

Ciência contemporânea da biologia evolutiva: baixa inserção no ensino e possibilidades

DOI: <https://doi.org/10.33871/23594381.2025.23.3.10322>

Beatriz Ceschim¹

Resumo: A aprendizagem de conhecimentos científicos não pode estar pautada no ensino de conteúdos obsoletos, ou seja, é necessário que os conhecimentos estejam atualizados em conformidade com a ciência vigente. Esse ensaio objetiva descrever fatores que funcionam como impeditivos para a ampla inserção das discussões contemporâneas de biologia evolutiva no ensino de biologia tanto no ensino superior como na educação básica. Serão caracterizadas as duas teorias em questão nas discussões, a Síntese Moderna da Evolução e a Síntese Estendida da Evolução, para estabelecer as reivindicações epistemológicas em curso. A teoria da transposição didática será fundamentação para discutir a baixa inserção da Síntese Estendida no ensino e implicações didáticas serão apontadas na forma de indicações de possibilidades de utilização da temática em sala de aula para o ensino da natureza da ciência.

Palavras-chaves: síntese moderna, teoria sintética, síntese estendida, evolução biológica, natureza da ciência.

Contemporary science of evolutionary biology: low integration in teaching and possibilities

Abstract: The teaching of scientific knowledge must not rely on outdated content. It is crucial that the curriculum reflects up-to-date knowledge aligned with current scientific developments. This essay aims to explore the factors that hinder the integration of contemporary evolutionary biology discussions into biology education, both in higher and basic education. The two main frameworks—Modern Synthesis and Extended Evolutionary Synthesis—will be discussed to outline the ongoing epistemological debates. The theory of didactic transposition will serve as a foundation to examine why the Extended Synthesis remains underrepresented in teaching. Finally, we will suggest practical strategies for incorporating this topic into the classroom to promote a deeper understanding of the nature of science.

Keywords: modern synthesis, synthetic theory, extended synthesis, biological evolution, nature of science.

Introdução

A teoria de biologia evolutiva presente nos materiais didáticos e nas salas de aula de forma predominante é a Síntese Moderna da Evolução (Müller, 2017), aquela constituída por pressupostos darwinistas e por outras premissas originadas da biologia do século XX. Porém, nas últimas décadas do mesmo século, conhecimentos biológicos provenientes de pesquisas da embriologia e da influência de fatores extragenéticos na

¹ Professora colaboradora no Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Orcid 0000-0003-3822-7553, beatriz.ceschim@unesp.br

produção de características vivas engendraram importantes reivindicações epistemológicas para a evolução biológica.

A variedade de explicações para morfologia e fisiologia viva passou a ser maior e distinta, de modo que alguns autores passaram a questionar se a teoria vigente (Síntese Moderna) precisaria de uma extensão (cf. LALAND et al. 2014), que seria designada como “Síntese Estendida da Evolução”.

Formas alternativas de explicar o fenótipo dos organismos se acumulam, mas a escola – e até mesmo a universidade – permanecem depreendendo os processos evolutivos a partir da Síntese Moderna. Se a ciência tem atualizado há aproximadamente 50 anos suas formas de conceber como os organismos originam suas estruturas e funções, por que o ensino permanece restrito ao rol de explicações anteriores?

Esse ensaio visa elencar elementos constituintes da resposta para tal pergunta, de modo que descreva fatores envolvidos na explicação para a ausência do quadro teórico da Síntese Estendida no ensino. Objetivando esse intento, primeiro serão apresentadas algumas das reivindicações epistemológicas da Síntese Estendida tendo como referência a Síntese Moderna. Posteriormente, a teoria da transposição didática de Yves Chevallard será empregada para balizar a discussão referente ao atraso para inserção da Síntese Estendida em diferentes níveis de ensino. A discussão seguirá por meio do apontamento de fatores internos à própria teoria evolutiva que dificultam os processos de transposição didática da teoria evolutiva contemporânea, como a incompatibilidade entre alguns conceitos das duas teorias.

O percurso teórico do ensaio permitirá o apontamento de encaminhamentos para o ensino referentes às possibilidades para pensar a inclusão ou a permanência da exclusão da teoria da Síntese Estendida em programas e livros didáticos, bem como na sala de aula.

