação ideológica, acerca dos quais Orlandi (2009, p.80) esclarece:

Este modo de conceber o deslize, o efeito metafórico, como parte do funcionamento discursivo, liga-se à maneira de se conceber a ideologia. Pensando-se a interpretação, esse efeito aponta-nos para o “discurso duplo e uno”. Essa duplicidade faz referir um discurso a um discurso outro para que ele faça sentido; na psicanálise, isso envolve o inconsciente, na análise de discurso, envolve também a ideologia. Essa duplicidade, esse equívoco são trabalhados com a questão ideológica fundamental, pensando a relação material do discurso, a língua e a ideologia ao inconsciente.

Desta forma, esta análise foi utilizada para perceber o discurso apresentado pelos acadêmicos formandos dos cursos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras, analisando as constituições de sentidos apresentados por esses acadêmicos quanto à temática “evolução biológica”.

#### 4. As construções discursivas dos sujeitos sob a ótica da Análise do Discurso

Afirmativa 1: “A seleção natural é considerada o único agente atuante na seleção das características fenotípicas; assim, promove a evolução”.

Os dados correlacionados a essa afirmativa encontram-se no quadro abaixo.

**Quadro 1:** Disposição das respostas dos acadêmicos para a questão 1

CONCORDO	DISCORDO	ABSTENÇÃO
4 acadêmicos	38 acadêmicos	1 acadêmico
A17, A27, A29, A34	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A28, A30, A31, A32, A33, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A42, A43.	A41

A seguir analisam-se as formações discursivas dos sujeitos que concordam com a afirmativa:

*“Sim, a seleção natural é a única força que vai atuar selecionando as características das espécies”.* (A17)

*“Segundo os princípios de Darwin esta afirmação está correta”.* (A27)

*“Pode-se dizer que a seleção é um dos mecanismos evolutivos, entretanto, pesquisas atuais mostram que não é o único, apesar de ter sido um dos primeiros a ser descritos e entendidos. Este erro é bastante cometido, já que em um nível basal de compreensão da evolução, podemos afirmar que os outros processos evolutivos são*

*apenas subtipos do termo gramático em si “seleção natural”, mas não do seu significado técnico real”. (A29)*

Ao analisar os dados referentes às construções discursivas dos acadêmicos que concordam com a afirmação, é possível perceber o discurso dos sujeitos envolvidos com a história da síntese moderna da evolução. Ao interpretar a formação discursiva de A29, torna-se evidente, por exemplo, a presença do debate entre os cientistas sobre a necessidade de haver conhecimentos suficientes para fazer uma releitura da teoria da evolução. O discurso do acadêmico assemelha-se ao apresentado por Dickins e Rahman (2012) e Futuyama (2013), os quais defendem que as novas pesquisas não oferecem respaldo suficiente para que exista uma releitura da síntese moderna, pois esta já contempla essas ideias.

Como os que discordam somam um total de 38 acadêmicos serão apresentados alguns exemplos das respostas discursivas, de acordo com as informações apresentadas pelos alunos. Percebeu-se que muitas justificativas utilizavam fatores presentes na síntese moderna da evolução, como a deriva genética e a mutação, como é possível observar nos discursos a seguir:

*“A mutações e recombinação gênica, por exemplo”. (A14)*

*“Pode haver outros agentes atuantes, principalmente aleatórios, como catástrofes, teoria da deriva gênica entre outros”. (A15)*

*“A evolução também é promovida pelas mutações no código genético, ocorrendo por vários fatores, no qual o organismo está exposto, além da seleção artificial”. (A30)*

*“Entre os promotores da evolução cabe destacar a importância da deriva genética responsável por fixar aleatoriamente um alelo em detrimento de outro na população. Trata-se também de uma forma de ‘seleção’ embora não do mais ‘apto’”. (A38)*

Houve indicativos de algum conhecimento referente ao debate acerca da síntese estendida, apresentados nessa afirmativa, como se percebe nas respostas a seguir:

*“Epigenética e outros.” (A26)*

*“Hoje existem estudos, sobre epigenética que refutam a unanimidade.” (A11)*

Em relação à análise dos enunciados discursivos da questão 1, pode-se acrescentar ainda que, apesar de os estudos sobre evolução estarem bem além do que é proposto pela síntese moderna, os acadêmicos ainda possuem um conhecimento bastante restrito sobre o tema. Zabotti (2018) faz uma ampla análise de estado da arte de trabalhos relacionados ao tema “Ensino de origem da vida e evolução biológica”,

analisando um total de 78 trabalhos realizados entre 2006 a 2018. Com a pesquisa, constatou-se que somente cinco deles abordaram a temática da biologia do desenvolvimento, enquanto as outras pesquisas recentes não mencionam tal aspecto evolutivo. A autora frisa que “é certo o importante papel da seleção natural como mecanismo de mudança orgânica, mas não é o único” (ZABOTTI, 2018, p. 139).

Seguindo esse pensamento, Zabotti (2018, p. 140) ainda enfatiza:

[...] a necessidade de compreender a pluralidade dos mecanismos evolutivos, que vão além da seleção natural, podendo estar envolvidos já no desenvolvimento embrionário das espécies. Tendo isso em vista, é necessário buscar maneiras de incluir esse novo entendimento no ensino da Evolução. O primeiro passo consiste em introduzir os debates e as investigações a respeito da inclusão da Biologia Evolutiva no ensino, nos currículos escolares e na formação do professor, tanto na inicial como na continuada.

Assim, constatou-se, com os dados apresentados, que a maioria dos acadêmicos, ao apresentar resposta discursiva sobre o tema, demonstrou conhecimentos sobre evolução. Todavia, ficam restritos à síntese moderna, o que pode ser reflexo das aulas a que assistiram durante o curso de Biologia. Sabe-se da necessidade de esses futuros docentes trabalharem os conhecimentos em seus amplos aspectos, dentre os quais um dos que apresenta grande relevância é o histórico. Entretanto, não se pode deixar de apresentar a amplitude que as pesquisas referentes ao tema “evolução” estão alcançando na atualidade, para que esses profissionais possam trabalhar os conteúdos biológicos de uma forma mais abrangente, utilizando esse tema como eixo integrador.

Desse modo, com a análise da constituição de sentidos presentes nos discursos da afirmativa 1, visualiza-se a formação social e histórica do discurso (ORLANDI, 1994). Ela é social porque as formações discursivas dos acadêmicos apresentam elementos que estão presentes nos discursos dos professores que ministram as aulas, como também nos de seus colegas, que participam das discussões, e nos discursos dos autores dos referenciais teóricos utilizados nos estudos; é histórico porque esses discursos são provenientes de uma construção histórica do conhecimento, fazendo parte do movimento científico e histórico vivenciado pelos professores e alunos.

Para a **afirmativa 2**: “Um indivíduo não pode variar o seu fenótipo de acordo com o ambiente em que está inserido”, as respostas estão dispostas a seguir:



**Quadro 2:** Disposição das respostas dos acadêmicos para a questão 2

<b>Concordo</b>	<b>Discordo</b>
4 acadêmicos	39 acadêmicos
A26, A35, A36, A41	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A27, A28, A29, A30, A31, A32, A34, A37, A38, A39, A40, A42, A43.

Dos acadêmicos que concordam com a afirmativa, somente dois apresentam, em sua justificativa, um discurso:

*“Aparentemente, é o que conhecemos.”. (A26)*

*“As características podem ser alteradas para que ele melhor se adapte ao ambiente.”. (A41)*

Pelas análises das constituições de sentidos, pode-se observar que A26 destaca que é o que, na atualidade, se conhece. Já A41 é contraditório em sua resposta, uma vez que opta por assinalar “concordo” com a afirmativa, mas seu discurso ressalta que o indivíduo pode modificar suas características conforme o ambiente em que está inserido.

Alguns exemplos das justificativas dos acadêmicos que discordam dessa afirmativa são apresentados a seguir:

*“Indivíduos que vivem em ambientes diferentes variam seu fenótipo. Como, por exemplo, a cor da pele”. (A2)*

*“Existem diversas formas de mostrar que o genótipo expressa fenótipos diferentes de acordo com características regionais”. (A1)*

*“Se o fenótipo do indivíduo não favorece a sua sobrevivência e reprodução, ele tende a desaparecer na população”. (A9)*

*“Pode haver mutação desencadeada por vários fatores, seja por influência ambiental, nutricional ou genética que desencadeia variação”. (A21)*

*“Se os fenótipos fossem fixos, ou seja, existe uma ausência de mecanismos evolutivos, como é possível a existência desta grande diversidade de organismos que podemos observar atualmente e através de fósseis? Para tanto, comprova-se que a resposta (causa) as pressões ambientais evolutivas os organismos respondem (consequência) de N maneiras em um longo período de tempo”. (A29)*

*“O indivíduo pode variar o seu fenótipo de acordo com o ambiente, por exemplo, irmãos gêmeos separados na maternidade, morando em ambientes diferentes”. (A27)*

Como se observa, os discursos referentes à justificativa para essa questão foram os mais variadas possíveis; entretanto, pode-se verificar a compreensão de que o ambiente pode alterar os fenótipos, mas não pode interferir no genótipo, a não ser por meio de mutação. Esse discurso é proveniente da síntese moderna, como descrito por Mayr (2009, p. 144), quando diz que “o pool gênico é constantemente renovado por

mutações; contudo, a variação dos fenótipos que tornam possível a seleção natural é produzida pela recombinação que ocorre durante a meiose” (MAYR, 2009, p. 144).

Ao se analisar a discursividade apresentada por A27, percebem-se ali indícios de conhecimentos referentes às pesquisas epigenéticas. Todavia, não existe, no discurso verbal, a menção de que essas modulações na expressão gênica, que ocorrem por fatores externos, possam ser repassadas às gerações futuras. Assim, para Jablonka e Lamb (2010), por um período histórico aceitou-se que as memórias epigenéticas eram apagadas antes que a célula se tornasse um gameta; essa suposição descartou qualquer possibilidade de que variações epigenéticas induzidas pudessem ser herdadas. Porém, atualmente, as pesquisas biológicas mostram que é possível o ambiente interferir no genótipo, não mudando a sequência de bases nitrogenadas do DNA, mas por meio de heranças não genéticas (epigenéticas), ou seja, mesmo que a sequência de DNA continue a mesma durante o desenvolvimento, as células são capazes de guardar informações que serão transmitidas à prole.

Ainda, observou-se, nas constituições de sentidos apresentadas a essa questão, que a citação do acadêmico A3 está sem explicações referentes à plasticidade fenotípica. Isso pode representar um conhecimento mais profundo sobre essas pesquisas, ou somente um contato inicial com o tema. Segundo Mayer (2009), a capacidade de variações fenotípicas provenientes de determinado genótipo é denominada de norma de reação. Existem espécies com capacidades adaptativas muito altas, visto que elas têm amplitude de ajustar o fenótipo a mudanças ambientais drásticas e significativas, ou seja, elas possuem alta plasticidade fenotípica.

Ao se analisar os discursos apresentados pelos acadêmicos, torna-se evidente que estes são sujeitos históricos de seu momento e ambiente de formação, pois a maioria evidenciou que possui conhecimentos referentes à formação fenotípica dos indivíduos e que esta não é uma determinação do genótipo. Orlandi (2009, p. 43) explica que “a formação discursiva se define como aquilo que numa formação ideológica dada - ou seja, a partir de uma posição dada em uma conjuntura sócio-histórica dada - determina o que pode e deve ser dito”. Apesar de as explicações dos acadêmicos deixarem a desejar em vários quesitos, é perceptível que esses estudantes possuem a formação necessária para compreender a amplitude a que se estende a formação fenotípica dos indivíduos. Porém, essa dificuldade explicativa está, sim,

atrelada a um momento histórico do início do século XX, quando houve a construção da síntese moderna. Nesse sentido, Oliveira et al. (2016, p.326-325) afirmam que:

[...] a carência de abordagens considerando a contribuição ecológica na origem de variabilidade fenotípica está atrelada à concepção de que somente mudanças genéticas seriam responsáveis pela existência de variação dentro de uma população, e que o ambiente apenas selecionaria os fenótipos mais aptos dentre aqueles disponíveis. [...] A Eco-Evo-Devo apresenta-se como uma novidade teórica acerca dos conteúdos evolutivos, ora pelas proposições e/ou explicações acerca da origem de diversidade biológica, ora por subsidiar a necessária abordagem integrada do processo evolutivo, reiterando o papel do ambiente no surgimento de novos fenótipos.

Portanto, é necessária a discussão de como o ambiente é capaz de interferir na formação fenotípica e na expressão gênica dos indivíduos e como essas informações são repassadas aos descendentes. Para isso, é imprescindível abordar os conhecimentos referentes à epigenética e à plasticidade fenotípica, e, ainda, ao desenvolvimento, pois já existem muitas pesquisas que discutem como essa transmissão ocorre, como as de Gilbert (2003), de Jablonka e Lamb (2010), de Ribeiro (2014), dentre outros. Além de estudarem como ocorre a transmissão de memórias ambientais, esses pesquisadores ainda abordam conteúdos referentes aos impactos desses conhecimentos na teoria evolutiva, em publicações como as de Meyer e El-Hani (2005), de Pigliucci e Muller (2010), de Reversi (2015), dentre outras.

A respeito da afirmativa 3: “A variação fenotípica é produto da formação genotípica do indivíduo e dos processos de crossing over que ocorrem durante a gametogênese”, 25 alunos afirmaram que concordam, enquanto 18 discordaram, como descrito na quadro a seguir:

**Quadro 3:** Disposição das respostas dos acadêmicos para a questão 3

<b>Concordo</b>	<b>Discordo</b>
25 acadêmicos	18 acadêmicos
A2, A3, A4, A6, A7, A9, A10, A12, A13, A15, A16, A17, A21, A22, A23, A25, A31, A32, A33, A35, A36, A39, A40, A41.	A1, A5, A8, A11, A14, A18, A19, A20, A24, A26, A27, A28, A29, A30, A34, A37, A38, A42, A43.

As justificativas dos que concordam foram variadas, sendo que os discursos apresentados seguiram dois padrões: em um, os sujeitos relataram a influência exercida pelo ambiente; em outro, utilizaram justificativas relacionadas a conhecimentos de genética. Ainda houve nove acadêmicos que não apresentaram nenhuma explicação.

Dentre as respostas que se reportavam à influência do ambiente, ocorreram os seguintes exemplos:

*“Sim, o fenótipo se dá a partir do genótipo e crossing over, mas não só disso, fatores ambientais também interferem.” (A6)*

*“Porém isso não quer dizer que o organismo, não esteja propenso a mudanças influenciadas pelo ambiente.” (A4)*

*“Também pode ser considerado o ambiente que o indivíduo está.” (A35)*

Como se observa nos discursos acima apresentados, apesar de haver, ainda, os que percebem o fenótipo apenas como resultado da expressão genotípica, de uma maneira geral, muitos estudantes apresentam conhecimentos referentes à importância do ambiente na formação da variação fenotípica. Entretanto, esses alunos não descreveram quais seriam e como ocorre essa interferência ambiental. Silva et al. (2020, p.10) afirmam em relação à construção dos organismos:

O conhecimento que hoje prevalece na comunidade científica é o da existência de uma interdependência: do genótipo em relação ao fenótipo, do fenótipo para expressar o próprio fenótipo, e a ação do meio intracelular e extracelular, agindo em ambos também de forma regulatória e expressiva. Como se não bastasse toda essa complexidade, ainda existe a influência e a interação de todos esses elementos com o ambiente externo ao organismo.

Os acadêmicos que discordam da afirmativa justificaram que os fatores ambientais também atuam na constituição fenotípica. Muitos deles ainda citaram, além do ambiente, outros fatores que podem exercer influência; dois acadêmicos apresentaram uma discursividade utilizando os conhecimentos recentes que vêm gerando discussões na comunidade acadêmica em relação à forma como a evolução é compreendida:

*“É um dos processos que determinam a variação fenotípica. A epigenética pode atuar também no fenótipo sem mudar o genótipo.” (A24)*

*“Entretanto, esses não são os únicos fatores que podem levar a alteração do fenótipo. Existem epigenética, pressões evolutivas.” (A29)*

De acordo com Mayr (2009, p.115), “as variações que tornam cada indivíduo diferente de todos os outros constituem, como dissemos, uma característica de todas as espécies que se reproduzem sexualmente [...] é essa variabilidade inequívoca que torna possível o processo de seleção natural”. Entretanto, os mecanismos responsáveis por produzirem essa variação só começaram a ser compreendidos após os estudos referentes

à genética molecular, e, atualmente, as pesquisas estão apresentando conhecimentos sobre como é possível haver essa variação fenotípica mesmo em indivíduos geneticamente idênticos. Esses mecanismos que podem alterar como os fenótipos são expressos, são denominados de plasticidade fenotípica, epigenética, e são produzidos durante o processo de desenvolvimento biológico.

Os processos epigenéticos promovem resultados persistentes, que atuam no desenvolvimento dos organismos. Esse efeito é proveniente de variações fenotípicas que não são originadas das variações genotípicas, e estas são transmitidas para as próximas gerações de seres vivos ou células. O resultado disso é a interferência desses processos nas redes de expressões genéticas, exercendo, desta forma, importante papel nos processos evolutivos (SILVA; SANTOS, 2015). A epigenética é um exemplo de como o ambiente é capaz de interferir na variação fenotípica, mostrando a capacidade que o meio possui para interferir na evolução, assim como foi apresentado, de forma simplificada, pelos estudantes de Biologia em citações desses processos durante seus discursos verbais. No entanto, novamente os estudantes não deixam claro o seu entendimento referente à possibilidade de herdabilidade dessas alterações pelas gerações futuras.

Com essas análises discursivas, evidencia-se o caráter histórico, social e ideológico que constitui os sentidos nos discursos dos sujeitos, pois a constituição desses sujeitos ocorre de forma ambígua, visto que é determinado pela exterioridade na relação que estabelece com os sentidos (ORLANDI, 2009). Assim, para analisar como os sujeitos apresentam seus discursos, é preciso recorrer à história do conhecimento a que o sujeito se refere e ao momento histórico em que ele está inserido, pensando nas relações sociais e ideológicas que o constituem.

A análise dos discursos apresentados em relação à afirmativa 4, “O ambiente não tem o poder de interferir na expressão gênica, ele somente pode exercer influência no indivíduo depois de sua formação completa”, está destacada a seguir:

**Quadro 4:** Disposição das respostas dos acadêmicos para a questão 4

Concordo	Discordo
9 acadêmicos	34 acadêmicos
A3, A8, A10, A12, A15, A18, A18, A22, A40	A1, A2, A4, A5, A6, A7, A9, A11, A13, A14, A16, A17, A20, A21, A23, A24, A25, A26,A27, A28, A29, A30, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A41, A42, A43,

Dos acadêmicos que concordam com a afirmativa, surgem as seguintes explicações:

*“Apesar de que de acordo com a epigenética o ambiente pode causar alterações na gametogênese dos pais.” (A12)*

*“O ambiente apenas seleciona os indivíduos, e não muda.” (A15)*

*“O ambiente interfere no fenótipo do indivíduo, e não no DNA”.*  
**(A18)**

Como é evidenciado nas respostas, apesar de haver a compreensão de que o material genético é inalterado por interferência ambiental, já existe a compreensão da existência de mecanismos epigenéticos, os quais, embora não modifiquem a informação genética, podem modificar a forma como os genes são expressos. Todavia, os acadêmicos apenas citam essa influência do meio, mas não discutem como ela ocorre, o que pode levar à reflexão sobre se eles possuem realmente a compreensão de como essa interferência ocorre ou se compreendem que essas alterações podem ser passadas às futuras gerações por meios não genéticos, visto que esses mecanismos ainda causam muitas discussões pela comunidade científica. Questiona-se, ainda, se apesar de citarem a interferência do ambiente, possuem conhecimentos mais aprofundados sobre o assunto. Pensando nessas interferências, Oliveira, Brando e Caldeira (2017, p.83) destacam que “não se pode pensar na expressão fenotípica como resultado único dos genes herdados. O ambiente, por exemplo, apresenta um amplo repertório de possibilidades para geração de fenótipos, tais como: a sazonalidade, o tipo de alimentação, a presença de predadores, entre outros”.

Os estudantes que discordaram da afirmativa utilizaram construções discursivas diversificadas para mostrar que a afirmativa estava incorreta, como é evidenciado nas justificativas a seguir:

*“O ambiente pode interferir na expressão gênica desde o início da formação do indivíduo, é o que se observa, por exemplo, no caso de agentes teratogênicos.” (A38)*

*“Pode interferir em qualquer etapa do desenvolvimento, ambiente igual fatores abióticos, substâncias cancerígenas.” (A26)*

*“O ambiente pode afetar na expressão, pois durante a formação do indivíduo, este ainda está suscetível a ações externas, ele não está invulnerável.” (A30)*

*“O ambiente é capaz de interferir desde antes da formação e pode interferir na expressão gênica”.* **(A20)**

Com a análise, é possível perceber, nos discursos dos acadêmicos, que a interferência na expressão gênica é apresentada como um dos pontos principais que

mostram que a afirmativa está incorreta; outros citaram a epigenética e até mesmo o desenvolvimento biológico em seus discursos verbais.

Então, apesar de haver aspectos que evidenciam o contato dos acadêmicos com as pesquisas mais recentes, as quais modificam a forma como a evolução é compreendida, sabe-se que ainda há um longo caminho a ser percorrido para uma formação acadêmica mais consistente, com um arcabouço teórico e conceitual que permita debater e ensinar, considerando-se a evolução como eixo integrador dos conhecimentos biológicos. Sobre esse cenário, Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p. 25) argumentam:

Os professores e pesquisadores formados a partir de uma perspectiva conceitual estagnada ou associada a um recorte de uma determinada época – o que tangencia uma ideia equivocada de natureza estática dos conceitos científicos – acabam por mobilizar em suas práticas de trabalho, seja na docência ou na pesquisa, elementos provenientes de um só contexto.

Assim, ao analisar as construções discursivas apresentadas pelos sujeitos na afirmativa 4, buscou-se interpretar, conforme ORLANDI (2009), o dito e o não dito, o que o sujeito verbaliza em um lugar relacionado com o que é discutido em outro, procurando ouvir o que ele não disse, mas que constitui o sentido de suas palavras. Ao repensar as palavras de Orlandi e estabelecer uma ligação com a sala de aula, pode-se afirmar a necessidade de o docente do ensino superior trabalhar recorrendo ao contexto histórico de produção do conhecimento, mas sem deixar de incorporar às discussões os resultados e as formas atualizadas de compreender o contexto atual das pesquisas em biologia, a fim de que os estudantes percebam que o desenvolvimento da ciência é dinâmico e contínuo, portanto, nunca está terminado.

## **5. Considerações Finais**

Com as análises das formações discursivas apresentadas nas quatro afirmativas, observa-se que, apesar de os acadêmicos possuírem conhecimentos referentes à síntese moderna e terem algum contato com os conhecimentos mais atualizados acerca da teoria evolutiva, ainda é necessário que os debates em sala de aula sejam ampliados, possibilitando que esses conhecimentos perpassam todas as áreas das Ciências Biológicas, uma vez que são necessários para uma compreensão integrada da biologia.

Scheifele, Corazza e Justina (2020, p.20) argumentam que “sem a compreensão do processo da evolução biológica e de como o ensino da Biologia pode ser organizado por meio do enfoque evolutivo, não é possível almejar uma boa formação inicial de professores de Biologia e/ou de biólogo”. Pensando nessa afirmação dos autores, é preciso intensificar, nos cursos de formação de professores, o trabalho envolvendo a teoria da evolução, para que estes sejam capacitados a trabalhar a Biologia utilizando a evolução como eixo integrador.

Ainda é perceptível, na análise do discurso dos sujeitos, a necessidade de se ampliar, nos cursos de Ciências Biológicas, as discussões referentes a conhecimentos como epigenética, biologia do desenvolvimento, plasticidade fenotípica e nicho construído, para uma maior compreensão das teorias evolutivas. Torna-se também recomendável trabalhar com as polêmicas que envolvem o tema no meio acadêmico, uma vez que ele ainda não é um consenso na comunidade científica. Com as análises das justificativas apresentadas pelos alunos, também surgem indagações como: Nesses cursos existe uma disciplina específica para discutir a evolução biológica? Os professores trabalham os conteúdos utilizando a evolução como eixo integrador, para a compreensão dos conhecimentos biológicos? Esses são questionamentos pertinentes à compreensão integral dos discursos dos acadêmicos quanto ao tema “evolução”.

## 6. Referências

ALMEIDA, Ana Maria Rocha de; EL-HANI, Charbel Niño. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 9-10, 2010.

CESCHIM, Beatriz; OLIVEIRA, Thais Benetti; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. 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.

DARWIN, Charles. On the origin of species. **published on**, v. 24, 1859.

DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. Editora Companhia das Letras, 2007.

DICKINS, Thomas E.; RAHMAN, Qazi. The extended evolutionary synthesis and the role of soft inheritance in evolution. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1740, p. 2913-2921, 2012.

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.



- FUTUYMA, Douglas. J. **Evolution**. Sunderland, MA: Sinauer, 2013.
- GAUTHIER, Clermont. **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Unijuí, 1998.
- GILBERT, S. F. **Biologia do desenvolvimento**. 5ª ed. FUNPEC editora. Ribeirão Preto – SP, 2003.
- 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, assumption sand predictions**. The Royal Society Publishing, 2015.
- LIMA, Neuza Rejane Wille et al. Plasticidade fenotípica. **Revista de Ciência Elementar**, v. 5, n. 2, p. 017, 2017.
- MAYER, Ernst. **O que é evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Nino. **Evolução: o sentido da biologia**. Unesp, 2005.
- MÜLLER, Gerd B. Why an extended evolutionary synthesis is necessary. **Interface focus**, 2017, 7.5: 2017.
- OLIVEIRA, Thais Benetti; BRANDO, Fernanda da Rocha, KOHLSDORF, Tiana, CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. 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.
- OLIVEIRA, Thais Benetti; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; BRANDO, Fernanda. Evolução biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 12, n. 2, p. 81-98, 2017.
- ORLANDI, Eni. P. Discurso, imaginário social e conhecimento. Em aberto. **Brasília, ano**, v. 14, 1994.
- ORLANDI, Eni P. Michel Pêcheux e a análise de discurso. **Estudos da Língua (gem)**, v. 1, p. 9-13, 2005.
- ORLANDI, Eni Puccinelli. **As formas do silêncio: no movimento dos sentidos**. Editora da UNICAMP, 2007.
- ORLANDI, Eni P. **Análise do discurso: princípios e procedimentos**. 8 ed. Campinas – SP: Pontes, 2009.
- PIGLIUCCI, Massimo. An extended synthesis for evolutionary biology. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1168, n. 1, p. 218-228, 2009.

- PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. **Evolution the extended synthesis**. 2010.
- PÊCHEUX, Michel; Inversões, Delocamentos. Sobre a (des-)construção das teorias linguísticas. **Línguas e Instrumentos Linguísticos, Campinas**, n. 2, p. 7-32, 1998.
- REIS, Claudio Ricardo Martins; ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. A natureza das mudanças na biologia evolutiva contemporânea: Síntese Evolutiva Estendida? **Revista Dissertatio de Filosofia**, v. 50, p. 133-150, 2019.
- REVERSI, L. F. **Síntese Estendida – Uma Investigação Histórico-Filosófica**. 2015. 202f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.
- RIBEIRO, Maria Stefânia Przybylska. **Plasticidade fenotípica de características morfológicas de *Drosophilacardini***. 2014.
- RIDLEY, Mark. **Evolução**. Artmed Editora, 2006.
- SANTOS, Wellington Bittencourt; EL-HANI, Charbel Niño. A abordagem do pluralismo de processos e da evo-devo em livros didáticos de biologia evolutiva e zoologia de vertebrados. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 199-216, 2013.
- SILVA, Mariane Tavares; SANTOS, Charles Morphy Dias. 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.
- SILVA, Aline Alves; JUSTINA, Lourdes A. Della; SCHEIFELE, Alexandre; SCHNEIDER, Eduarda Maria. Análise dos conceitos de genótipo e fenótipo em livros didáticos de Biologia brasileiros datados de 1950 a 2013. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e220973849-e220973849, 2020.
- 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.
- STRATHERN, Paul. **Darwin e a evolução em 90 minutos**. Zahar, 2001.
- TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Editora Vozes Limitada, 2012.
- VIEIRA, Gilberto Cavalheiro. Admirável mundo novo: A epigenética, 2017. In: ARAÚJO, 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.

## **ARTIGO 2: DISCURSO DE GRADUANDOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE OS POSSÍVEIS FENÓTIPOS PARA UM GENÓTIPO<sup>5</sup>**

### **DISCOURSE OF GRADUATES IN BIOLOGICAL SCIENCES ON THE POSSIBLE PHENOTYPES FOR A GENOTYPE**

### **DISCURSO DE GRADUADOS EN CIENCIAS BIOLÓGICAS SOBRE LOS POSIBLES FENOTIPOS PARA UN GENOTIPO**

**Resumo:** O presente artigo tem por objetivo evidenciar os discursos apresentados por formandos de dois cursos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, e, ainda, como esses conceitos são percebidos na síntese estendida da evolução. Para tanto, foi solicitado aos acadêmicos que se posicionassem concordando ou discordando em relação à afirmativa “Um genótipo forma somente um fenótipo”. Diante disso, esses estudantes justificavam suas respostas. Os dados foram tratados com base na análise do discurso francesa. Assim, percebeu-se que os acadêmicos, em sua maioria, compreendem que diferentes fenótipos podem resultar de um mesmo genótipo, devido às interações com outros fatores.

**Palavras Chave:** Ensino de Biologia. Genótipo. Fenótipo.

**Abstract:** This article aims to highlight the discourses presented by graduates of the Biological Sciences Program related to the concepts of genotype and phenotype, and how they are perceived in the extended synthesis of evolution. To this end, the students were asked to either agree or disagree with the statement “A genotype only forms a phenotype”. Considering this, students justified their answers using data based on the French Discourse Analysis. In this way, it was observed that the majority of the graduates understood that different phenotypes can result from the same genotype due to interactions with other factors.

**Keywords:** Biology Sciences Teaching. Genotype. Phenotype.

**Resumen:** Este artículo tiene como objetivo destacar los discursos presentados por los graduados de los cursos de ciencias biológicas en relación con los conceptos de genotipo y fenotipo, incluso cuando estos conceptos se perciben en la síntesis extendida de la evolución. Con este fin, se pidió a los académicos que se pusieran de acuerdo o en desacuerdo con la afirmación "Un genotipo forma solo un fenotipo", en vista de lo cual estos estudiantes justificaron sus respuestas. Los datos fueron tratados en base al análisis del discurso francés. Por lo tanto, se observó que los académicos en su mayoría entienden que diferentes fenotipos pueden resultar del mismo genotipo, debido a las interacciones con otros factores.

