



COMPREENDENDO A POLISSEMIA DO CONCEITO DARWINISTA DE ADAPTAÇÃO EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

Understanding the polysemy of the Darwinist concept of adaptation in high school Biology textbooks

Tasso Meneses Lima [tasso.meneses@ifbaiano.edu.br]

Departamento de Educação

*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Valença
Rua Glicério Tavares, S/N, Bate Quente, Valença, Bahia, Brasil CEP: 45400-000*

Cláudia Sepulveda [sepulvedacau@gmail.com]

Departamento de Educação

*Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, Feira de Santana, Bahia, Brasil*

Charbel Niño El-Hani [charbel.elhani@gmail.com]

Faculdade de Educação

*Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Federal da Bahia (UFBA),
Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n, Campus Canela, Salvador, Bahia, Brasil*

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar a polissemia do conceito darwinista de adaptação em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados no Programa Nacional do Livro Didático de 2015. Como ferramenta teórico-metodológica, foi utilizada uma matriz semântica contendo dimensões ontológicas e epistemológicas que forneceram as bases para a proposição de zonas de um modelo de Perfil Conceitual do conceito de adaptação. As análises mostraram que o uso frequente do conceito de adaptação na abordagem de conteúdos de Zoologia, Botânica, Paleontologia e Fisiologia reforçou o papel integrador e central da Evolução no discurso escolar. Prevaleceu entre as unidades de registro uma noção utilitarista da adaptação como estado de ser ou para referir-se a características dos seres-vivos, nas quais a funcionalidade aparece como condição suficiente para defini-las como adaptações, independentemente de sua origem por seleção natural. Esse modo de apresentar as adaptações pode levar os estudantes a relegarem o papel da seleção natural em sua explicação a um segundo plano, ou mesmo a desconsiderá-lo inteiramente, ou a compreendê-la como um processo que atua necessariamente para produzir traços adequados às condições atuais do meio. Diversas abordagens envolvendo o conceito de adaptação enfatizaram as noções de objetivo e propósito, desde uma perspectiva teleológica. O uso recorrente dessas explicações teleológicas pode estar associado ao fato de que esse modo de pensar é bastante comum nas atividades cognitivas, de tal maneira que seu uso seria justificado pela expectativa de que uma linguagem baseada nele poderia apresentar valor heurístico na evolução conceitual dos estudantes. Há, contudo, uma necessidade de fundamentar essas explicações apropriadamente, desde uma abordagem evolutiva e/ou organizacional dos sistemas vivos, de tal maneira que modos de pensar incompatíveis com o entendimento científico na biologia contemporânea não sejam promovidos. Isso traz dificuldades que são de enfrentamento potencialmente complicado no ensino médio, especialmente se considerarmos a ausência na formação de professores, em geral, de uma fundamentação apropriada de explicações teleológicas válidas à luz do pensamento biológico contemporâneo.

Palavras-Chave: Perfil Conceitual; Matriz Semântica; Livros Didáticos; Seleção Natural; Adaptação; Explicação teleológica.

Abstract

The present paper aims at analyzing the polysemy of the Darwinian concept of adaptation in High School Biology textbooks approved in the 2015 Brazilian National Textbook Program. As a theoretical-methodological

tool, we used a semantic matrix containing systematized ontological and epistemological dimensions that provided the bases for the proposition of zones in a Conceptual Profile model of the adaptation concept. The analyses showed that the frequent use of the concept of adaptation in addressing contents from Zoology, Botany, Paleontology, and Physiology reinforced the integrative and central role of Evolution in school discourse. A utilitarian notion of adaptation as a state of being or to refer to characteristics of living beings prevailed among the recording units, in which functionality showed up as a sufficient condition to define them as adaptations, independently of their origin by natural selection. This way of presenting adaptations can lead the students to relegate the role of natural selection in their explanation to a second plane, or even to neglect it entirely, or to an understanding of it as a natural process that necessarily acts to produce characteristics appropriate to the current conditions of the environment. Several approaches involving the concept of adaptation emphasized the notions of goal and purpose, from a teleological perspective. The recurrent use of such teleological explanations may be associated with the fact that this way of thinking is rather common in cognitive activities, such that its use might be justified by the expectation that a language based on it might have heuristic value in the students' conceptual evolution. Nevertheless, there is a necessity of grounding these explanations properly, from an evolutionary and/or organizational approach to living systems, such that modes of thinking incompatible with scientific understanding in contemporary biology are not promoted. This brings about difficulties that are potentially hard to confront in high school, especially if we consider the general absence in teacher education of an appropriate grounding of valid teleological explanations under the light of contemporary biological thinking.

Keywords: Conceptual Profile; Semantic Matrix; Textbooks; Natural Selection; Adaptation; Teleological explanation.

INTRODUÇÃO

Muitos trabalhos em Ensino de Biologia têm investigado a influência de fatores socioculturais e psicológicos no estabelecimento de visões de estudantes e professores sobre conceitos evolutivos. Por exemplo, em investigações sobre o conceito darwinista de adaptação, alguns trabalhos tratam dos papéis da linguagem cotidiana, de atitudes intuitivas e de sistemas de crenças como fatores influentes na produção de discursos incompatíveis com o conhecimento escolar de referência nessa área (e.g., Kampourakis & Zogza, 2008; Clough & Wood-Robinson, 1985; Deadman & Kelly, 1978). Podemos apontar, por exemplo, que o emprego do termo “adaptação” na comunicação cotidiana para designar um processo de ajuste ou adequação de uma característica a uma nova condição pode dificultar o seu emprego, no discurso escolar, conforme o significado que lhe é atribuído na biologia evolutiva (Ceschim, Ganiko-Dutra, & Caldeira, 2020; Wellman & Gelman, 1998; Ferrari & Chi, 1998; Sepulveda, 2010; Kampourakis, 2011).