Considerações acerca da Síntese Moderna e da Síntese Estendida da Evolução

A teoria evolutiva sofreu uma sequência de inclusões e exclusões de quadros explicativos desde Charles Darwin (REIF; JUNKER; HOßFELD, 2000). Embora seja vinculada à autoria de Darwin, a teoria da evolução foi estruturada por meio de uma plêiade que originou uma síntese posterior às publicações darwinianas. Não somente constituída pela visão de Darwin acerca de como a evolução dos seres vivos ocorre, a então denominada “Síntese Moderna” foi incrementada por pressupostos de herança originados posteriormente ao autor.

Podemos pensar que a Síntese Moderna (ou Teoria Sintética), originada entre 1937 e 1950 (Kutschera; Niklas, 2004), constitua a forma de conceber a biologia evolutiva atualmente em materiais didáticos (Müller, 2017). De uma forma geral, a síntese consiste em expandir premissas darwinianas com a afirmação de que organismos compartilham descendência comum e se adaptam ao ambiente por meio da seleção natural (Pigliucci, 2008).

A Síntese Moderna reuniu premissas darwinianas como variação e seleção natural com a genética mendeliana e populacional, assim como com conceitos de padrões de evolução da paleontologia, botânica e sistemática (MÜLLER, 2017). Foi postulada por autores como o geneticista russo-estadunidense Theodosius Dobzhansky, o sistemata americano Ernst Mayr, o zoólogo britânico Julian Huxley, o paleontólogo americano George G. Simpson, o zoólogo alemão Bernhard Rensch e o botânico americano G. Ledyard Stebbins (DANCHIN, POCHVILLE E HUNEMAN, 2019; KUTSCHERA; NIKLAS, 2004; REIF; JUNKER; HOßFELD, 2000).

O resultado da síntese, que incorporou outros conceitos ao longo do século XX, como o conceito de deriva genética (PENCKE, 2017) pode ser resumido em cinco fatores evolutivos - mutação, recombinação, seleção natural, isolamento e deriva genética (ver Quadro 1).

Quadro 1: Denominações e considerações acerca dos princípios centrais da Síntese Moderna.

Pressupostos gerais constituintes da Teoria Sintética – com base em Kutschera; Niklas (2004) e Reif; Junker; Hoßfeld (2000).	
1. Mutação	São aleatórias em relação às necessidades adaptativas do organismo (originam variabilidade fenotípica)
2. Recombinação	Reorganização dos segmentos cromossômicos resultante da reprodução sexuada (origina variabilidade fenotípica)
3. Seleção natural	Causa reprodução diferencial e é entendido como o mais importante processo dirigente da evolução (muda a distribuição populacional de fenótipos)
4. Isolamento	Prevenção do fluxo gênico devido à separação geográfica e mecanismos de isolamento pré ou pós-acasalamento determinados geneticamente, que causa a especiação (formação de novas espécies).
5. Deriva genética	Perda aleatória de genes do <i>pool</i> genético em pequenas populações ou em populações cujo tamanho ou distribuição geográfica muda rapidamente (muda a distribuição populacional de fenótipos)

Fonte: elaborado pela autora.

O primeiro livro de Dobzhansky que cunhou a famosa frase “nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução” foi central para as proposições da Síntese Moderna

(KUTSCHERA; NIKLAS, 2004) e foi o primeiro relato que convenceu muitos leitores e resumiu os resultados da almejada síntese (REIF; JUNKER; HOßFELD, 2000).

Porém, ao longo do final do século XX e no século XIX, a compreensão da evolução se expandiu e não pôde mais deixar de ter consequências teóricas, de modo que, a teoria central que une os diferentes campos da biologia (a evolução) permanecesse inalterada (MÜLLER, 2008; PIGLIUCCI, 2007, 2009; LALAND et al. 2014; LALAND, 2015). As reivindicações de tal expansão concentradas na designada “Síntese Estendida” enfatizam explicações adicionais para a evolução, a saber: novas perspectivas para tratar de processos construtivos, novos papéis nas interações ecológicas, ênfase na dinâmica de sistemas na evolução da complexidade dos seres vivos, além de enfatizar efeitos das condições sociais e culturais na evolução (MÜLLER, 2017).

A Síntese Moderna explicou os fenômenos evolutivos de forma suficiente até que outras formas de conceber a evolução se formaram a partir dos anos 1970 e início de 1980 (MÜLLER, 2008). Trata-se, inicialmente, das reivindicações da evo-devo ou “biologia evolutiva do desenvolvimento”: autores começam a perceber que genes que foram denominados “reguladores do desenvolvimento” poderiam controlar como o organismo forma estruturas de forma semelhante em linhagens relativamente distantes evolutivamente (CARROLL, 2008; MOCZEK et al., 2015).