**Palabras clave:** Enseñanza de biología. Genotipo. Fenotipo.

---

<sup>5</sup> SILVA, Aline Alves; CORAZZA, Maria Júlia; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. DISCURSO DE GRADUANDOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE OS POSSÍVEIS FENÓTIPOS PARA UM GENÓTIPO. *Revista Valore*, v. 6, p. 79-89, 2021.

## Introdução

Ensinar biologia não se constitui em uma tarefa fácil, visto que essa ciência é dotada de vocabulário próprio e de explicações complexas. Krasilchik (2009, p.251) esclarece que “o ensino de biologia em geral enfatiza a memorização de termos e conceitos para atender as demandas para a avaliação superficial e rotineira”. No entanto, para que o ensino de biologia vá além dessa simples memorização, é necessário investir em uma formação inicial e continuada de qualidade para os professores, proporcionando a eles e a futuros professores conhecimentos que lhes possibilitem trabalhar de uma forma dinâmica e integrada.

Uma abordagem dinâmica e integrada da biologia pode ser realizada por meio da inserção da evolução como eixo norteador. Autores como Futuyma (1992), Ridley (2006), Mayr (2009), entre outros, salientam o importante papel da evolução para a compreensão dos conteúdos biológicos de forma integrada. Mayr (2009, p.15) destaca:

A evolução é o conceito mais importante da biologia. Não há uma única pergunta “por quê?” em biologia a que se possa responder de maneira adequada sem levar em conta a evolução. Entretanto, a importância deste conceito vai muito além da biologia. O pensamento do homem moderno quer percebamos isso ou não, é profundamente afetado – quase se tem a tentação de dizer determinado – pelo pensamento evolucionista.

Dessa forma, é necessário que os futuros professores de Biologia compreendam os conteúdos biológicos percebendo como a teoria evolutiva perpassa esses conhecimentos. Dentre os conceitos biológicos relevantes para essa compreensão em sua totalidade está a relação entre genótipo e fenótipo, cujo entendimento requer que o professor compreenda a biologia, envolvendo seus aspectos evolutivos, moleculares, ecológicos, o desenvolvimento do organismo, dentre outros.

Para isso, este artigo teve por objetivo investigar os discursos apresentados por formandos dos cursos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo. Assim, o tópico a seguir desenvolve uma breve perspectiva histórica referente à compreensão desses conceitos e suas interações com a teoria evolucionista, tanto da síntese moderna quanto de conhecimentos que estão sendo incorporados à teoria da evolução nas últimas décadas.

## A reformulação dos conceitos de genótipo e fenótipo frente à teoria da evolução

Os conceitos de genótipo e fenótipo sofreram inúmeras variações com o passar do tempo, e, atualmente sabe-se que inúmeros fatores interferem no genótipo até que seja constituído um fenótipo. A forma como tais conceitos foram sendo modificados é apresentada nos trabalhos de tese de Justina (2011), no artigo de Schneider *et al.*, (2011), e nos trabalhos de Silva (2016, 2017). Com base nessas obras, a tabela 1 apresenta uma síntese de como esses conceitos se modificaram no decorrer das pesquisas acadêmicas.

**Tabela 1:** Descrição dos conceitos de genótipo e fenótipo aceitos pela comunidade científica desde a década de 1950 até os dias atuais

Período	Ideias predominantes sobre os conceitos	Descrição dos conceitos da relação genótipo e fenótipo
A partir dos anos 1950	Transmissão	Os filhos são semelhantes aos pais. Não há uma separação da herança biológica de outros tipos de herança, como: social, econômica, etc. Não há uma distinção entre genótipo e fenótipo.
A partir dos anos 1955-1960	Molecular Clássico	O genótipo é o conjunto de genes, sequências de DNA, presentes nos cromossomos, que codificam a produção de um polipeptídeo ou RNA, determinando as características fenotípicas.
A partir dos anos 1960-70	Genótipo + ambiente = fenótipo	O genótipo é o conjunto de unidades de herança que são os genes – fragmentos de DNA. E o fenótipo é a manifestação do genótipo sob a influência ambiental.
A partir de 1980	Perspectiva Evolutiva	O genótipo é o conjunto de unidades de herança (fragmentos de DNA) que competem pela sobrevivência e pela sua propagação, mediante a expressão fenotípica.
A partir de 1990	Epigenética	Envolve todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço-temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. Existem três mecanismos principais de alterações epigenéticas: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores.
	Processual	Processo que integra uma ou mais sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), correspondendo a um produto (polipeptídeo ou RNA), mas que só é definido num determinado contexto de um sistema.
	Genótipo + ambiente + organismo = Fenótipo atual	Em uma visão sistêmica, o genótipo é o conjunto de indicativos físico-químicos do desenvolvimento, internos ao organismo, que permitem a construção do mesmo em caminhos que seu fenótipo se assemelhe às gerações anteriores, dependendo das interações ambientais. O fenótipo é a característica aparente de um organismo em um determinado momento do desenvolvimento, fruto das interações entre herança genotípica (indicadores do desenvolvimento), ruídos do desenvolvimento (aspectos aleatórios do desenvolvimento), herança ambiental,

aspectos aleatórios do ambiente e ação do organismo sobre seu ambiente.

---

**Fonte:** Adaptado de Justina (2011, p.91) e de Schneider *et al.*, (2011, p. 212).

Conforme foi apresentado na tabela 1, o desenvolvimento do conhecimento relativo à formação fenotípica dos organismos perpassou e se modificou com a adição e a compreensão de conhecimentos desenvolvidos por cientistas de cada época. Dessa forma, Ribeiro (2014, p. 3) resume as incorporações realizadas à teoria da evolução darwinista pela síntese moderna (1918-1950), a qual adicionou os estudos de Mendel. Em seguida, foram inseridas as contribuições da biologia molecular, que descrevem, em detalhes, os mecanismos de hereditariedade e expressão genotípica, contribuindo para o desvendamento das vias de transcrição e tradução relacionadas às moléculas de DNA, RNA e proteínas. No entanto, por bastante tempo, a variabilidade fenotípica foi associada somente às mutações aleatórias, as quais eram selecionadas por meio de seleção natural, caso fossem vantajosas em determinadas condições ambientais. Assim, é perceptível que a biologia evolutiva baseava-se em uma visão “genocêntrica”, sem dar a devida atenção aos apontamentos acerca da importância do ambiente na expressão genética e na transmissão das características, que estavam sendo sinalizados pelas pesquisas.

Sabe-se que a teoria da evolução passou por diversas reconstruções com o passar dos anos, primeiramente com as contribuições de Darwin, depois, com os estudos de Mendel e, em seguida, com as contribuições da genética molecular. Esse conjunto de conhecimentos que se complementam formou o que ficou conhecido como a síntese moderna da evolução, a qual foi retratada por muitos estudiosos, como Dobzhansky, Sarmiento, Pitterbarg (1966), Mayr (2009), Dawkins (2007; 2009), dentre outros.

Atualmente, pesquisas como as de Pigliucci (2010) e Muller (2017) apontam a necessidade de ampliar a teoria da evolução, devido a conhecimentos recentes, que apontam como ocorrem as interferências na expressão genotípica e de que forma estas podem ser repassadas para as futuras gerações, como heranças epigenéticas (FRANCIS, 2015; JABLONKA, LAMB, 2010); desenvolvimento biológico (GILBERT, 2003; GILBERT, BOCH, LEDON-RETTIG, 2015); plasticidade fenotípica (VIEIRA, 2013; PIGLIUCCI, 2001); nicho construído (OLIVEIRA *et al.*, 2016), dentre outros.

O gene em estado puro consiste na sequência de bases nitrogenadas e suas ligações; entretanto, isso é muito raro, pois o arcabouço genético é composto de diversas moléculas orgânicas que regulam sua expressão. A epigenética é o estudo de como se realiza esse controle e como se processam essas ligações químicas de longa

duração, que são repassadas para as futuras gerações. Assim, a epigenética constitui-se na interação entre genes e ambiente (FRANCIS, 2015).

A plasticidade fenotípica consiste na capacidade de produção de fenótipos variados partindo de um mesmo genótipo, em resposta a diferentes condições ambientais (PIGLIUCCI, 2001). Essa capacidade é medida por meio da chamada “norma de reação”. Já o desenvolvimento biológico consiste na formação do organismo partindo de uma única célula até a forma adulta; no entanto, esse desenvolvimento é contínuo e atua na promoção e na geração de diversidade biológica (GILBERT, 2003).

No caso dos estudos referentes à construção de nicho, Oliveira et al. (2016, p. 339) explicam:

[...] contempla a problemática envolvida na herança biológica, uma vez que incorpora uma herança ecológica que também intervém no estabelecimento de características fenotípicas do organismo. O nicho de partida derivado do micro-habitat construído pelo organismo pode gerar condições efetivamente determinantes para a vida de seus descendentes, inclusive referentes à própria sobrevivência.

Assim, conforme ficou evidenciado, anteriormente, na tabela 1, a compreensão sobre os conceitos de genótipo e fenótipo passaram por diversas modificações, pois, inicialmente, os termos eram vistos somente como forma de transmissão das características de pais para filhos, sem distinção entre os conceitos. Em seguida, foram apresentados de forma molecular clássica, em que o conjunto de genes determina o fenótipo dos indivíduos; depois, em meados de 1960, houve uma mudança e esses termos passaram a indicar que o ambiente exerce influência na formação fenotípica, mas os estudos ainda eram incipientes e os meios dessa interferência não eram conhecidos; posteriormente, por volta dos anos 1980, entendia-se que havia fragmentos de DNA que competem pela sua expressão e propagação; e, apenas em 1990 iniciou-se a compreensão de como o ambiente interfere nessa formação, com a aceitação das pesquisas epigenéticas e isso abriu as fronteiras para a compreensão mais completa de como ocorre a relação genótipo-fenótipo com as mais variadas interferências e peculiaridades de sua formação.



Dessa forma, é perceptível, nos estudos biológicos, a necessidade da compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo pelos acadêmicos e futuros professores de Ciências Biológicas, visto que para entender a teoria da evolução é necessário conhecer esses conceitos em sua íntegra. Para tanto, este artigo põe em evidência os conhecimentos dos graduandos acerca da relação genótipo-fenótipo e os fatores envolvidos.

### **Percurso Metodológico**

A afirmativa “Um genótipo forma somente um fenótipo” foi apresentada aos acadêmicos; posteriormente, solicitamos que se posicionassem e justificassem sua escolha. Para a análise dos dados, utilizamos a fundamentação de análise do discurso francesa, que considera o homem como sujeito histórico-ideológico. Segundo Orlandi (2003, p.4),

[...] a análise de discurso se pratica pelo deslocamento de regiões teóricas e se faz entre terrenos firmados pela prática positivista da ciência (a linguística e as ciências sociais). Ela produz uma desterritorialização e, nesse movimento, põe em estado de questão o sujeito do conhecimento e seu campo, seu objeto e seu método, face à teoria que produz.

O analista do discurso não trabalha com a língua fechada, mas, sim, com o discurso, o qual se caracteriza como “[...] o lugar em que se pode observar essa relação entre língua e ideologia, compreendendo-se como a língua produz sentidos por/para os sujeitos” (ORLANDI, 2009, p. 17). Porém, a noção de sujeito da análise do discurso decorre da área da psicanálise, a qual compreende que o sujeito constitui-se na relação com o simbólico dentro da história (ORLANDI, 2009).

Os dados foram coletados mediante a apresentação escrita da afirmativa “Um genótipo forma somente um fenótipo”; os estudantes de graduação deveriam, então, explicitar se concordavam com tal frase ou se discordavam dela e justificar seu posicionamento. Para proceder à análise do discurso, utilizamos as três etapas propostas por Orlandi (2009). Na primeira etapa, o analista, ao contatar o texto, procura nele sua discursividade e lança uma primeira análise, ou seja, “constrói um objeto discursivo [...] desfazendo assim a ilusão de que aquilo que foi dito só poderia sê-lo daquela maneira” (ORLANDI, 2009, p.77). Ao realizar a segunda etapa, o analista observa os efeitos metafóricos, constituindo-se, então, o processo de produção de sentido e de constituição

do sujeito. (ORLANDI, 2009). A terceira etapa consiste no processo discursivo e formação ideológica, sobre os quais Orlandi (2009, p.80) destaca:

Este modo de conceber o deslize, o efeito metafórico, como parte do funcionamento discursivo, liga-se à maneira de se conceber a ideologia. Pensando-se a interpretação, esse efeito aponta-nos para o “discurso duplo e uno”. Essa duplicidade faz referir um discurso a um discurso outro para que ele faça sentido; na psicanálise, isso envolve o inconsciente, na análise de discurso, envolve também a ideologia. Essa duplicidade, esse equívoco são trabalhados com a questão ideológica fundamental, pensando a relação material do discurso, a língua e a ideologia ao inconsciente.

Dessa forma, esta análise foi utilizada para perceber o discurso apresentado pelos acadêmicos formandos dos cursos de Ciências Biológicas de duas universidades do estado do Paraná. Os 43 acadêmicos participantes da pesquisa foram codificados em A1, A2... A43, com o objetivo de caracterizá-los de forma anônima.

## **Resultados e Discussões**

Com as análises dos discursos apresentados pelos graduandos de Ciências Biológicas, observou-se que 41 estudantes discordaram da afirmativa e somente dois concordaram com ela: A12 e A15. O estudante A12 não justificou seu posicionamento, e observou-se que o acadêmico A1, apesar de discordar da afirmativa, em sua justificativa se contradiz, como pode ser observado nas falas transcritas a seguir:

*“Os genes controlam tudo, interno e externo, a nível celular e de organismo.” (A1)*

*“Creio que um genótipo específico gere apenas um fenótipo.” (A15)*

Essa concepção foi, por algum tempo, aceita pela comunidade científica após a proposição e publicação do modelo de DNA, apresentado em 1953, por James D. Watson e Francis H. C. Crick, em um artigo publicado pela *Revista Nature*, intitulado “*Molecular Structure of Nucleic Acids*” (Estrutura molecular dos ácidos nucleicos). Em 1957, os cientistas Watson e Crick realizaram uma nova publicação, denominada “Implicações genéticas da estrutura do ácido desoxirribonucleico”, a qual reforçava a ideia de “um gene-uma enzima”, bastante popular na época. Assim, naquele momento, Francis Crick possuía evidências suficientes para afirmar que o que formava uma

proteína eram a transcrição e a tradução de uma sequência simples de ácido desoxirribonucleico (KELLER, 2002).

Dentre os acadêmicos que discordaram, houve a apresentação de diversas justificativas, as quais utilizaram conhecimentos provenientes da síntese moderna. Logo, alguns estudantes citaram o ambiente como influenciador na formação fenotípica, como se percebe nos discursos a seguir:

*“O genótipo sozinho não consegue formar o fenótipo. As características do ambiente auxiliam para a formação das características fenotípicas.” (A2)*

*“Forma mais de um fenótipo, porque o habitat interfere no fenótipo.” (A8)*

*“Ele pode se expressar de formas diferentes, dependendo do ambiente.” (A11)*

*“A variação fenotípica pode variar de acordo com o ambiente.” (A16)*

*“Um genótipo pode expressar mais de um fenótipo, de modo que pode sofrer interferências do ambiente e outros.” (A20)*

*“...pois um genótipo pode formar mais de um fenótipo: o fenótipo sempre dependendo do genótipo + ambiente.” (A32)*

*O fenótipo é variável pelo ambiente. (A34)*

Como fica evidente nos discursos dos graduandos, existe a compreensão de que a formação fenotípica dos organismos é influenciada pelo ambiente; entretanto, não houve explicação alguma de como o ambiente interfere nesse processo. De acordo com Santos (2017), as pesquisas direcionadas pela Eco-Evo-Devo tem, cada vez mais, mostrado a importância da plasticidade fenotípica para os conhecimentos da biologia evolutiva, devido à necessidade de uma compreensão mais ampla das interferências ambientais na formação do organismo. Assim, a possibilidade de “[...] um mesmo genoma poder ser diferentemente regulado e passível de comportar o desenvolvimento de uma pluralidade de alterações morfológicas implica em uma maior probabilidade de que fenótipos adaptativamente viáveis apareçam, visto que aumenta o repertório de respostas frente às pressões seletivas” (SANTOS, 2017, p.34).

Vários estudos, como os de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003); Tidon e Lewontin (2004); Oleques, Bartholomei-Santos e Boer (2011), apontam a necessidade de trabalhar a evolução tanto na formação inicial de professores, quanto durante a escola básica, em aulas de Ciências e Biologia, visto que esse ensino possibilita a compreensão

de um repertório de conceitos, inclusive dois dos mais fundamentais, que são os de genótipo e de fenótipo. Todavia, além de assimilar os conhecimentos da síntese moderna da evolução, ainda é preciso que os alunos compreendam conhecimentos que ainda não integram os conhecimentos evolutivos, mas que já se mostram necessários para a sua compreensão, como plasticidade fenotípica, desenvolvimento biológico, epigenética e nicho construído, os quais interferem diretamente na relação genótipo e fenótipo e, conseqüentemente, na forma como se entende a biologia.

Outros acadêmicos citaram, como justificativa, conhecimentos genéticos que embasam a síntese moderna da evolução, como os apresentados a seguir.

*“Um genótipo pode desencadear várias combinações, sendo suscetível a mutação e variação, havendo diversificação do fenótipo”.* (A21)

*“Há genótipos que sintetizam tanto a proteína ‘A’ quanto a ‘AB’”.* (A22)

*“Depende das variantes ambientais e da replicação dos genes. Além disso, um gene pode codificar proteínas diferentes pelo splicing alternativo. Se a proteína é o fenótipo do que, um genótipo codifica mais que um fenótipo”.* (A23)

*“Um genótipo pode formar distintos fenótipos devido à variabilidade da expressão gênica de cada um.”* (A24)

*“Um genótipo pode ter várias expressões, uma vez que está suscetível a mutações.”* (A30)

*“Um fenótipo vai depender dos mecanismos envolvidos na sua expressão, como, por exemplo, a epistásia, onde outros genes podem interferir mesmo portando um genótipo específico.”* (A37)

*“Não necessariamente. Muitas vezes o indivíduo possui genes para determinada característica, mas os mesmos são expressos por interferência de outros genes (epistásia) ou ainda podem apresentar variações de penetrância e expressividade. É o caso da pelagem de labradores e da polidactilia, respectivamente, por exemplo.”* (A38)

Diante da análise desses discursos, foi possível perceber a forte presença de conhecimentos referentes à genética molecular, a qual fundamentou e deu base para que esses conceitos fossem apresentados de forma mais concisa durante o século XX. Estes passaram a fazer parte do embasamento teórico que solidifica a teoria da evolução, principalmente após a descrição do famoso modelo da dupla hélice do DNA em 1953. Portanto, é perceptível, no discurso dos acadêmicos, a necessidade em ampliar os conhecimentos sobre a relação entre genótipo e fenótipo, trabalhados nos cursos de

graduação de Ciências Biológicas, para que exista a compreensão ampla das interferências externas e internas na formação do organismo.

Fica evidente, então, a aproximação do discurso dos acadêmicos com os científicos, como exemplificam os conceitos de A1 e A15, que se aproximam do discurso apresentado em 1955, o qual diz respeito à compreensão molecular clássica, onde o genótipo determina o fenótipo. Já os estudantes A2, A8, A11, A16, A20, A32 e A34 apresentam um discurso semelhante aos dos anos 1960, que colocou em destaque a concepção “genótipo mais o ambiente igual ao fenótipo”, sem apresentar maiores explicações para essa interferência ambiental. Diferentemente, A21, A22, A23, A24, A37 e A38 citaram conhecimentos moleculares provenientes de pesquisas realizadas pela genética molecular pós-publicação do modelo de DNA.

Assim, apesar de os estudantes não citarem outros fatores que interferem na formação fenotípica dos organismos, os argumentos apresentados como defesa de seu posicionamento são válidos, pois fazem parte das explicações referentes à relação entre genótipo e fenótipo mais aceitas durante quase todo o século XX. Entretanto, isso não isenta as instituições de ensino superior da necessidade de trabalhar de uma forma mais completa a compreensão desses conceitos, visto que, como foi evidenciado, por vezes, nesse artigo, atualmente existem pesquisas que interferem na forma como a evolução é compreendida.

### **Considerações Finais**

Com as análises dos discursos dos formandos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, foi possível perceber uma heterogeneidade em suas compreensões, pois alguns estudantes justificaram sua posição frente à alternativa escolhida utilizando as interferências ambientais na formação fenotípica; porém, não explicaram como estas ocorrem e não esclareceram se poderiam ser herdadas pelas gerações futuras. Também, observou-se o posicionamento de acadêmicos que utilizaram os conhecimentos referentes à genética molecular para explicar sua posição de discordância, a qual, apesar de ser válida, não representa a totalidade das opiniões quanto às interferências na expressão genotípica até formar seus possíveis fenótipos.

Por isso, faz-se necessária, na formação de professores, a ampliação de conhecimentos que envolvem a relação genótipo-fenótipo, estabelecendo-se as

relações existentes entre esses conceitos e a teoria evolutiva atual. Nesse sentido, tal compreensão implica conceber a teoria da evolução como integradora nos diferentes contextos do ensino de Biologia.

## Referências

- DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. Itatiaia: Editora Companhia das Letras, 2007.
- DAWKINS, Richard. **A grande história da evolução: na trilha de nossos ancestrais**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- DOBZHANSKY, Theodosius; SARMIENTO, Guillermo; PITTEBARG, Roberto. **La evolución, la genética y el hombre**. Buenos Aires: Eudeba, 1966.
- FUTUYMA, Douglas J. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: SBG, 1992.
- FRANCIS, Richard. **Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2015.
- GILBERT, Scott F.; BOSCH, Thomas CG; LEDÓN-RETTIG, Cristina. Eco-Evo-Devo: developmental symbiosis and developmental plasticity as evolutionary agents. **Nature Reviews Genetics**, v. 16, n. 10, p. 611-622, 2015.
- GILBERT, S. F. **Biologia do desenvolvimento**. 5ª ed. FUNPEC editora. Ribeirão Preto – SP, 2003.
- GOEDERT, Lidiane; DELIZOICOV, Nadir Castilho; ROSA, Vivian Leyser. A formação de professores de Biologia e a prática docente: o ensino de evolução. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Bauru-SP: ABRAPEC, 2003.**
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. **Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço de formação inicial de professores e pesquisadores de Biologia**. 2011. 222 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102037>>.
- JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. Companhia das Letras, 2010.
- KELLER, Evelyn Fox. **O século do gene**. Tradução Crisálida, 2002.
- KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Edusp, 2009.
- MAYR, Ernst. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- ORLANDI, Eni Puccinelli. A Análise de Discurso em suas diferentes tradições intelectuais: o Brasil. **Seminário de Estudos em Análise de Discurso**, v. 1, p. 8-18, 2003.
- ORLANDI, Eni P. **Análise do discurso: princípios e procedimentos**. 8 ed. Campinas – SP: Pontes, 2009.
- OLIVEIRA, Thais Benetti; BRANDO, Fernanda da Rocha, KOHLSDORF, Tiana, CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. 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.

OLEQUES, Luciane Carvalho; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvocat; BOER, Noemi. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.

PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. *Evolution—the extended synthesis*. Cambridge: Editora Mit press 2010.

PIGLIUCCI, Massimo *et al.* **Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture**. Baltimore: Editora JHU Press, 2001.

RIBEIRO, Maria Stefânia Przybylska. **Plasticidade fenotípica de características morfológicas de *Drosophila cardini***. Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília. 2014.

RIDLEY, Mark. **Evolução**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

SANTOS, Wellington Bittencourt. **O uso de redes conceituais em uma análise das relações entre visões internalistas e externalistas na evo-devo**. 196f. Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; ANDRADE, Mariana A. Bologna Soares; OLIVEIRA, Thais Benetti; CALDEIRA, 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**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011.

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

SILVA, Aline Alves; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. História da ciência em livros didáticos de biologia: os conceitos de genótipo e fenótipo. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 333-357, 2018.

TIDON, Rosana; LEWONTIN, Richard C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and molecular biology**, v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

WATSON, James D. CRICK, F. H. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.

WATSON, James D.; CRICK, Francis HC. **Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid**. *Nature*, v. 171, n. 4361



## **ARTIGO 3: NOVA SÍNTESE PARA A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: O DISCURSO DOS ACADÊMICOS DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS<sup>6</sup>**

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

**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 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 possibilitar-lhes compreender os fenômenos relacionados à evolução biológica de forma integrada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Síntese estendida da evolução, formação de professores, análise do discurso.

**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.

## **INTRODUÇÃO**

A abordagem sobre a evolução biológica em sala de aula é um tema bastante discutido em pesquisas do meio acadêmico. Vale ressaltar que em 1973, Dobzhansky

---

<sup>6</sup> SILVA, Aline Alves; JUSTINA, Lourdes Ap<sup>a</sup> Della; CORAZZA, Maria Júlia. Nova Síntese Para a Evolução Biológica: O Discurso dos Acadêmicos de Licenciatura em Ciências Biológicas. **Aceito para publicação na Revista Contexto & Educação.**

destacava a importância do papel da teoria evolutiva para que os conteúdos biológicos fossem compreendidos de forma integrada; 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) ressalta 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. Dessa 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) argumentam 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, na medida em que as ideias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico”. Assim, é importante salientar 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, a fim de facilitar 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*, frisam: “[...] 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 os de 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 ao modificarem o ambiente onde vivem, eles 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 desse cenário, ao pensar a formação de professores de Biologia sobre 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 responder a essas indagações referentes à síntese estendida da evolução. E deteve-se em analisar, por meio da 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**

Sob 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, portanto, apresentar um panorama dessas discussões em meio acadêmico, já que neste 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”. Dessa 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 Pligliucci. 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 demora<sup>7</sup> para que um discurso se torne parte da constituição dos sujeitos.

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. Os autores completam 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 cresceu rapidamente com as pesquisas desenvolvidas, as quais culminaram com a publicação do artigo sobre o modelo da dupla hélice do DNA<sup>8</sup> (ácido desoxirribonucleico), descrito por Watson e Crick, na revista *Nature*, em 1953. A biologia molecular teve um grande desenvolvimento nas últimas décadas do século XX e também nas primeiras do presente século. Esse avanço trouxe, além de ferramentas e metodologias para estudo, um acúmulo de novas informações e conhecimentos que

---

<sup>7</sup> A noção de “demora” no tempo, na transposição didática, foi assumida desde os trabalhos iniciais de Chevallard [...] Essa noção de demora entre o “saber sábio” e o “saber escolar” é normalmente associada à inovação num dado campo do saber, quando se tornam 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 à 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.

<sup>8</sup> Artigo original disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5662058/mod\\_resource/content/0/Molecular%20Structure%20of%20nucleic%20acids%20Watson%20e%20Crick1953.pdf](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.

provocaram e estão provocando grandes mudanças conceituais na evolução. Estudos moleculares, por exemplo, sobre o silenciamento gênico, estão fornecendo evidências que demonstram que aquilo 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 havia até então na síntese moderna.

Hoje, 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 agora, a evolução passa a envolver resultados de pensamentos e pesquisas referentes à biologia do desenvolvimento, como a epigenética e a plasticidade fenotípica, e a questões ecológicas, como o nicho construído.

A despeito de ainda considerado 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).

Assim, cientistas como Pigliucci 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, é um campo que surgiu com o desenvolvimento da biologia molecular e reúne esses conhecimentos 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. Esse 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, o qual 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 e 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 variados conhecimentos científicos que possibilitam a compreensão da evolução de forma dinâmica. Uma vez que as principais mudanças existentes 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. Logo, 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, a qual 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. Goldschmidt<sup>9</sup> propôs que novas espécies surgem por macromutações e não por efeitos 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 que a evolução ocorra de forma saltatória.

Haja vista as reformulações do conhecimento acadêmico acerca da evolução biológica nas últimas décadas, este artigo buscou compreender a constituição discursiva

<sup>9</sup> Fala sobre as falhas nos registros fósseis em: GOLDSCHMIDT, R. *The Material Basis of Evolution*: New Haven-CT: Yale University Press, 1940.

de acadêmicos, formandos de dois cursos de Ciências Biológicas - licenciatura, referente à síntese estendida da evolução. Dessa 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.

## **2.2 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 quando o pesquisador soube e compreendeu 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 por estabelecer essas ligações, os conhecimentos relacionados ao desenvolvimento biológico ficaram aquém da teoria sintética da evolução, ou seja, a síntese moderna.

Dessa forma, atualmente, os cientistas percebem a necessidade da integração entre a biologia do desenvolvimento e a evolução, o que acarreta uma dedicação especial a esses estudos, os quais hoje são denominados 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, uma vez 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. O autor cita, como exemplo, a determinação sexual XX para fêmea e XY para macho e também argumenta que um biólogo 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. Apesar de haver estudos anteriores referentes à influência do desenvolvimento biológico na evolução, foi em 1978, quando Lewis apresentou à comunidade científica e publicou o artigo, intitulado “A Gene Complex controlling segmentation in *Drosophila*” (Um complexo de genes que determinam a segmentação em *Drosophila*), considerado um marco na EVO-DEVO, que se iniciou a compreensão do que seriam os genes homeóticos (Hox).

Os genes Hox apresentam-se como uma sequência conservada de 180 pares de bases, presentes 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 a 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 dessa 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).

Conforme Ridley (2006), 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, denominadas de adição terminal.

Desse 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, 2006, 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, 2006, 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 e se chegasse a esse ponto, muitos processos foram necessários. 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 seu futuro cada vez mais delimitado, ou seja, diminuem sua capacidade totipotente, e, por fim, passam a integrar a formação das estruturas orgânicas em posições específicas (ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

O desenvolvimento também ocorre pelo processo de briclonação, no qual “genes preexistentes participam da construção de uma nova estrutura” (MEYER, EL-

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, EL-HANI, 2005, p. 100).

A partir dos conhecimentos sobre desenvolvimento embrionário e de 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, estes 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 Fenotípica**

Conforme Simon (2010, p.4), se estamos pensando em plasticidade fenotípica é porque “[...] compreendemos que o ambiente, além de selecionar variantes fenotípicas, produz as 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, pode-se 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-se 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. Dessa 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.

Então, para se pensar a plasticidade fenotípica, é necessário entender que ela pode, sim, permear a 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 se pensa 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, p. 11):

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.

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 especializassem em determinadas funções e, em outros lugares, se especializassem em funções diferentes. Portanto, enfatiza-se 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).

Nesse sentido, em 1975, foram publicados dois artigos, 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 a 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-se 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”. Dessa forma, a metilação consiste na adição de um radical metil (CH<sub>3</sub>) 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, o qual 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. Dessa forma, as células filhas herdam 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, p. 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.