De fato, um motivo que pode explicar a dificuldade dos estudantes de compreender o pensamento darwinista e de empregá-lo apropriadamente nos contextos em que ele mostra valor pragmático é a confusão semântica gerada pela abundância de significados diferentes atribuídos ao conceito de adaptação (Sepulveda & El-Hani, 2007). De acordo com Ceschim e colaboradores (2020), o termo “adaptação” apresenta, além da conotação cotidiana mencionada acima, uma polissemia científica que leva a uma heterogeneidade de possíveis molduras teóricas para atribuição de significado ao mesmo (*frames*¹) e a uma complexidade que normalmente não é sinalizada para os estudantes. Assim, ainda que seja feita uma diferenciação entre adaptação fisiológica e adaptação evolutiva, permanecem variações de significado que requerem atenção no ensino e na aprendizagem. Mesmo que enfoquemos somente o pensamento darwinista, ainda estaremos dentro de um campo polissêmico, dado que o mesmo termo pode designar, por exemplo, adaptação como característica e como processo.

Diante da polissemia do conceito de adaptação e das várias influências de fatores socioculturais e psicológicos sobre a produção de significados acerca do mesmo, uma análise dos significados atribuídos ao conceito darwinista de adaptação em vários contextos, incluindo pelo menos três dos domínios genéticos considerados por Vygostky (Wertsch, 1985) – sociocultural, ontogenético e microgenético –, foi realizada por Sepulveda (2010), como base para a construção de um perfil conceitual de adaptação à luz da Teoria dos Perfis Conceituais (TPC) (Mortimer, 1995).

Perfis conceituais são ferramentas teórico-metodológicas que, na forma de modelos, permitem compreender a diversidade de significados atribuídos a conceitos científicos em diferentes contextos sociais,

¹ Um *frame* significa um sistema de categorias estruturadas de acordo com algum contexto motivador. O *frame* se constitui de modo sistematizado, como se fosse uma cena que organiza experiências passadas e que se apresenta ao ser lembrado quando a palavra evoca. A polissemia pode surgir quando *frames* alternativos são evocados a partir de uma mesma palavra (Fillmore, 2006).

incluindo contextos de ensino e aprendizagem. A partir de um modelo de perfil conceitual, pode-se entender a evolução das ideias dos estudantes, no processo de ensino e aprendizagem, não como uma substituição de ideias prévias por ideias científicas, mas como um aprimoramento de seus modos de pensar, de tal forma que as novas ideias adquiridas podem coexistir com ideias anteriores, desde que, ou articuladas entre si, quando tomadas como compatíveis, ou se os domínios de aplicação de diferentes modos de pensar forem devidamente delimitados, conforme o valor pragmático de seu uso (Mortimer, 1995; Mortimer & El-Hani, 2014). Neste último caso, a aprendizagem envolve, de maneira fundamental, uma dimensão metacognitiva, no sentido de que os estudantes podem vir a compreender que há uma diversidade de modos de pensar, representados no modelo de perfil, os quais apresentam contextos distintos para seus usos de maneira apropriada e fértil.

A TPC sustenta, pois, que a aprendizagem de ciências envolve dois processos interligados: (1) um deles cognitivo, a aquisição de novas zonas de um perfil conceitual, ou seja, de novos modos de pensar um conceito (no caso específico do ensino de ciências, modos científicos de pensar); (2) e outro metacognitivo, a tomada de consciência pelo aprendiz acerca da multiplicidade de modos de pensar disponíveis no meio sociocultural em que vive, bem como dos contextos em que cada um deles pode ser aplicado de maneira apropriada e fértil (Mortimer, 1995; El-Hani, Silva-Filho, & Mortimer, 2014). O primeiro processo conduz à aprendizagem de modos científicos de pensar, aos quais os estudantes geralmente não têm acesso por outra via que não a escola. O segundo implica a construção pelos estudantes de uma visão clara sobre quais modos de pensar e quais significados de um conceito estão disponíveis como representações coletivas no meio em que vivem e em quais contextos se mostram mais apropriados (El-Hani, Silva-Filho, & Mortimer, 2014).

O perfil do conceito darwinista de adaptação desenvolvido por Sepulveda (2010) é constituído por zonas que representam modos de pensar sobre esse conceito, estruturados a partir de diferentes compromissos ontológicos e epistemológicos (com alguns compromissos compartilhados por diferentes zonas). Estes modos específicos de pensar sobre adaptação foram identificados a partir de ideias oriundas de diferentes domínios genéticos de produção de significado, organizadas numa matriz semântica². No presente trabalho, esta matriz semântica do conceito de adaptação foi adotada como ferramenta teórico-metodológica para a análise do conteúdo semântico do termo “adaptação” nos livros didáticos de Biologia aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) (MEC, 2014).

A influência de fatores socioculturais na aprendizagem de conceitos evolutivos é frequentemente vista como fonte de obstáculos epistemológicos (e.g., Alters & Nelson, 2002). Contudo, essas influências socioculturais não são tratadas, na base teórico-metodológica na qual se apoia a presente pesquisa, *necessariamente* como fontes de obstáculos à aprendizagem, tampouco defende-se que concepções prévias que os estudantes tragam para a sala de aula devam ser *necessariamente* superadas para que o ensino de ciências seja bem sucedido (e.g., Posner *et al.*, 1982). Os diferentes modos de apresentar a adaptação nos livros didáticos são aqui compreendidos dentro de um modelo geral da heterogeneidade do pensamento e da linguagem, inclusive no discurso da ciência escolar, o que permite relacioná-los e diferenciá-los das formulações do conceito darwinista de adaptação encontradas no campo de produção do conhecimento sobre biologia evolutiva. Objetivamos analisar aspectos ontológicos e epistemológicos do conceito darwinista de adaptação conforme apresentados nos livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD 2015. A importância de analisar esses aspectos do conceito se relaciona ao seu papel potencial como ferramenta cultural que, a partir do discurso da ciência escolar, pode influenciar de modo decisivo a ação social de docentes e discentes (como discutido por Selles e Ferreira, 2004, em relação ao discurso escolar sobre as estações do ano).