Críticas apontaram déficits explicativos na Síntese Moderna por negligenciar a teoria do desenvolvimento na síntese evolutiva e se forma a constatação de que semelhanças inesperadas na regulação gênica ocorrem entre espécies distantemente relacionadas, como insetos e mamíferos (CARROLL, 2008). O significado de tais semelhanças é que mudanças importantes podem acontecer nos organismos quando são alterados os tempos e taxas de processos do desenvolvimento, ou seja, mudanças regulatórias em genes podem ser um meio para reorganizar a morfologia e os planos corporais de seres vivos (MOCZEK, 2015), de modo que a evo-devo possa explicar como o próprio desenvolvimento evolui (ver MÜLLER, 2008).

Somada à questão evo-devo, também emerge a questão da plasticidade fenotípica (que compreende a plasticidade do desenvolvimento), constituída pela variedade de fenótipos produzidos a partir de um mesmo genótipo (GILBERT, 2001; MÜLLER, 2017). A discussão associada à relação entre evo-devo, plasticidade fenotípica e

epigenética² (SCHREY et al., 2012) engendra a dimensão da eco-evo-devo (articula a biologia ecológica e ontogenética à evolução) (ABOUHEIF et al., 2014), que consiste nos estudos referentes à influência que tem o contexto na interação com o genótipo para produzir diferentes fenótipos.

A plasticidade do desenvolvimento também foi negligenciada na Síntese Moderna por meio de expressões como “ruído do desenvolvimento”, dessa forma, quando alelos estavam associados a mais de um fenótipo, eram tomados como simples variações na expressão que deveriam ser desconsideradas (GILBERT, 2001). Porém, além de atribuir importância à regulação gênica do desenvolvimento, a síntese também passa a explorar como fenótipos diferentes são produzidos a partir de uma mesma sequência gênica por meio de influência ambiental.

Na Síntese Estendida, o papel do ambiente na evolução da vida passa a ser reinterpretado. Autores como Abouheif e colaboradores (2014) destacam que é possível entender o ambiente por meio de um duplo papel: (a) são selecionados alguns fenótipos em certos ambientes, mas (b) o ambiente também induz variação fenotípica por meio da plasticidade. Desse modo, ocorre um ciclo de *feedback* que influencia a evolução de um determinado traço.

A síntese também inclui discussões sobre uma forma de transmissão genética que não seja somente aquela vertical (transmitida por meio de gerações de parentais para descendentes), uma vez que trata de transmissão genética horizontal (o que inclui a transmissão entre organismos de espécies diferentes) (SMITH, 1985; GAO et al. 2014). As transferências podem incluir até mesmo a transposição de genes entre procariotos entre si, entre eucariotos e entre procariotos e eucariotos (KRISHNAPILLAI, 1996).

A contribuição da discussão sobre transferência horizontal está em questionar a herança genealógica, que difere da visão darwiniana sobre hereditariedade. O mecanismo é uma forma de aquisição de inovações evolutivas por vias horizontais, ou seja, interespecíficas, e que desafiam a imagem da árvore da vida (BOTO, 2010; DAUBIN; SZÖLLÖSI, 2016).

Hall, Brachat e Dietrich (2005) exemplificam como a transferência horizontal de genes de bactérias para eucariotos como *Saccharomyces cerevisiae*, o que permitiu a capacidade de *S. cerevisiae* originar enzimas envolvidas na síntese de moléculas

² Modificações herdáveis para o fenótipo, causados por outros mecanismos que não alteram a sequência do DNA (Exemplos: metilação do DNA, modificação nas histonas, entre outros). (ABOUHEIF et al., 2014. P. 96).

orgânicas que são substâncias essenciais. Deste modo, a transferência horizontal desse caso explica potencialidades vivas provenientes de genes interespecíficos.

Além dos processos supracitados, a Síntese Estendida também contempla a “construção do nicho”, que pode ser entendida como modificações ambientais dos próprios organismos sob o efeito de um regime seletivo, de modo que exerçam uma influência não aleatória na própria evolução e alterem as circunstâncias de vida também de seus descendentes (LALAND; MATTHEWS; FELDMAN, 2016).

Um exemplo de construção do nicho fornecido por Laidre (2012) é a ocupação de conchas de gastrópodes por caranguejos eremitas terrestres. Enquanto os eremitas aquáticos ocupam diretamente as conchas provenientes de gastrópodes, os eremitas terrestres precisam de conchas já previamente utilizadas por outros eremitas, devido à necessidade de conchas mais alargadas. Sendo assim, eremitas aquáticos mostram comportamento solitário e eremitas terrestres passam a mostrar comportamento gregário.