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. Porém, 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 mesmos 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 a “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. Nesta, os organismos e seus nichos ecológicos estariam se coconstruindo e codefinindo. Assim, os organismos moldam seus ambientes fisicamente e determinam quais fatores desse ambiente externo são importantes para sua evolução. Desse modo, é reunido um conjunto de fatores bióticos e abióticos na formação de um nicho. Os moldes são construídos de forma conjunta, existindo uma coadaptação 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. Desta forma, 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. Por isso, é necessário 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.

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 no final de 2019, mediante apresentação de um questionário contendo afirmativas, referentes à teoria evolutiva, para as quais acadêmicos precisavam justificar seus posicionamentos. Assim, foi realizada a coleta de dados com 43 acadêmicos/acadêmicas de duas universidades públicas brasileiras do estado do Paraná. 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 a manter o anonimato dos sujeitos da pesquisa.

Então, com o objetivo de compreender a constituição discursiva de acadêmicos formandos de dois cursos de Ciências Biológicas - licenciatura, referente à síntese estendida da evolução, solicitou-se que os formandos do referido curso respondessem a um questionário. Esse instrumento foi realizado por meio de afirmativas com as quais os participantes da pesquisa deveriam assinalar se concordavam ou não (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**

<b>QUESTÕES</b>	<b>OBJETIVOS</b>
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	O objetivo desta questão estava em perceber se os

deriva gênica, o isolamento geográfico e a seleção natural. ( ) Concordo ( ) Discordo. Explique.	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 3 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 construído 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)

Para a análise dos dados, recorreu-se à Análise do Discurso, a qual Baronas e Komesu (2008, p.11), 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.

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. Dessa 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 sua compreensão dos fenômenos abordados.

Pensando nisso, trabalhamos os discursos apresentados pelos acadêmicos em suas explicações para seu posicionamento utilizando a sistematização apresentada por Orlandi (2009). Esta constitui-se 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, na qual o analista observa e busca relacionar as formações discursivas; a terceira etapa condiz com o processo discursivo relacionado à formação ideológica. 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 - **“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** 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. Logo, se se 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. Essa 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 ele, como explica a teoria do nicho construído, como possuem plasticidade fenotípica capaz de se adaptar ao meio ao qual estão inseridos.

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

Dentre os acadêmicos que discordam, as respostas foram divididas em dois blocos. O **bloco 2** é formado pelas explicações acerca da interferência do ambiente na

formação fenotípica do organismo. Esse posicionamento pode ser observado nas construções discursivas a seguir, que utilizam exemplos de adaptação ao meio em 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 se percebe 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 (aclimação). Assim, em seus discursos, são perceptíveis os conhecimentos referentes à ecologia e como o ambiente é agente ativo na adaptação e na 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 elemento externo a ela.

*“Temos ferramentas evolutivas para nos adaptar às mudanças” (A1)*

*“A espécie humana responde de forma adaptativa ao meio” (A13)*

No **bloco 3**, houve estudantes que citaram a plasticidade fenotípica dos organismos para explicar a capacidade de adaptação como se observa 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. Conforme destacam Lorfeu e Kohlsdorf (2015), fenótipos novos poderiam surgir mediante variação genética em contato com o ambiente, sem que, necessariamente, 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 estudantes possibilitaram a união das justificativas em um bloco único, visto que tanto os que concordaram quanto 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 encontram-se 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, ela 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)*

*“Há 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; dessa 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 apontadas 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 afirmam 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, 15 concordaram com a afirmativa e 28 discordaram. A partir das respostas obtidas, foi possível dividir a análise em dois blocos: no **bloco 1** encontram-se as justificativas dos acadêmicos que concordam com a afirmativa 3. É possível observar que eles concordam, como demonstram 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 fica evidenciado nas enunciações dos acadêmicos, pode-se perceber um discurso oriundo da síntese moderna da evolução. Esse pensamento é proveniente de sua formação, que é 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 teoria consiste em afirmar que as novas espécies surgem quando pequenos conjuntos de indivíduos separam-se 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**, estão presentes os discursos de quem discorda da 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, nove 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 da situação podem 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 explica esses mecanismos.

Porém, o questionamento acerca do gradualismo não é 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 filos 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.

Ao analisarmos a afirmativa 4, **“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 as respostas em dois blocos de análises. No **bloco 1**, estão os acadêmicos que concordaram com a afirmativa; todavia, somente A16 justificou sua resposta com o seguinte discurso:

*“Concordo, porém não tenho conhecimento suficiente para afirmar se está correto ou incorreto.” (A16)*

No **bloco 2**, estão os discursos dos acadêmicos que discordam da afirmativa 4.

*“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, ocorre evolução”. (A1)*

*“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, esses estudantes consideram que os mecanismos apresentados colaboram para a evolução dos organismos, por isso discordam da afirmativa. Entretanto, as justificativas deles demonstram o seu conhecimento limitado 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) comentam 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 da 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 defendem autores como Meghioratti (2004), Meyer, El-Hani (2005), Dawkins (2007), Mayr (2009), Oleques, Bartholomei-Santos e Noemi Boer (2010) Silva (2017) e Scheifele, Corazza, Justina (2020). Dessa forma, pesquisar como esses futuros docentes compreendem a evolução e suas extensões é importante

para auxiliar os professores formadores a perceberem quais são as necessidades conceituais para uma compreensão mais integral dos conhecimentos biológicos.

A partir das análises das construções discursivas apresentadas para a afirmativa 1 - “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 se possibilite aos futuros professores entender a biologia de forma integrada, e todos esses aspectos interferem na evolução biológica, a qual possibilitaria a compreensão da biologia em sua totalidade.

Ao analisar a afirmativa 2 - “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. Reforça-se, ainda, 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 desses futuros professores no que tange à amplitude e aos mecanismos de forma geral que interferem na evolução biológica.

A análise da afirmativa 3 - “A evolução ocorre de forma lenta e gradativa, não podendo haver a evolução aos saltos de forma rápida” permite concluir que, ao serem analisados os discursos apresentados para justificar o posicionamento para essa afirmativa, evidencia-se a falta de consenso que existe para essa questão até mesmo na comunidade científica. 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 que ainda está em discussão, a extensão da síntese e a evolução aos saltos são aspectos que necessitam de ampla discussão. É compreensível esse



posicionamento dos acadêmicos, o qual reflete as discussões da ciência biologia que ocorrem em todo o planeta.

Ao analisar os discursos da afirmativa 4 - “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).

Dessa 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 a 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 este 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 ideias 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, 2006.

SANTOS, Wellington Bittencourt; EL-HANI, Charbel N. A abordagem do pluralismo de processos e da evo-devo 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. 2010.

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.

ROCHA, Felipe Bastos. **Plasticidade fenotípica em *Drosophila mediopunctata*: não-linearidade e correlações com valor médio**. Tese (doutorado), Universidade Estadual de Campinas. 2013.

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.

## **SEÇÃO II: Evolução biológica: o que dizem os professores formadores de professores**

A formação de professores que ensinam Biologia está em constante análise, e, conseqüentemente, ocorrem mudanças contínuas nas constituições das licenciaturas devido ao resultado dessas análises. Cachapuz et al. (2005, p.88), ao pensarem a formação de professores das áreas científicas destacam que

[...] os professores bem (in)formados nesta área podem recuperar um mau currículo e professores com graves deficiências de formação podem matar um bom currículo. Desejável mesmo é que, de algum modo, o professor não assente o seu saber sobretudo na informação, mas que possa também desenvolver conhecimentos e saberes no modo como se investiga, como se faz ciência. O ter conhecido e, se possível, experimentado os lados privados da ciência ajudam à reflexão epistemológica e permitem uma agilidade e capacidade para transferir para a ação o que se pensa muitas vezes (incorretamente), que pode ser feito de forma direta — do saber teórico-informativo para o saber prático e refletido.

Ao refletir a formação dada aos professores de Biologia, percebe-se a necessidade de se avaliar como se pensam os conhecimentos biológicos, pois estes são constantemente analisados com o objetivo de verificar qual seria a forma mais eficiente de ensiná-los e dividi-los em conteúdos, sem, no entanto, fragmentá-los a ponto de os futuros professores não compreenderem essa ciência de forma integrada.

Muitos pesquisadores, preocupados com essa integração, propõem a teoria da evolução como eixo integrador desses conhecimentos (SCHEIFELE, 2020; RIDLEY, 2006; MAYR, 2009). Entretanto, a própria síntese moderna da teoria evolutiva vem sendo constantemente confrontada com inúmeros questionamentos decorrentes de pesquisas que interferem na forma como se compreende essa teoria. Dessa forma, esses outros pesquisadores argumentam sobre a necessidade de uma releitura da teoria da evolução e acréscimos dessas pesquisas, e, para tanto, sugerem uma extensão para essa teoria, a qual vem sendo denominada de síntese estendida da teoria da evolução.

Diante desses debates, esta seção dedicou-se a analisar os discursos dos professores de cursos de Ciências Biológicas de universidades estaduais do Paraná. Para isso utilizamos questões que guiaram os artigos presentes nesta seção.

Assim, o artigo 4 buscou responder: “Como integrar conhecimentos produzidos pelas diversas áreas da biologia por meio da evolução?” Para tanto, neste artigo são apresentadas as análises das construções discursivas dos professores universitário para

as questões: I - Quais objetivos o professor pode ter ao trabalhar evolução na graduação?; II - Várias pesquisas apontam para a necessidade de integrar os conhecimentos biológicos no ensino, e, ainda que a evolução pudesse ser uma ferramenta para alcançar tais objetivos, como isso poderia ocorrer na sua visão? Os discursos foram obtidos pelas respostas a essas questões mediante entrevista.

Já, o artigo 5 foi conduzido pelas questões de pesquisa “Qual o discurso dos professores de graduação referentes à temática “evolução”? De qual teoria da evolução estamos falando?” Para tanto, neste artigo são apresentadas as análises das construções discursivas obtidas mediante entrevista. Os discursos analisados foram obtidos pelas respostas dos professores universitários às seguintes questões da entrevista: III - E quanto às novas pesquisas relacionadas à evolução, como: plasticidade fenotípica, nicho construído, epigenética, etc., você as aborda em sala de aula? Se sim, como ocorre essa abordagem? Se não, por quais motivos você não aborda? IV - Quanto a essas novas pesquisas, você acha necessário que os estudantes de graduação tenham conhecimento sobre elas? Por quê? V- Para o futuro professor, como você acredita que deve abordar o tema “evolução” em sala de aula do ensino básico? Como fazer isso? VI - Pesquisas envolvendo plasticidade fenotípica, herança epigenética, desenvolvimento do organismo, nicho construído, entre outros, estão modificando a forma como a evolução é apresentada. Pensando nisso, como esses novos conhecimentos podem contribuir para o ensino holístico e integrado das ciências biológicas?

Para realizar as análises apresentadas nesses dois artigos que constituem a seção II desta tese, utilizamos como base e fundamentação a teoria da análise do discurso francesa. Assim, os artigos 4 e 5 são apresentados a seguir.

## **Artigo 4: A Evolução Como Eixo Integrador dos Conhecimentos Biológicos no Ensino Superior: Discursos dos Docentes**

**RESUMO:** O presente artigo tem por objetivo tecer e fomentar reflexões acerca dos discursos de docentes do ensino superior, envolvidos na formação de professores de Biologia, quanto à necessidade de integrar os conhecimentos biológicos e ainda sobre a evolução poder ser considerada como esse eixo integrador. Para tanto, realizou-se pesquisa on-line com professores universitários, por meio de entrevistas. A análise dos discursos verbais e extraverbais dos docentes permitiu separar os discursos em unidades de sentido; nessas unidades observamos sete formas de pensar a teoria evolutiva dentro do contexto educacional. Percebemos a necessidade de maior compreensão das teorias evolutivas recentes para, então, haver a possibilidade de utilização desses conhecimentos de forma holística no contexto dos cursos de Ciências Biológicas.

**Palavras-chave:** Formação de professores; Ensino de Biologia; Evolução biológica; Paradigmas evolutivos.

### **INTRODUÇÃO**

Segundo Cachapuz e colaboradores (2005), o ensino de ciências necessita de renovação, visto que vem sendo trabalhado de forma a-histórica, memorística e fragmentada, sem possibilitar a construção de significados pelos alunos. Krasilchik (2009) destaca que, no âmbito da educação em biologia, essas características não são diferentes, pois “[...] o ensino de biologia em geral enfatiza a memorização de termos e conceitos para atender as demandas de avaliação superficial e rotineira” (KRASILCHICK, 2009, p. 251).

[...] o que se verifica é que a formação de professores para a educação básica é feita, em todos os tipos de licenciatura, de modo fragmentado entre as áreas disciplinares e níveis de ensino, não contando o Brasil, nas instituições de ensino superior, com uma faculdade ou instituto próprio, formador desses profissionais, com uma base comum formativa, como observado em outros países, onde há centros de formação de professores englobando todas as especialidades, com estudos, pesquisas e extensão relativos à atividade didática e às reflexões e teorias a ela associadas (GATTI, 2010, P.1358).

A evolução é considerada por autores como Mayer e El-Hani (2005), Goedert, Delizoicov e Rosa (2003) e Pigliucci e Muller (2010) como um caminho para integrar os conhecimentos biológicos e, assim, tornar o ensino de Biologia mais integrado e holístico, para que os estudantes compreendam a biologia como um todo, na tentativa de minimizar a fragmentação desses conteúdos, atribuindo sentidos a esses conhecimentos.

Para que essa integração aconteça, é necessário que a evolução seja trabalhada como eixo integrador também nos cursos de Ciências Biológicas que objetivam formar professores. Silva, Silva e Teixeira (2011), analisando documentos como *Os Parâmetros Curriculares Nacionais* e as *Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas*, chegaram à conclusão de que há mais de 50 anos se tem a preocupação em utilizar a evolução como eixo integrador do conhecimento biológico. Entretanto, as pesquisas realizadas referentes ao ensino de evolução destacam lacunas e a necessidade de desenvolver esse ensino integrado na prática, tanto na formação de professores quanto na escola básica.

Nessa perspectiva, este artigo objetiva tecer e fomentar reflexões acerca dos discursos de docentes envolvidos na formação de professores de Biologia, quanto à necessidade de integrar os conhecimentos biológicos e sobre a evolução poder ser considerada como esse eixo integrador. Para tanto, foi realizada pesquisa on-line por meio de entrevista com docentes, a fim de analisar seus discursos no que tange à formação dos futuros profissionais da educação em biologia.

### **Formação de Professores: O Caso das Ciências Biológicas**

Ao se pensar sobre as necessidades da educação científica, é fundamental incluir nessa reflexão “a formação de professores”, pois esta se “constitui elemento fundamental para se atingir os objetivos visados pela educação, uma vez que é o professor que, em sua prática, operacionaliza as grandes linhas propostas pelas reformas educacionais” (VIEIRA; GOMIDE, 2008, p. 3835). Nessa perspectiva, para que se atinja o objetivo de tornar a evolução como eixo integrador dos conteúdos biológicos, é preciso desenvolver essa forma de pensamento desde a formação dos acadêmicos que serão os profissionais destinados a trabalhar a educação em biologia nas escolas básicas.

[...] historicamente, nos cursos formadores de professores esteve desde sempre colocada a separação formativa entre professor polivalente – educação infantil e primeiros anos do ensino fundamental – e professor especialista de disciplina, como também para estes ficou consagrado o seu confinamento e dependência aos bacharelados disciplinares. Essa diferenciação, que criou um valor social – menor/maior – para o professor polivalente, para as primeiras séries de ensino, e o professor “especialista”, para as demais séries, ficou histórica e socialmente instaurada pelas primeiras legislações no século XXI, e é vigente até nossos dias, tanto nos cursos, como na carreira e salários (GATTI, 2010, P.1358).



Gatti (2010) ainda destaca que os cursos de formação de professores se encontram no Brasil de forma fragmentada, nas mais variadas licenciaturas, sem a presença de faculdades com institutos próprios, com base comum formativa, para formar esses docentes, como existe em outros países. Dessa forma, pensar os cursos de graduação em Ciências Biológicas para formar profissionais capazes de superar a fragmentação de conteúdos é um obstáculo a ser considerado pelos docentes que planejam e desenvolvem a formação de professores no Brasil.

Nesse panorama, utilizar um enfoque conceitual que possibilite a articulação entre os conteúdos biológicos desde a formação de professores faz-se necessário para romper com o ciclo de formação pautado na memorização de conceitos a-históricos e sem sentido. Com isso, a seção seguinte traz a discussão apontando a teoria evolutiva desde o darwinismo, perpassando a síntese moderna, até a atualidade, com a extensão dessa síntese e sua complexidade como uma possibilidade de ser o eixo integrador do pensamento biológico.

## **EVOLUÇÃO COMO EIXO INTEGRADOR DOS CONHECIMENTOS BIOLÓGICOS**

Vários pesquisadores, como Mayer e El-Hani (2005), Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), Pigliucci e Muller (2010), defendem a necessidade de trabalhar os conteúdos biológicos de forma integrada; para tanto, entendem que a evolução seria o eixo integrador desses conhecimentos.

[...] a evolução biológica, por ser um princípio gerador de controvérsias e por deter um caráter fundamental no conhecimento biológico, requer que o seu ensino seja contemplado de maneira clara e integrada durante a formação inicial de professores de Biologia, a fim de minimizar possíveis distorções e dificuldades no entendimento desse tema (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003, p.4).

Historicamente, a teoria da evolução biológica, iniciada com a publicação de *A Origem das Espécies*, em 1859, por Charles Darwin, foi fundamental para estabelecer a biologia como ciência, diferenciando-a da física e da química. Para essa afirmação acerca da biologia como uma ciência única, vários pontos precisaram ser revistos e refutados, como: I- Essencialíssimo (tipologia) onde tudo era considerado delimitado e imutável, II- Determinismo, pois com esse preceito não havia espaço para a variação, III- Reducionismo, que se pautava na compreensão de que se os sistemas fossem

reduzidos a seus menores componentes, o problema estava resolvido, IV- A ausência de leis naturais em biologia (MAYR, 2005).

Assim, os conhecimentos referentes à evolução tiveram papel fundamental em tornar a biologia uma ciência; então, cabe, neste momento, questionar: há como compreender os conhecimentos biológicos sem se apropriar dos preceitos evolutivos? Sim, existe como fazer isso; no entanto, o conhecimento se restringirá a uma pequena fração do que é o conhecimento biológico, visto que se limitará única e exclusivamente ao que é conhecido como biologia mecanicista (funcional).

A biologia funcional lida com a fisiologia de todas as atividades de organismos vivos, sobretudo com todos os processos celulares, incluindo aqueles do genoma. Em última instância, tais processos funcionais podem ser explicados de maneira puramente mecanicista por química e física. O outro ramo da biologia é a biologia histórica. Conhecimento de história não é necessário para a explicação de um processo puramente funcional. No entanto, é indispensável para a explicação de todos os aspectos do mundo vivo que envolvem a dimensão de tempo histórico em outras palavras, tal como agora sabemos, todos os aspectos que lidam com evolução. Esse campo é a biologia evolucionista (MAYR, 2005).

Como mencionam Goedert, Delizoicov e Rosa (2003, p.3), “apropriar-se do conceito de “evolução” é, na verdade, compreender uma série de outros conceitos. Isso significa dizer, como já foi dito, que a evolução afeta, por extensão, quase todos os outros campos do conhecimento” na área biológica. Dessa forma, pensar a educação em biologia sem considerar as teorias evolutivas, torna-se arbitrário e incompleto, visto que, para entender como o conhecimento biológico se desenvolve, é necessário entender o movimento dinâmico e contínuo de todos os saberes contidos no espectro das ciências biológicas.

Ao pensar a formação de professores e o discurso presente nos sujeitos que as compõem, é preciso perceber o contexto formativo a que os futuros docentes de Biologia estão sendo construídos. Assim, ao analisar o discurso dos formadores desses profissionais, precisa-se perceber o contexto de sua composição:

A forma material do discurso é, ao mesmo tempo, linguístico-histórica, enraizada na história para produzir sentido; a forma sujeito do discurso é ideológica, assujeitada, não psicológica, não empírica; na ordem do discurso há o sujeito na língua e na história; o sujeito é descentrado, tem a ilusão de ser fonte, mas o sentido é um já-lá, um dito antes em outro lugar (GREGOLIN; BARONAS, 2001, p. 4).

Conforme Goedert, Delizoicov e Rosa (2003, p.3), “é extremamente relevante na formação inicial do professor que os conteúdos científicos sobre evolução se articulem

com as demais disciplinas do curso, tendo em vista o caráter integrador da noção de evolução biológica.” Para tanto, torna-se necessário que os conhecimentos evolutivos referentes à síntese estendida também estejam presentes em materiais didáticos destinados ao ensino superior, visto que os livros atuais, muitas vezes, ainda apresentam somente a síntese moderna da evolução, havendo a exclusão de conceitos importantes dentro de um conhecimento mais amplo no que se refere à temática “evolução”.

A síntese moderna é formada pela integração dos conhecimentos de Darwin e Wallace com os conhecimentos de Mendel e da genética de populações. Sendo assim, tem seus pilares consolidados pela seleção natural, pela deriva gênica, pelo isolamento geográfico e reprodutivo, além de ter a recombinação e a mutação gênica como principais fontes de variação. Desta forma, muitos autores descrevem e apresentam significados para esses conhecimentos; um panorama completo que solidifica a síntese moderna da evolução pode ser encontrado em livros como “Biologia, Ciência Única” e “O que é Evolução”, de Ernest Mayr; “O gene Egoísta” e “A grande história da evolução: na trilha de nossos ancestrais”, de Richard Dawkins; “Evolução: O Sentido da Biologia”, de Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani. Este último, porém, já menciona conhecimentos que vêm sendo chamados para a construção de uma extensão para a teoria evolutiva referente à síntese moderna.

Da mesma forma, autores como Gould (2002), Carrol (2008), Pigliucci e Muller (2010) defendem a necessidade de uma extensão para a síntese, e, para isso, é necessária a inclusão de conhecimentos como os relacionados à biologia do desenvolvimento, à herança inclusiva, à plasticidade fenotípica, ao nicho construído, dentre outros. Um dos principais pontos que levou a pensar a biologia do desenvolvimento como crucial para a compreensão de como as espécies evoluem foi a compreensão dos genes “Hox”. Nesse sentido, para Gould, os conhecimentos adquiridos durante a segunda metade do século XX trazem mudanças que vão muito além do núcleo darwiniano original, pois, embora ainda estejam dentro da base da seleção natural, apresentam muitos novos princípios macroevolutivos; por isso, é necessária uma reinterpretação da teoria evolutiva de uma forma geral (GOULD, 2002).

Tais genes que controlam o desenvolvimento foram denominados genes “Hox”. O controle de outros genes, exercido pelos genes controladores é mediado por fatores de transcrição – proteínas capazes de se ligar a trechos de DNA para regular a intensidade de expressão de genes (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016, p.6).

Contudo, as autoras enfatizam que os fenômenos evolutivos devem ser compreendidos mediante uma abordagem pluralista e integrada, não devendo, assim, restringir-se apenas à seleção natural, tampouco à releitura dos genes Hox, nem mesmo às limitadas experiências genômicas laboratoriais que restringem os organismos a condições controladas (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016). Portanto, para uma compreensão dinâmica e pluralista da teoria evolutiva é necessário abranger todos os conhecimentos que se tem até o momento e que interferem, de alguma forma, em como os organismos evoluem.

Assim, para que os formadores de professores trabalhem em suas disciplinas utilizando a evolução como eixo integrador é necessário que estes tenham conhecimentos referentes a essa expansão da síntese. Para isso, é necessário que os livros de graduação sejam atualizados, ou até mesmo fornecer materiais didáticos novos que apresentem essa releitura dos conteúdos biológicos, tendo como eixo integrador a teoria da evolução vigente, que vem sendo construída durante essas primeiras décadas do século XXI. Um material que traz relances da necessidade de reinterpretação dos conhecimentos biológicos apresentados pelas pesquisas recentes é o livro “Biologia do Desenvolvimento”, de Gilbert (2003), que traz os conteúdos da biologia na perspectiva do desenvolvimento biológico dos organismos, embora não retrate a evolução como parte desse eixo integrador.

Bittencourt-dos-Santos e El-Hani (2013) fizeram o levantamento e análise dos livros mais utilizados em universidades latino-americanas no ano de 2008; seu corpus de estudo contou com nove livros, sendo estes mais frequentes em ementas de cursos de nível superior. Dentre eles, estavam presentes, em primeiro e em segundo lugar, Futuyama (2009) e Ridley (2006), respectivamente. Os autores constataram que

[...] os livros de biologia evolutiva analisados já trazem, em suas explicações, uma abordagem de parte dos fatores ou mecanismos considerados segundo uma visão pluralista do processo evolutivo. As contribuições da Evo-Devo, os mecanismos de especiação e a deriva gênica recebem atenção nos livros, com algum destaque – ainda que bastante limitado – para os mecanismos macroevolutivos e às restrições (BITTENCOURT-DOS-SANTOS; EL-HANI, 2013, p. 207).

Há um longo caminho ainda pela frente para que a teoria evolutiva e suas nuances sejam utilizadas como um eixo integrador dos conhecimentos biológicos nos cursos de graduação voltados à formação de professores. Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016) destacam que para a elaboração de uma proposta teórica que envolva as

conjunturas entre os conhecimentos evolutivos contemporâneos e a teoria sintética é preciso que haja uma inclusão efetiva da Eco-Evo-Devo <sup>10</sup> às explicações evolutivas, visto que as estratégias ontogenéticas, epigenéticas, a plasticidade fenotípica e a construção do nicho não atuam sozinhos, mas de forma concomitante aos processos de seleção natural, deriva genética, mutações e migrações.

Conforme Bittencourt-dos-Santos e El-Hani (2013, p. 2013), em sua análise dos livros destinados ao ensino superior, “[...] uma recontextualização pedagógica do pluralismo de processos já vem ocorrendo no conhecimento escolar de biologia evolutiva, no nível superior de ensino. [...] mantendo-se grande ênfase sobre a seleção natural em relação aos outros mecanismos”. Portanto, analisar o discurso dos professores em relação a como a teoria evolutiva vem sendo trabalhada em cursos de graduação, torna-se pertinente à medida que muito tem se desenvolvido no sentido de compreender os conhecimentos biológicos de forma integrada e buscando sentido para como esses processos se inter-relacionam para formar a complexidade biológica existente.

## **PERCURSO METODOLÓGICO**

A pesquisa é de cunho qualitativo, tendo como base a análise do discurso francesa. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com professores universitários que ministram aulas nos cursos de Ciências Biológicas em duas universidades estaduais do estado do Paraná. Para tanto, os sujeitos participantes da pesquisa foram codificados de P1 a P9, com o intuito de manter o anonimato deles. Foram realizadas nove entrevistas semiestruturadas para a obtenção de discursos verbais a serem analisados, quanto aos sentidos produzidos mediante o discurso da biologia evolutiva e o ensino de Biologia.

Os sujeitos participantes da pesquisa foram codificados de P1 a P9, com o intuito de manter o anonimato dos mesmos. Como mostra o quadro 1, ao participantes podem ser caracterizados pela sua formação acadêmica e atuação profissional.

---

<sup>10</sup>10<sup>10</sup> As relações entre ecologia, evolução e desenvolvimento caracterizam-se “[...] como uma novidade teórica acerca dos conteúdos evolutivos, ora pelas proposições e/ou explicações acerca da origem de diversidade biológica, ora por subsidiar a necessária abordagem integrada do processo evolutivo, reiterando o papel do ambiente no surgimento de novos fenótipos”(OLIVEIRA, et al. 2016, p. 326) Disponível em: [http://www.abfhib.org/FHB/FHB-11-2/FHB-11-2-Thais-Oliveira\\_Fernanda-Brando\\_Tiana-Kohldorf\\_Ana-Caldeira.pdf](http://www.abfhib.org/FHB/FHB-11-2/FHB-11-2-Thais-Oliveira_Fernanda-Brando_Tiana-Kohldorf_Ana-Caldeira.pdf) Acesso em: 24/09/2021.

**Quadro 1:** Caracterização dos sujeitos participantes da pesquisa

<b>Sujeito</b>	<b>Formação</b>	<b>Disciplinas que Ministra/Ministrou</b>
<b>P1</b>	Licenciatura em Ciências Biológicas Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica)	Fisiologia Vegetal, Anatomia Vegetal, Morfologia Vegetal, Sistemática Vegetal, Estágio Supervisionado, Metodologia de Ensino.
<b>P2</b>	Bacharelado em Ciências Biológicas Mestrado em Educação para a Ciência Doutorado em Educação para a Ciência	Metodologia do Ensino de Biologia, Coordenação de Estágio Supervisionado em Ciências, Orientações em Estágios de Ciências, Coordenação de Estágio Supervisionado em Biologia, História e Filosofia da Ciência, Orientações de Estágio de Biologia, Teoria e Prática de Ensino.
<b>P3</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Botânica Doutorado em Botânica	Micologia, Anatomia e Morfologia Vegetal, Organização dos Seres Vivos, Ficologia.
<b>P4</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ciências em Biológicas Doutorado em Ecologia e Evolução da Biodiversidade	Invertebrados, Zoologia Geral.
<b>P5</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Celular) Doutorado em Educação para o Ensino de Ciências e a Matemática	Biologia Celular, Histologia, Embriologia, Estágio Supervisionado, Fisiologia Humana, Metodologia da Pesquisa, Metodologia do Ensino de Ciências, Estágio Supervisionado em Ciências e Biologia.
<b>P6</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais; Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais	Zoologia de Heterotróficos, Zoologia de Invertebrados II, Zoologia dos Cordados.
<b>P7</b>	Graduação em Pedagogia Especialização em Metodologia do Ensino Superior Mestrado em Hidráulica e Saneamento Doutorado em Educação Para a Ciência.	Estágio Supervisionado para a Docência em Biologia.
<b>P8</b>	Graduação em Ciências Biológicas Licenciatura; Mestrado em Educação; Doutorado em Educação em Ciências e Matemática	Estágio Supervisionado em Ciências, Estágio Supervisionado em Biologia, Didática e Instrumentação para o Ensino de Ciências, Educação Ambiental, Métodos e Técnicas para a Pesquisa Biológica, Teoria e Prática de Ensino de Ciências e Biologia I e II, Didática e Instrumentação para o Ensino de Biologia, História e Filosofia da Ciência.
<b>P9</b>	Graduação em Ciências Biológicas; Mestrado em Genética e Biologia Molecular; Doutorado em Ciências Biológicas.	Biologia Celular e Molecular, Genética.

Na análise do discurso, entende-se que o sujeito constrói-se histórica e socialmente, desta forma é importante entender a formação acadêmica dos participantes da pesquisa. Conforme Gregolin (2001, p.60), “por ser esse objeto de reconhecimento/desconhecimento, a aparição de um texto só se completa quando um

leitor o insere na ordem da história, deslocando-o do lugar onde jaz reclamado sentidos”. Portanto, ler um texto/discurso sem inseri-lo em seu contexto de produção torna-o vazio e sem sentido.