Consideramos como “discurso da ciência escolar” o conjunto de realizações no campo educacional regido por regras de distribuição e controle da comunicação pedagógica, estabelecidas por princípios dominantes numa sociedade e submetidas ao controle do Estado (Bernstein, 1986). O controle da comunicação pedagógica compreende ações seletivas de significados potenciais - inclusive de conceitos científicos - para sua recontextualização como parte do discurso escolar. Nesse processo, formas de comunicação especializadas veiculam contribuições culturais resultantes de disputas entre diferentes grupos sociais pelo direito de manter suas construções visíveis no contexto da escola. Nesses termos, podemos entender a aprendizagem de maneira alinhada com uma visão vigostkiana (Vygotsky, 1989), na qual aprender implica a internalização, por meio de interações sociais, de ferramentas culturais, na constituição de um plano interno de funcionamento mental que se mantém em relação dialética com um plano social externo. Interessa, pois, entender quais aspectos ontológicos e epistemológicos incidem sobre a internalização pelos estudantes

² Sepulveda (2010) nomeou essa ferramenta “Matriz Epistemológica de Significação do Conceito de Adaptação”. Contudo, como tal matriz inclui não somente compromissos epistemológicos mas também ontológicos, associados a temas e categorias que dão significado à adaptação, uma nova denominação foi proposta por Reis (2018) e acatada por Sepulveda, “matriz semântica”, na medida em que esta é uma ferramenta que organiza diferentes significados atribuídos a um conceito.

de diferentes modos de pensar a adaptação disponíveis nas sociedades em que vivem e recontextualizados pedagogicamente nos livros didáticos.

ANÁLISE EPISTEMOLÓGICA DO CONCEITO DE ADAPTAÇÃO

De acordo com o *Oxford English Dictionary* (OED), o termo “adaptation” apresenta um radical “apt” que deriva do Latim “apt-us”, que significa “ajustado”, “adequado”, “apropriado”. Constam no OED como principais definições para “adaptation”: (1) ação ou processo de adaptar, ajustar, adequar uma coisa a outra ou a uma nova condição; (2) o resultado de um processo que define uma condição, um estado genérico de adaptatividade; e (3) um exemplo especial de adaptação ou um traço específico.

Qualquer uma das definições acima sugere que adaptação é um conceito relacional. O processo de adaptação seria o ajuste de uma coisa a outra, enquanto um estado genérico de adaptatividade seria uma relação entre uma dada coisa e uma condição à qual a primeira está adaptada. Aplicando essas definições ao caso dos seres vivos, o processo de adaptação seria (grosso modo) o ajuste de um organismo a um ambiente, enquanto um estado genérico de adaptatividade seria uma relação entre um organismo e o ambiente ao qual ele está adaptado. Um traço adaptativo específico seria, por sua vez, uma característica que exerce uma função biológica num organismo e, assim, contribui para o estado de adaptação do mesmo (Rose & Lauder, 1996).

Diferentes definições de adaptação biológica como processo são apresentadas na literatura especializada sobre evolução biológica: qualquer mudança evolutiva no complexo forma-função de uma característica que reduz a quantidade de energia requerida pelo organismo para manter a sinergia do estado de adaptação plenamente sucedido (Bock, 1980) modificação evolutiva de um caráter sob seleção para uma função vantajosa em um contexto particular (West-Eberhard, 1992); processo evolutivo durante o qual as características ou capacidades dos organismos mudam de modo a permitir superar problemas impostos pelo ambiente (Burian, 2005); processo pelo qual espécies distintas se tornam ajustadas a diferentes ambientes por meio de seleção natural (Lewontin, 2000). Nessas definições, a adaptação está sendo entendida como um processo de mudança que envolve ajuste funcional a uma circunstância específica, não ficando evidente em algumas delas o papel causal da seleção natural.

O conceito de adaptação enquanto processo apresenta diferenças menos substanciais em suas formulações do que o conceito de adaptação como traço específico, o qual abriga controvérsias marcantes em torno de seu significado. Essas controvérsias se iniciam quando nos perguntamos por que e como alguns organismos vieram a adquirir determinadas adaptações. Ao responder a esta questão, teremos duas formas de definir as adaptações enquanto traços específicos: a definição histórica, a qual considera a adaptação como um resultado da ação da seleção natural, e a definição a-histórica, que a trata como uma característica que contribui para a sobrevivência e a reprodução dos seus possuidores (Gould & Vrba, 1982).

A definição histórica foi endossada, por exemplo, por Elliott Sober (1993), que defendeu que o critério para considerar um traço como uma adaptação deve ser a sua história causal. De acordo com esse autor, um traço não é uma adaptação só porque confere alguma vantagem ao seu possuidor (tendo em vista que traços vantajosos podem ter evoluído casualmente), mas porque seus ancestrais foram selecionados devido àquela vantagem. Mesmo que o traço não confira vantagem ao seu possuidor nas circunstâncias atuais, ele ainda assim será considerado uma adaptação à luz dessa definição se tiver sido derivado da ação da seleção natural (Williams, 1996). Além disso, para que um traço seja considerado uma adaptação, sua prevalência numa população não só deve ter resultado de um processo de seleção natural, mas, mais do que isso, de uma seleção *para* uma tarefa específica que ele desempenha, conforme propõe Sober (1993, p. 208): *A* é uma adaptação para a tarefa *T* na população *P* se, e somente se, *A* se tornou prevalente em *P* porque houve seleção para *A*, sendo a vantagem seletiva conferida por *A* devida ao fato de que *A* ajudou na execução da tarefa *T*.