Figura 1. Comparação de ajustes do eremita em conchas provenientes de gastrópodes ou de outro eremita. (A) Concha vazia proveniente diretamente de gastrópode versus proveniente diretamente de um eremita (esquerda e direita, respectivamente). As setas vermelhas indicam o diâmetro da abertura. (B) Ajuste inadequado e exposto do eremita dentro da concha originada do gastrópode. (C) Ajuste adequado do eremita dentro da concha derivada de outro eremita.



Fonte: Laidre (2012).

Entende-se que a seleção para o comportamento social dos eremitas ocorre devido à exposição que eles têm às formigas, mamíferos e dessecação quando estão em conchas provenientes diretamente de gastrópodes (mais estreitas) (LAIDRE, 2012). Assim, é possível afirmar que o nicho construído por eremitas em sua interação com o ambiente (o comportamento social que permite o “preparo” das conchas) é transmitido entre gerações e altera processos seletivos em ciclos de *feedback* ecológico e evolutivo.

No que diz respeito à herança e à genética, a Síntese Moderna atribui muita importância às mutações. É possível afirmar que mutações podem ocorrer de formas variadas quanto ao nível de organização biológica alterando o fenótipo, por exemplo: mudança de aminoácidos que originam proteínas, mudanças nas mutações regulatórias em circuitos genéticos ou mudanças em reações enzimáticas de uma rede metabólica (WAGNER, 2008). Porém, Danchin, Pochville e Huneman (2019) explicam que além de mutações que alteram a herança genética, ou seja, aquela mediada por sequências de DNA, a Síntese Estendida inclui formas de herança não genética (que não estão balizados na variação de sequências do DNA), originando uma “herança inclusiva”³.

Um exemplo é a herança epigenética (BONDURIANSKY; DAY, 2009), nas quais são observados em alguns experimentos como padrões de metilação de genes são transmitidos a gametas de forma que mantenham características em gerações subsequentes. Por exemplo, camundongos foram expostos a um choque elétrico quando percebiam um determinado odor, segundo Dias e Ressler (2014). Os mesmos autores explicam que esse cheiro passou a significar medo para os animais e esse padrão de medo foi observado em duas gerações subsequentes quando expostos ao odor pela primeira vez, um efeito explicado por padrões de metilação. Esse exemplo aponta que características vivas podem ser originadas e perpetuadas por algumas gerações por meio de uma forma de herança não genética, concedendo a chance de aumentar o ajuste do ser vivo ao ambiente.

Os fatores supracitados abordam brevemente alguns dos conceitos da Síntese Moderna e da Síntese Estendida, mas o ensaio está isento do propósito de abranger completamente ou esgotar a exploração do espectro de cada uma.

Síntese Estendida e a transposição didática

Em consonância como o que fora pontuado, a teoria evolutiva que se faz constante em livros didáticos e programas escolares é a Síntese Moderna. Nesta seção, serão explorados os elementos que podem explicar a ausência da Síntese Estendida em tais instâncias.

Referente aos materiais didáticos modernos, Bachelard (1996) afirma que oferecem uma imediata satisfação para a curiosidade, de modo que se tornam um

³ Os mesmos autores apontam que uma herança inclusiva considerará herança epigenética, herança ecológica e herança cultural, bem como efeitos parentais de todos os tipos, como herança de microbiota (Ver mais em Ceschim; Ganiko-Dutra, 2020).

obstáculo para a cultura científica. São substituídas as ideias por imagens que se tornam vítimas de metáforas, de doutrinas fáceis apresentadas a respeito da ciência de modo a conduzir a uma inércia intelectual, que impede a formação do pensamento abstrato.

A forma como o livro didático se apresenta resulta do processo denominado transposição didática, uma sequência de transformações do conhecimento que originam o saber escolar. O conceito de transposição didática, segundo Yves Chevallard, pode ser concebido como o processo no qual ocorre a “transição do conhecimento considerado como uma ferramenta a ser posto em prática, para o conhecimento como algo a ser ensinado e aprendido” (Chevallard, 2013, p. 9).