A análise do discurso visa fazer compreender como os objetos simbólicos produzem sentidos, analisando assim os próprios gestos de interpretação que ela considera como atos no domínio simbólico, pois eles intervêm no real do sentido. A análise do discurso não estaciona na interpretação, trabalha seus limites, seus mecanismos como parte dos processos de significação. Também não procura um sentido verdadeiro através de uma “chave” de interpretação. Não há esta chave, há método, há construção de um dispositivo teórico. Não há uma verdade oculta atrás do texto. Há gestos de interpretação que o constituem e que o analista, com seu dispositivo, deve ser capaz de compreender (ORLANDI, 2009, p. 26).

Para desenvolver a análise, foram realizadas três etapas: 1) Leitura exploratória inicial de todos os discursos verbais produzidos pelas respostas dos sujeitos, com o intuito de perceber as unidades de sentido presentes nos discursos. Segundo Léon e Pêcheux (2011, p. 165), “O “sentido” de um texto, de uma frase, e, no limite, de uma palavra, só existe em referências a outros textos, frases ou palavras que constituem seu “contexto”. 2) Realização da separação dos discursos dos sujeitos nas unidades de sentidos a serem analisadas, pois, conforme Léon e Pêcheux (2011, p. 165), “analisar uma materialidade discursiva supõe estruturar o campo dos arquivos submetidos à análise, o que chamamos, por vezes, a construção do corpus”. 3) Análise das unidades de sentidos encontradas nas respostas dos sujeitos apresentadas mediante entrevista. Nesse sentido, para Léon e Pêcheux (2011, p. 166), “o historiador não tem contato, geralmente, com informações puramente factuais [...] mas sim com enunciados no mínimo parcialmente opacos ou ambíguos, que só podem ser lidos em referência a outros textos”.

Essa abordagem é feita pensando-se que não existe neutralidade na ciência; percebendo-se, isso sabe-se que os sujeitos de pesquisas versam na perspectiva do lugar que ocupam em seu lugar no discurso entre interlocutores, a qual, neste caso, ocorreu entre a pesquisadora e o professor. Assim, Cassiani, Linsinger e Giraldo (2011, p.60) salientam que “de acordo com a formação discursiva em que os sujeitos se inserem, existe a produção de alguns sentidos dominantes”. Portanto, o discurso dominante apresentado pelos docentes será cerne das unidades de sentido, como é detalhado na construção das análises apresentadas na sequência (Quadro 1).

**Quadro 1:** Descrição das unidades de sentido

UNIDADES DE SENTIDO	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE SENTIDO
Unidade de Sentido I	A evolução como eixo unificador
Unidade de Sentido II	A evolução como fundamentação para dar sentido aos conteúdos biológicos
Unidade de Sentido III	A evolução para entender que ocorrem mudanças nos organismos
Unidade de Sentido IV	A integração como multidisciplinariedade
Unidade de Sentido V	A integração como forma de articular as ligações entre conteúdos biológicos
Unidade de Sentido VI	Como a evolução pode ser inserida para integrar os conteúdos biológicos de forma prática nas universidades e na educação básica
Unidade de Sentido VII	A evolução como forma de integrar os conhecimentos, recorrendo a conceitos da síntese estendida da evolução

## DISCURSOS APRESENTADOS PELOS PROFESSORES

Primeiramente, questionaram-se os docentes acerca do objetivo de se abordar a teoria evolutiva em sala de aula, nos cursos de graduação em Ciências Biológicas. Os discursos verbais apresentados pelos professores, mediante o confronto com esse questionamento, caminharam no sentido de explicar que o objetivo em se trabalhar evolução em sala de aula consiste em utilizá-la como forma de dar sentido aos conhecimentos biológicos. Nesses discursos, observaram-se algumas unidades de sentidos explicitadas no quadro 1, atribuídas ao objeto de estudo.

**A evolução como eixo unificador** (Unidade de sentido I) é uma proposta de ensino que vem sendo posta como alternativa ao ensino de Biologia, desde que a síntese moderna da evolução foi construída, em meados dos anos 1930 a 1940. Essa abordagem uniu as teorias de Darwin e Wallace com os estudos de Mendel e a genética de populações, e até o momento muitos teóricos da história e filosofia da biologia defendem essa proposta para a educação em Biologia. Nas falas a seguir, é possível observar, no discurso dos professores, essa abordagem que considera a evolução como eixo integrador da biologia.

*“A evolução é o eixo unificador, eu acho que teria que abordar, não sei se todas as disciplinas, mas pelo menos a maior parte delas de alguma forma, mesmo que seja em forma de pista. Acho que elas vão dando pistas para os alunos saberem como as ideias biológicas, os conceitos se articulam com a teoria evolutiva, mas ela deveria ser trabalhada na maior parte do curso.” (PE2)*

*“Eu acho que o objetivo principal é ligar os conteúdos, com evolução a gente consegue ligar morfologia, biologia molecular, bioquímica, zoologia, estatística. Quando você*



*trabalha com a construção de árvores filogenéticas, por exemplo, você tem que usar um pouco de estatística, tem que usar um pouco do caráter molecular, um caráter morfológico. Então, a evolução, no meu ponto de vista, vai ser para juntar todas as disciplinas, para tornar o curso realmente multidisciplinar ou interdisciplinar, nunca lembro quais dos dois que é. Mas eu dou aula de zoologia, né, eu uso para isso, para juntar, a minha formação é em ecologia, mas em estatística, ecologia estatística basicamente, mestrado e doutorado. Mas é aquela história, né, você entra como temporário e você acaba indo ali, né, nos cantos. Então, eu dou aula de zoologia já faz um bom tempo e eu achei uma boa saída e tenho tido resultados muito bons, usando a evolução para juntar tudo, um pouquinho de tudo.” (PE6)*

*“Acho que o principal objetivo, eu penso que é você trazer a própria dimensão evolutiva para o conhecimento biológico, e isso não é pouco, se você pensar a ideia que pensar biologicamente é pensar evolutivamente, isso não é pouco, trazer todo o viés evolutivo, para o conteúdo, o conhecimento biológico, seria um objetivo bem amplo, mas que abrange tudo.” (PE7)*

*“Vai depender um pouco da disciplina que ele está trabalhando, em cada disciplina que ele vai trabalhar vai estabelecer alguns objetivos. Quando ele trabalha com evolução, eu acredito que o objetivo maior do ensino de evolução é fazer com que o aluno tenha um fio condutor, todo conhecimento biológico pode ter um fio condutor, que, nesse caso, pode ser a evolução. Historicamente, a evolução permite que a biologia se torne uma ciência, ela emancipa a biologia como ciência. Então, tradicionalmente, ela é usada como um ente norteador do ensino de biologia, tanto no ensino fundamental, médio, como na graduação em Biologia, então eu acho essencial que quando o professor está trabalhando os conhecimentos biológicos ele utilize evolução, como esse eixo orientador, um eixo norteador, ou que dê um enfoque evolutivo para os conhecimentos biológicos, porque muitas vezes isso não acontece mesmo no curso de Biologia e o aluno sai formado com uma visão muito estática, muito compartimentalizada da biologia e isso vai refletir lá no seu trabalho, na sala de aula como professor.” (PE8)*

Existe um movimento entre os pesquisadores do ensino de Ciências que coloca a evolução como um eixo integrador das ciências biológicas, e esse fato, unido ao “boom” de conhecimentos que vem trazendo à tona a necessidade de uma releitura da teoria evolutiva, colocam os docentes no cerne desse movimento, ou seja, estes estão construindo seus discursos influenciados tanto por seus conhecimentos a respeito do assunto quanto pelo discurso vigente na comunidade acadêmica na qual estão inseridos. Assim, como destaca Orlandi (1994, p. 52),

[...] o discurso supõe um sistema significante, mas supõe também a relação deste sistema com sua exterioridade, já que sem história não há sentido, ou seja, é a inscrição da história na língua que faz com que ela signifique. Daí os efeitos entre locutores. E em contrapartida a dimensão simbólica dos fatos.

Em 1973, Theodosius Dobzhansky já havia publicado o artigo denominado “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”, que, traduzindo, significa “Nada na biologia faz sentido, exceto à luz da evolução”. Essa é uma famosa frase utilizada por biólogos defensores da evolução como eixo integrador das ciências biológicas, até os dias atuais. Então, esse discurso dos professores que defendem a

evolução como eixo integrador é carregado por um pensamento que ganhou força com o passar do tempo.

Entretanto, Dalapicolla, Silva e Garcia (2015, p.169), ao analisar os conteúdos de vertebrados em livros didáticos de biologia, chegaram à conclusão de que “a abordagem da evolução mostrou-se ainda superficial e fragmentada, não caracterizando o que poderia se considerar uma visão evolutiva integradora no conteúdo de vertebrados”. Com essa análise, é possível perceber que apesar de os professores universitários relatarem a evolução como forma de integrar as áreas biológicas, isso muitas vezes não acontece na prática, e ainda existem problemas quanto à forma em que são abordados nos materiais didáticos disponibilizados aos estudantes.

Na unidade de sentido II, **A Evolução como fundamentação para dar sentido aos conteúdos biológicos**, são expostas as construções discursivas dos professores sobre o discurso de que é necessário ter o conhecimento evolutivo para entender os conteúdos biológicos, como se observa nas narrativas a seguir.

*“Eu acho que a primeira coisa para trabalhar na graduação é o processo evolutivo, quando o professor de biologia celular [...] ele tem que ter noção de evolução, e mostrar a origem dos seres, para ter sentido algumas coisas. Eu vou falar da célula eucariótica, vamos falar da célula eucariótica agora, mas se ele não identificou qual a origem dessa célula lá dos coacervados procariontes, pode ser que ele não tenha o sucesso que ele poderia ter quando você explica evolução com cálculo, todo o processo, ainda mais se você utilizar autores, como Darwin, Lamarck, discutir essas formas de pensar evolução na ciência. Eu acho que é essencial nesse sentido, o objetivo principal é trazer mais facilidade para entender a biologia, pensar que aquela ciência é à base da evolução.” (PE1)*

*“Bom, eu tenho na verdade um objetivo principal, que é fazer com que as coisas façam sentido do ponto de vista evolutivo, esse para mim é o principal, eu acho que em qualquer disciplina, é fazer com que as coisas façam sentido do ponto de vista biológico.” (PE3)*

*“O objetivo, eu acho que é contextualizar como que os organismos evoluem, como que eles se organizam, então, no caso da minha disciplina, é mostrar como que a célula funciona. Qual é o metabolismo dessa célula e como que ela chegou até esse metabolismo. Então, eu trabalho evolução dentro disso, da parte mesmo de metabolismo celular, organização e metabolismo.” (PE9)*

Nos discursos apresentados, é possível perceber que os professores entrevistados, apesar de concordarem com a importância dos conteúdos evolutivos, não mencionam que um dos objetivos de sua utilização seria a integração dos conhecimentos biológicos. Conforme Tidon e Vieira (2009), essa forma de abordar a teoria evolutiva caracteriza o que frequentemente acontece na prática pedagógica, que consiste em deixar esses conteúdos para o final do ensino médio, e muitas vezes, eles não são trabalhados por falta de tempo, ou mesmo para o ensino superior, quando são tratados apenas em uma disciplina específica. Diante disso, seria necessária mais ênfase

no processo evolutivo quando esse assunto é abordado integrando os conhecimentos biológicos dentro do âmbito da formação de professores de biologia, para que estes entendam a evolução como eixo e não como mais um conteúdo das ciências biológicas.

Compreender os significados presentes nos discursos dos professores requer interpretação. A esse respeito, Orlandi (2009, p. 26) esclarece que “quando se interpreta já se está preso em um sentido. A compreensão procura a explicitação dos processos de significação presentes no texto”. Assim, o fato de muitas vezes o conteúdo evolutivo não ser trabalhado no ensino médio consiste na percepção dos professores de que este é apenas mais um conteúdo dentro das ciências biológicas, e isso ocorre desde a sua formação dentro da academia. Na graduação, é comum que esse conhecimento fique a cargo de uma disciplina destinada ao ensino de evolução.

Oleques, Bartholomei-Santos e Boer (2011, p. 260), ao realizarem uma pesquisa com professores da educação básica, identificaram “[...] concepções equivocadas a respeito da noção de evolução como processo causal, finalista e diretivo, bem como um processo progressivo que abarca o melhoramento e complexidade dos seres”. Desta forma, pode-se perceber que ainda há um longo caminho a se percorrer desde a formação de professores até sua atuação na escola básica, para que a compreensão dessa teoria ocorra de uma forma mais dinâmica, envolvendo os aspectos históricos que dão a dimensão da construção desse conhecimento como um todo.

Na unidade de sentido III - **A Evolução para entender que ocorrem mudanças nos organismos** - fica evidente que alguns professores ainda apresentam um discurso de que é necessário que os alunos entendam evolução para ter a compreensão de que os organismos se modificam ao longo do tempo e com o passar das gerações, como é possível perceber nas falas a seguir.

*“Eu acho, que vai depender muito da sua disciplina, por exemplo, existe uma disciplina que é realmente evolução e aí trata dos processos que permeiam a evolução, trata também do histórico da descoberta, de como que esse processo funciona, e tudo que está por trás de processos evolutivos, então várias vertentes, vários motivos, várias forças que existem na natureza que permeiam a evolução dos seres vivos. Eu nunca dei aula de evolução, propriamente dito, então, eu dou aula de grupo de invertebrados e a evolução está por trás de toda a formação desses grupo., e então, desde a formação histórica de como surgiram essas linhagens, a evolução, não só da existência desses grupos, mas as forças evolutivas que moldam o corpo desses animais, toda a fisiologia, toda a anatomia e todo esse aparato biológico, estrutural e comportamental desses animais. Está diretamente associado a funções desses animais no meio ambiente, então, como eles vivem, o que eles fazem, como eles se alimentam, como que é a reprodução desses animais. e então, hoje em dia, quando eu explico para um aluno como funciona o corpo de um animal e por que que ele tem aquelas estruturas, por que que ele é daquele jeito, eu tenho que deixar claro na cabeça do aluno que aquilo não surgiu do nada, que aquilo ali foi sendo formado por anos e anos de*

*evolução e que as entidades biológicas, conforme os animais vão reproduzindo, se multiplicando, e quando ele vai tendo eventos de extinção, entre outros exemplos naturais, aquela forma corporal vai sendo selecionada, pelo ambiente ou sexualmente, por escolha de parceiros e tudo mais. Então, pelo menos na minha disciplina ela é uma disciplina que às vezes é cansativa para alguns alunos que não gostam de zoologia, porque eu falo muito de partes anatômicas e de adaptação, mas eu deixo sempre claro que aquilo não está ali por acaso, que houve, ao longo dos anos, pressões evolutivas para aquilo existir.” (PE4)*

*“Nossa! Que pergunta mais complexa, né? Podemos pensar de diversas formas essa resposta, a principal é entender como que ocorre o processo de mudança até mesmo na constituição de espécies da terra, então uma coisa deveria ser uma das principais, o entendimento de que a terra toda, de que as coisas mudaram, as espécies se modificaram. Um exemplo clássico é o cavalo, pela indicação dos estudiosos de paleontologia, eles descrevem como indivíduos pequenos e hoje são enormes, então o que ocorreu para essa evolução do cavalo, modificar corporalmente, tamanho? Talvez como aparecer em algumas regiões diferenciadas da terra, ocorreu uma diferenciação corporal, fisiológica, genética. Então, a evolução, para mim, a grande importância seria compreender as diferenciações que vão ocorrendo nas espécies dentro da Terra em uma unidade temporal.” (PE5)*

Outra razão de entender a evolução biológica anunciada nos discursos dos professores é para que os acadêmicos compreendam que ocorrem mudanças nos organismos. Constatar e relatar que ocorrem constantes mudanças, tanto nos organismos quanto nos ambientes, foi um dos aspectos mais importantes da teoria de Charles Darwin e também nos escritos de Alfred Russel Wallace, visto que, até o momento da publicação de *On the origin of species by means of natural selection*, em 1859, o que se evidenciava era o fixismo que propunha que as espécies eram criadas tal como são, sem que ocorressem modificações, e essa era uma das concepções mais enraizadas do cristianismo; portanto, a concepção de mudança nas espécies foi um dos maiores paradigmas dentro da biologia.

Então, entender que as espécies se modificam é de suma importância para a compreensão da biologia em sua totalidade. Analisando os discursos desses docentes, remetemo-nos ao momento histórico da quebra de paradigma entre as concepções fixistas e a compreensão de que as espécies se modificam. Orlandi (2009, p. 30) destaca que “os sentidos não estão só nas palavras, nos textos, mas na relação com a exterioridade, nas condições em que eles são produzidos e que não dependem só das intenções dos sujeitos”.

As próximas unidades de sentido foram construídas mediante a proposição, aos professores universitários, de um questionamento em relação à evolução ser utilizada como um eixo integrador para os conhecimentos biológicos. Os discursos verbais e os extraverbais apresentados seguiram em quatro unidades de sentido, como foram organizadas as análises discursivas que se seguem.

Alguns professores pensam **A integração como interdisciplinaridade** (UNIDADE DE SENTIDO IV), existindo um equívoco de interpretação, assim como se observa no discurso a seguir:

*“Então, eu acho que, como eu já faço isso, faço tudo para integrar, comparo, relaciono, uso física, química, quando eu dou aula de fisiologia vegetal, eu relaciono física, química, e dentro da evolução também dá pra relacionar ecologia, biologia pura do ser. Eu acho que isso é intrínseco, o professor que não faz isso, eu acho que ele está de acordo, que deveria ter um professor da graduação, principalmente, e o professor da rede até pode fazer isso, várias ferramentas de como fazer com que essa integração exista depende de cada um. Tem gente que não quer fazer, então, não dá para você forçar a barra, porque às vezes o professor quer, mas não tem o feeling, ou seja, fazer caminhar junto com ele, dar dicas, por isso que eu falo: dar dicas, noções com barro, faço teste com eles, peço para eles colocarem na posição de professor já, como professor já fazendo miniseminários, de 10 a 15 minutos. e então, eu vou já fazendo coisas que facilitam essa integração dos conhecimentos, falo: Olha, não dá para trabalhar só essa disciplina, tem que saber as outras e relacionar. E também eu utilizo os diferentes veículos de comunicação: é o vídeo, o livro, o que mais? Tem dia que a gente faz lá uma aula campo, para ver se ele consegue entender essa ligação que tem que ter, não pode ficar só na aula que a gente utiliza ali.” (PE1)*

A interdisciplinaridade é de suma importância para a aprendizagem dos conhecimentos escolares de forma geral, mas o objetivo da questão não estava em buscar o entendimento desse quesito dentro do aspecto do ensino. O objetivo aqui consistia em perceber como os docentes do ensino superior discursavam sobre a necessidade de integrar os conhecimentos biológicos, visto que estes são apresentados de forma fragmentada, tanto nos cursos de Biologia quando na educação básica.

Logo, o que pode ter ocorrido seria uma falha de comunicação entre os locutores. Como pondera Orlandi (1994, p.52), “se pensarmos o discurso como efeito de sentidos entre os locutores, temos de pensar a linguagem de uma maneira muito particular: aquela que implica considerá-la necessariamente em relação à constituição dos sujeitos e a construção dos sentidos”.

**A Integração como forma de articular as ligações entre conteúdos biológicos** (UNIDADE DE SENTIDO V) é uma proposta que vem ganhando espaço na educação, de forma geral, visto que, ao haver essa articulação, os conhecimentos biológicos apresentariam sentido para o estudante. Alguns professores defenderam essa proposta, como exemplificamos discursos que se seguem:

*“Acho que é o que eu venho falando até agora, né? No curso, a gente trabalha inicialmente com mapas de conceitos estruturantes da biologia, tentando articular como eles se comunicam, aquilo que eles ... como é que um se relaciona com o outro, para dar margem de pensar o conhecimento biológico de forma integrada. Esse artigo que eu citei também, que o Charbel e o outro professor trazem, vai falar de alguns conceitos que estruturam a biologia, que é, por exemplo, o conceito de metabolismo, de célula, de herança biológica, não lembro certinho, mas tem a teoria celular, tem várias ideias que são chaves para*

*entender o conhecimento biológico. Então, eu acho que trabalhar com esses conhecimentos biológicos, um ligado ao outro de forma articulada, é promissor, não só nessa esfera, mas também na educação básica. Por exemplo, quando a gente vai olhar um ser vivo, às vezes a gente só fica ou no aspecto ecológico ou na expressão gênica, a gente precisa articular, como é a sobrevivência desse organismo no ambiente, internamente como se adequam as estruturas, como que aquilo tem um impacto no sistema... quer dizer, eu preciso olhar não só em um nível hierárquico, mas trabalhar de forma integrada os diferentes níveis hierárquicos porque se não vai parecer que tudo é expressão gênica ou tudo é ambiente, mas a gente tem uma articulação gênica, organismo nas suas relações e ambiente, e isso ocorre também quando a gente vai ensinar na educação básica. Por exemplo, uma aula, hoje eu vou falar de DNA, esquecer do ser vivo, você vai falar horas, e o aluno não sabe nem o que que é DNA, nem que todas as coisas têm DNA, por exemplo, eles ficam em alguma coisa etérea que não tem localização, então, tudo tem que estar articulado, no ser vivo, no sistema integrado.” (PE2)*

*“Eu acho que vai, mais ou menos, ao encontro do que estávamos falando no começo aqui da entrevista, né? Eu tenho a convicção de que a biologia evolutiva é a área integradora da biologia, isso não há dúvida, a famosa frase, eu não lembro de quem é, mas não é minha: “De que as coisas só fazem sentido sob o ponto de vista da evolução” Ela, apesar de ser manjada, é muito realista, então, é muito importante, muito importante os professores, tanto no nível superior quanto no nível básico, ensino médio, mudarem um pouco a forma como abordam os conteúdos em biologia e utilizar um pouco mais do arcabouço evolutivo, isso falta de fato, falta. Então, como isso pode ser feito, é um pouco mais complexo, mas, por exemplo, na minha área assim de especialidade que eu trabalho mais com sistemática, né? Com taxonomia, sistemática e diversidade, enfatizar a questão, por exemplo, da importância do entendimento de árvores filogenéticas, de parentesco evolutivo, de surgimento de estruturas, é bom que a gente fale do surgimento de estruturas para que os conceitos fiquem claros, porque ainda tem muita confusão de conceitos, eu não estou falando nem dos alunos, a confusão acontece por parte dos próprios docentes, dos professores, que não dominam com propriedade os conceitos. Por exemplo, de divergência evolutiva, convergência evolutiva, homologia, homoplasia, parentesco, relações filogenéticas. Quando a gente consegue ter um entendimento básico sobre essas coisas e aplica na nossa área, parece que dá uma clareada, assim, a gente deixa de ter dificuldade de entendimento de várias coisas. Então, uma estratégia é essa, por exemplo, enfatizar essa questão de que todos os seres em algum ponto são relacionados, as estruturas surgem, através desses processos evolutivos, basicamente o que a gente enxerga de mundo vivo é resultado do processo evolutivo e não necessariamente o processo evolutivo clássico, né? Que a gente estava falando, só a seleção natural, mas também, integrando esses outros conceitos mais modernos, então utilizar isso como arcabouço, uma maneira de ligação entre as diferentes áreas, eu acho que assim o cenário ideal, porque a gente tem muita dificuldade em aula, às vezes uma disciplina de biologia celular apresentou um determinado conceito e a gente retoma esse conceito, em botânica, por exemplo, e os alunos não conseguem fazer uma ligação, sabe? Porque ao meu ver falta eles entenderem de onde que veio aquilo, veio de onde, qual é a função, é resultado do quê, para a gente ter o habito, né, de estudar errado, de tentar decorar e decora a estrutura e não aprende a estrutura, não aprende para que ela serve, de onde que ela veio, se existem outros seres que têm estruturas parecidas, se as estruturas são análogas ou homólogas, enfim, falta esse arcabouço evolutivo, para a gente ter um entendimento melhor da biologia.” (PE3)*

*“Eu acho que isso é essencial, eu acho que eu até já disse em uma das primeiras perguntas, que, assim, que por trás de tudo o que a gente estuda nos animais, seja no comportamento, seja anatomia, seja fisiologia, às vezes bioquímica, tudo o que a gente vê nos seres vivos, aquilo existe por uma razão e elas são moldadas por processos evolutivos. Então, ele está por trás de tudo isso, se a evolução molda a vida e novas espécies, novas linhagens e assim por diante, ela molda tudo que está por trás de uma espécie, que a gente teve vários conceitos por trás disso. Então, eu acho que ela, sim, pode ser usada como um guarda-chuva que abriga todos os outros conceitos e a gente consegue fazer esse link. Eu tive uma experiência muito boa na minha graduação, com uma disciplina que se chamava anatomia comparada, que você usava de estudos de anatomia mesmo, mas com um foco evolutivo muito alto, assim, muito grande e aí, na minha graduação, essa disciplina fazia o link com muita coisa que a gente já tinha estudado em histologia, que a gente já tinha*

*estudado em fisiologia, a própria bioquímica, na disciplina de zoologia em si. Então, ela amarrava muito bem os conteúdos, assim, a gente tinha ela no final do curso, então, assim, era muito legal, foi muito bom, e, por trás dela, tinha todo o conceito evolutivo, então eu acho que é fundamental, eu acho que a evolução é um dos poucos temas que a gente consegue utilizar para amarrar essa fragmentação que a gente tem de conteúdos do curso.” (PE4)*

*“Eu tento fazer com que eles entendam que para você defender o parentesco entre os grupos, tanto a ancestralidade quanto quem é irmão de quem ali, você precisa definir parentesco, e para definir os caracteres podem ser relacionados comportamento, a fisiologia, a morfologia, ao material genético, DNA, RNA, essas coisas. Então, ao meu ver eu faço com que eles entendam que o mesmo comportamento, por exemplo, se você pegar por exemplo, o parentesco entre aves e crocodilos, por exemplo, eu posso trabalhar o ato de nidificar, a nidificação. Esses dois apresentam e tem uma ancestralidade comum, essa nidificação você vai ver lá com os primeiros arcossauros (os primeiros crocodilianos) lá atrás, os ancestrais. Então, vou trabalhando isso aí, porque eles nidificam de uma forma parecida mesmo sendo bichos tão diferentes, isso é uma característica que surgiu lá atrás e foi mantida, de certa forma com suas variáveis [...] é essa visão que eu tenho, afastar a ideia de que as coisas são simples, a biologia, eu falo para os meus alunos toda vez que eu vou encerrar a disciplina, a biologia é mais difícil que a engenharia, porque, assim, a engenharia você vai lá, mede a resistência disso ou daquilo, mede um ângulo reto, a biologia, se você ver mil fatores, vai faltar um milhão. Então, você nunca consegue aprender por inteiro nada, porque tem muitas coisas acontecendo que você não consegue medir e até mesmo em um experimento muito fechado, então, por isso que eu tento trabalhar evolução dessa forma, até onde dá, porque aqui na UEM o curso é muito antigo. Então, assim, tem mais de 40 anos, se eu não me engano, então, ainda as coisas estão bem atreladas àquela coisa de cada um ver seu grupo, compara e vai embora, tudo certo. Então, seria legal, e é bem isso aí que você falou, você tem que dar a noção para o aluno de que as coisas são complicadas, é complicado, só que dá para entender.” (PE6)*

*“Ah! Eu acho que todo mundo acaba integrando um pouco, sabe? Embora seja bem separado, eu acho que durante a minha graduação a gente teve esses conceitos de evolução, um pouco em cada disciplina, embora que quando chegava na disciplina de evolução mesmo, todo mundo ficava de cabelo em pé, porque é bem complexo. Então, é bem complicado, mas acho que se todos os professores trabalharem alguns conceitos básicos, quando chega nessa disciplina, que é tão complexa, fica mais fácil, e eu concordo com você, eu acho que a evolução é o eixo integrativo das disciplinas, todos acabam culminando para ela sabe.” (PE9)*

Esses professores têm seus discursos embasados em teorias que defendem a evolução como forma de integrar os conhecimentos biológicos, ponto que é defendido por autores como Dobzanski (1973) e Meyer e El-Hani (2005). O primeiro defendia, já na segunda metade do século XX, essa linha de pensamento, ainda dentro de um contexto de síntese moderna da evolução, e, na primeira década do século XXI, os dois outros autores apresentaram evidências que são importantes para a realização de uma releitura das teorias evolutivas na aproximação do conhecimento atual da área e que corroboram ainda mais a realização desse entendimento de forma integrada.

Desta forma, para realizar essa integração dos conhecimentos biológicos utilizando a evolução ainda se tem a necessidade de questionar e analisar, mas qual a teoria da evolução que seria utilizada para estabelecer essas ligações? As teorias

descritas e defendidas por Darwin e Wallace? A síntese moderna da teoria evolutiva? Ou seria necessário considerar, ainda, os conhecimentos mais recentes e utilizar o que vem sendo denominado de “síntese estendida da evolução”? Pensando em como trabalhar esses contextos na formação de professores, Cheschim, Oliveira e Carneiro (2016, p. 12) ressaltam que:

A formação de professores de Ciências e de Biologia (para nível de ensino básico e superior) e de pesquisadores exige a reflexão de que a evolução não pode associar-se a explicações provenientes de uma única sub-área biológica. Muitas variáveis biológicas e abióticas podem estar envolvidas na explicação de histórias evolutivas, o que notabiliza uma necessária integração de conceitos antigos e contemporâneos para a compreensão do processo evolutivo.

Mais uma vez, ao se analisar a fala dos professores, foi necessário recorrer à perspectiva histórica para dar sentido à interpretação a que esses discursos verbais foram submetidos. Conforme Orlandi (2009, p.47),

O sentido é assim uma relação determinada do sujeito – afetado pela língua – com a história. É o gesto de interpretação que realiza essa relação do sujeito com a língua, com a história, com os sentidos. Esta é a marca da subjetivação e, ao mesmo tempo, o traço da relação da língua com a exterioridade: não há discurso sem sujeito. E não há sujeito sem ideologia. Ideologia e inconsciente estão materialmente ligados.

**Como a evolução pode ser inserida de forma a integrar os conteúdos biológicos de forma prática nas universidades e na educação básica** constituiu a VI unidade de sentido. Nessa unidade, é possível perceber algumas alternativas, apresentadas pelos professores entrevistados, de como trabalhar em direção a uma integração dos conhecimentos biológicos.