De acordo com a definição histórica, a seleção natural de um traço para uma dada tarefa é uma condição necessária e suficiente para que o traço seja considerado uma adaptação, enquanto sua contribuição corrente não é condição nem necessária nem suficiente para que ele seja uma adaptação. Embora a definição histórica da adaptação seja válida, há uma complexidade prática na sua aplicação, qual seja, a de que é necessário deixar claro se um traço foi selecionado por exercer uma tarefa particular que conferiu uma vantagem aos seus portadores, tornando-se prevalente numa linhagem devido à seleção natural, ou se ele se tornou prevalente por alguma outra razão. Tal dificuldade aproximou pesquisadores

como Reeve e Sherman (1993) e Mayr (2001), por exemplo, de uma definição a-histórica. Mayr afirma que, se uma característica teve qualidade adaptativa desde seu surgimento ou não, é irrelevante para sua caracterização como uma adaptação. Segundo Reeve e Sherman (1993), por sua vez, o que importa é a contribuição vantajosa de uma característica e não sua história seletiva, a qual, segundo esses autores, não deve ser o único tipo de história que deve resultar nas adaptações. Assim, de acordo com a definição a-histórica, um traço será uma adaptação se ele conferir uma vantagem corrente aos seus possuidores, aumentando suas chances de sobrevivência e reprodução. Nesse caso, a contribuição de um traço à sobrevivência e reprodução de um organismo é uma condição necessária e suficiente para ser uma adaptação, enquanto a seleção natural do traço devido ao seu papel não é uma condição nem necessária nem suficiente (Quadro 1).

Quadro 1. Condições para que uma característica seja considerada uma adaptação de acordo com as definições histórica e a-histórica. (Elaborado pelos autores)

Condições	Definição Histórica	Definição a-histórica
Resultado de um processo de seleção natural.	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário • Suficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Desnecessário • Insuficiente
Contribuição corrente ao incremento da sobrevivência e da reprodução.	<ul style="list-style-type: none"> • Desnecessário • Insuficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário • Suficiente

É possível combinar critérios históricos e a-históricos para definir adaptação enquanto traço específico. Porém, é importante destacar que uma característica que traz algum benefício corrente pode ter evoluído para algum outro papel, tendo sido cooptada posteriormente para sua função atual, o que pode ocorrer independentemente da seleção natural. Para acomodar situações dessa natureza, Gould e Vrba (1982) agruparam o conjunto geral de características de algum modo úteis para a sobrevivência e a reprodução dos organismos sob um mesmo conceito, que denominaram “aptação”. As aptações são divididas, então, em dois subconjuntos: de um lado, características resultantes de seleção natural para a ação vantajosa que desempenham no tempo corrente, as “adaptações”; de outro, características que, independentemente da ação direta da seleção natural, teriam sido cooptadas para exercer uma ação que tem utilidade corrente, as “exaptações”. Essa distinção também incorpora uma decisão terminológica proposta por Williams (1966), de acordo com a qual as adaptações desempenham “funções” e as exaptações produzem “efeitos”(Figura 1).

Processo	Caráter	Uso
A seleção natural moldou o caráter para um uso corrente - Adaptação	Adaptação	Função
Um caráter, previamente moldado pela seleção natural para uma função particular (uma adaptação), é cooptado para um novo uso – Cooptação	Exaptação	Efeito
Um caráter cuja origem não pode ser atribuída à ação direta da seleção natural (uma não aptação), é cooptado para um uso corrente – Cooptação		

Figura 1 - Distinção entre adaptação e exaptação (adaptado de Gould e Vrba, 1982, p.5).

Essa distinção de Gould e Vrba (1982) é capaz de nos informar melhor sobre a história evolutiva de uma característica, pois a definição de adaptação e exaptação devem explicar se o caráter evoluiu para um papel corrente, ou para outro papel, tendo sido posteriormente cooptado para o uso atual. Nesses termos, propõe-se uma distinção importante quanto às circunstâncias nas quais o caráter teria se tornado prevalente numa linhagem. No caso das adaptações, uma mudança no regime seletivo antecedeu o surgimento do traço adaptativo, que foi então produto de seleção natural naquelas novas circunstâncias. No caso das exaptações, o surgimento do traço adaptativo antecedeu uma mudança nas circunstâncias ambientais, sendo que o traço adaptativo pode ter favorecido a sobrevivência e reprodução dos organismos que o possuem nessas novas circunstâncias.

O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA COMO UMA FERRAMENTA CULTURAL DO ENSINO DE CIÊNCIAS

No Brasil, um importante passo na direção de uma avaliação criteriosa dos livros didáticos foi dado em 1985, com a implementação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) pelo Ministério da Educação (MEC), que inicialmente visava apenas coordenar sua aquisição e distribuição gratuita aos alunos das escolas públicas brasileiras. Dez anos mais tarde, o PNLD passou, contudo, a realizar uma análise e avaliação pedagógica dos livros a serem adquiridos e distribuídos pelo MEC, sendo excluídos da compra pelo ministério aqueles que não atendessem aos objetivos educacionais propostos em edital específico (Vasconcelos & Souto, 2003). Esse programa resultou num amplo processo de intervenção no currículo e em seu controle por meio dos livros didáticos, os quais desde a década de 1930 eram lançados pelo mercado editorial e adquiridos pelo governo sem qualquer avaliação (Batista, Rojo, & Zúñiga, 2005).

Em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as avaliações dos livros didáticos se comprometeram com a adequação da contextualização e das relações entre ciência e cotidiano, ao mesmo tempo em que se ocupavam da correção conceitual e da qualidade e coerência das abordagens metodológicas (MEC, 2000). O processo de avaliação dos livros didáticos aproximou a comunidade acadêmica dos autores e das editoras, permitindo que pesquisadores participassem com maior visibilidade do processo de discussão de critérios de avaliação dos livros de Ciências, o que, de algum modo, estimulou a produção de pesquisas sobre os conteúdos desses materiais (e.g. De Castro Pereira *et al.*, 2023; El-Hani *et al.*, 2011; Vasconcelos & Souto, 2003), os processo de escolha dos livros didáticos e sua adequação aos PCNs, entre outros temas (e.g., Pimentel & Vilarino, 2017; Pedreira & Souza, 2023).