Enquanto na sala de aula há uma composição ternária, constituída dos elementos – professor, ensino e conhecimento ensinado – em outros exemplos, a relação ternária existe, mas situa o conhecimento em outra função: numa relação com um médico ou um mecânico ocorrem tais relações, porém não há nada a ser ensinado ou aprendido, pois nesses casos o conhecimento está sendo utilizado (Chevallard, 2013).

O autor ressalta que corpos de conhecimentos não são originados para serem ensinados. São constituídos para serem utilizados. O saber acadêmico, por exemplo, “não é nada mais do que o conhecimento utilizado, tanto para a produção de novos conhecimentos como para organização do conhecimento recém-produzido em um conjunto teórico coerente” (Bachelard, 2013, p. 12).

A teorização de Chevallard se distingue por propor duas fases de atuação da transposição didática que se interpõe nos três níveis de saberes. As duas fases são “transposição didática externa” e “transposição didática interna”. Os três níveis de saber são “objeto de saber” (ou “saber sábio”, ou ainda “saber científico”), “saber a ensinar” e “objeto de ensino” (Chevallard, 1985).

Segundo o autor (1985), o objeto de saber é constituído por conhecimentos originados na academia, por meio de processos de submissão e validação. Quando o objeto de saber sofre transposição didática externa, é originado o saber a ensinar, que constitui os currículos e programas escolares. Os atores que organizam tais programas podem ser integrantes do poder público, acadêmicos, autores de manuais didáticos entre outros e são denominados pelo autor como a “noosfera”. Quando o saber a ensinar sofre transposição didática interna, é originado o objeto de ensino, ou seja, o saber que será mobilizado na interação professor-aluno. É neste nível da transposição didática que o saber requer adaptações ao contexto e à realidade dos estudantes.

Devido às transformações que ocorrem na transposição didática, na qual é originado um conhecimento de natureza distinta daquela inicial, é preciso questionar o objeto de ensino por meio do que o autor denomina de “vigilance épistémologique” (Chevallard, 1985), que poderia ser entendido como uma “vigilância epistemológica” que incessantemente verifique se a integridade conceitual está sendo mantida.

Tal vigilância é importante, pois no processo de transformação do saber científico ao saber escolar, ocorrem importantes mudanças, a saber: (a) organização do saber em compartimentos ou campos delimitados; (b) despersonalização, ou seja, o autor é desconectado do saber por meio de uma descontextualização; (c) organização do saber em programas sequenciais e progressivos; e (d) definição explícita da amplitude e da profundidade do saber a ser transmitido (Carvalho, 2009).

Considerar a teoria evolutiva a partir do conceito de transposição didática permite pensar como a evolução sofreu transformações até alcançar a sala de aula. O conteúdo da Síntese Moderna outrora organizado em artigos e livros científicos foi organizado em alguns títulos didáticos e os numerosos autores foram obliterados por conhecimentos tidos como naturais (sem autoria).

Ao contrário, a Síntese Estendida permanece localizada em artigos e livros científicos (com exceção de alguns tópicos conceituais localizados na periferia de alguns livros didáticos) e o saber ainda está associado a seus autores. Assim, pode-se dizer que a Síntese Estendida ainda não percorreu os estágios da transposição didática.

Sendo assim, é possível afirmar que a Síntese Estendida não alcançou ampla inserção no ensino por não ter ainda sofrido transformação epistemológica por meio do processo de transposição didática. Mas ainda é preciso avaliar outros elementos da problemática antes de circunscrever a discussão.

Um aspecto muito importante a ser também considerado é que, para Chevallard (1985), o saber precisa estar em uma fase consensual, ou seja, não deve apresentar dúvidas quanto ao seu *status* de consenso científico. Assim, é possível prover conhecimentos que professores e estudantes tomem como aqueles aceitos e corretos pela ciência.

Por outro lado, é preciso manter uma atualização conceitual referente aos conceitos que já foram superados pela ciência. Os conhecimentos abandonados pela ciência podem fazer parte de uma abordagem histórica, mas o conhecimento tratado como o correto segundo a ciência vigente não pode estar desatualizado (Chevallard, 1985).

Trata-se do conceito de “demora da transposição didática”, que consiste na demora que ocorre para a transposição ocorrer, de modo que os conceitos se tornam

obsoletos, mas que continuem sendo ensinados nas escolas (Chevallard, 1985). Tal demora ocorre na transposição didática externa, ou seja, no espaço de tempo desde a publicação de um conhecimento até sua inserção em programas e manuais escolares.