*“Bom, eu sou um indivíduo que olho muito o currículo das outras universidades, eu gosto muito de olhar que disciplinas eles estão modificando, quando ocorrem as mudanças de curso, na estrutura curricular, principalmente os cursos de Biologia. Algumas universidades fizeram uma coisa que eu gostaria que isso acontecesse em todas as universidades, mas já teve a proposta na Unioeste e vai ser difícil isso acontecer, mas seria interessante, que era trabalhar as disciplinas de forma integrada, ou mesmo criar uma disciplina única ali com 240 a 250 horas em que os conteúdos fossem todos relacionados, ao mesmo tempo para o aluno, em vez de você ter seis disciplinas de 68 horas. Você ter uma disciplina de duzentas e poucas horas e o aluno sendo integrado a essa relação, exemplo, se você pensar a histologia, fisiologia e anatomia e a biologia celular de uma única forma, tudo junto, integrado, compreendendo essas relações entre o olhar do próprio organismo, porque aí você vai constituir o organismo como um todo e não por partes, porque o aluno depois vai ter que juntar essas partes, ele vai ter que integrar essas partes e eles não juntam. Igual botânica... por que precisa ter seis, cinco, quatro botânicas, dependendo do curso, tem uns cursos que têm seis botânicas, deveria ser uma botânica só, ou botânica 1, botânica 2, botânica 3, no 1º, 2º e 3º ano, e isso ser integrado a fisiologia, a sistemática, a diferenciação dos organismos, a morfologia, principalmente, né? Porque para ser independente, para entender as espécies, depende muito da morfologia, da*



*estrutura, do organismo. Então, eu acharia muito interessante se, ao invés de trabalhar com essas disciplinas, cada um pensando na sua caixinha, pensar junto, fazendo com que o aluno busque também essas leituras, de materiais, porque, querendo ou não, parece que ainda hoje fica tudo na dependência do professor, de passar o conteúdo na sala de aula e o aluno ir para casa e a cada três, quatro semanas, ele devolver em uma prova, porque, para mim, isso parece um colegiado que vai esse formato muito bem pensado sem uma preparação do aluno. Por que não no final de uma disciplina montar uma banca onde o aluno vai apresentar uma relação de contextos sobre o que ele entendeu da disciplina, ao invés de ficar corrigindo provas, demarcando certo ou errado e se o aluno realmente devolveu aquilo que o professor espera que ele devolva, o aluno na verdade fica elencado no decorar, decorar o conteúdo, se eu consigo decorar eu consigo trazer de volta para o professor. Eu nunca fui muito bom em decorar, então, eu sofria muito nas provas, eu sabia relacionar as coisas, discutir com o professor, mas na hora da prova eu me ferrava, vamos falar assim. Eles não conseguem permear essa integração, tem um problema aí, eu dou a disciplina de metodologia no terceiro ano e eu faço algumas perguntas de botânica, de fisiologia, porque eles tiveram as disciplinas, né, e não sabem, às vezes nem lembram do conteúdo. Eu falo: Mas o professor trabalhou isso com vocês, eu sei que ele trabalhou. Eu não vou fazer uma pergunta que eles não conheçam, e isso demonstra que não tem muito sentido a gente ficar batendo em cima dessa tecla disciplinar ainda, teria que realmente modificar, e aí, como eu estava falando sobre o currículo, sobre a mudança curricular, tem algumas universidades federais que colocaram o sistema de projetos dentro da estrutura curricular, tem uma disciplina que faz desenvolvimento de projetos integrados, projetos integradores e tem essas disciplinas discutidas cada uma de seu modo, mas daí essa disciplina integradora, nela, o aluno tem que trazer algo ou o projeto que ele queira trabalhar, ou uma pesquisa que ele tenha feito, para integrar esses conteúdos que estão sendo trabalhados nas disciplinas, se isso for dar resultado, já tem turmas colando grau dessa forma, uma universidade que estava fazendo muito isso é a de Realeza, que é onde a Bárbara trabalha. e então, eu nunca discuti isso com a Bárbara ainda, eu gostaria de chamar ela para fazer um trabalho, inclusive, eu ia perguntar para ela, mas como ela estava afastada para o doutorado, aí ela voltou o ano passado, esse ano ela vai poder., Não sei se respondi a questão, mas é extremamente necessário, e o interessante é que quando a gente vai fazer essas discussões com universitários, os professores que se dizem das linhas puras da ciência, eles falam assim: Não, isso aí tem que ser com o pessoal da educação, o pessoal do ensino, e normalmente quando se toca nesse ponto se esvaziam as reuniões.” (PE5)*

*“No meu ponto de vista, um enfoque evolutivo, uma abordagem evolutiva, ela permite que todos os conhecimentos, ou a grande maioria dos conhecimentos biológicos, possam ser trabalhados, abordados em sala de aula. Então, muitas vezes, é uma coisa muito simples que falta para o aluno perceber, que aquilo que ele está aprendendo é evolução. Então, o simples fato de ele aprender que existem células procarióticas, ou seja, células mais simples, e que existem células eucarióticas, células mais complexas, o simples fato de ele aprender isso, isso é opção do nosso ponto de vista. Porém, da forma com que é trabalhada com esse aluno, ele não consegue perceber a evolução por trás disso, que existiam células mais simples, e que essas células foram se aperfeiçoando, elas foram evoluindo. Então, a forma com que é trabalhado hoje não permite que o aluno perceba as nuances evolutivas, perceba a evolução acontecendo, se o professor consegue mostrar essas relações, e consegue mostrar que isso é evolução, o aluno vai entender de uma forma totalmente diferente, ele vai ter uma visão completamente diferente daquela que ele tem conhecimento. Então, um exemplo lá da minha pesquisa, os alunos trabalharam os conhecimentos da teoria da endossimbiose, a teoria da endossimbiose em si é a evolução acontecendo, das células primordiais primitivas, foi acontecendo uma série de adaptações, de mudanças nessas células, que foram permitindo que elas evoluíssem e chegassem ao que nós temos hoje. Daí, ao final dessa explicação, os meus alunos falavam assim: Olha, isso é evolução! Então, sair de um estágio e chegar a outro estágio, mas vejam que não há uma linha de progresso, que ainda hoje existem tanto as células mais primitivas, que são as procarióticas, como também existem ... então, ambas estão adaptadas a esse meio. Então, o simples fato de mostrar todo esse caminho, e falar: Olha, isso é evolução, e onde essa evolução se aplica no nosso dia-a-dia? Por exemplo, as células procarióticas, como elas se reproduzem, ah, elas se reproduzem por divisão simples, então, por exemplo, uma bactéria,*

*é muito mais fácil eu eliminar essa bactéria em um hospedeiro, porque não há troca de material genético, não há uma variabilidade, ela se divide de uma forma simples. Já, quando é um ser vivo que troca o material genético, uma outra espécie de bactéria que corre e troca material genético, essa bactéria, vai ser muito mais difícil de eu acabar com essa doença, de eu matar todos os exemplares dessa bactéria em um hospedeiro. Então, isso é evolução, o simples fato de eu falar que isso é evolução, já faz com que o aluno encare esse conhecimento de uma forma diferente, ele vai pensar assim: Nossa! Olha, a evolução está acontecendo, ela não é algo que já foi, que já acabou, que não ocorre mais. Então, é nesse sentido que eu vejo a importância de ensinar evolução, de ensinar biologia nesse enfoque, isso é possível, é o que a gente tem hoje, o que acontece hoje, porque hoje a gente não entende a evolução, a gente tem um negacionismo muito grande, porque não entende essas nuances, não entende, não tem esse olhar para a biologia. Então, olhar a biologia e entender que os seres só são isso que são hoje, graças ao processo evolutivo, nós só temos hoje espécies tão bem adaptadas ao meio e as outras espécies, graças ao processo evolutivo, então eu acho que esse é o ponto chave do ensino de biologia hoje. Quando a gente conseguir fazer, quando a gente conseguir trabalhar nesse formato, dessa forma, eu acho que vai ser um ganho muito grande para os nossos alunos, para a educação básica, o ensino médio, principalmente.” (PE8)*

Fica evidente, na análise do discurso do professor PE5, que ele defende que, para que os conteúdos biológicos sejam trabalhados de forma integrada, a evolução pode ser um caminho; mas, para que isso aconteça na prática é necessária uma mudança nas estruturas curriculares dos cursos de Ciências Biológicas. Já o professor PE8 defende que é possível utilizar a evolução como forma de estabelecer uma integração dos conhecimentos biológicos, e aponta caminhos de como isso pode acontecer dentro do contexto de sala de aula.

Esses dois professores apresentam perspectivas diferentes de como essa integração pode ocorrer, um considerando aspectos da formação de professores e o outro, a perspectiva do trabalho docente em sala de aula da graduação. Os discursos apresentados por eles apontam para a longa discussão, por pensadores, de como realizar o ensino de biologia de forma mais eficiente, como é possível observar nos relatos de Tidon e Vieira (2009, p. 2):

Diversos profissionais e associações, no mundo todo, se preocupam com a qualidade do ensino da evolução biológica. No Brasil, esse assunto é objeto de reflexão do governo, de diversos tipos de associações, e de educadores. Os Parâmetros Curriculares Nacionais recomendam que todas as ciências biológicas sejam conectadas transversalmente por um eixo ecológico-evolutivo. Os Programas Nacionais do Livro Didático têm proporcionado uma melhoria significativa na qualidade dessas obras, aprimorando a correção conceitual e metodológica em várias disciplinas, inclusive a evolução biológica. Sociedades científicas e não científicas têm se manifestado através da imprensa e, principalmente, da internet, onde há vários sites com materiais e informações sobre evolução biológica. A continuidade desses investimentos é essencial para ajudar os professores a utilizar corretamente a teoria evolutiva como eixo

transversal do processo de ensino-aprendizagem das ciências biológicas, conforme recomendado.

Assim, pensar nos discursos apresentados por esses docentes remete-nos a variadas redes de memórias do que já vem sendo discutido em diferentes ambientes do meio educacional. Como enfatiza Gregolin (2001, p. 71): “As redes de memória, sob diferentes regimes de materialidade, possibilitam o retorno de temas e figuras do passado”, ou seja, os discursos materializam-se em redes de conexões, e ainda “Por estarem inseridos em diálogos interdiscursivos, os enunciados não são transparentemente legíveis, são atravessados de falas que vêm de seu exterior – a sua emergência no discurso vem clivada de pegadas de outros discursos”. É o que se observa ao analisar os discursos de PE5 e PE8.

**Na unidade de sentido - A evolução como forma de integrar os conhecimentos, recorrendo a conceitos da síntese estendida da evolução”** (Unidade VII), é apresentado o discurso que utiliza conhecimentos recentes para justificar a integração dos conhecimentos biológicos mediante a teoria da evolução.

*“Então, agora eu vou recorrer a Evo-Devo, que é aquela questão, que é o organismo, ele tem que olhar pra tudo isso, eu acho que assim que você tenta integrar em termos gerais o organismo, ele tem as suas características internas. E aí eu estou dizendo, da genética, da epigenética, das questões reprodutivas, porque faz com que ele passe isso pra frente, ele transmita as suas características, e daí esse organismo ele está sempre dentro de um ambiente que é complexo e aí ele se desenvolve, ele precisa se alimentar, ele se reproduz, ele cria essa reprodução que são seus filhotes, enfim, sobreviver, atacar, se defender. Eu penso que, então, você traz o desenvolvimento, você traz a genética, você traz o ambiente, você traz a sobrevivência, você traz a reprodução, que estão dentro da teoria, você está tirando da teoria, quando eu falo em reprodução, em desenvolvimento, em genética. Porque às vezes eu percebo, então, você vai ensinar célula, aí você fica, na célula, no microscópio, não consegue destrinchar isso, ir para o macro e voltar para o micro, ou o contrário também, às vezes você está no macro, e não consegue voltar para o micro. e então, eu acho que nesse movimento que faz integrar e não é fácil, porque você precisa ter muita segurança do conteúdo, que você está trabalhando, muito estudo, visão e segurança, dos teus exemplos, buscar exemplos, buscar literatura, ter domínio desse conteúdo biológico que é amplo, porque se você não olhar o todo, vai ser muito mais difícil, porque é muito fácil, eu penso, você escolher algo e se aprofundar, eu acho bacana, mas a gente não pode perder a visão do todo.” (PE7)*

A necessidade da extensão da síntese evolutiva é uma realidade defendida por diversos pesquisadores, como Gould (2002), Carrol (2008) e Pigliucci e Muller (2010). Entretanto, ainda são poucos os professores universitários que possuem essa atualização e estabelecem conexões com os conteúdos biológicos de forma geral. Mas, como é possível se observar no discurso de PE7, alguns professores já utilizam esses conhecimentos em sala de aula, e isso faz com que uma releitura dos conhecimentos

evolutivos seja realizada, e, ainda, que os conteúdos biológicos sejam compreendidos de forma integrada sob a ótica das teorias evolucionistas.

Concebendo as teorias evolutivas como parte indispensável de uma ideologia biológica, não há como separar o discurso apresentado pelo sujeito em sua constituição da ideologia biológica na qual o mesmo está se constituindo. Desta forma, Orlandi (1994, p. 55) explica: “É no discurso que se pode aprender a relação entre linguagem e ideologia tendo a noção de sujeito como mediadora: não há discurso sem sujeito nem sujeito sem ideologia. O efeito ideológico é elementar, é o que institui o sujeito (sempre já-lá)”. Portanto, não há como separar o discurso ideológico, que, nesse caso, é referente aos conhecimentos sobre a teoria evolutiva, e as constantes observações de que essa teoria seria o “elo” de ligação entre os conhecimentos biológicos e a formação discursiva dos docentes que foram entrevistados para o desenvolvimento desta pesquisa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste artigo, destacaram-se os discursos apresentados por docentes universitários em relação a dois questionamentos: primeiramente, sobre o objetivo de se trabalhar “evolução”, e, posteriormente, sobre a necessidade de integrar os conhecimentos biológicos. Com a análise, ficou evidente que houve a apresentação de diversos discursos verbais, os quais foram lidos e relidos para realizar uma interpretação e unificação em unidades de sentidos que englobassem formas diferentes de perceber essas indagações e respondê-las.

A separação em unidades de sentido possibilitou uma análise mais minuciosa dos discursos; com isso, foi possível perceber que mesmo na formação de professores ainda é necessário que os conhecimentos biológicos sejam reformulados e repensados, para que a compreensão dos conhecimentos biológicos ocorra de forma integrada, abarcando o máximo possível de sua totalidade. Para tanto, são necessários momentos de formação permanente, que possibilitem aos docentes universitários reconstruírem e relacionarem os conhecimentos epistemológicos referentes à biologia evolutiva numa perspectiva de integração conceitual tanto do conhecimento biológico como didático-metodológico a fim de subsidiar sua prática docente enquanto formadores de professores.

## **REFERÊNCIAS**

BITTENCOURT-DOS-SANTOS, Wellington; EL-HANI, Charbel N. A abordagem do pluralismo de processos e da Evo-Devo 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.

CASSIANI, Suzani; LINSINGEN, Irlan; GIRALDI, Patricia Montanari. Histórias de leituras: produzindo sentidos sobre ciência e tecnologia. **Pro-Posições**, v. 22, n. 1, p. 59-70, 2011.

CACHAPUZ, António et al. A necessária renovação do ensino das ciências. 2005.

CARROLL, Sean B. Evo-devo and an expanding evolutionary synthesis: a genetic theory of morphological evolution. **Cell**, v. 134, n. 1, p. 25-36, 2008.

DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. Editora Companhia das Letras, 2013.

DAWKINS, Richard. **A grande história da evolução: na trilha de nossos ancestrais**. 2009.

DALAPICOLLA, Jeronymo; SILVA, Victor de Almeida; GARCIA, Junia Freguglia Machado. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 1, p. 150-173, 2015.

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.

DARWIN, Charles. **On the origin of species by means of natural selection**. John Murray, London, 1859.

FUTUYMA, Douglas Joel. **Biologia evolutiva**. 3. ed. Trad. Cláudio Ângelo. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2009.

GATTI, Bernardete A. et al. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GOEDERT, Lidiane; DELIZOICOV, Nadir Castilho; ROSA, Vivian Leyser. A formação de professores de Biologia e a prática docente: o ensino de evolução. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Bauru-SP: ABRAPEC, 2003.

GOULD, Stephen Jay. **The structure of evolutionary theory**. Harvard University Press, 2002.

KRASILCHIK, Myrian. Biologia–ensino prático. In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAUJO, Elaine Sandra Nicolini Nabuco de. **Introdução à didática da biologia**. Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 2009.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Nino. **Evolução: o sentido da biologia**. Unesp, 2005.

MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única**. Editora Companhia das Letras, 2005.

MAYR, Ernst. **O que é a evolução**. Rocco, 2009.

ORLANDI, Eni P. Análise de discurso: princípios e procedimentos/Eni P. **Orlandi–8ª Edição, Campinas, SP: Pontes**, 2009.

ORLANDI, Eni. P. Discurso, imaginário social e conhecimento. Em aberto. **Brasília, ano**, v. 14, 1994.

OLIVEIRA, Thais Benetti; BRANDO, Fernanda da Rocha; KOHLSDORF, Tiana; CALDEIA, Ana Maria de Andrade. 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.

GREGOLIN, Maria do Rosário Valencise. Sentido, Sujeito e Memória: Com o que sonha nossa vã autoria? In: GREGOLIN, Maria do Rosário Valencise; BARONAS, Roberto (Org). **Análise do Discurso: as materialidades do sentido**. São Carlos-SP: Claraluz, 2001.

LÉON, Jacqueline; PÊCHEUX, Michel. A Análise sintática e Paráfrase Discursiva. In: PÊCHEUX, Michel. Análise de Discurso: Michel Pêcheux. **Textos selecionados: Eni Puccinelli Orlandi**, v. 3, 2011.

PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. Evolution—the extended synthesis. Cambridge: Editora Mit Press 2010.

RIDLEY, Mark. Evolução. 3ª ed. Trad. Henrique Ferreira, Luciane Passaglia e Rivo Fiescher. **Porto Alegre: Artmed**, 2006.

SILVA, M. G. B.; SILVA, Rejane Maria Lira; TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini. A evolução biológica na formação de professores de Biologia. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2011.

VIEIRA, A. M. D. P.; GOMIDE, Ângela Galizzi Vieira. História da formação de professores no Brasil: o primado das influências externas. **Paraná: EDUCERE**, 2008.

## **Artigo 5: Evolução biológica síntese moderna e síntese estendida: as construções discursivas apresentadas por professores do ensino superior**

Aline Alves da Silva  
Lourdes Aparecida Della Justina  
Maria Júlia Corazza

**Resumo:** Esse artigo tem por objetivo analisar os discursos apresentados pelos docentes de cursos de Ciências Biológicas quanto à temática “evolução biológica” e suas modificações ao longo do tempo, até chegar à atualidade, em que se discute a necessidade de uma extensão para essa teoria. Nesse sentido, utilizou-se a fundamentação teórica da teoria da Análise do Discurso francesa para analisar as construções discursivas apresentadas por professores universitários que trabalham em cursos de Biologia de duas universidades estaduais paranaenses, quanto à temática da síntese estendida para a teoria evolutiva. Com as análises, evidenciou-se uma necessidade de maior discussão sobre essa temática entre os professores, visto que a evolução biológica é considerada por muitos estudiosos como o eixo integrador das Ciências Biológicas.

### **Introdução**

A evolução biológica é considerada um eixo integrador por diversos pesquisadores do ensino de Biologia (MAYR, 2005; MEYER, EL-HANI, 2005; SCHEIFELE, 2020). Desta forma, precisa ser discutida em seus mais diferentes aspectos, tais como: históricos, epistemológicos e atuais. No ensino, a ideia de eixo integrador estende-se para os conteúdos biológicos provenientes das distintas áreas que estudam os seres vivos.

Nas primeiras décadas do século XX, a teoria da evolução, tal como descrita por Darwin e Wallace, poderia integrar as ciências naturais, tais como a zoologia, a botânica, a geologia, dentre outros, e isso se estendeu até o início da década de 1940. Após esse período, com o advento da síntese moderna, os processos evolutivos passaram a integrar, também, conhecimentos da genética, colocando as mutações como fonte de variação, e a seleção natural como principal causa da evolução.

No momento histórico atual, as mutações deixam de ser a principal fonte da variação, e a seleção não é mais considerada como a principal causa da evolução, a ponto de Jablonka e Lamb (2010) considerarem quatro sistemas de herança: transmissão pelos genes, mediante a tradução do código genético; transmissão de informação pelas células, sem envolver o código de bases do DNA (epigenética); transmissão comportamental de informações, e, exclusivamente humana, transmissão simbólica, pela linguagem.

Esses conhecimentos e suas inter-relações, apesar de já existirem pesquisas, algumas como a epigenética, ainda não eram consolidados durante a construção da síntese moderna. Desta forma, não integraram a teoria neodarwinista e, atualmente, encontram-se no cerne dos discursos referentes à necessidade da extensão da síntese da teoria evolutiva.

Portanto, é necessário que essas discussões sejam apresentadas aos professores e futuros professores, uma vez que auxiliam na compreensão da biologia em toda a sua complexidade, e não em partes ou de forma compartimentalizada. Pensando que os licenciandos estarão aptos a trabalhar os conhecimentos biológicos na educação básica, posteriormente à sua formação inicial, torna-se importante que estes entendam como a ciência se constrói, considerando a história e epistemologia do conhecimento científico, como ele é compreendido pelos especialistas da área, e quais as discussões acerca da temática estão em vigor na atualidade, ou seja, quais conhecimentos são considerados de fronteira.

Ao refletir sobre esses pontos, deve-se considerar que o conhecimento, para chegar à sala de aula, tanto da escola básica quanto na academia, precisa passar pelo processo de transposição didática. Segundo Chevallard (1991, p.39), “Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino”; esse processo é realizado em parte pelo professor. Senna, Cheschim e Ganiko-Dutra (2020, p. 259) alertam que “[...] conceitos não podem ser aprendidos de modo isolado e fragmentado, como se o conhecimento fosse apenas um glossário ou uma enciclopédia com termos seguidos de definições”. Torna-se, portanto, importante pesquisar o que professores formadores dos futuros profissionais conhecem e como concebem a evolução biológica, uma vez que esse conhecimento pode integrar os conteúdos oriundos das diversas áreas da biologia (SCHEIFELE, 2020). Nessa perspectiva, é também necessário analisar os discursos de formadores em relação aos conhecimentos que desafiam a teoria da síntese moderna e levam à proposição de uma nova síntese ou a uma extensão da síntese.

Portanto, no próximo tópico será apresentado o momento de reflexão que vem ocorrendo em parte da comunidade científica, ao se confrontar com os resultados de pesquisas que evidenciam as interferências que ocorrem no processo evolutivo. Nessas evidências, destacam-se a ocorrência de uma coevolução entre os organismos em sua



complexidade, e o ambiente sendo moldado e ao mesmo tempo moldando o caminho a ser percorrido nesses processos.

### **Do determinismo genético à proposição da extensão para a teoria evolutiva**

É um momento raro e maravilhoso quando o sucesso nos ensina humildade, e esse, afirmo, é precisamente o momento no qual nos encontramos ao final do século vinte. Na verdade, de todos os benefícios com que a pesquisa genômica nos brindou, essa humildade, em última análise, pode ser a sua melhor contribuição. Por quase cinquenta anos, nos embalamos com a crença de que ao descobrir a base molecular da informação genética, estaríamos encontrando o “segredo da vida”; estávamos confiantes de que se pudéssemos apenas decodificar a sequência de nucleotídeos do DNA, poderíamos compreender o “programa” que torna o organismo o que ele é. E nos surpreendíamos por a resposta parecer tão simples. Mas agora no apelo por uma genômica funcional, podemos ler pelo menos um reconhecimento tácito de quão grande é o abismo entre “informação” genética e significado biológico (KELLER, 2002, p. 19).

Essa discussão inicia-se com essa citação do trabalho de Keller, justamente pelo impacto que foi essa realidade na compreensão das ciências biológicas. A partir dessa constatação, fica evidente a necessidade de se ampliar a compreensão de como são formadas as variações fenotípicas e onde atuam os processos de evolução, tais como os aclamados pela síntese moderna da evolução biológica, visto que a mudança gradual, a mutação, os processos de crossing over, a adaptação, não são suficientes para explicar a infinidade de variação biológica existente.

Assim, também não se pode reduzir o indivíduo à mera expressão do código presente no seu DNA, como aconteceu após a divulgação do modelo para essa molécula. Lewontin (2000) ressalta que, por um bom tempo, acreditou-se que tudo o que somos, nossa saúde, nossa miséria e nossa riqueza, e toda a estrutura social na qual nos encontramos, é resultante do nosso código genético. O autor usa uma frase de Richard Dawkins para exemplificar essa genética determinista, a qual salienta que somos robôs desajeitados com corpo e mente criados pelo nosso DNA, mas contrapõe-se dizendo que isso é uma ideologia biológica reducionista.

Atualmente, existem inúmeras evidências de que essa determinação genética está equivocada, uma vez que pesquisas relacionadas à epigenética, à plasticidade fenotípica, à construção de nicho e ao desenvolvimento biológico desvelam, cada vez mais, como ocorre a formação das variações fenotípicas existentes. Desta forma, será

apresentada uma breve síntese de cada uma dessas ideias de fronteira e suas interferências na teoria evolutiva.

**Epigenética** - desenvolve o conhecimento de como o ambiente interfere na expressão fenotípica, com possibilidade de essa interferência ser herdada pelas futuras gerações. Isso ocorre por meio de metilações da molécula de DNA que silenciam a expressão gênica; mediante a compactação do material genético por meio do envolvimento de proteínas chamadas histonas, de modo que, conforme o nível dessa compactação, o material pode ficar inacessível para a ocorrência de transcrições, além de outros processos moleculares que são moldados mediante interferência do ambiente, e que podem levar o processo evolutivo para um ou outro caminho.

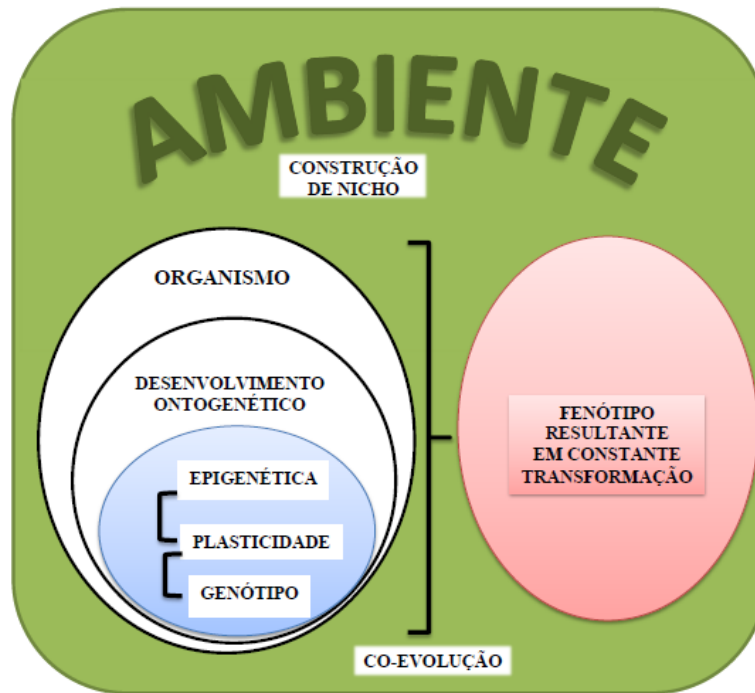
**Plasticidade fenotípica** – é a capacidade de um mesmo genótipo expressar diferentes fenótipos quando exposto a condições ambientais variadas. Desta forma, pode formar uma variedade fenotípica muito grande, pois o ambiente pode direcionar a expressão, respondendo a vários fatores, tanto externos quanto internos ao organismo.

**Nicho construído** – baseia-se na compreensão de que os organismos coevoluem juntamente com o ambiente onde estão inseridos, pois, ao modificar o ambiente, promovem pressões seletivas diferentes, tanto para sua espécie quanto para outras. Ainda, entende que essas modificações são deixadas como herança ecológica para seus descendentes.

**Desenvolvimento biológico** – é pautado na observação das vias do desenvolvimento ontogenético dos organismos, e compreende que são várias as interferências, tanto internas quanto externas, que podem direcionar a formação fenotípica dos indivíduos, interferindo, assim, na variação fenotípica existente.

As interações que ocorrem entre os processos supracitados foram organizadas em um esquema na figura 1, para facilitar o entendimento dessas interações e correlações que ocorrem para formar o fenótipo do indivíduo.

**Figura 1:** Modelo explicativo com esquema das interações que ocorrem e resultam em um fenótipo que passa por transformações ao longo de sua existência.



**Fonte:** Construção das autoras.

Este modelo esquemático busca explicar como as interações entre o meio ambiente e organismo afetam no desenvolvimento biológico dos indivíduos. E ainda, demonstra-se que existe a coevolução entre ambiente e organismo, e essas interações forma um fenótipo resultante que nunca está acabado, pois é constantemente moldado pelo ambiente, ao mesmo tempo que também interfere nesse meio. O organismo retratado neste modelo contem suas partes de desenvolvimento ontogenético integradas em um todo, sendo destacadas as interferências que ocorrem especificamente no genótipo (no círculo azul), as quais consistem nas regulações epigenéticas e na capacidade plástica do genótipo ou do fenótipo frente às condições de ambiente a que é exposto.

Ainda é possível observar, no modelo explicativo apresentado, que é necessária uma rede de interações e informações para formar um organismo. Portanto, somente decodificar o código genético não basta; é preciso compreender como ocorrem os processos de construção fenotípica, os quais dão origem a uma variação infinita, na qual atuam os processos de seleção natural, de deriva gênica, de isolamento geográfico e de evolução entre organismo e ambiente, possibilitando, assim, que a evolução biológica aconteça.

Devido ao desenvolvimento dessas pesquisas e à divulgação de novas explicações para fenômenos biológicos, em especial na última década do século XX e

nas duas primeiras décadas do século XXI, período no qual se intensificou a dedicação de diversos pesquisadores a esses estudos, essas discussões intensificaram-se. Atualmente, vários integrantes da comunidade científica, como Jablonka e Lamb (2010), Pigliucci e Muller (2010) Laland et al. (2015), entre outros, ressaltam a necessidade de uma releitura e da reestruturação da síntese moderna da teoria evolutiva.

Diante do exposto, a abordagem desse conhecimento de fronteira relacionado à teoria da evolução precisa estar presente nos cursos de Ciências Biológicas - Licenciatura, pois essas pesquisas envolvendo a plasticidade fenotípica, o desenvolvimento biológico, a epigenética e o nicho construído já são consolidados dentro dos conhecimentos biológicos; o que se discute é o seu papel nos processos evolutivos. Como a teoria da evolução é considerada, por muitos estudiosos, como o eixo integrador das Ciências Biológicas, e sem ela não é possível compreender a biologia em sua totalidade, é necessário que os futuros professores, além de terem ciência dessas discussões que vêm interferindo na compreensão de como a evolução acontece, compreendam a imprescindível e necessária atualização de seu trabalho como docentes formadores de professores de Biologia.