No Brasil, as pesquisas sobre os livros didáticos de ciências têm trazido contribuições significativas. A maioria dessas contribuições se relaciona aos conteúdos trabalhados, com análises dos modos de abordagem dos conceitos, de erros conceituais presentes nos livros, de aspectos ideológicos no tratamento dos assuntos e da imagem da ciência apresentada (e.g., Fracalanza, 1993; Ferreira & Selles, 2003). Verificam-se também estudos sobre o livro didático como uma produção cultural que engloba vários discursos (Bandeira & Vellozo, 2019; Martins, 2016), e como o principal instrumento norteador do trabalho do professor, dirigindo as relações didáticas, as práticas de aprendizagem e também a avaliação no ensino de ciências (Bizzo, 2007; Bizzo *et al.*, 2007).

O diálogo entre a pesquisa em Educação Científica e o ensino de ciências, que caracteriza investigações como as apontadas acima, pode ser verificado nos próprios livros didáticos, em especial nas obras produzidas por autores que são também pesquisadores da área. Nessas obras, as formulações não se constituem apenas em recontextualizações de conteúdos das ciências naturais e em orientações didático-pedagógicas. Elas são configuradas em discursos que incorporam elementos de conhecimento produzidos pela própria comunidade de pesquisadores em educação científica. De qualquer modo, as concepções do Ensino de Ciências que perpassam esses livros se apoiam em escolhas realizadas dentro de um conjunto possível de visões sobre ensino e aprendizagem, que circulam na prática social de ensinar ciências na escola e caracterizam o discurso da ciência escolar (Martins, 2016). Entre elas, temos, por exemplo, concepções voltadas para a importância da caracterização da linguagem da ciência, que se considera que deve conter, em alguma medida, correspondência com códigos linguísticos e semióticos próprios do discurso científico (Halliday & Martin, 1993; Martins, 2016).

Desde uma perspectiva sociocultural (Vygotsky, 1989) os livros didáticos configuram-se como materiais que atuam na mediação dos processos cognitivos, articulando relações entre ciência, cultura e sociedade, no contexto da formação de cidadãos. Nesse sentido, os livros didáticos representam artefatos culturais, de modo que suas condições de produção, circulação e recepção são definidas com base em práticas sociais estabelecidas na sociedade. Como artefato cultural, o livro didático possui uma história que não está desvinculada da própria história do ensino escolar, tampouco dos padrões mais gerais de comunicação na sociedade. Assim, o texto do livro didático se constitui a partir de ressignificações dos discursos científicos, didáticos e do cotidiano (Martins, 2016).

A TEORIA DARWINISTA DA EVOLUÇÃO NO DISCURSO DA CIÊNCIA ESCOLAR

A teoria darwinista da evolução busca explicar a diversidade da vida, elucidando os padrões de parentesco entre espécies extintas e atuais com base no compartilhamento de ancestrais comuns. Também explica a maneira como espécies evoluem a partir de ancestrais com base em processos de especiação e da ação da seleção natural, processo que tem papel central na explicação da diversidade biológica e das adaptações (Darwin, 1859; ver, e.g., Kampourakis *et al.*, 2012; Sterelny & Griffiths, 1999).

O pensamento evolutivo é um dos eixos estruturantes do pensamento biológico (Meyer & El-Hani, 2005) e, desse modo, se reveste também de grande importância na educação básica, cumprindo no ensino médio o papel de eixo curricular do ensino de Biologia, sendo indispensável à compreensão de teorias e modelos explicativos dessa ciência, embora não seja o único eixo organizador desse currículo (MEC, 2000, 2006). Diversas áreas da biologia moderna, como a fisiologia, a sistemática, a genética, a ecologia, entre muitas outras, não podem ser entendidas de modo apropriado e integrado sem a compreensão da evolução (Gould, 1982; Bishop & Anderson, 1990). A teoria evolutiva também exerce um importante papel na formação para a cidadania, em particular, para a tomada de decisões em situações sociocientíficas (Sadler, 2005). Afinal, a compreensão satisfatória de diversos processos biológicos que têm impacto social depende do pensamento evolutivo, a exemplo da resistência bacteriana a antibióticos e das pandemias provocadas por vírus emergentes (Meyer & El-Hani, 2005) ou do melhoramento genético de plantas e animais utilizados pelos seres humanos (Bull & Wichman, 2001).

Não obstante o reconhecimento de seu papel central no currículo escolar de Biologia, o ensino de Evolução é marcado por conflitos e dificuldades. Ele tem sido frequentemente negligenciado no Ensino Médio em diferentes países, por razões intrínsecas e extrínsecas aos professores de Biologia, a exemplo dos conflitos com visões criacionistas (Ruse, 2005; Anderson, 2007; Allgaier, 2009; Burton, 2010; Oleques *et al.*, 2011; Staub *et al.*, 2015; Silva Leão *et al.*, 2020; Demetrio *et al.*, 2023; Newall & Reiss, 2023), das dificuldades em seu entendimento (e.g., Bizzo, 1994; Brem *et al.*, 2003; Tidon & Lewontin, 2004), inclusive aquelas decorrentes de visões pouco sofisticadas sobre a natureza da ciência (e.g., Dagher & Boujaoude, 2005; Lombrozo *et al.*, 2008; Miller & Toth, 2014), e do predomínio de conteúdos da biologia funcional em relação à biologia evolutiva nos currículos escolares (Carvalho *et al.*, 2011, 2020).

Recentemente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) definiu o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (MEC, 2017). A BNCC é uma referência nacional para a formulação dos currículos dos sistemas e das redes escolares dos estados, do distrito federal e dos municípios, e das propostas pedagógicas das instituições escolares. Apesar de a BNCC propor que os estudantes avaliem a complexidade de processos relativos à origem e à evolução da vida na Terra, ela não faz qualquer menção a respeito de quais perspectivas, modelos, ou teorias deveriam ser usadas para essa tarefa. A forma como a BNCC trata as competências e as habilidades a serem alcançadas pelos estudantes a partir do tema “evolução e diversificação da vida” relativiza o papel central da teoria darwinista no currículo escolar, ao não mencioná-la em nenhuma seção do texto³. Conforme a Competência Específica 2 da BNCC, que está diretamente relacionada ao ensino de Evolução, o educando deve ser capaz de

“[...] construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis” (MEC, 2017, p. 539).