Pensando a necessidade de consenso em contraste com a necessidade de atualização do saber, como é possível posicionar a Síntese Estendida no conceito de transposição didática? O conceito de demora da transposição didática subsidia o entendimento do que está a ocorrer na ausência dos estágios de transposição para a Síntese Estendida.

A Síntese Moderna já está formulada por meio do processo de transposição didática em livros didáticos, assim, já passou por um processo de descontemporalização ao não mencionar momentos históricos que originaram a teoria (em especial momentos não vinculados a Darwin), está naturalizada como um conhecimento inquestionável, está descontextualizada, uma vez que se dissociou dos contextos que a originaram e está não está mais personificada, uma vez que a maioria de seus autores foram ocultados⁴.

A Síntese Estendida, no entanto, permanece controversa e pode ser considerada em uma fase de “ciência viva”, ou seja, experimenta sua construção em andamento, pois ainda está em um processo no qual cientistas e filósofos são apontados, está caracterizada por contextos e datas de origem e ainda não está dada como natural, uma vez que não há consenso. Esse aspecto será explorado na seção a seguir.

Considerações acerca da falta de consenso referente à teoria evolutiva

Não é consenso que a teoria evolutiva precise de uma extensão (cf. Futuyma, 2017), assim Gefaell e Saborido (2022) se dedicaram a abordar como as teorias da Síntese Moderna e da Síntese Estendida se relacionam e explicam que a Síntese Estendida é marcada por alguns pontos conceituais que estabelecem confrontos com a Síntese Moderna. Por exemplo, a Síntese Estendida projeta uma rejeição da ênfase nos genes e, em vez disso, a atribuição de uma importância ao papel dos organismos na evolução.

Segundo os mesmos autores (2022), até mesmo o significado do termo evolução se altera, uma vez que na Síntese Moderna se trata de uma mudança em frequências gênicas, enquanto na Síntese Estendida trata-se de mudanças nas características

⁴ Com exceção de Jean Lamarck e Charles Darwin como autores ainda permanecem nos materiais didáticos e nas recomendações da Base Nacional Comum Curricular (ver habilidade “EF09CI10 - Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica”) (BRASIL, 2018), sendo tratados de formas opostas, ao desconsiderar que as teorias dos autores tinham muitas intersecções. Por exemplo, Darwin era adepto das teorias lamareckianas (DARWIN, 2009).

hereditárias entre gerações. Ou seja, a Síntese Moderna trata a hereditariedade como restrita a uma genética sequencial, enquanto a Síntese Estendida inclui fatores não genéticos por meio de uma herança inclusiva (Gefaell; Saborido, 2022).

Ademais, a Síntese Estendida se preocupa com a biologia do desenvolvimento e com os desdobramentos que os fenótipos exibem a partir da plasticidade fenotípica nas inovações evolutivas, reorganizando o papel concedido ao ambiente, que passa a ser um indutor de fenótipos (em vez de um mero fator seletivo). Em outras palavras, enquanto a Síntese Moderna está centralizada em como o ambiente externo organiza processos evolutivos (como, por exemplo, por meio da seleção natural e da deriva genética), a Síntese Estendida enfoca processos internos dos organismos e seus desdobramentos em interação com o meio.

Assim, pode-se afirmar (Gefaell; Saborido, 2022) que as teorias divergem em várias dimensões, especialmente em como organizam explicações para as causas evolutivas, de modo que se torna possível concluir que os valores epistêmicos das teorias diferem significativamente.

Uma vez apontados alguns aspectos relacionados à incompatibilidade entre as teorias, torna-se eminente a questão da falta de consenso entre as sínteses, o que seria um impeditivo para que ocorra a transposição didática da Síntese Estendida (segundo a proposta de Chevallard).

Implicações para o ensino: possibilidades

A Síntese Estendida tem feito reivindicações epistemológicas que incluem elementos como os vieses evolutivos determinados pela biologia do desenvolvimento, a plasticidade fenotípica que desdobra fenótipos a partir de uma mesma genética sequencial, o papel evolutivo da construção do nicho e a herança inclusiva. Porém, a Síntese Moderna é considerada nos âmbitos didáticos como aquela explicação evolutiva predominante, sendo que as explicações da Síntese Estendida, como e evo-devo e a eco-evo-devo permanecem em capítulos adicionais de materiais didáticos (como FUTUYMA, 2009).