### **Como o conhecimento em evolução biológica interfere no ensino de biologia**

Gatti (2010) destaca que não se deve responsabilizar exclusivamente o professor quanto ao desempenho escolar, uma vez que são múltiplos os fatores que implicam na formação do cidadão. Dentre eles, destacam-se: as políticas educacionais postas em ação, o financiamento da educação básica, aspectos históricos e culturais da sociedade em questão, hábitos estruturados.

Portanto, são amplos os aspectos a serem considerados ao se voltar o olhar para a educação básica, mas a formação de professores tem um importante papel nesse quesito. Porém, como mencionado anteriormente, a cultura na qual professores e alunos estão inseridos também influencia na aprendizagem dos conteúdos e essa é uma questão a ser considerada, quando se reforça que a teoria evolutiva é considerada o “elo” capaz de interligar todos os conhecimentos biológicos. O Brasil, por exemplo, tem uma cultura essencialmente cristã, a qual em geral, considera a evolução biológica como uma blasfêmia às escrituras sagradas.

Desta forma, muitos estudantes e professores, ao se depararem com os conhecimentos biológicos que envolvem a teoria evolutiva, apresentam certa resistência

em compreendê-los devido à cultura religiosa e social na qual estão inseridos. Isso pressupõe contraposição entre ciência e religião, quando estas deveriam ser concebidas como faces diferentes da cultura humana. Tal perspectiva pode contribuir para a inclusão da ciência como parte da cultura das pessoas em geral. Motta (2013, p. 57), ao analisar trabalhos que contrapõem evolução biológica e religião, conclui que “[...] a religião e os discursos criacionistas foram apontados como itens que parecem influenciar o processo de ensino-aprendizagem, a compreensão e aceitação da teoria da evolução biológica”.

Sobre isso, é preciso reconhecer que apesar de esse tema ser amplamente difundido na comunidade científica, existe dificuldade de compreensão pelos professores da educação básica, e isso é reflexo tanto das contradições culturais e religiosas quanto da formação deficitária de professores e de futuros profissionais da educação. Nobre, Soares e Farias (2017) apontam sobre os equívocos identificados nas interpretações, tanto de alunos quanto de professores, referentes a essa temática. Entre os mais comuns, estão a compreensão dos processos evolutivos como algo que acontece progressivamente e de que as alterações ocorrem sempre em direção ao “melhor”. Ainda, existe o fato de que, apesar de essa teoria fundamentar-se em princípios já bem estabelecidos, ela encontra-se em constante mudança, havendo adaptações ao desenvolvimento dos conhecimentos biológicos.

Ao pensar a construção de sentidos produzidos nos discursos dos professores, cabe ressaltar que, conforme Orlandi (2009, p. 47),

O sentido é assim uma relação determinada do sujeito – afetada pela língua – com a história. É o gesto de interpretação que realiza essa relação do sujeito com a língua, com a história, com os sentidos. Está é a marca da subjetivação e, ao mesmo tempo, o traço da relação da língua com a exterioridade: não há discurso sem sujeito. E não há sujeito sem ideologia. Ideologia e inconsciente estão materialmente ligados.

Dalpicolla, Silva e Garcia (2015), ao analisarem os capítulos destinados ao filo dos cordados em três coleções de livros didáticos quanto à utilização da teoria evolutiva como eixo integrador, chegam à conclusão de que os livros utilizam a evolução basicamente de forma descritiva entre os vários conteúdos, a qual não pode ser considerada como forma integradora desses conhecimentos. Além disso, de acordo com os autores, os livros apresentam termos carregados de sentidos e historicidade, os quais, provavelmente, os alunos não estão aptos a compreender sem mediação e transposição

didática adequadas, as quais, nesse caso, ficam inteiramente sob a responsabilidade do professor.

Assim, torna-se evidente o papel do professor no ensino dos conteúdos biológicos, ficando, muitas vezes, sob sua responsabilidade a forma de como organizar e conduzir o processo de ensino-aprendizagem. Pensando nisso, a formação desses profissionais deve possibilitar a compreensão da biologia em toda a sua complexidade, preparando os professores para a construção de um conhecimento sistêmico, articulado pela evolução, de modo a evitar a fragmentação de conteúdos. Para isso, o processo formativo necessita contemplar aspectos históricos, filosóficos e socioculturais do conhecimento, permitindo-lhes conhecer a ciência e sobre a ciência, ou seja, sua natureza (CACHAPUZ, et al., 2005.)

Portanto, esse artigo buscou evidenciar como discursam os professores formadores de professores quanto aos amplos aspectos da teoria evolutiva. Ainda, como esses percebem as constantes mudanças que vem ocorrendo na compreensão geral dessa teoria frente ao desenvolvimento de pesquisas que mostram a necessidade de uma possível reconfiguração da mesma.

### **Percurso metodológico**

Esta pesquisa é de cunho qualitativo, baseada na teoria de análise do discurso. Para a obtenção das construções discursivas foi utilizado o método de entrevista semiestruturada, realizada com nove professores universitários docentes em cursos de Ciências Biológicas de universidades paranaenses.

Os sujeitos participantes da pesquisa foram codificados de P1 a P9, com o intuito de manter o anonimato dos mesmos. Como mostra o quadro 1, ao participantes podem ser caracterizados pela sua formação acadêmica e atuação profissional.

**Quadro 1:** Caracterização dos sujeitos participantes da pesquisa

<b>Sujeito</b>	<b>Formação</b>	<b>Disciplinas que Ministra/Ministrou</b>
<b>P1</b>	Licenciatura em Ciências Biológicas; Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica); Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica).	Fisiologia Vegetal, Anatomia Vegetal, Morfologia Vegetal, Sistemática Vegetal, Estágio Supervisionado, Metodologia de Ensino.
<b>P2</b>	Bacharelado em Ciências Biológicas Mestrado em Educação para a Ciência Doutorado em Educação para a Ciência	Metodologia do Ensino de Biologia, Coordenação de Estágio Supervisionado em Ciências, Orientações em Estágios de Ciências, Coordenação de Estágio Supervisionado em Biologia, História e Filosofia da Ciência, Orientações de Estágio de Biologia, Teoria e Prática de Ensino.

<b>P3</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Botânica Doutorado em Botânica	Micologia, Anatomia e Morfologia Vegetal, Organização dos Seres Vivos, Ficologia.
<b>P4</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ciências Biológicas Doutorado em Ecologia e Evolução da Biodiversidade	Invertebrados, Zoologia Geral.
<b>P5</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Celular) Doutorado em Educação para o Ensino de Ciências e a Matemática	Biologia Celular, Histologia, Embriologia, Estágio Supervisionado, Fisiologia Humana, Metodologia da Pesquisa, Metodologia do Ensino de Ciências, Estágio Supervisionado em Ciências e Biologia.
<b>P6</b>	Graduação em Ciências Biológicas Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais; Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais	Zoologia de Heterotróficos, Zoologia de Invertebrados II, Zoologia dos Cordados.
<b>P7</b>	Graduação em Pedagogia Especialização e Metodologia do Ensino Superior Mestrado em Hidráulica e Saneamento Doutorado em Educação Para a Ciências.	Estágio Supervisionado para a Docência em Biologia.
<b>P8</b>	Graduação em Ciências Biológicas Licenciatura; Mestrado em Educação; Doutorado em Educação em Ciências e Matemática	Estágio Supervisionado em Ciências, Estágio Supervisionado em Biologia, Didática e Instrumentação para o Ensino de Ciências, Educação Ambiental, Métodos e Técnicas para a Pesquisa Biológica, Teoria e Prática de Ensino de Ciências e Biologia I e II, Didática e Instrumentação para o Ensino de Biologia, História e Filosofia da Ciência.
<b>P9</b>	Graduação em Ciências Biológicas; Mestrado em Genética e Biologia Molecular; Doutorado em Ciências Biológicas.	Biologia Celular e Molecular, Genética.

Neste artigo, realizou-se a análise das construções discursivas apresentadas por esses docentes, quando expostos aos questionamentos presentes no quadro 2.

**Quadro 2:** questões da entrevista

**Questões da entrevista**

- 1) Quanto às novas pesquisas relacionadas à evolução, que trazem conceitos como plasticidade fenotípica, nicho construído, epigenética, etc., você as aborda em sala de aula? Se sim, como ocorre essa abordagem? Se não, por quais motivos você não as aborda?
- 2) Quanto a essas novas pesquisas, você considera necessário que os estudantes de graduação tenham conhecimento sobre elas? Por quê?
- 3) Para o futuro professor, como você acredita que se deve abordar o tema “evolução” em sala de aula do ensino básico? Como fazer isso?
- 4) Pesquisas envolvendo plasticidade fenotípica, herança epigenética, desenvolvimento do organismo, nicho construído, entre outros, estão modificando a forma como a evolução é apresentada. Pensando nisso, como esses novos conhecimentos podem contribuir para o ensino

As entrevistas ocorreram de forma oral, mediante uso do meet, pelo qual foram gravados os áudios; e, posteriormente, transcritas. As construções discursivas foram analisadas utilizando-se como base teórica a análise do discurso francesa, pautada fundamentalmente nos pressupostos apresentados por Michel Pêcheux, e ainda nas reinterpretações realizadas por Eni Orlandi. Pêcheux (2015) ao falar sobre o objeto da linguística, a língua propriamente dita, explica que ela é atravessada por uma divisão discursiva que ocorre entre dois espaços, sendo eles:

[...] o da manipulação de significados estabilizadas, normatizadas por uma higiene pedagógica do pensamento, e o da transformação do sentido escapando a qualquer norma estabelecida a priori, de um trabalho do sentido sobre o sentido, tomado no relançar indefinido das interpretações (PÊCHEUX, 2015, p.51).

Para Orlandi (2009), a análise do discurso permite compreender os processos de construção de sentidos, estabelecendo a relação com a ideologia e possibilitando ao analista identificar regularidades no funcionamento do discurso. O discurso se constitui mediante uma posição dada em um determinado contexto sócio-histórico pré-estabelecido. Desta forma, o analista, primeiro, precisa entender que os sentidos sempre são determinados ideologicamente; sendo assim, as palavras não têm sentidos nelas mesmo, mas, sim, nas formações discursivas em que se inscrevem. Em segundo lugar, as palavras podem ter significados diferentes dependendo das construções discursivas em que são utilizadas, isso significa dizer que o sujeito se constitui por uma interpelação que ocorre ideologicamente por sua inscrição em uma formação discursiva.

Pensando na delimitação do corpus de análise utilizado pelo analista, cabe destacar que:

O texto é a unidade que o analista tem diante de si e da qual ele parte. O que faz ele diante de um texto? Ele o remete imediatamente a um discurso que, por sua vez, se explicita em suas regularidades pela sua referência a uma ou a outra formação discursiva que, por sua vez, ganha sentido, porque deriva de um jogo definido pela formação ideológica dominante naquela conjuntura (ORLANDI, 2009, p.63).

Então, ao analisar os discursos apresentados às questões propostas aos docentes, considerando-se que essas formações discursivas constituem-se em condições de produção histórica, social e ideológica, foram formados blocos de análise unindo construções discursivas semelhantes, conforme é descrito no quadro 2, a seguir.



**Quadro 2:** Blocos de análises que surgiram com a análise das construções discursivas dos professores universitários.

<b>Bloco</b>	<b>Temática a ser discutida</b>
<b>I</b>	As teorias que interferem na compreensão da evolução não são recentes; portanto, já deveriam estar presentes na graduação.
<b>II</b>	A ausência ou abordagem de conhecimentos que estão interferindo na evolução é ainda superficial na sala de aula da graduação.
<b>III</b>	Os conhecimentos são utilizados para contextualizar em sala de aula.
<b>IV</b>	Os novos conhecimentos são importantes para a formação do professor.
<b>V</b>	Os novos conhecimentos como forma de preencher e inovar a teoria da evolução.
<b>VI</b>	A religião influencia os processos de ensino-aprendizagem da teoria evolutiva.
<b>VII</b>	A evolução como forma de ligar conteúdos biológicos.
<b>VIII</b>	O determinismo genético é bombardeado com a utilização de conhecimentos que vêm mudando a forma de entender o processo evolutivo.
<b>IX</b>	Os professores que têm dificuldade em entender as novas pesquisas e a relação que elas têm com a teoria evolutiva.
<b>X</b>	Os professores possuem resistência ao utilizar as pesquisas mais recentes quando se trata da temática evolução biológica.

Fonte: Os blocos de análise emergiram das análises das construções discursivas.

A análise das formações discursivas utilizou, como base, o quadro 2, no qual as construções discursivas foram subdivididas em blocos de análises, cujo objetivo consistiu em realizar as discussões de forma organizada, possibilitando, assim, melhor compreensão para os leitores.

### **Análise das formações discursivas apresentadas pelos professores universitários**

As análises foram realizadas seguindo a divisão e sequência dos blocos apresentadas no quadro 2.

Assim, o **bloco I** reúne formações (ou construções) discursivas de professores de cursos em Ciências Biológicas com ênfase na ideia de que **“As teorias que interferem na compreensão da evolução não são recentes; portanto, já deveriam estar presentes na graduação”**. A seguir, têm-se as construções discursivas dos professores que ressaltam esse quesito.

*“Até o ano passado eu acabava não abordando, e agora, fazendo outras leituras, eu identifiquei essa grande dificuldade, essa defasagem. Na conclusão agora da minha tese, em que eu pesquiso exatamente o ensino de evolução, a gente verificou que os alunos não têm essas concepções no curso, em nenhuma disciplina. Ele ouve brevemente falar sobre epigenética; os outros temas todos são desconhecidos por ele. Então, eu quero a partir desse ano (2020) trabalhar esses temas que eu acho extremamente relevantes, não são abordados em outras disciplinas, e eu vou tentar inclui-los na minha disciplina que trabalha com epistemologia, história da evolução. Porque...o curso inteiro, todas as disciplinas, elas acabam parando, estacionando na teoria sintética, mas não avançam para a síntese estendida ou além da síntese que a gente tem hoje. A gente fala hoje, mas esses conhecimentos muitos são lá de 1970. Então, dá para ver como existe um atraso muito grande no*

*ensino desses conhecimentos que são essenciais para a gente evitar cometer alguns erros quando fala da evolução em si: que a evolução não é direcional, mas ela também pode ser direcional. A evolução é gradual, mas ela também pode ser pontual. Então, são coisas que os alunos acabam criando, construindo concepções que ficam estacionadas na teoria sintética, e a gente sabe que hoje está para além disso. Como o lamarckismo... A gente costuma muito ver o aluno falar mal do Lamarck, que Lamarck estava errado, e hoje a gente tem aí epigenética e outros temas que vão mostrar que algum caractere adquirido pode estar presente na evolução de algumas espécies. Então, eu não trabalho, na minha pesquisa foi identificado que os alunos não têm esse conhecimento, em nenhuma disciplina é trabalhado e a partir desse ano vou estar inserindo nas minhas disciplinas, pelo menos uma discussão sobre isso, um pontapé inicial, para eles irem atrás buscar, se a gente não der conta de abordar todos esses assuntos, pelo menos eles perceberem que existem esses conhecimentos e que eles têm que buscar.” (P8).*

*“Eu nem considero muito nova, é... eu trabalhei várias das plasticidades fenotípicas nas discussões. Direto, assim, eu comento, deveria na variação vegetal, a descendência vegetal tem essas condições, mas ele também suporta uma condição diferenciada porque, geneticamente, ele tem condição para isso, para suportar a variação de temperatura, de vento, de luminosidade e isso eu falo para eles. Está no genes, eu sempre falo isso para eles, ele carrega, por exemplo... tem planta que é do sol, mas uma planta de sol se eu for plantá-la na sombra, ela aceita uma quantia de sombra razoável, não a sombra extrema, mas ela aceita e com o tempo ela vai modificando os seus formatos, não porque ela vai ser um novo indivíduo, não é porque ela tem essa plasticidade fenotípica. e então, ela pode modificar um pouquinho a textura, a rigidez da folha e a largura, os seus diâmetros, as dimensões da folha e isso eles entendem bem, inclusive é fácil de fazer, quando você planta da mesma espécie no sol e na sombra, você vê as diferenças, eu trabalho mais esse, os outros eu trabalho bem pouco acho que é mais para o pessoal da área animal, que trabalha.” (P1).*

O professor P8 apresenta uma questão bastante discutida atualmente no que se refere à semelhança da epigenética com os estudos de Lamarck. Essa associação ocorre também em várias pesquisas, mas restringe-se à herança dos caracteres adquiridos, e, mesmo que esta seja atribuída a Lamarck, é uma forma de explicação para a hereditariedade, desde a Grécia antiga. Ainda, existem autores que dizem que a epigenética assemelha-se mais às explicações de Darwin para a pangênese (sistema de herança) do que com as de Lamarck. Ainda é preciso destacar que existe diferença conceitual entre epigenética - regulações da expressão gênica durante toda a vida do indivíduo - e herança epigenética - quando as marcações que regulam a expressão gênica não são eliminadas e passam para as gerações futuras (ARCANJO, SILVA, 2015).

Desta forma, como é evidenciado nos discursos apresentados pelos professores, essas discussões relacionadas a estudos que ficaram de fora da síntese moderna da evolução não são tão recentes assim. O desenvolvimento biológico, por exemplo, possuía um arcabouço de pesquisas nos anos 1940, já se tinha até mesmo as pesquisas

relacionadas à epigenética.; entretanto, elas foram desconsideradas pela síntese moderna. Por isso, precisam ser discutidas em sala de aula de graduação para que os acadêmicos conheçam a biologia de forma holística e tenham a possibilidade de formar senso crítico, conhecendo, assim, todos os lados da construção do conhecimento biológico, mesmo porque atualmente existe a discussão na comunidade científica, quanto à necessidade de se expandir e até mesmo realizar releituras quanto à teoria evolutiva da síntese moderna.

Portanto, as discussões em sala de aula de graduação precisam apresentar o contexto histórico e social da construção do conhecimento biológico, tendo em vista que alardes da biologia do desenvolvimento já vinham sendo colocados desde o final do século XIX e início do século XX. O conceito de epigenética já havia sido empregado por Conrad Hal Waddington na metade do século XX, quando o pesquisador argumentou sobre o processo de diferenciação celular. Todavia, presenciava-se, entre os biólogos, a luta pela autonomia e unificação das Ciências Biológicas para que a ciência biologia adquirisse o *status* das outras ciências naturais. Com o modelo de ciência defendido no círculo de Viena, isso tornava-se importante, por meio de uma síntese que explicasse a evolução com bases genéticas, tendo a seleção natural como a principal causa e modelos matemáticos, a fim de tornar a biologia uma ciência positiva.

Nesse cenário, é necessário que os estudantes de biologia compreendam a construção desse processo, além das teorias que não foram consideradas naquele momento, possibilitando a esses estudantes refletirem criticamente sobre o processo de construção da ciência com a qual estão sendo familiarizados. Como enfatiza Orlandi (2009, p. 30), “os sentidos não estão só nas palavras, nos textos, mas na relação com a exterioridade, nas condições em que eles são produzidos e que não dependem só das intenções dos sujeitos”.

O loco II apresenta “**A ausência ou abordagem de conhecimentos que estão interferindo na evolução é ainda superficial na sala de aula da graduação**”. A seguir estão os discursos dos professores que destacam esse ponto.

*“Então, eu abordo de maneira superficial algumas coisas, n? Como eu tinha falado, não é o principal assunto, não ministro a disciplina de evolução. Mas esses temas, com certeza, sempre vêm à tona. (!) Assim, seja através de perguntas dos alunos, seja através de alguns exemplos, eventualmente durante a apresentação de trabalhos dos seminários, esses assuntos acabam vindo à tona. Não assim com uma certa frequência, não como uma coisa certa que isso vai acontecer, mas eles sempre acabam vindo à tona, sim, a gente sempre acaba discutindo esse tipo de assunto, que é, assim, digamos..., mais novo em relação à biologia evolutiva. São assuntos, claro extremamente importantes, mas é por causa basicamente da*

*matéria, né! (?) A gente tem que, acaba que tem conteúdo pra vencer, né? Enfim, questões a serem abordadas. (!)É claro que a evolução é extremamente importante! Assim, em um arcabouço geral, só que essas questões mais inerentes à biologia evolutiva mesmo, elas acabam não fazendo parte assim do conteúdo programático e tal, porque não fazem parte do escopo da disciplina, basicamente por isso.” (P3).*

*“Então, na verdade eu não chego a abordar, por exemplo, a eco-evo-devo. Eu não abordo, a não ser que o aluno traga, porque, na verdade, eu deveria abordar, né? (?)Mas, a não abordagem é porque também a gente tem um tempo, que às vezes não cabe tudo. Eu penso que quem deveria, claro, eu acho que o currículo, por ser dinâmico, também..., você vê, por exemplo, essas questões em genética, por exemplo. Você faz uma discussão, então, nós iríamos trazer, poderíamos trazer para enriquecer, no estágio, por exemplo, na hora que está sendo tratado o conteúdo, mas estou sendo sincera com você, não abordo essas questões, a não ser que elas venham, sejam trazidas pelo próprio aluno. Não vou dizer que quem tem que abordar é a genética, mas, assim, é claro que a gente poderia também lidar com essas discussões, mas, assim, eu penso que é tão denso o estágio, e apesar do nosso ser anual, nós temos, na verdade, um semestre para discutir essas questões teóricas, e já ir o acadêmico para a escola. Então, mas eu acho que é até uma falha, eu reconheço, eu acho que é uma falha minha, claro que esses conteúdos eu acho que tem as disciplinas que deveriam discutir com mais profundidade, mas claro que eu poderia retomar, mas não faço, a evo-devo por exemplo, confesso que não.” (P7).*

*“Então, eu falo brevemente. Quando a gente trabalha esses conceitos estruturantes e vou falando desses conceitos em partes. Eu destaco vários conceitos que são centrais da biologia e estão em discussão. Então, por exemplo, o conceito de gene, que não tem um consenso, uma definição única desse gene, falo, inclusive, tipo o conceito de espécie, comento principalmente algo desse tipo. Falo que o conceito de evolução, não é que ele está sobreposto, ele está em um processo de ampliação, para considerar coisas que não estavam na teoria sintética original, e que estão ocorrendo coisas, por exemplo, como a evo-devo, que inclui a biologia do desenvolvimento, que ficou de fora da teoria sintética original. Então, você tem o conceito do desenvolvimento, que não tinha sido tão levado em consideração. Naquele momento da teoria sintética da evolução se relaciona mais a questão da praticidade, da genética de populações, com as questões que foram colocadas da teoria genética, mas os estudos do desenvolvimento não ficaram tão bem ainda amarrados. Nessa teoria sintética da evolução, então, a gente tem uma ampliação amarrando esses aspectos e até para compreender que as coisas não são tão simples, como o DNA, ele não determina tudo, você tem uma flexibilidade da expressão gênica, você tem a plasticidade fenotípica, você vai incluindo outros estudos que foram acordados aí, nesses últimos anos. Inclusive, principalmente a questão da expressão gênica ser marcada por fatores epigenéticos, ambientais e intracelulares, você tem aí uma ampliação dessas possibilidades! Então, eu trago isso, que a teoria sintética está em ampliação. Até, nesse último ano, 2019, eu trouxe um pequeno.... Quando a gente foi falar da utilização de vídeos, eu trouxe uma paródia sobre a evo-devo que foi feita em cima daquela música despacito, uma paródia de evo-devo e depois a gente assistiu um pequeno vídeo sobre a evo-devo na sala de aula. Então, para trazer essas coisas, que são pouco discutidas ainda no curso, para eles saberem que existe.” (PE2).*

Como é possível perceber nas construções discursivas apresentadas, esses professores pensam que a função de ensinar “evolução” fica mais a cargo de uma

disciplina específica. Entretanto, existem inúmeras evidências que apontam que a “evolução” é essencial para compreender muitos conteúdos biológicos, visto que atuaria como eixo integrador desses conhecimentos. Como destacam Senna, Cheschim e Ganiko-Dutra (2020, p.277),

Os conteúdos da Eco-Evo-Devo e da síntese estendida têm um potencial articulador que auxilia o professor a mitigar o caráter cartesiano do currículo. Portanto, para além das unidades temáticas biológicas abordadas nos currículos oficiais, esses conteúdos podem promover uma abordagem concêntrica: a partir de conhecimentos mais básicos, adaptados aos níveis de ensino iniciais, o mesmo conceito pode ser reapresentado ao aluno, agora em outro nível de ensino, com mais profundidade e articulações inéditas, ampliando a rede de conhecimentos.

Ao ensinar os conteúdos biológicos, tanto no ensino básico quanto na graduação, é possível considerar os aspectos dos processos evolutivos, uma vez que estes podem atuar apresentando sentido e continuidade para a biologia. Na análise dos discursos apresentados neste bloco, encontramos sentidos de uma ideologia cartesiana a qual acredita que os conteúdos devem ser separados para serem ensinados e aprendidos e, dessa forma, após o processo de estudo, os estudantes seriam capazes, por si mesmos, de integrarem esses conteúdos e transferi-los para distintas situações de interpretação. Entretanto, as pesquisas evidenciam que os acadêmicos possuem dificuldades em estabelecer essas relações, e, por isso, não conseguem compreender os impactos dos conhecimentos provenientes da síntese estendida no pensamento evolutivo.

O **bloco III** apresenta os discursos de que **“Os conhecimentos são utilizados para contextualizar em sala de aula”**, como pode ser observado a seguir.

*“Abordo até certo ponto, quando chego nesses conceitos que eu vejo que saem um pouco da disciplina, porque eu uso como contexto. Eu sempre trago artigo e aí eu organizo grupos de discussão, como quando saiu um artigo novo modificando a filogenia de algum grupo específico, a posição das serpentes, dentro do parentesco com os lagartos, por exemplo, eu lembro que eu trabalhei ano passado. Então, eu trago o artigo que descreveu isso, dou uma explicada antes, né, porque além da língua, que é inglês, aquelas coisas... Mas, eu trago desta forma: pego artigo do ano ou do ano passado e os alunos leem os artigos em uma aula, na outra, eles me trazem e eles apresentam, não é valendo nota nem nada disso, eles apresentam como parte do conteúdo, e eu fico ali mediando. Então, eu sempre trago, mudou alguma coisa, seja com epigenética, qualquer coisa, aí eu trago a novidade para eles discutirem, sim.” (P6).*

*“Como eu te falei, eu não consigo abordar tudo porque não é bem o foco da minha disciplina. Mas, eu consigo abordar esses conceitos, quando eu explico as interações entre as células, as funções celulares... por exemplo. A gente trabalha bastante quando a gente fala de mitocôndrias, cloroplastos, e aí a gente trabalha*

*todas as teorias evolutivas de endossimbiose, quando eu falo de evolução das células. Então, eu tenho uma aula só de evolução das células. Então, eu trabalho isso, aí tem uma aula que eu trabalho a evolução da respiração, então, quando eu vou dar aula de mitocôndria, eu falo da evolução da respiração celular. Então, a gente vai trabalhando esses conceitos. Aí, por exemplo, que nem o conceito de epigenética, quem trabalha mais é o pessoal da genética, mas a gente, na biologia celular, quando trabalha síntese de proteína, a gente fala alguma coisa relacionada a isso. Então, dentro dos temas dos processos celulares eu vou falando um pouquinho de cada um.” (P9).*

*“Eu abordo, sim, mas existem ainda poucos livros-textos que exploram essas novidades. A epigenética, por exemplo, é algo muito recente, ela ainda não foi incorporada de uma maneira muito complexa nos livros-textos, pelo menos na área da zoologia. Na área da genética, eu acho que já existe uma abordagem mais complexa, mais detalhada, mas na área da zoologia não. E aí eu fujo dos livros-textos com os alunos, e aí eu trago artigos, eu disponibilizo sempre os artigos originais pra eles, mas eu faço como que exercendo a função do professor, né? Eu faço aquela filtragem do que é essencial nos artigos, do que eles realmente precisam saber, porque os alunos têm dificuldade com o inglês e a produção científica ela é basicamente na língua inglesa. e então, eu faço também esse trabalho de tradução para eles, e aí eu incorporo nas minhas aulas. Então, sempre nas minhas aulas tem alguns slides sobre a situação extremamente recente daquele grupo e aí que eu trago esses conceitos também, de epigenética e tudo mais, e como isso pode afetar vários dos grupos, e a classificação em si.”*

*“Eu gosto muito da temática da epigenética para trazer a abordagem, eu normalmente uso a epigenética para discutir que existem diferentes visualizações, sobre a constituição da evolução, como que a evolução é pensada cientificamente. Porque a epigenética, queira ou não, tem algumas linhas específicas da genética, que não aceitam a epigenética até hoje. Eles falam assim: Ah! existe a epigenética. Mas eles não aceitam, tem que estar tudo ali integrado dentro do DNA e aquele DNA vai dar uma figura, em uma leitura ai, fenotípica única, o fenótipo sempre vai ser único e o genótipo sempre vai ser único. Pensando até mesmo algumas coisas simples que a gente estuda no ensino médio, vamos falar dos olhos, quando a gente pensa a cor dos olhos, na minha época o pessoal falava que eram três genes que davam a cor dos olhos, depois foi para cinco, depois foi para nove, depois foi para treze, e, enfim, e quantos genes dão essa cor dos olhos? Na verdade, a gente não sabe ainda, né? Se você imaginar a visualização, isso para mim é uma linha bem interessante porque não é uma coisa totalmente definida, e provavelmente ainda tem o efeito epigenético na cor dos olhos, eu dou muito exemplo de quem tem o olho verde, quem tem o olho verde às vezes fica uma semana ali com os olho azulzinho, o olho muda a cor, olha o seu olho ele está azul. O meu irmão é assim, por exemplo, no meu irmão é muito característico isso, o olho dele é bem verde e tem dia que está azul, da cor do céu, e como que isso ocorre, né? Essa mudança momentânea dos olhos, para mim é o efeito epigenético ambiental e temporal, dentro da característica do indivíduo, então, queira ou não, poderia ficar isso para muito tempo, para ele ali aparece uma semana só. A cor do cabelo é a mesma coisa, a cor do cabelo tem pessoas que mudam a cor durante o desenvolvimento da idade deles, passam de um castanho para um preto praticamente, bem escuro, é um efeito que vai aparecer, tem gente que não muda mas tem pessoas que mudam totalmente, então é bem característico, eu uso mais esse pensamento da epigenética. Da plasticidade, e daí tem as outras teorias, eu realmente não me*

*aproximei muito delas, assim, nas discussões, vou ser sincero, viu, Aline? Como eu saí da linha da biologia celular já, eu saí praticamente em 2003, terminei o mestrado em 2002 e saí da linha, daí acabei me distanciando da genética e vou falar para você que eu conheço algumas, assim de ler algumas coisas para tentar entender um pouco, mas se você pedir para eu explicar para você, eu não sei conceituar.” (P5).*

Como é evidenciado nos discursos apresentados, existe também, no meio acadêmico, a compreensão de que a “evolução é somente mais um conteúdo, portanto não seria possível utilizá-la como eixo integrador; mas, ela poderia perfeitamente ser trabalhada como parte da disciplina ou mesmo para contextualizar determinados assuntos que integram as disciplinas. Essa é uma forma de pensar a educação em biologia, baseada, como citado anteriormente neste artigo, no método cartesiano de ensino, estabelecendo o conhecimento de forma fragmentada. Esse método, conforme Capra (2006), é baseado em René Descartes; essa forma de ver o mundo contribuiu e contribui imensamente com a humanidade em várias áreas, inclusive influencia, até os dias atuais, a forma como se constitui o ensino, tanto em biologia quanto nas outras áreas, pois a preocupação que se tem é que essa fragmentação pode gerar o reducionismo dos conhecimentos científicos.