Como discutem Colli e colaboradores (2021), o desenvolvimento das habilidades pretendidas pela BNCC poderia ser facilitado caso as Ciências da Natureza fossem ensinadas sob uma perspectiva evolucionista, de forma que a Evolução permeasse e fundamentasse a compreensão dos fenômenos naturais relacionados à vida na Terra. Ao analisar como a Evolução Biológica é apresentada na BNCC, percebe-se que o tema é tratado de maneira superficial e conteudista, sem qualquer menção ao seu papel central e unificador para os conhecimentos biológicos.

Tal omissão pode dar margem a que outra(s) forma(s) de pensar sobre esse tema ocupe(m), no contexto do ensino de ciências, o lugar central que o darwinismo ocupa na Biologia.

Influência de fatores socioculturais e epistemológicos na compreensão da teoria evolutiva

Várias pesquisas sobre ensino de evolução têm mostrado um conjunto de fatores de ordem afetiva e epistemológica que contribuem para visões de mundo anti-evolucionistas (e.g., Alters & Nelson, 2002; Bishop & Anderson, 1990; Lawson & Worsnop, 1992). Pesquisas em educação científica evidenciam que a recusa de professores ao ensino da teoria evolutiva tem como principais razões os sistemas de crenças religiosas, a pressão e o estresse oriundos de conflitos e crenças pessoais, bem como relações familiares e comunitárias

³ O único trecho da BNCC em que a palavra “darwinismo” aparece é para fazer referência ao Darwinismo Social como conhecimento conceitual para investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, como forma de promover a equidade e o respeito à diversidade (MEC, 2017, p. 559).

(e.g., Boujaoude *et al.*, 2011; Griffith & Brem, 2004; Goldston & Kyzer, 2009; Chuang, 2003). Apesar disso, é possível que os professores que apresentem tal recusa possam passar a ensinar a teoria evolutiva caso reconheçam o papel das evidências como parte significativa do trabalho científico, a significância explicativa de processos evolutivos como a seleção natural (Deniz *et al.*, 2008; Rutledge & Mitchell, 2002) e alcancem algum tipo de acordo entre suas visões de mundo e o pensamento evolutivo (Sepulveda & El-Hani, 2004, 2006; El-Hani & Sepulveda, 2010). Entre os estudantes, verifica-se grande dificuldade de compreensão de conceitos evolutivos, bem como dissonância de crenças religiosas e outros conhecimentos prévios com as ideias científicas (e.g., Silva & Teixeira; 2021; Tidon & Lewontin, 2004; Figueiredo & Sepulveda, 2018). Esses trabalhos evidenciam em que medida fatores socioculturais e epistemológicos influenciam os processos de ensino e aprendizagem de evolução.

Sobre a relação entre ciência e religião, é importante considerar que concepções científicas podem ser apreendidas em um contexto que envolve a negociação de crenças pessoais com aquelas concepções (Cobern, 1994). Em trabalho recente, Santos e Fernandes (2021), apoiando-se na Teoria de Perfis Conceituais (Mortimer, 1996) e no Construtivismo Contextual (Cobern, 1993, 1994), que destacam a natureza social do conhecimento científico e a importância de isso ser levado em consideração no processo de aprendizagem, propõem a planificação de estratégias conceituais e epistemológicas por parte do professor para orientar o modo como os estudantes podem perceber suas culturas na mediação com o conhecimento escolar.

Isso não significa deixar de lado os objetivos do ensino de ciências. Trata-se de que concebemos que esses objetivos dizem respeito à compreensão das ideias científicas, e não à crença nestas, como exploramos em trabalhos anteriores (El-Hani & Mortimer, 2007a, 2007b). Assim, se um estudante de ciências compreende as ideias evolutivas, ele terá sido bem sucedido em sua aprendizagem, mesmo que eventualmente as rejeite, devido, por exemplo, a conflitos com suas visões de mundo. Conceber o ensino de ciências como tendo o objetivo de moldar diretamente as crenças dos estudantes, e não sua compreensão, corresponde a entendê-lo como proselitista e doutrinário. Se as crenças dos estudantes forem transformadas, isso deve ser uma decorrência de uma dinâmica própria de seus sistemas cognitivos, na qual a compreensão das ideias científicas – entendidas como um objetivo da educação científica – poderá ter um papel. Isso não corresponde, de modo algum, a defender que seria suficiente que os estudantes compreendessem as ideias científicas “sem acreditar que qualquer coisa que seja afirmada na ciência... deve ser aceita como verdadeiro” (Hoffmann, 2007, p. 690). O que de fato implica é que devemos ser cuidadosos quanto à suposição de que a educação escolar deve ter o objetivo de “mudar o que os estudantes acreditam sobre a realidade” (cf. Messeder Neto & Rosa, 2022, p. 11, n. 1). Este cuidado decorre do reconhecimento de que conflitos entre as visões de mundo dos estudantes e a ciência escolar podem ocorrer, com consequências preocupantes para as perspectivas e atitudes dos estudantes e, em última análise, até mesmo para o sucesso da própria educação científica (ver Cobern, 1996; El-Hani & Mortimer, 2007a, 2007b). Isso não significa, contudo, deixar simplesmente de lado qualquer influência que a escolaridade possa ter sobre como os estudantes pensam a realidade, mas apenas que os professores de ciências não devem tomar como seu objetivo moldar diretamente as crenças dos estudantes, como comentado acima.

Um aspecto fundamental para o correto entendimento da visão que defendemos é ter em conta que, embora a crença nem sempre siga da compreensão, a compreensão tipicamente resulta em crença e tipicamente orienta a ação (Smith & Siegel, 2004; Evnine, 2001; Adler, 2002). Não se trata de argumentar, assim, que professores de ciências devem perder de vista a relevância da aceitação pelos estudantes de ideias trabalhadas pela ciência escolar. O argumento é mais sutil: devemos ter como objetivo a compreensão, levando em conta que tendemos a aceitar as proposições que compreendemos, *a menos que haja razões que se oponham a essa tendência*. Quando a crença ou a aceitação não segue da compreensão, pode haver importantes razões socioculturais para esse desfecho, que são muitas vezes vinculadas a conflitos entre afirmações científicas e ideias fundamentais nos pontos de vista ontológicos dos estudantes, que são parte de suas visões de mundo e orientam suas experiências vividas e seus modos de estar no mundo. Esses conflitos merecem, em nosso entendimento, a devida atenção, seguindo daí a ideia de que professores não devem buscar moldar diretamente as crenças de seus estudantes.