É possível observar que a teoria que se propõe como estendida prevê um pluralismo explicativo por meio de um histórico crescente de evidências que convergem para uma nova forma de explicar causas evolutivas, mas que permanecem excluídas do currículo e dos materiais didáticos por razões que foram exploradas nesse ensaio: a teoria da Síntese Estendida ainda é abordada por meio de autores identificados, datas, contexto

de origem e perguntas que causaram novas formas de interpretar a biologia evolutiva. Ou seja, são as evidências de que o processo de transposição didática ainda não ocorreu.

O caráter conservador do material didático, pontuado quando Bachelard (1996) foi abordado, pode ser um fator explicativo para que ocorra a permanência da Síntese Moderna no ensino: somente são introduzidos conteúdos naturalizados, prontos e que já perderam sua dimensão contextual e histórica. Outrossim, há elementos conceituais das teorias que se incompatibilizam, tornando inviável o consenso por ora. Se há ausência de consenso, o conhecimento da Síntese Estendida ainda não irá sofrer transposição didática.

Assentindo a não ocorrência da transposição didática, será possível considerar que a Síntese Estendida estivesse presente no ensino de outras formas? Ou seja, se a síntese não fosse ensinada como o conteúdo que representa o consenso científico, que outro papel esse conteúdo poderia ter ao ser abordado em sala de aula no ensino superior e na educação básica?

Não obstante a importância da legitimação que o consenso científico tenha para o ensino de conteúdos científicos, consideramos que o contato que estudantes podem ter com teorias ainda em discussão poderia contribuir para aprendizagem referente à natureza da ciência. Conhecer argumentações de autores da Síntese Estendida em diferentes níveis de ensino seria importante para exemplificar: (a) como a ciência precisa debater coletivamente para alcançar legitimação; (b) como a ciência é dinâmica em sua construção (em vez de estática); (c) como a ciência pode alterar ideias que já foram amplamente aceitas anteriormente; (d) como a ciência é construída por muitos autores de forma concomitante; entre outros fatores.

Os elementos que caracterizam a transposição didática, que consistem justamente na transformação que o saber sábio sofre até se tornar um saber de programas e livros didáticos e posteriormente um saber de sala de aula, determinam a naturalização do saber, de modo que os aspectos importantes para a aprendizagem da natureza da ciência podem se perder. Em outras palavras: quando um saber acadêmico se transforma em saber de sala de aula podem ser perdidas suas dimensões contextuais, históricas, seus problemas de origem e seus múltiplos autores.

Sendo assim, um saber que ainda não sofreu a transposição didática, como a Síntese Estendida, teria o potencial de conter tais elementos espontaneamente, o que poderia contribuir para o ensino e a aprendizagem referente à natureza da ciência.

Considerações finais

Objetivando descrever os fatores envolvidos na ausência de um processo de atualização dos conhecimentos de biologia evolutiva no ensino, foi possível apontar que os conteúdos científicos precisam alcançar o consenso científico para sofrerem transposição didática e, como fora supracitado, os saberes da Síntese Estendida ainda não experimentaram tal condição.

Há questões importantes em curso, tais como incompatibilidades entre a proposta que se coloca como nova (estendida) e a proposta vigente (moderna). Ademais, o caráter conservador do livro didático e a natureza da transposição didática contribuem para atrasar o processo.

Destacamos que os resultados de um processo de transposição didática podem ser conteúdos que dificultam a aprendizagem da natureza da ciência, uma vez que o saber se desloca de seu contexto de origem e passa a ser tomado como natural e acabado. A depender de como a transposição didática interna ocorra, o conteúdo da Síntese Moderna pode sofrer deformações como essas.

Sendo assim, indicamos que a Síntese Estendida teria o potencial contrário de estabelecer possibilidades para aprendizagem da natureza da ciência, justamente por não ter sido transformada por transposição didática e por estar em uma dinâmica científica em curso, em meio a debates e argumentações.

Referências

- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Papyrus Editora, 2014.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, v. 1938, 1996.
- BONDURIANSKY, Russell; DAY, Troy. Nongenetic inheritance and its evolutionary implications. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, 2009.
- BOTO, Luis. Horizontal gene transfer in evolution: facts and challenges. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1683, p. 819-827, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- 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.

CESCHIM, Beatriz; GANIKO-DUTRA, Matheus. “Genético” e “hereditário”: como a biologia contemporânea explica essa relação? In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. **Didática e epistemologia da biologia**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 169-202.

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné**. Grenoble: La Pensée Sauvage. 1985.

CHEVALLARD, Yves. Sobre a teoria da transposição didática: algumas considerações introdutórias. **Revista de educação, ciências e Matemática**, v. 3, n. 2, 2013.