Atualmente, existem muitos questionamentos quanto à forma como a educação se estabelece, sendo esta fragmentada, pois são evidenciadas as dificuldades dos estudantes após terminarem os cursos, tanto do ensino básico quanto de graduação, em estabelecer as relações entre os conhecimentos. Ainda, eles têm dificuldades em traspor esses conhecimentos para outras situações da vida cotidiana, o que dificulta a análise crítica das diversas situações a que são expostos a fim de refletir quanto a sua tomada de decisão.

A seguir serão discutidas as formações discursivas apresentadas pelos professores relacionadas à importância desses conteúdos em sala de aula; assim, como muitos professores relataram e concordaram sobre a importância desses novos conteúdos para os futuros professores de biologia, dividimos as respostas à questão 2 nos blocos IV e V. Para análise, utilizamos alguns exemplares das formações discursivas apresentadas.

O **bloco IV** é formado pelas construções discursivas que ressaltam que “**os novos conhecimentos são importantes para a formação do professor**”, como pode ser observado nos discursos a seguir.

*“É essencial, a nossa maneira de enxergar evolução, claro que baseado naquilo que a gente tem de mais fundamentado das teorias mais antigas, enfim.*

*Basicamente, seleção natural, as mutações, então a gente tem isso como um arcabouço um pouco mais solidificado. Só que para a gente conseguir entender o processo evolutivo no seu todo, de maneira mais completa, esses conceitos são essenciais, só fazendo um parênteses assim, esses assuntos que a gente ainda considera novos, eu lembro de discutir eles na minha graduação, na minha graduação eu fiz disciplinas alternativas, lá optativas em que esses assuntos, por exemplo evo-devo, é a biologia do desenvolvimento, a epigenética, já está começando assim a ser bastante falado. Então, eu sinto uma certa resiliência por parte dos professores em abordar esses assuntos, mas é por falta, eu acho que de conhecimento, né, falta de assim, ter um pouco mais de conhecimento mesmo sobre esses conceitos novos, porque muitos professores são mais antigos, não tiveram isso e teriam que passar por uma atualização. Mas são assuntos, nem tão novos digamos assim, né, já estão aí há um certo tempo e é essencial, né? Isso daí, os alunos têm que ter contato já, desde o começo da graduação, ao meu ver, já tem que começar a ter contato com esses conceitos, mais modernos de evolução, sim.” (P3).*

*“Eu acho extremamente necessários os contatos com as inovações das ciências, [...]. Queira ou não, você tendo esse contato, primeiramente você tem um olhar diferenciado para a sua formação, inovações que você possa trabalhar também, na pesquisa e também para entender depois o que vai aparecer nos livros, se você for ser professor, você vai ver que está aparecendo nos livros didáticos, [...] se você pega hoje um livro de biologia, ele traz alguns conceitos que professores que se formaram ali nos anos noventa, nunca ouviram falar, [...] Então, queira ou não, o aluno tem que ter contato com o que vem ocorrendo de inovações dentro do conhecimento, tem que entender o conhecimento é contínuo, esse é o problema do professor universitário, todos os professores, na verdade, têm esse problema, têm que estar estudando sempre, lendo sempre para você ter a conexão do que está ocorrendo nas pesquisas.” (P5).*

De acordo com o que se observa nos discursos dos professores P3 e P5, os conhecimentos que vêm colocando em questionamento a forma como são interpretados os processos evolutivos são necessários à formação docente, pois o graduando precisa entender que a ciência é um processo contínuo que está em constante construção. Desta forma, é importante para o aluno de Ciências Biológicas compreender como se construiu a teoria evolutiva, seu processo histórico, até chegar às discussões atuais, para, então, poder entender como a evolução biológica pode atuar estabelecendo as ligações necessárias entre os conhecimentos biológicos.

Ainda, conforme Cheschim, Oliveira e Caldeira (2016), é necessário compreender por que e como os conhecimentos envolvendo biologia evolutiva do desenvolvimento, plasticidade fenotípica, construção de nicho e epigenética apresentam incompatibilidade com as premissas envolvendo o gradualismo, microevolução e da adaptação, sendo interpretadas somente como subproduto da seleção natural. Esses fatores não deixaram de ser considerados importantes pela síntese estendida, o que vem acontecendo é, na verdade, o questionamento da exclusividade atribuída a tais fatores, dentro dos processos evolutivos.



No **bloco V** são discutidas e analisadas as formações discursivas dos professores que consideram **“Os novos conhecimentos como forma de preencher e inovar a teoria da evolução”**, como se pode observar a seguir.

*“Eu acredito que sim, porque, além de formar professores, nós estamos formando pesquisadores, tanto na área de ensino, como na área do ensino de biologia. Eu acredito que a evolução é um desses conhecimentos de fronteira, eu não digo que tem que saber de tudo, mas tem que saber como a biologia de uma forma geral, os conceitos básicos, as estruturas básicas dessa ciência estão se ampliando. Então, eu acho que é fundamental ter esse conhecimento, de que o conhecimento não é estático, que não ficou na década de 40 e 50. Então, precisa ter esse conhecimento de forma ampliada, até para saber um pouquinho de natureza da ciência, de natureza do conhecimento científico. Então, eu preciso que eles compreendam esse dinamismo na ciência, compreendam o que é de fronteira nessa ciência. Então, assim, não precisa saber de tudo de todas as áreas, mas algumas coisas básicas que estruturam a biologia como ciência tem que saber.” (P2).*

*“Sim, é extremamente importante que um professor em formação, ele não tenha concepções fechadas sobre evolução, sobre ciência, porque é uma ciência muito dinâmica, embora essas novas pesquisas, como eu falei, são lá da década de 1970. Elas ainda não chegaram na universidade, por, talvez, um distanciamento, uma demora na transposição didática muito grande, isso faz com que o aluno carregue consigo, construa concepções atrasadas do ponto de vista evolutivo, e aí ele vai transmitir essas concepções atrasadas lá nas suas aulas. Então, é necessário que o professor de biologia conheça bem o seu objeto de trabalho, que é o conhecimento biológico, e o conhecimento evolutivo, não é só mais um conhecimento, isso que eu tento mostrar nas minhas disciplinas, o conhecimento evolutivo não é mais um conhecimento para ser trabalhado na biologia, ele é um conhecimento que tem que ser um eixo, que tem que ter a sua importância, que precisa ser bem abordado, bem trabalhado e que pode ser utilizado como um eixo, que pode ser utilizado como um enfoque, uma abordagem, no ensino de biologia. Então, essa é a minha proposta, que eu defendo, mas também não ignoro, não fecho os olhos para outras possibilidades, existem hoje outras possibilidades, como, por exemplo, o aluno trabalhar com a ecologia como um eixo, na biologia também é possível, outras temáticas também são possíveis, mas a evolução, como tem um papel fundamental dentro da própria ciência biologia, eu acredito que ela é mais passível de ser trabalhada como uma abordagem, como um enfoque. Então, eu acho que é extremamente importante essas novas pesquisas, novos conceitos, dentro da biologia evolutiva, eles estejam presentes no conhecimento, no objeto de trabalho desses alunos.” (P8).*

Ao analisar os discursos apresentados por P2 e P8, percebeu-se a compreensão de que os conhecimentos que vêm sendo discutidos pelos pesquisadores são necessários para entender os processos evolutivos. Portanto, ao integrar a síntese estendida da teoria evolutiva, são vistos como importantes na concepção de que a ciência está em constante construção e mudança. Essas afirmações mostram a importância de se trabalhar a biologia de forma integrada, considerando-se seus aspectos históricos e sociais, para entender que a ciência é uma construção humana, e, dessa forma, não pode ser considerada como algo pronto e acabado, contendo verdades incontestáveis.

Atualmente, contestam-se alguns pontos da síntese moderna, não porque esses deixem de ter validade ou importância, o que se contesta é sua exclusividade. Desta forma, os estudantes de graduação em Ciências Biológicas precisam entender essas discussões, as quais ressaltam, conforme Cheschim, Oliveira e Caldeira (2016), que muitas variáveis biológicas são necessárias para explicar as histórias evolutivas, sem restringi-las a uma única dimensão causal. Torna-se, portanto, necessária uma compreensão integrada dos conhecimentos biológicos, unindo conceitos novos e antigos, para que seja possível reconhecer a ocorrência de outros fatores, intervindo no processo evolutivo como um todo, e, dessa forma, entender a ciência biologia.

Para a questão 3, foram identificados dois blocos, VI e VII, de formações discursivas. Para cada bloco, aqui, também, são apresentados alguns exemplos dos discursos dos professores, com posterior discussão.

O **bloco VI** contempla os discursos ressaltando as **“A religião influencia nos processos de ensino-aprendizagem da teoria evolutiva”**, como fica evidente nos discursos a seguir.

*“[...] eu acho que vai muito da formação, da forma como o aluno vai ser formado dentro das universidades e da forma que ele vai compreender a própria evolução. Vou te falar que isso talvez seja até um problema atualmente, porque eu estou sentindo principalmente nos alunos novos, nos últimos três... cinco anos, vou colocar cinco anos. Tem muitos alunos que estão com um perfil muito religioso e aí quando você fala em evolução, o pessoal fica meio que até assustado, eles ficam... Peraí, então, é uma característica bem complicada da gente estar discutindo dentro da sala de aula e de como que eles vão aceitar isso, e de como que depois eles vão trabalhar isso com os alunos. Então, se a gente pegar ali a questão das reformas curriculares, que são propostas, tipo ensino religioso, o pessoal querendo colocar quatro horas de ensino religioso, foi a proposta inicial, a gente percebe o perfil que se está querendo dar na escola. Não é o perfil da ciência, é um perfil de formação diferenciada, porque não falar, cunhada no senso comum! Não tem sentido essa linha de pensamento dentro da escola, eu acho que o professor de biologia tem que ter isso, mesmo que eu siga uma religião, mesmo que eu siga um contexto que não seja evolutivo, mas eu sou professor de biologia e biologia é toda estruturada dentro do processo evolutivo.” (P5).*

*“É uma questão complexa, né? Eu não sei se eu tenho a resposta certa para isso, porque, assim, eu acho que depende muito do aluno, do professor, da relação do aluno e do professor. Eu acho que até o local que você está dando aula, assim, às vezes, a gente está em um local em que as pessoas têm, por exemplo, um tradicionalismo religioso tão forte, que, muitas vezes, não sempre, mas algumas vezes, vai diretamente contra a evolução, contra a teoria da evolução. Eu acho que o professor não deve gerar conflitos, eu acho que você gerando conflitos, batendo de frente, você perde o aluno, o aluno fecha as portas para o que você vai falar, eu acho que você tem que deixar muito claro que a ciência trabalha com fatos e com as evidências que você tem do mundo natural, da natureza, ela não vai contra, por exemplo, a existência de Deus. Eu acho que Darwin tinha muito esse medo, né? Quando ele começou a descobrir os seus conceitos, a descobrir os conceitos da*

*evolução, mas em nenhum momento a evolução vai contra a presença de Deus, ela simplesmente é uma proposta. Quando Darwin, assim, propôs a teoria da evolução, é uma proposta de como surge a vida e como ela se modifica, né? Isso não quer dizer que Deus não existe. Eu acho que mostrar esses pontos, que na verdade são falhas de comunicação, ou às vezes são visões dos dois extremos, tanto dos evolucionistas, quanto dos religiosos que pensam nos extremos e isso diverge muito as ideias. Eu acho que se você for ver um ponto focal único, se você for tentar analisar imparcialmente os dois lados, não existe muito antagonismo entre as duas coisas assim. Então, eu acho que tem que focar nisso, tem que focar assim, que não importa, a presença e o estudo da evolução não vão anular a crença dos alunos, a religião dos alunos e que na sala de aula, ali a gente pode ensinar evolução e focar naquilo que os cientistas descobriram, nos fatos do mundo natural que a gente consegue comprovar. Então, a ciência, com suas ferramentas, não conseguiu comprovar a presença de Deus, assim, mas isso não quer dizer que não existe. A ciência não conseguiu comprovar muita coisa ainda, né? Então, eu acho que deixando isso claro, conversando bastante com os alunos, eu acho que a gente consegue ensinar evolução, sem gerar conflitos.” (P4).*

*“[...]existem ‘N’ fatores que impedem o professor de trabalhar adequadamente o conhecimento evolutivo na sala de aula, os conceitos evolutivos em si. Muitas vezes pelo simples fato de ele não... de a religião dele interferir nesse conhecimento evolutivo. Tem paradigmas diferentes, ou, muitas vezes, por ele querer evitar discussões e debates na sala de aula, ele não vai dar conta de suprir esses conhecimentos que vão extrapolar a sala de aula em debate. Pela própria formação dele que foi deficitária, então, ele não sabe evolução, então, ele não pode ensinar, enfim são “N” fatores. Então, eu mostro para os alunos primeiro a importância de se ensinar evolução, e depois dentro das possibilidades de cada instituição, da nossa realidade, ensinar o restante dos conhecimentos no enfoque evolutivo. Então, eu mostro para eles, meu papel é mostrar os caminhos. Então, por exemplo, trabalhando aquelas duas práticas, que eu trabalho, de evolução eles já conseguem ver que de uma atividade muito simples é possível trabalhar diferentes conceitos evolutivos. Então, eles conseguem ir percebendo que é possível, eu consigo mostrar para eles que é possível, sim, trabalhar evolução, ensinar os conhecimentos evolutivos de uma forma simples, dinâmica, atrativa para o aluno, e também que eles não podem fugir do debate. Eles não podem fugir de encarar esses conhecimentos científicos. Afinal de contas, o trabalho do professor de biologia é ensinar o conhecimento científico, ele não pode deixar os seus paradigmas, os seus dogmas interferir na forma com que ele ensina; então, eu trabalho nesse sentido de mostrar para eles que há vários caminhos, e, a partir disso, eles vão buscar. E eu não trabalho só o conhecimento evolutivo em si, eu trabalho todos os conhecimentos que eu posso, que dá tempo, os que são possíveis de ser trabalhados na minha disciplina, em outras disciplinas que eu trabalho, mostrando esse caminho. Eu mostro dessa forma para que eles percebam a importância do conhecimento evolutivo e da necessidade de se trabalhar evolução. Hoje, por conta de uma falha muito grande que a gente tem no ensino de biologia, no ensino das ciências como um todo, então a gente tem aí, muitas pessoas, muitos jovens, adolescentes, como adultos e idosos negacionistas. Então, eu mostro também o que a falha desse ensino, as dificuldades que eles podem gerar para o cidadão, qual a importância de um cidadão saber que é um vírus, a transmissão de um vírus, de uma bactéria, que a evolução está acontecendo, a evolução não é algo que já foi, que já aconteceu, que não acontece mais, é algo que está acontecendo, está no nosso dia a dia. Então, eu tento mostrar isso para o meu aluno para que ele perceba, como professor, a importância de ensinar evolução para os seus alunos.” (P8).*

Como evidenciamos discursos apresentados pelos professores, as questões religiosas interferem nas explicações da teoria evolucionista em sala de aula, tanto da escola básica quanto do ensino superior. Entretanto, a teoria evolucionista é utilizada amplamente pela sociedade, sem que as pessoas compreendam que se trata dessa teoria sendo aplicada ao dia a dia. Como descreve Mayr (2009, p. 15), já em seu prefácio,

A evolução é o conceito mais importante da biologia. Não há uma única pergunta “por que?” em biologia a que se possa responder de maneira adequada sem levar em conta a evolução. Entretanto, a importância desse conceito vai muito além da biologia. O pensamento do homem moderno, quer percebamos isso ou não, é profundamente afetado – quase se tem a tentação de dizer determinado – pelo pensamento evolucionista.

Tidon e Lewontin (2004), em suas pesquisas, apontam que as aulas dedicadas ao ensino de “evolução” ocorrem somente no último ano do ensino médio, com poucas aulas destinadas ao assunto. Isso contrasta com a recomendação do Ministério da Educação (MEC), a qual sugere uma cobertura articulando como eixo ecologia-evolução. Isso acontece devido a dificuldades apontadas pelos professores, como falta de tempo, falta de material didático, etc. Os autores ainda destacam que uma das dificuldades para ocorrer a compreensão desse tema é porque os estudantes já possuem uma explicação teológica para as mudanças que ocorrem na natureza; é, portanto, muito difícil haver mudança conceitual.

Entretanto, não necessariamente precisa haver uma mudança conceitual nos estudantes, visto que a ciência também é uma cultura; desta forma, ambas as concepções podem conviver, ao que Mortimer (1996, p.23) denominou de perfil conceitual.

Essa noção permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente.

Desta forma, o professor, ao trabalhar os conteúdos biológicos, nas aulas de graduação, precisa deixar claro onde a teoria evolutiva está atuando nessas explicações, com o objetivo de que os acadêmicos compreendam que a teoria evolutiva está presente em todos os conhecimentos biológicos. Um bom exemplo é a resistência de bactérias a antibióticos, causada pelo uso excessivo e incorreto desses fármacos, não há como

estudar e compreender tais conteúdos sem entender os processos evolutivos que estão presentes, tanto de forma explícita, quanto de forma implícita.

O **bloco VII** apresenta as construções discursivas que trazem **“A Evolução como forma de ligar conteúdos biológicos”**, como é evidenciado nos discursos a seguir.

*“Eu acho que não da mesma maneira que ele conheceu, é claro que com uma mudança adequada, com uma adequação de materiais que ele vai usar, ele não vai usar um livro de graduação, trazer algumas figuras, um vídeo mais simples, depende do público, qualquer assunto pode ser ensinado a qualquer criança, adolescente. Eu falo isso para os meus alunos porque eu dou aula de técnicas de ensino, ensino de ciências naturais. Eu falo: depende do público que você vai pegar, você vai ter que fazer adaptações das suas formas de ensinar. O vídeo mesmo, é um vídeo mais simples, você vai colocar um vídeo lá, de Darwin falando em inglês, sendo que as pessoas não sabem aquilo. Então, tem que começar com um fácil, até mesmo para a minha filha de quatro anos eu ensino coisas que ninguém fala, mas você vai ensinar isso para ela, não evolução, mas fotossíntese mesmo ela já sabe o que é com quatro anos de idade, compostagem, ciclo de água... Então, é fácil, mas como? Pela linguagem, então, todos esses assuntos de evolução são passíveis de ensinar, em qualquer turma, em qualquer idade, desde que tenha os conhecimentos prévios e, de acordo com o professor, utilizando a metodologia adequada para aquela turma.” (P1).*

*“[...] eu penso que ainda o que falta são mais aulas práticas, então, a temática da evolução ela é muito interessante ser trabalhada, não necessariamente os organismos vivos, mas, com as estruturas, tem coisa que é fácil trabalhar. Viva, né? Plantas, é fácil trabalhar viva; animal, já é um pouco mais difícil, mas existem as estruturas... Então, eu enfatizo isso, que é uma coisa que serve também para a graduação, né! É fazer aulas práticas, aulas comparativas, entender essa questão dos conceitos básicos da evolução ou mesmo esses conceitos mais modernos, tentando utilizar exemplos que são palpáveis para as outras pessoas, que elas tenham familiaridade. Então, usar animais conhecidos, plantas conhecidas, plantas do jardim da escola ou do jardim de casa, animais que estão em volta das pessoas, que elas conhecem, exemplos que são palpáveis para elas... Eu acho que esse é o melhor caminho, não só para a biologia evolutiva, como para as outras áreas também. Quando a gente tem aulas práticas, quando a gente consegue manipular, vê, tira o material, a experiência é totalmente diferente, fica quase que tatuado na mente da gente aquela experiência. Então, o reforço, digamos assim, no entendimento do conteúdo, é muito mais forte, eu gosto da estratégia de aulas práticas, usar muito mais as aulas práticas para esse tipo de sedimentação do conteúdo de evolução.” (P3).*

*“Eu penso que começar com a história evolutiva, com a história da biologia e depois vindo, traçando uma linha nos conteúdos, por exemplo, quando você vai tratar dos grupos, dos vários grupos, mesmo dentro desse grupo vegetal ou animal, como é que se dá, dentro de cada grande grupo, os processos evolutivos, o que, que um grupo não tem, mas que o próximo vai ter, faltou em um, faltou entre aspas, mas no outro vai ter, porque... Então, mais ou menos, eu acho que por aí, eu penso que não tem que ser no último livro, no final.” (P7).*

Nesse bloco, foram analisadas as formações discursivas que destacavam maneiras que os professores podem utilizar para realizar a transposição didática dos conteúdos biológicos envolvendo as teorias evolutivas. O professor P1 ressalta que o conteúdo evolutivo, para ser utilizado, precisa sofrer adequações a fim de atender ao público para o qual esse conteúdo está sendo ensinado, ou seja, mesmo não citando o termo, esse participante expressa a necessidade da realização da transposição didática pelo professor. Já o professor P3 salienta a necessidade de aumentar as aulas práticas no ensino de biologia, pois, de forma concreta, seria mais fácil o aluno compreender essa temática que em geral é bastante complexa. O professor P7 evidencia que uma forma de realizar essa integração dos conteúdos biológicos, utilizando a teoria evolutiva, poderia ser de maneira que, ao começar o conteúdo, o professor apresente a história evolutiva de determinado conhecimento, e, após, siga com as outras explicações.

Portanto, são apresentadas três formas de pensamento desses professores: necessidade de transposição didática; necessidade de atividades práticas, que envolvam a participação, a reflexão dos alunos; a necessidade da história evolutiva. Todos esses pontos são importantes para entender a biologia, mas, para isso acontecer, é preciso que desde a graduação sejam trabalhados e discutidos os conteúdos biológicos em uma perspectiva evolutiva.

Todas as formas e procedimentos apresentados por esses professores são importantes para o trabalho em sala de aula, e poderiam ser utilizados de diferentes maneiras para ensinar a teoria evolutiva, de modo que esta envolveria e integraria os conteúdos biológicos. Assim, não é possível negar que independentemente da forma ou da metodologia utilizada para se trabalhar “evolução” em sala de aula, ela é de extrema importância para se compreender, conforme Meyer e El-Hani (2005), as origens de vírus que causam grandes pandemias, como, por exemplo, a AIDS, e ainda precisa-se compreender como isso acontece para se adotar medidas de controle. Os autores também citam a questão de resistência das bactérias a antibióticos, que surge mediante seleção natural de populações bacterianas.

Logo, é importante que, ao trabalhar em sala de aula, independentemente da metodologia adotada, os professores apresentem exemplos da vida cotidiana desses estudantes, trabalhando os conteúdos com questões problematizadoras, que envolvem causas próximas<sup>11</sup> e últimas<sup>12</sup>. Não se pode deixar de citar, como um bom exemplo a ser

---

<sup>11</sup> **Causas próximas** governam as respostas do indivíduo (e de seus órgãos) a fatores imediatos do ambiente. Zortea (2012) citando Mayr (1961) disponível em:

utilizado atualmente, e que está em constante discussão na mídia, a pandemia causada pelo vírus Sars-Cov-2, vírus que vem sofrendo constantes modificações e vem afetando de forma desenfreada a população humana. Esses exemplos, quando utilizados em sala de aula, facilitam a compreensão dos estudantes, visto que são temas constantes e que estão presentes inclusive nas discussões familiares. Desta forma, os contextos da realidade ajudam a discussão fundamentada em sala de aula, e podem auxiliar os estudantes a compreenderem os aspectos científicos que envolvem tais temáticas.

Para a questão quatro, foram encontradas nas respostas dos docentes três blocos de formações discursivas, conforme é evidenciado nos blocos VIII, IX e X.

No **bloco VIII**, buscou-se analisar **“O determinismo genético é bombardeado com a utilização de conhecimentos que vêm mudando a forma de entender o processo evolutivo”** conforme demonstram as construções discursivas a seguir.

*“Eu acho que principalmente romper com determinismo genético, e aí entender bem, como a maior parte das pessoas entende, como DNA. Tem vários conceitos de gene que superam essa visão reducionista. Mas rompe principalmente com a ideia de que tudo é DNA. O DNA é importante, ele vai ter tudo isso, mas outros fatores celulares vão marcar esse DNA, vão permitir a expressão desse DNA em determinado sentido. Então, não é só DNA, é preciso olhar o organismo como um todo, os outros fatores que interagem com o DNA para compreender a expressão gênica em si, para romper a ideia de que só o DNA, que eu tenho a impressão que é só o DNA. Não estou falando que o DNA não faz parte, ele está ali, ele vai interagir com os outros, mas o modo dessa interação vai permitir determinadas expressões.” (P2).*

*“[...] essas novas linhas trouxeram, assim, renovação para a pesquisa em geral, para o conhecimento em geral. Eu estou mais por dentro dessas que você falou, mais da epigenética, porque ela tem trazido respostas, inclusive como funciona a hereditariedade de comportamento dos animais e eu mexo um pouquinho com comportamento. Então, traz, por exemplo, a evidência que nem todo ele é passado pelo material genético, existem outras maneiras de transmitir informação de geração para geração quanto a isso.” (P4).*

*“As disciplinas de um curso não podem ficar para sempre estagnadas em um único conhecimento, a gente precisa estar a todo momento revisitando o conhecimento de base, o conhecimento empírico lá da ciência que dá origem àquela disciplina e tentar integrar esses novos conhecimentos aos poucos. E eu vejo que se o aluno aprender sobre plasticidade fenotípica, sobre evo-devo, sobre construção do nicho, ele vai começar a perceber que muita coisa que a gente fala de evolução mesmo é lá da teoria sintética ainda, e que a gente não está mais na teoria sintética, a gente já ultrapassou isso, a gente já avançou sobre novos caminhos. E que falar que ‘a*

---

<https://comportese.com/2012/10/01/biologia-e-analise-do-comportamento-dialogos-sobre-causalidade-parte-1-ernst-mayr>

<sup>12</sup> **Causas últimas** são responsáveis pela evolução de um código de informação de um DNA particular, do qual cada indivíduo de cada espécie é dotado. Zortea (2012) citando Mayr (1961) disponível em: <https://comportese.com/2012/10/01/biologia-e-analise-do-comportamento-dialogos-sobre-causalidade-parte-1-ernst-mayr>

*as espécies evoluem de modo gradual’, opa! mas ela também pode evoluir de modo pontual. A principal fonte de variabilidade das espécies é a mutação, opa! mas têm outras fontes de variabilidade que não só a mutação. Então, veja que isso é de um ganho teórico para o meu aluno muito grande, se eu fico estacionado na teoria sintética, eu perco possibilidades dentro da biologia que podem ser explicadas hoje através desses novos conhecimentos, mas que dentro da teoria sintética eles não são explicados. Então, fica como se fosse um dogma e é justamente aquilo que a gente não quer, dogmatizar o conhecimento científico. Então, eu vejo que é nesse sentido que a evolução pode contribuir para a biologia, com o ensino de biologia, e deve contribuir...É nesse sentido que eu caminho também, de tentar mostrar para os meus alunos esse conhecimento, esse movimento, essa construção necessária, esse entendimento.” (P8).*

Ao analisar os discursos apresentados pelos professores P2, P4 e P8, percebe-se a necessidade de romper, dentro das universidades, com o determinismo biológico, o qual se instalou entre os pesquisadores das ciências biológicas após as décadas de 1930 e 1940, com a síntese moderna da evolução, em que se uniram às teorias darwinistas com a genética de Mendel. Esse determinismo fortificou-se ainda mais com a proposição do modelo de dupla hélice para a estrutura do DNA (WATSON e CRICK, 1953) e com o desenvolvimento da biologia molecular, a partir dos meados do século passado. Entretanto, apesar dos questionamentos anteriormente colocados, as evidências experimentais para o rompimento com esse dogmatismo foram dadas pela própria biologia molecular, após a decodificação do código genético humano pelo Projeto Genoma Humano, em meados dos anos 2000. Porém, apesar de todas essas pesquisas e evidências, esse dogmatismo ainda é bastante presente em meio acadêmico (JOAQUIM, EL-HANI, 2010).

Lewontin (2000) frisa que, inegavelmente, é preciso mais do que a sequência de DNA para se reproduzir um organismo vivo, uma vez que os seres vivos são consequências de seu desenvolvimento histórico, resultantes das interações tanto de ambientes internos quanto externos. Nesse processo, existe a coparticipação recíproca entre organismos e ambiente, onde o organismo consome ao mesmo tempo que produz as condições de sua existência, e as forças internas possuem autonomia, mas atuam em respostas às forças externas. Em outras palavras, os mecanismos químicos de uma célula são produzidos apenas quando as condições externas exigem essa produção. Um exemplo são as bactérias que produzem a enzima para quebrar a lactose apenas quando detectam a presença desse composto em seu ambiente.

Esse foi um ponto fundamental para que os pesquisadores das ciências biológicas passassem a dar mais atenção às críticas referentes ao dogmatismo biológico estabelecido na comunidade científica, que se acumulavam. Atualmente, muitas



pesquisas apresentam mais e mais evidências que questionam esse dogmatismo, dentre elas as que estão propondo realizar uma releitura da síntese moderna da teoria evolutiva. Portanto, levar ou trabalhar os resultados dessas pesquisas em sala de aula, juntamente com a história do conhecimento acerca do processo evolutivo, pode mostrar aos acadêmicos que a ciência desenvolve-se e se modifica ao longo do tempo; assim, não pode ser dogmática e nem determinista.

O bloco IX apresenta as construções discursivas acerca de **“Os Professores que têm dificuldade em entender as novas pesquisas e a relação que elas têm com a teoria evolutiva”**.