Tem sido argumentado, inclusive, que ensinar para a compreensão das ideias científicas pode favorecer a aprendizagem pelos estudantes de afirmações que abrigam tensões com suas visões de mundo, possibilitando uma negociação em torno de suas crenças pessoais que tornam possível uma aprendizagem bem sucedida – enquanto compreensão –, em vez de um “apartheid cognitivo” (Cobern, 1996), no qual estudantes apenas assimilam o que foi ensinado em sua memória de curto termo, visando sucesso em atividades avaliativas, sem de fato aprenderem, o que requer mobilização de sua memória de longo termo.

Desta perspectiva, estudantes que estão comprometidos com visões de mundo – por exemplo, religiosas – que suscitam conflitos no ensino e na aprendizagem de evolução podem vir a aprender conteúdos evolutivos se capazes de alguma forma de negociação com suas crenças sociais, de modo a possibilitar a compreensão daqueles conteúdos. Alinhados a essa perspectiva sobre o ensino de ciências, Sepulveda e El-Hani (2004) investigaram grupos de estudantes universitários protestantes (dos tipos Carismático e de Missão)⁴ de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, solicitando que discorressem sobre suas concepções de natureza e caracterizassem estratégias que porventura utilizassem para administrar a convivência entre conhecimento científico e conhecimento religioso em sua visão de mundo. Os dados mostraram que os participantes apresentaram diferentes posicionamentos perante o discurso científico, desde sua recusa total e sistemática até a sua apropriação através de negociação com significados próprios de sua visão de mundo teísta. Esses resultados indicam que, apesar de poder haver recusa total do discurso científico até mesmo entre alunos que cursam uma licenciatura no campo das ciências naturais, é possível também que, uma vez que os estudantes compreendam o conhecimento científico, este passe a apresentar considerável força e alcance nas visões dos estudantes, o que leva à sua apropriação. Estes estudantes podem não somente querer dominá-lo e utilizá-lo quando o considerarem de valor pragmático para suas ações, inclusive cognitivas, como também podem vir a sentir a necessidade de integrá-lo às suas convicções religiosas, criando modelos explicativos próprios, que combinam conceitos e teorias científicas e ideias religiosas. Embora a construção desses modelos híbridos não seja objetivo do ensino de ciências, e malgrado eles trazerem preocupação quando assumidos por professores de ciências, eles possivelmente são a solução mais provável para que estudantes religiosos se movam da recusa da ciência à sua compreensão e aceitação. Como comenta Cobern (1996), é pouco provável que o ensino de ciências alcance a massa crítica necessária para que estudantes que têm vínculos fortes com ideias religiosas, como eixos organizadores de sua visão de mundo e de seu modo de viver, venham eventualmente a substituir essas ideias por ideias científicas. Os modelos explicativos da ciência são vistos por estudantes protestantes cuja visão de mundo é compatível com a ciência como contribuições que tornam mais claras certas questões que se encontrariam implícitas e subentendidas no texto bíblico, enriquecendo e sofisticando as visões que eles apresentavam antes da apropriação do conhecimento científico, baseadas apenas no conhecimento bíblico (Sepulveda & El-Hani, 2004; Sepulveda, 2010). Assim, diante das possibilidades que se descortinam para a aprendizagem desses estudantes, e sem assumir como objetivo do ensino de ciências moldar diretamente suas crenças, esses modelos híbridos são resultados prováveis, com os quais precisamos aprender a lidar, na formação de professores e no entendimento da docência de ciências.

Outro fator a considerar no ensino de evolução diz respeito à influência de modos de pensar comumente envolvidos na linguagem cotidiana sobre a aprendizagem dos estudantes. Kampourakis e Zogza (2008), por exemplo, investigaram a compreensão de estudantes de ensino médio (14-15 anos) sobre conceitos evolutivos importantes, como descendência comum e seleção natural, quando mobilizados para explicar as causas de homologias e adaptações. Nesse trabalho, 40 dos 98 estudantes apresentaram explicações evolutivas para as similaridades morfológicas entre espécies. Contudo, os autores afirmam que este grupo de estudantes entende que há uma possível relação de parentesco entre as espécies, não mostrando propriamente uma compreensão do conceito de descendência comum. Eles concluíram que poderia ser fácil para muitos estudantes compreender o conceito de descendência comum, desde que eles já tivessem tal noção em mente - muito provavelmente, a noção de parentesco familiar, e não de parentesco evolutivo. Nesse caso, os estudantes apelam ao pensamento antropomórfico⁵ para atribuir alguma relação de parentesco aos organismos em decorrência de uma estratégia de recorrer a uma noção que lhes é mais conhecida. O uso do pensamento antropomórfico, ao auxiliar na construção de uma ideia sobre parentesco evolutivo, aproxima a compreensão do estudante do modo de pensar darwinista e mostra o papel que visões veiculadas na linguagem cotidiana podem ter durante a aprendizagem de ciências, em especial quando a perspectiva de ensino admite a coexistência de concepções prévias dos alunos com o conhecimento científico. Nesse caso, contudo, a tomada de consciência sobre a diversidade de modos de pensar e seus domínios apropriados de aplicação se torna especialmente relevante para uma transição para a forma científica de pensar o parentesco entre espécies.

A respeito das explicações dos estudantes sobre as causas das adaptações, Kampourakis e Zogza (2008) relatam variações entre suas concepções, que eles classificaram como teleológicas, biológicas focadas em causas próximas⁶ e biológicas focadas em causas evolutivas. Os resultados obtidos por esses

⁴ Conforme tipologia de denominações protestantes do Centro Ecumênico de Documentação (Silva, 1998).