DANCHIN, Étienne; POCHEVILLE, Arnaud; HUNEMAN, Philippe. Early in life effects and heredity: reconciling neo-Darwinism with neo-Lamarckism under the banner of the inclusive evolutionary synthesis. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 374, n. 1770, p. 20180113, 2019.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. Tradução André Campos Mesquita, São Paulo: Escala, 2009.

DAUBIN, Vincent; SZÖLLŐSI, Gergely J. Horizontal gene transfer and the history of life. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v. 8, n. 4, p. a018036, 2016.

DIAS Brian George, RESSLER Kerry J. Parental olfactory experience influences behavior and neural structure in subsequent generations. **Nature Neuroscience**. V. 17, p. 89– 96, 2014.

DOMINGUINI, Lucas; SILVA, Ilton Benoni. Obstáculos à construção do espírito científico: reflexões sobre o livro didático. **Plures Humanidades**, v. 12, n. 1, 2011.

FUTUYMA, Douglas J. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2009.

FUTUYMA, Douglas J. Evolutionary biology today and the call for an extended synthesis. **Interface focus**, v. 7, n. 5, p. 20160145, 2017.

GEFAELL, Juan; SABORIDO, Cristian. Incommensurability and the extended evolutionary synthesis: taking Kuhn seriously. **European Journal for Philosophy of Science**, v. 12, n. 2, p. 24, 2022.

GILBERT, Scott F. Ecological developmental biology: developmental biology meets the real world. **Developmental biology**, v. 233, n. 1, p. 1-12, 2001.

HALL, Charles; BRACHAT, Sophie; DIETRICH, Fred S. Contribution of horizontal gene transfer to the evolution of *Saccharomyces cerevisiae*. **Eukaryotic cell**, v. 4, n. 6, p. 1102-1115, 2005.

KRISHNAPILLAI, Viji. Horizontal gene transfer. **Journal of Genetics**, v. 75, p. 219-232, 1996.

KUTSCHERA, Ulrich; NIKLAS, Karl J. The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. **Naturwissenschaften**, v. 91, n. 6, p. 255-276, 2004.

LAIDRE, Mark E. Niche construction drives social dependence in hermit crabs. **Current Biology**, v. 22, n. 20, p. R861-R863, 2012.

LALAND, Kevin et al. Does evolutionary theory need a rethink?. **Nature News**, v. 514, n. 7521, p. 161, 2014.

LALAND, Kevin N. On evolutionary causes and evolutionary processes. **Behavioural processes**, v. 117, p. 97-104, 2015.

LALAND, Kevin; MATTHEWS, Blake; FELDMAN, Marcus W. An introduction to niche construction theory. **Evolutionary ecology**, v. 30, p. 191-202, 2016.

MOCZEK, Armin P. et al. The significance and scope of evolutionary developmental biology: a vision for the 21st century. **Evolution & Development**, v. 17, n. 3, p. 198-219, 2015.

MÜLLER, Gerd B. Evo-devo as a discipline. In: MINELLI, Alessandro; FUSCO, Giuseppe (eds) **Evolving pathways: Key themes in evolutionary developmental biology**, United Kingdom: Cambridge University Press, 2008, p. 3-29.

MÜLLER, Gerd B. Why an extended evolutionary synthesis is necessary. **Interface focus**, v. 7, n. 5, p. 20170015, 2017.

PENCE, Charles H. Is genetic drift a force? **Synthese**, v. 194, n. 6, p. 1967-1988, 2017.

PIGLIUCCI, Massimo. Is evolvability evolvable? **Nature Reviews Genetics**, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2008.

REIF, Wolf-Ernst; JUNKER, Thomas; HÖBFELD, Uwe. The synthetic theory of evolution: general problems and the German contribution to the synthesis. **Theory in Biosciences**, v. 119, n. 1, p. 41-91, 2000.

SCHREY, Aaron W. et al. The role of epigenetics in evolution: the extended synthesis. **Genetics research international**, v. 2012, 2012.

SMITH, J. Maynard et al. Developmental constraints and evolution: a perspective from the Mountain Lake conference on development and evolution. **The Quarterly Review of Biology**, v. 60, n. 3, p. 265-287, 1985.

WAGNER, Andreas. Robustness and evolvability: a paradox resolved. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 275, n. 1630, p. 91-100, 2008.

Submissão: 07/02/2025. **Aprovação:** 07/10/2024. **Publicação:** 15/12/2025.