*“Com a tecnologia, com a disponibilidade que a gente tem para ler material, isso ia ser inevitável. Ir aumentando cada vez mais as pesquisas. Mas, o quanto contribui, porque ... omitindo esse fato, não sei dizer, assim, exatamente como. Eu acho que é aquilo que eu falei até agora, depende de cada um. Isso vai, vai acontecer, vai contribuir, mas também não dá para eu confirmar isso pra você, vai ser assim, desse jeito, porque pode ser que a turma e o professor não se encaixem e não dê certo e aí não vai mesmo resolver, não vai contribuir em nada. Mas essas pesquisas são ótimas para ajudar a ampliar no entendimento mais rápido, vai ficar aquela evolução antiquada que fala todos os processos, todos os cientistas. Hoje em dia, deu um pulo, a gente não trabalha mais eles, vai direto para esses assuntos, pode ser que contribua, mas pode ser também que leve um susto, né? Mas como que era antes, tem a base, então depende de como for feito, não contribui nada, então tem que saber fazer, saber usar, para não gastar dicas.” (P1).*

*“[...] mas se explicar a modificação de pensamento na compreensão da evolução, que são alterações na compreensão que vão dar significados a alguns pontos que a gente não compreende, isso aqui ocorre, mas como que ocorre? A gente tem que entender, então, que algumas linhas vão explicar de uma forma, outras vão explicar de outras, né! Eu já li algumas coisas de evo-devo e vou te falar que olhando o Celso lá do mestrado de biologia celular, que trabalhou com um pouco de genética, eu fiquei muito perdido na caracterização do evo-devo Assim, eu não consegui compreender muito o que eles estão querendo situar dentro da evo-devo. A plasticidade eu li só as conceituações, então, eu não vou poder falar, mas isso se a gente pensar na necessidade, de estar questionando, de estar pensando, de estar trabalhando na caracterização, eu não sei nem se existe tempo para a gente fazer isso. A nossa vida toda para compreender, e aí é o grande problema da biologia, né? Por isso que ela vai ser colocada em caixinhas .... muito.... porque tem muita coisa para se entender a pouco tempo de vida nossa, de pesquisa científica. Então, se a gente pensar na sua pergunta, eu quase que voltaria com outra pergunta para você: Mas como que a gente vai fazer isso?” (P5).*

*“Então, eu penso que é mais ou menos da mesma forma, você conseguindo trazer essa ideia de que há conexão em tudo, e a evolução é assim, o pessoal fala assim, que é o mais adaptável, mas é o contrário, né? A evolução gera adaptação, ao contrário, evolui, depois você tem um ser adaptável àquela coisa, àquela situação, sei lá. Então, é você trazer todos esses fatores moleculares, morfológicos, ambientais até culminar em uma adaptação. Então, dessa forma, dá para trabalhar com a pesquisa, com o ensino e até com extensão dá para trabalhar também.” (P6).*

Analisando-se os discursos apresentados pelos professores, percebe-se a dificuldade em compreender as relações das pesquisas atuais com a teoria evolutiva. Isso se deve ao fato de que muitos desses professores não tiveram contato durante sua graduação, ou em sua formação continuada, com esses conhecimentos. E isso é algo compreensível, visto que se exige algum tempo entre a produção do conhecimento pelo saber sábio e sua transposição para o saber ensinado. Apesar disso, sendo esses professores que atuam dentro das ciências biológicas, precisariam estar mais atentos às discussões científicas que podem interferir na forma como o conhecimento biológico é compreendido. Conforme Silva, Justina e Corazza (2021), muitos acadêmicos não empregaram esses conhecimentos em seus discursos, enquanto outros apenas citaram termos, mesmo já existindo inúmeros trabalhos científicos que ressaltam as interferências dessas pesquisas na compreensão da teoria evolutiva.

Assim, evidencia-se a reprodução de modelos, que se torna um ciclo, pois, na educação básica e na educação superior, vivencia-se o modelo fragmentado de conhecimento, e a evolução é apresentada como um tema da biologia e não um eixo integrador; deste modo, após formados, os estudantes podem repetir esse modelo.

Desta forma, pensar o ensino de biologia, tanto em âmbito acadêmico quanto na educação básica, requer que o professor, além de conhecer o conteúdo a ser ensinado (com suas dimensões de construção histórica), esteja constantemente se atualizando e entendendo o processo de construção dessa ciência. Como ressalta por Goulart (2005, p.3), “O conhecimento científico, como modelo do real, tem a característica de um permanente devir, um vir a ser, que o torna sempre inacabado, incompleto, pois há sempre a possibilidade de uma análise mais recente do mesmo objeto sob um novo e ainda inexplorado ângulo”.

Portanto, ao se pensar na transposição didática de um conhecimento, o professor precisa estar atento às discussões atuais que envolvem esse assunto, para que o aluno possa opinar e refletir criticamente sobre a problemática apresentada.

No **bloco X** estão incluídas as construções discursivas que denotam **“Os Professores que têm dificuldade em entender as novas pesquisas e a relação que estas têm com a teoria evolutiva”**.

*“Esses conceitos têm que ser expostos, têm que ser abordados. Eu não sei se ainda há muita, mas ainda há, eu sei, né, principalmente por parte de professores da escola mais clássica, uma certa resistência em trabalhar esses conceitos. Isso daí é uma coisa que sempre acontece com conceitos novos, uma mudança é a aceitação*

*de um ponto de vista geral, eu tenho observado, está bem melhor que alguns anos atrás. Então, esses conceitos novos têm que receber basicamente o mesmo tratamento que recebem os conceitos mais antigos, porque é muito complicado, a gente fazer eles entenderem que eles não são conflitantes, eles na verdade são complementares. Então, eu acho que isso é bem importante, são conceitos que se completam e são fundamentais para ter um entendimento mais completo do cenário de evolução biológica, tem muitas questões que ficam não muito claras, porque a gente nem tem um arcabouço teórico suficiente, né, para conseguir entender aquilo. Então, qualquer abordagem nova e que obviamente tenha evidências tem que ser trabalhada, esses conceitos modernos aí, como a gente vinha falando, são modernos, mas nem tão novos, já tem bastante coisa feita, muita coisa já comprovada. Então, é bastante aplicável, na graduação é mais fácil, né, já no nível fundamental, no nível médio, acho que é um pouquinho mais difícil, mas tem como também, mesmo que com conceitos sejam simplificados, mas é extremamente importante que eles sejam inseridos na contextualização do ensino da evolução, sem dúvida.” (P3).*

O discurso apresentado pelo professor P3 ressalta a resistência dos professores mais antigos em aceitar e trabalhar as atualizações do conhecimento evolutivo. Esse posicionamento, muitas vezes, deve-se à falta de conhecimento das discussões atuais referentes à teoria evolutiva, pois evidências empíricas têm levado a uma série de questionamentos que vêm bombardeando a teoria evolutiva da síntese moderna.

O debate em torno da necessidade de extensão da síntese evolutiva é longo, e muitos pesquisadores como Jablonka e Lamb (2010), Pigliucci e Muller (2010), Laland et al. (2015), dentre outros, apresentam, em suas publicações, motivos para se repensar a teoria evolutiva atual. Existem, ainda, autores como Reis e Araújo (2019), que consideram que as atualizações dos conhecimentos levariam a um patamar além da extensão da síntese, como se pode verificar no seguinte trecho que trata sobre a síntese evolutiva (SE) e sobre a síntese evolutiva estendida (SEE):

[...] os proponentes da síntese estendida defendem que os processos denominados viés do desenvolvimento, plasticidade fenotípica, construção de nicho e herança extragenética são negligenciados pela síntese evolutiva e pela teoria evolutiva padrão. A seu ver, esses processos possuem um importante papel em moldar os padrões evolutivos e, sendo assim, deveriam ser incorporados ao quadro interpretativo atual. No entanto, a argumentação desses autores revela que a incorporação desses processos não implica mera expansão da teoria, mas em uma transformação do quadro interpretativo anterior. Considerar a diferença entre SE e SEE simplesmente como uma questão de inclusão de processos, de extensão de teorias, é negligenciar o que há de mais fundamental: a SEE propõe uma nova forma de encarar e compreender a evolução, que envolve um novo olhar para o “ambiente”, para a “variação” e para a “hereditariedade”, além de uma nova noção de causalidade para a biologia evolutiva (a chamada “causalidade recíproca”) (REIS; ARAUJO, 2019, p.145).

Como pode ser observado, essas discussões são atuais no meio científico; desta forma, é totalmente compreensível que existam contradições; o que não se pode admitir é que essas discussões não cheguem à sala de aula em âmbito acadêmico. Mediante o exposto, justifica-se a defesa de que esse debate esteja presente em sala de aula, até mesmo para que exista a possibilidade de se refletir criticamente sobre esses assuntos e sobre temáticas que envolvem esses conhecimentos, pois a discussão é necessária para amadurecer o conhecimento.

### **Considerações finais**

Quando se propõe analisar os discursos apresentados por um determinado grupo de pessoas, no caso aqui apresentado, os discursos de professores universitários quanto à temática “evolução biológica” e o processo de constante construção desse conhecimento, não se pretende analisar o que é “verdadeiro” nessas construções discursivas, mas, sim, aquilo que está implicitamente exposto, assim como é destacado por Orlandi (2009, p. 59):

A análise do discurso não procura o sentido “verdadeiro”, mas o real do sentido em sua materialidade linguística e histórica. A ideologia não se aprende, o inconsciente não se controla com o saber. A própria língua funciona ideologicamente, tendo em sua materialidade esse jogo.

Desta forma, ao analisar os discursos apresentados pelos docentes, em forma de subdivisão de blocos de análise, fica evidente a necessidade de ampliar as discussões sobre as temáticas que propõem uma extensão para a síntese da teoria evolutiva, até mesmo entre os professores universitários. Isso é importante, pois, apesar de alguns apresentarem determinado conhecimento sobre esses assuntos, ainda não estão totalmente familiarizados com a temática, o que causa preocupação, pois estes são professores de cursos de Ciências Biológicas, nos quais essas discussões deveriam estar presentes constantemente, com o objetivo de haver uma ampla análise de como a ciência a qual eles estudam se constrói, e de como ela está em constante transformação.

### **Referências**

ARCANJO, Fernando Gonçalves; SILVA, Edson Pereira. Lamarck, Darwin e a Epigenética: o caso da herança dos caracteres adquiridos. **Scientiarun história VIII (Congresso)** – HCTE/EF RJ. 2015.

CACHAPUZ, António; GIL-PEREZ, Daniel; PESSOA DE CARVALHO, Anna Maria; PRAIA, João; VILCHES, AMPARO. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 2005.

CAPRA, Fritjof. **Ponto de Mutação, O**. editora Cultrix, 2006.

CESCHIM, Beatriz; DE OLIVEIRA, Thais Benetti; DE ANDRADE CALDEIRA, Ana Maria. 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.

DALAPICOLLA, Jeronymo; SILVA, Victor de Almeida; GARCIA, Junia Freguglia Machado. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 1, p. 150-173, 2015.

GATTI, Bernardete A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GOULART, Silvia Moreira. História da ciência: elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências. In: LIBÂNEO, José Carlos; SANTOS, Akiko. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. 2005.

NOBRE, Suelen Bomfim; SOARES, Natália Aparecida; FARIAS, Maria Eloisa. Campos de interação entre o Ensino de Biologia Evolutiva e o Pensamento Complexo. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 3, 2017.

MAYR, Ernst. **O que é a evolução**. Rocco, 2009.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Nino. **Evolução: o sentido da biologia**. Unesp, 2005.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MOTA, Helenadja Santos. **Evolução biológica e religião: atitudes de jovens estudantes brasileiros**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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.

PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. **Evolution the extended synthesis**. 2010.

PÊCHEUX, Michel. **O discurso: estrutura ou acontecimento**. Tradução Eni Orlandi. 2015.

REIS, Claudio Ricardo Martins; ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. A natureza das mudanças na biologia evolutiva contemporânea: Síntese Evolutiva Estendida? **Revista Dissertatio de Filosofia**, v. 50, p. 133-150, 2019.

SCHEIFELE, Alexandre. Formação inicial de professores de biologia a partir de um enfoque evolucionista: um estudo na prática de ensino. TESE (doutorado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciências e a Matemática. 230f. 2020.

TIDON, Rosana; LEWONTIN, Richard C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and molecular biology**, v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentamos, primeiramente, na introdução, uma breve retrospectiva epistemológica do conhecimento acerca da teoria evolutiva, com o objetivo de esclarecer o conhecimento biológico discutido no decorrer da apresentação de cinco artigos teóricos, os quais compõem esta pesquisa. Os artigos 1, 2 e 3 resultaram da análise de um questionário, em formato de afirmativas, apresentado aos alunos do último ano de dois cursos de Ciências Biológicas de duas universidades paranaenses. Já os artigos 4 e 5 são resultados da análise de uma entrevista realizada com professores universitários de universidades estaduais paranaenses.

As pesquisas envolvendo a plasticidade fenotípica, o desenvolvimento biológico, a herança epigenética e o nicho construído chegaram a um patamar elevado, ao ponto de muitos pesquisadores, como Gold (2002), Pigliucci e Muller (2010), Reversi (2015), entre outros, defenderem que esses conhecimentos sejam integrados e, até mesmo, considerados para repensar e ampliar a teoria evolutiva, a qual passaria a ser denominada de síntese estendida da evolução. E, como a teoria evolutiva é considerada, por muitos pesquisadores, o eixo integrador dos conhecimentos biológicos, é necessário que essas discussões estejam presentes em âmbito acadêmico, até mesmo para refletir como isso impacta o ensino de Biologia, tanto na formação de professores quanto na escola básica.

Entretanto, sabe-se que existem ainda algumas controvérsias quanto aos impactos dessas pesquisas que constituem a síntese estendida sobre os conhecimentos produzidos pela teoria sintética ou moderna da evolução. Laland et al. (2019), defensores da ideia de que se mantenha tal como está a teoria evolutiva, argumentam que a evolução estaria restrita aos mecanismos responsáveis por modificar as frequências gênicas, como a seleção natural, a deriva, o fluxo gênico e a mutação. Como o viés do desenvolvimento ou a construção de nicho não alteram a frequência gênica diretamente, não poderiam ser vistos como processos evolutivos. Entretanto, os autores ainda argumentam que processos como o desenvolvimento biológico desempenham um importante papel nas variantes fenotípicas e, com isso, a credibilidade pela criatividade nos processos evolutivos não estaria restrita somente à seleção.

Como essas discussões estão em evidência na comunidade científica atualmente, é relevante que os acadêmicos tenham conhecimento das pesquisas que colocam

questionamentos à síntese moderna da teoria da evolução, visto que tal teoria é de suma importância para a compreensão dos conteúdos biológicos que serão trabalhados por eles quando passarem a atuar, posteriormente à sua formação, na escola básica. Ainda, percebendo-se que os questionamentos colocados por essas pesquisas estão alterando a forma como compreendemos a biologia como um todo, é de fundamental importância que essas discussões estejam presentes nas universidades, cujo objetivo é formar profissionais intelectuais responsáveis por trabalhar com os conteúdos científicos de forma histórica, filosófica, social e atualizada.

Assim, esta pesquisa buscou responder: Como trabalhar com um conhecimento integrado e pluralista sobre o processo evolutivo na licenciatura de Ciências Biológicas? E, ainda, o que é necessário ser feito para que as teorias que integram a síntese estendida cheguem à escola? Para responder a esses questionamentos, buscamos dividi-los em quatro perguntas mais específicas: (I) Como acadêmicos de Ciências Biológicas de duas universidades brasileiras discursam sobre o tema “evolução biológica”? Esses discursos apresentam indícios de que conhecimentos provenientes da teoria da síntese estendida estão (ou não) sendo abordados durante a graduação? (II) Como os acadêmicos de Ciências Biológicas empregam, em seus discursos, conceitos como os de genótipo e fenótipo, considerando a teoria da síntese estendida da evolução? (III) Quais as formações discursivas dos acadêmicos de Ciências Biológicas sobre as pesquisas que alteram o pensamento evolutivo neodarwinista? Esses questionamentos movimentaram a construção dos artigos 1, 2 e 3, sucessivamente. Já os questionamentos (IV) Como integrar conhecimentos produzidos pelas diversas áreas da biologia por meio da evolução? e (V) Qual o discurso dos professores de graduação referente à temática “evolução”? De qual teoria da evolução estamos falando? - levaram à construção e análises dos artigos 4 e 5.

No **artigo 1**, foi possível identificar, por meio da análise dos discursos dos estudantes, a presença de termos como epigenética, plasticidade fenotípica, desenvolvimento biológico, entre outros. Com isso, concluiu-se que a citação desses conceitos configura-se indício discursivo de que esses conhecimentos estão integrados na forma como a evolução está sendo compreendida pelos estudantes, e, assim, evidencia-se que estão sendo trabalhados no ensino superior. Entretanto, são indicativos frágeis, uma vez que os acadêmicos apenas citam esses termos sem que ocorra qualquer explicação de como esses processos ocorrem e interferem nos processos evolutivos.



Com o **artigo 2**, no qual foram investigados os conhecimentos dos graduandos referentes à relação entre genótipo e fenótipo, com base na análise de seus discursos, foi possível perceber que a maioria compreende que diferentes fenótipos podem resultar de um mesmo genótipo, devido às interações com outros fatores. Todavia, os estudantes não possuíam argumentação para explicar como isso pode ocorrer, uma vez que não existem, nos discursos apresentados, indícios referentes à regulação gênica, a capacidade plástica do genótipo; os acadêmicos apenas ressaltam que o ambiente tem alguma forma de influência, sem maiores explicações.

No **artigo 3**, a análise do discurso permitiu perceber que esses estudantes 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 os seus processos, a fim de que lhes seja possibilitada a compreensão dos fenômenos relacionados à evolução biológica de forma integrada, para, assim, conseguirem trabalhar esses conteúdos, em sua totalidade, em sala de aula da escola básica.

Assim, ao analisar os processos de construção dos artigos 1, 2 e 3, presentes nessa tese, pode-se considerar que existe a citação das pesquisas que estão em pauta atualmente, propondo um amplo questionamento à teoria da síntese moderna, e, com isso, surge a necessidade de uma discussão mais ampla quanto à reinterpretação e à extensão da teoria evolutiva. Entretanto, os acadêmicos não têm conhecimento suficiente para explicar essas pesquisas nem para compreender as relações entre esses conhecimentos e a teoria evolutiva da síntese estendida. Porém, isso se justifica pelo fato de essa extensão ainda estar em discussão em meio à comunidade acadêmica; portanto é esperada a demora dessa transposição para as salas de aulas da formação de professores.

Os artigos 4 e 5 apresentam as construções discursivas dos professores e visam a analisar discursos referentes à síntese estendida e sobre como essas extensões podem auxiliar na integração dos conhecimentos biológicos. Desta forma, buscam perceber como discursam os professores diante dos questionamentos feitos à teoria da síntese moderna ao se aprofundar nos conhecimentos referentes ao desenvolvimento biológico, epigenética, construção de nicho e plasticidade fenotípica.

No **artigo 4**, analisaram-se os discursos dos professores universitários quanto à importância dos conteúdos de evolução para a formação inicial de professores, e, ainda,

questionou-se a necessidade de integrar os conteúdos biológicos. Assim, com as análises das construções discursivas apresentadas pelos professores universitários, foi evidenciado que as discussões sobre essas temáticas precisam estar presentes tanto entre os professores universitários quanto em sala de aula dos cursos de graduação em Ciências Biológicas. Todavia, apesar de existirem discussões dentro desses cursos, não há um aprofundamento dos debates que envolvam a importância da evolução como eixo integrador dos conteúdos biológicos.

O **artigo 5** destacou o discurso dos professores universitários quanto aos conhecimentos referentes às discussões que envolvem os processos evolutivos e a construção do conhecimento que envolve essa temática. As análises dessas formações discursivas mostraram a necessidade de discutir, também entre os professores universitários, as inovações e discussões atualizadas referentes à teoria da evolução e a seu processo de constante construção. Verificou-se, ainda, que muitos docentes universitários ainda não estão familiarizados com as pesquisas que envolvem a plasticidade fenotípica, a epigenética, a biologia do desenvolvimento e a construção de nicho, e os questionamentos que esses estudos colocam à síntese moderna da teoria evolutiva. Essas evidências expõem a necessidade da formação continuada, inclusive para os professores universitários.

Quanto à questão “O que é necessário ser feito para que as teorias que integram a síntese estendida cheguem à escola?”, não existe uma resposta única, mas, com a análise das construções discursivas dos docentes de graduação, podem-se propor caminhos a serem seguidos para ampliar os conhecimentos tanto dos docentes do ensino superior quanto dos acadêmicos de licenciatura em Ciências Biológicas. Desta forma, foi possível observar a necessidade de maior compreensão desses debates referentes às modificações para a teoria evolutiva, com o objetivo de ampliar os conhecimentos que serão trabalhados com os alunos em sala de aula da graduação. Assim, será possível trabalhar a biologia de forma holística<sup>13</sup> dentro dos cursos de Ciências Biológicas, pois a evolução é considerada por muitos pesquisadores como o eixo que integra os

---

<sup>13</sup> O uso de uma abordagem holística, que enfatiza o todo em uma perspectiva sinérgica, é uma concepção atual da epistemologia da Biologia e permite conduzir os estudos do fenômeno em nível de holarquia ao invés de hierarquia (RODRIGUES, 2020, p.25). Segundo o dicionário online de português se trata de um adjetivo que busca entender os fenômenos ou a realidade por completo, e não somente como resultado da união de suas partes; que analisa e entende algo por inteiro. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/holistica/> Acesso em: 03.03.2021

conhecimentos biológicos, e essas discussões não podem ficar de fora do âmbito acadêmico.

Portanto, algumas medidas podem ser tomadas, como:

- A proposição de debates envolvendo as atualizações do conhecimento científico relacionadas às teorias evolutivas e seu ensino, envolvendo os professores universitários responsáveis por formar professores;
- A implementação de formação continuada para discutir, com professores universitários, a biologia de forma integrada, visto que eles muitas vezes restringem-se por tanto tempo a suas áreas de pesquisa e de atuação que não acompanham o desenvolvimento dos conhecimentos biológicos como um todo;
- A inserção, nos currículos destinados à formação de professores de biologia, de um espaço para discutir as inovações da ciência dentro do campo das ciências biológicas,
- A inserção, nos planos políticos e pedagógicos dos cursos de Ciências Biológicas, da proposta de trabalho acerca do viés evolutivo em todas as disciplinas do curso;
- Oportunização de momentos, na disciplina Evolução, dos cursos de Ciências Biológicas, como também em outras correlatas, para discussão de aspectos históricos, filosóficos e sociais em torno da construção do conhecimento referente às teorias evolutivas.

Essas são algumas ações que sugerimos, ao analisar as construções discursivas dos professores universitários, com o objetivo de que a evolução esteja presente nos cursos de graduação de Ciências Biológicas de forma mais efetiva para, assim, possibilitar aos futuros professores compreender e trabalhar os conhecimentos biológicos de forma integrada. Com isso, pretende-se superar a fragmentação de conteúdos e fornecer base teórica para capacitá-los a decidir a melhor forma de trabalhar os conteúdos em sala de aula.

Desta forma, este trabalho de tese pode contribuir para a reflexão da necessidade de integrar os conhecimentos biológicos, pois evidencia-se a fragmentação existente nos

cursos atuais de Ciências Biológicas, e auxiliar na compreensão de que entender a evolução biológica é indispensável para a compreensão da biologia de forma holística. Ainda, contribui para entender como a ciência biologia constrói-se e que ela encontra-se em constante transformação, mediante pesquisas que vão se desenvolvendo no decorrer do tempo.

Esta tese contribui, ainda, para entender a importância de os acadêmicos e professores universitários estarem atentos à constante construção do conhecimento biológico, como é o caso da síntese estendida da teoria da evolução. Todas essas questões impactam diretamente no ensino de biologia na educação básica, onde os conhecimentos biológicos são trabalhados de forma fragmentada, dificultando a compreensão dessa ciência em sua totalidade. Assim, até mesmo os conhecimentos referentes à evolução biológica, que deveriam ser utilizados como eixo de integração, muitas vezes não são nem trabalhados, pois sempre ficam como último conteúdo do terceiro ano do ensino médio, o que gera defasagem e dificulta ainda mais o entendimento sobre a biologia de forma integrada.

Contudo, esta pesquisa não encera a questão, muito pelo contrário, necessita ainda de maiores aprofundamentos e pesquisas para que se entenda a situação atual dos cursos de graduação quanto à temática “evolução biológica” e suas reformulações, e, ainda, sua utilização como eixo integrador dos conteúdos biológicos. Entretanto, sabemos que a qualidade dos cursos de formações de professores não depende somente dos profissionais que ali atuam ou mesmo dos acadêmicos, mas também de condições de trabalho proporcionadas mediante políticas públicas, e das características da sociedade onde estão inseridos, do momento histórico, dentre muitos outros fatores.

**REFERÊNCIAS** (Introdução, apresentação da parte I, apresentação da parte II, considerações finais)

ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Um exame histórico-filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 9-10, 2010.

ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.

ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison; DE ARAÚJO, Aldo Mellender. Por que o desenvolvimento ontogenético foi tratado como uma “caixa preta” na síntese moderna da evolução? **Principia: an international journal of epistemology**, v. 19, n. 2, p. 263-279, 2015.

ARCANJO, Fernanda Gonçalves; SILVA, Edson Pereira. Pangenesis, genes, epigenesis. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 24, n. 3, p. 707-726, 2017.

CACHAPUZ, António; Gil-Perez, D., Carvalho, A. D., Praia, J., Vilches, A. et al. A necessária renovação do ensino das ciências. 2005.

CARROLL, S. B. Evo-devo and an expanding evolutionary synthesis: a genetic theory of morphological evolution. **Cell**, v. 134, n. 1, p. 25-36, 2008.

Carroll, Sean B. **Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta**. Tradução de Diego Alfaro. — Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

CASAGRANDE, G. L. MAESTRELLI, S. R. P. **A genética humana no livro didático de biologia**. 121 f. Dissertação (Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

CARDOSO, Matheus Luciano Duarte; DE MELLO FORATO, Thaís Cyrino; RODRIGUES, Maria Luiza Ledesma. Ciência e epistemologia em sala de aula: Uma perspectiva histórica para a teoria de Lamarck. **Filosofia e História da Biologia**, v. 14, n. 1, p. 45-78, 2019.

CONSOLARO, A. O gene e a epigenética: as características dentárias e maxilares estão relacionadas com fatores ambientais ou Os genes não comandam tudo! ou O determinismo genético acabou? **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 14, n. 6, p. 14-18, 2009.

COSTA, E. B. O.; PACHECO, C. 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.

FANTAPPIÉ, M. R. Epigenética e memória celular. **Revista Carbono**, n. 3, 2013.

FERREIRA, A. R.; FRANCO, M. M. Reprogramação epigenética em gametas e embriões de mamíferos. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, v. 36, n. 3-9, 2012.

- FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: SBG, 1992.
- FRANCIS, R. **Epigenética: Como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade**. Zahar, 2015.
- GARLAND, T.; KELLY, S. A. Phenotypic plasticity and experimental evolution. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 12, p. 2344-2361, 2006.
- GOULD, S. J. **The structure of evolutionary theory**. Harvard University Press, 2002.
- GOULD, Stephen Jay; LEWONTIN, Richard C. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. **Proceedings of the royal society of London. Series B. Biological Sciences**, v. 205, n. 1161, p. 581-598, 1979.
- JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida**. Companhia das Letras, 2010.
- JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. A (re) construção de conceitos biológicos na formação inicial de professores e proposição de um modelo explicativo para a relação genótipo e fenótipo. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 14, n. 3, p. 65-84, 2012.
- HRYCAJ, Steven M.; WELLIK, Deneen M. Hox genes and evolution. **F1000Research**, v. 5, 2016.
- KAMINKER, P. Epigenética, ciencia de la adaptación biológica heredable. **Arch. argent. pediatr**, v. 105, n. 6, p. 529-531, 2007.
- MAYR, E. **O que é evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MARTINS, L. A. P. A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin. **Filosofia e História da Biologia**, v. 10, n. 1, p. 67-84, 2015.
- MARGULIS, Lynn; SAGAN, Dorion. **O que é vida?** Zahar, 2002.
- MARQUES-SOUZA, Henrique; SCHNEIDER, Igor; KOHLSDORF, Tiana; FONSECA, Rodrigo Nunes. EVO-DEVO verde e amarela: biologia do desenvolvimento ganha espaço no Brasil. **Ciência Hoje**. v. 50. 2012.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **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.
- MUKHERJEE, Siddhartha. **O gene: uma história íntima**. Editora Companhia das Letras, 2016.

MÜLLER, G. B. Why an extended evolutionary synthesis is necessary. **Interface focus**, 2017, 7.5: 2017.

OLIVEIRA, T. B.; BRANDO, F. R.; KOHLSDORF, T.; CALDEIRA, A. M. A. Eco-Evo-Devo: uma (re)leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Philosophy & History of Biology/Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 2, 2016.

ODLING-SMEE, F. John; LALAND, Kevin N.; FELDMAN, Marcus W. **Niche construction: the neglected process in evolution**. Princeton University Press, 2003.

PIGLIUCCI, Massimo; MULLER, Gerd. *Evolution the extended synthesis*. 2010.

REIS, Claudio Ricardo Martins; ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. A natureza das mudanças na biologia evolutiva contemporânea: Síntese Evolutiva Estendida? **Revista Dissertatio de Filosofia**, v. 50, p. 133-150, 2019.

RIDLEY, Mark. *Evolução*. 3ª edição. **Porto Alegre: Artmed**, 2006.

RUTHERFORD, S. L. From genotype to phenotype: buffering mechanisms and the storage of genetic information. **Bioessays**, v. 22, n. 12, p. 1095-1105, 2000.

REVERSI, L. F. **Síntese Estendida – Uma Investigação Histórico-Filosófica**. 2015. 202f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Educação para a Ciência) Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2015.

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

SANTOS, Cintia Graziela. Conrad Hal Waddington e a assimilação genética. **Filosofia e História da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 155-173, 2015.

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.

SILVA, Carlos Alberto; RICHARD, Renan; SOUZA, Alexandre Reis Taveira; PAULINO, Patrícia Carla. A expressão dos Genes HOX e a má formação da coluna vertebral. **Saúde em Revista**, v. 17, n. 46, p. 59-65.

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

SILVA, Aline Alves; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. História da ciência em livros didáticos de biologia: os conceitos de genótipo e fenótipo. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 333-357, 2018.

SILVA, Aline Alves; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; SCHEIFELE, Alexandre; SCHNEIDER, Eduarda Maria. Análise dos conceitos de genótipo e fenótipo em livros

didáticos de Biologia brasileiros datados de 1950 a 2013. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e220973849-e220973849, 2020.

SMOCOVITIS, Vassiliki Betty. Unifying biology: The evolutionary synthesis and evolutionary biology. **Journal of the History of Biology**, v. 25, n. 1, p. 1-65, 1992.

STRATHERN, Paul. **Darwin e a Evolução em 90 Minutos**. Zahar, 2001.

VARA, J. M. C. **Epigenética: potencialidades na genética forense**. 2013.

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.

VIEIRA, G. C. Evo-Devo e a Expansão das Fronteiras da Biologia Evolutiva. In: ARÁUJO, Leonardo Augusto Luvison (Org.). **Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2017.

WADDINGTON, Conrad H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. **Nature**, v. 150, n. 3811, p. 563-565, 1942.

WATSON, James D. CRICK, F. H. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.