

DISCURSO DE GRADUANDOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE OS POSSÍVEIS FENÓTIPOS PARA UM GENÓTIPO

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

Aline Alves da Silva*
alinesilva4550@gmail.com

Maria Júlia Corazza*
mjcorazza@gmail.com

Lourdes Aparecida Della Justina**
lourdesjustina@gmail.com

* Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR – Brasil

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

Resumo

O presente artigo tem por objetivo evidenciar os discursos apresentados por formandos dos cursos de Ciências Biológicas em relação aos conceitos de genótipo e fenótipo, 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.

INTRODUÇÃO

Ensinar Biologia não se constitui em uma tarefa fácil, visto que essa é dotada de vocabulário próprio e de explicações complexas. Krasilchik (2009, p.251) destaca que “o ensino de biologia em geral enfatiza a memorização de termos e conceitos para atender as demandas para a avaliação superficial e rotineira”. Para que o ensino de biologia vá além dessa simples memorização é necessário investir em uma formação inicial e continuada de qualidade, proporcionando aos professores e futuros professores conhecimentos que possibilitem trabalhar a biologia de uma forma dinâmica e integrada.

Uma abordagem dinâmica e integrada da biologia pode ser exemplificada mediante a inserção da evolução como eixo norteador. Autores como Futuyma (1992), Ridley (2006), Mayr (2009), entre outros, destacam 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 determinado – pelo pensamento evolucionista.

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

Para isso, esse 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 com que 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 definida 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 apresentado na Tabela 1, o desenvolvimento do conhecimento relativo à formação fenotípica dos organismos perpassou e se modificou com a adição e compreensão de conhecimentos desenvolvidos por cientistas de cada época. Desta 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, houve muitas contribuições com 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 se baseava em uma visão “genocêntrica”, sem dar a devida atenção aos apontamentos da importância do ambiente na expressão genética e transmissão das características, que estavam sendo sinalizados pelas pesquisas.

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, e esse conjunto de conhecimentos que se complementam, formando o que ficou conhecido como a síntese moderna da evolução. Essa foi retratada por muitos estudiosos como Dobzhansky, Sarmiento, Pitterberg (1966), Mayr (2009), Dawkins (2007; 2009) dentre outros.

Atualmente pesquisas como 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 como essas podem ser repassadas para as futuras gerações como as 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 processa essas ligações químicas de longa duração e que são repassadas para as futuras gerações, assim a epigenética se constitui 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 geração de diversidade biológica (GILBERT, 2003).

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

[...] 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 evidenciado anteriormente na Tabela 1, os conceitos de genótipo e fenótipo passaram por diversas modificações em sua compreensão, pois, inicialmente, os termos eram vistos como somente forma de transmissão das características de pais para filhos sem distinção entre os conceitos. Em seguida, é apresentado de forma molecular clássica onde o conjunto de genes determina o fenótipo dos indivíduos e, em meados de 1960 há uma mudança e passam a indicar que o ambiente exerce influência na formação fenotípica, mas ainda é bem inicial e não são conhecidos os meios dessa interferência. Por volta dos anos 1980, entendia-se que havia fragmentos de DNA que competem pela sua expressão e propagação. 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 à relação genótipo-fenótipo com as mais variadas interferências e peculiaridades de sua formação.

Desta forma, é perceptível nos estudos biológicos a necessidade da compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo para os 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, esse 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 e posteriormente solicitou 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 lingüística e as ciências sociais). Ela produz uma des-territorialização 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 se constitui na relação com o simbólico dentro da história (ORLANDI, 2009).

Os dados foram coletados mediante a apresentação em forma escrita da afirmativa “um genótipo, forma somente um fenótipo”, então os estudantes de graduação precisavam explicitar se concordavam ou discordavam com tal frase. Em seguida a solicitação era que os mesmos justificassem seu posicionamento, frente ao conteúdo exposto.

Para análise do discurso utilizamos as três etapas propostas por Orlandi (2009). Na primeira etapa o analista, ao contatar com 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 no processo de produção de sentido e da constituição do sujeito. (ORLANDI, 2009). A terceira etapa consiste no processo discursivo e formação ideológica, em que Orlandi (2009, p.80) destaca que

Este modo de conceber o deslize, o efeito metafórico, como parte do funcionamento discursivo, liga-se a 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 o 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 trabalhando com a questão ideológica fundamental, pensando a relação material do discurso a língua e a ideologia ao inconsciente.

Desta forma, essa 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 2 (dois) concordaram com a afirmativa, foram eles 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 contradiz-se, 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 nucléicos). Os cientistas Watson e Crick realizaram uma nova publicação em 1957 denominada “Implicações genéticas da estrutura do ácido desoxirribonucleico”, a qual reforçava a ideia de “um gene-uma enzima”, bastante popular na época. Assim, em 1957, 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 que discordaram, houve a apresentação de diversas justificativas, as quais utilizaram conhecimentos provenientes da síntese moderna e alguns estudantes citaram o ambiente como influenciador na formação fenotípica, como é percebido 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. Segundo 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, com a possibilidade de “[...] um mesmo genoma pode 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 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 essa possibilita a compreensão de um repertório de conceitos inclusive uns dos mais fundamentais são os de genótipo e fenótipo. Entretanto, além dos conhecimentos da síntese moderna da evolução, ainda é preciso que os alunos compreendam conhecimentos que atualmente 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 justificativas conhecimentos genéticos que embasam a síntese moderna da evolução como os apresentados a seguir

Um genótipo pode desencadear várias combinações, 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 genica de cada um. **A24**

Um genótipo pode ter varias expressões, uma vez que está suscetível a mutações. **A30**

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

Não necessariamente. Muitas vezes o individuo possui genes para determinada característica, mas os mesmos são expressos por interferência de outros genes (epistasia) 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, os quais fazem 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 referentes à 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.

Desta forma, fica evidente a aproximação do discurso dos acadêmicos com os discursos científicos como os conceitos de A1 e A15, que se aproximam do discurso apresentado nos anos 1955 que diz respeito à compreensão molecular clássica onde o genótipo determina o fenótipo. Já os estudantes A2, A8, A11, A16, A20, A32 e A34 possuem um discurso semelhante aos anos 1960 que colocou em destaque a concepção genótipo mais o ambiente igual ao fenótipo, sem apresentar maiores explicações para essa interferência ambiental, diferente de A21, A22, A23, A24, A37 e A38 que 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 a necessidade de trabalhar de uma forma mais completa a

compreensão desses conceitos, visto que, como 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 utilizando as interferências ambientais na formação fenotípica, porém não explicaram como essas ocorrem e não especificaram se essas 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, que, apesar de ser válida, não representa a totalidade quanto às interferências na expressão genotípica até formar seus possíveis fenótipos.

Desta forma, faz-se necessário na formação de professores a ampliação de conhecimentos que envolvem a relação genótipo-fenótipo, estabelecendo as relações existentes desses conceitos com a teoria da 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 historia da evolução: na trilha de nossos ancestrais**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- DOBZHANSKY, Theodosius; SARMIENTO, Guillermo; PITTERBARG, 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, p. 964-967, 1953.

Recebido em: 08/03/2020

Aceito em: 01/11/2020

Endereço para correspondência:

Nome: Aline Alves da Silva*

Email: alinesilva4550@gmail.com



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