⁵ Uma abordagem antropomórfica explica estruturas ou processos biológicos por comparação ou analogia a aspectos tipicamente humanos (Coley & Tanner, 2015). O pensamento do tipo antropomórfico está relacionado a uma forma de visão teleológica que atribui aos organismos intencionalidade, um modo de pensar sobre um dado fenômeno em termos de objetivos ou finalidades deliberadas.

⁶ Causas próximas estão relacionadas a explicações causais que operam em escala temporal próxima aos seus efeitos, a exemplo

autores mostraram, além disso, que quanto menos informações eram apresentadas aos estudantes, maior a frequência das concepções teleológicas, e, quanto mais informações eram dadas, mais explicações por causas próximas e evolutivas ocorriam. Isto é, quanto mais informações eram fornecidas para os estudantes, mais naturalistas e menos intuitivas eram suas explicações, conforme a interpretação desses autores.

Isso não quer dizer que explicações teleológicas não tenham importância na biologia ou no processo de aprendizagem dos estudantes. Segundo Carmo, Nunes-Neto e El-Hani (2012), o que há de distintivo nas explicações teleológicas na Biologia, em oposição às explicações causais na física, reside num modo de explicação funcional que é próprio dessa ciência, o qual pode ser justificado com base na seleção natural ou na organização sistêmica, que explicam – em termos remotos e próximos – a existência e a operação de partes ou características que cumprem funções que contribuam para determinados objetivos nos sistemas vivos (envolvendo, portanto, uma dimensão teleológica) (ver tb. Mossio *et al.*, 2009; Cooper *et al.*, 2016). É fundamental, então, distinguir entre explicações teleológicas compatíveis e incompatíveis com o pensamento científico contemporâneo: de um lado, explicações funcionais, conforme abordadas acima, se mostram válidas; de outro, explicações que concebem o universo como produto de um plano teleológico (o que Mayr, 1982, designa “teleologia cósmica”) ou que tratam a evolução como um processo que cumpre metas são inválidas à luz do corrente modo científico de pensar.

Outras pesquisas envolvendo concepções de estudantes sobre evolução mostraram a presença da ideia de que o ambiente por si só causaria mudanças nos traços biológicos ao longo do tempo, não se levando em consideração o papel de mutações gênicas, da recombinação genética e mesmo da seleção natural (Greene 1990; Moore *et al.*, 2002). Alters e Nelson (2002) afirmam que os estudantes por eles investigados não conseguiam distinguir entre processos responsáveis pelo aparecimento de características e pela manutenção destas numa população. Segundo esses autores, os estudantes têm dificuldade de compreender que o ambiente afeta a persistência dos traços geração após geração depois que eles surgem na população. Ao invés disso, tendem a acreditar que o ambiente age sobre o organismo para produzir a mudança. Desse modo, muitos estudantes atribuem a mudança evolutiva à necessidade do organismo de mudar em resposta às exigências do meio e/ou ao uso e desuso de estruturas orgânicas, combinados à herança de caracteres adquiridos.

Desse modo, muitos estudantes tendem a usar o termo “adaptação” não com seu significado evolutivo, mas com seu significado cotidiano, referindo-se a processos de alteração individual de traços por meio de esforços dos próprios organismos, que resultariam em padrões de uso e desuso, em resposta a necessidades particulares, de maneira análoga a como o treinamento regular em uma academia, por exemplo, resulta em crescimento muscular (Dijk & Reydon, 2010). A ideia de que o uso e desuso de uma característica podem ocasionar mudanças evolutivas é comum nas explicações dos estudantes sobre como órgãos considerados desnecessários se tornariam vestigiais e/ou eventualmente desapareceriam (Gregory, 2009). Contudo, a teoria darwinista reconhece muitas razões para a perda de traços complexos, algumas delas envolvendo diretamente a seleção natural, mas nenhuma delas baseada no desuso e na herança de caracteres adquiridos (Jeffrey, 2005; Espinasa & Espinasa, 2008). Ideias de evolução baseadas em herança de caracteres adquiridos comprometem o entendimento do conceito de adaptação, porque, segundo elas, os traços são modificados em uma geração e já aparecem em sua forma alterada na próxima, independentemente da seleção natural. Assim, a evolução passa a ser vista pelos estudantes como um processo que age sobre a espécie como um todo, enquanto a variação entre os indivíduos da população, que constitui a matéria-prima da evolução, é negligenciada (Alters & Nelson, 2002). Nesse caso, as espécies são vistas como um “*tipo*” único, ou uma “*essência comum*”, sendo as variações individuais concebidas como desvios anormais e irrelevantes do tipo, ou seja, os estudantes se mantêm comprometidos com um

daquelas relacionadas à fisiologia dos organismos, enquanto causas distantes ou remotas estão relacionadas à história evolutiva das espécies, operando em escalas temporais distantes de seus efeitos. Esta distinção foi formulada inicialmente por Ernst Mayr (1961), ao propor uma distinção entre biologia funcional, que estuda as causas próximas e propõe respostas para questões do tipo “Como?”, e biologia evolutiva, que estuda causas remotas e propõe respostas a questões do tipo “Por quê?”. A dicotomia entre causas próximas e causas remotas tem sido mais recentemente questionada (e.g., LALAND *et al.*, 2011; CALCOTT, 2013; LALAND *et al.*, 2013), sendo um dos principais argumentos a defesa de uma causalidade recíproca, conforme a qual eventos ocorridos na ontogênese do organismo têm efeitos evolutivos. Isso aconteceria quando organismos realizam atividades que alteram as pressões seletivas que atuam sobre uma população e as pressões seletivas agem de volta sobre os organismos, caracterizando a reciprocidade. Caponi (2013) responde a essas críticas, propondo manter a distinção feita por Mayr, com base no argumento de que o que diferencia as causas próximas das causas evolutivas não é a natureza de determinado fenômeno em si mesmo, mas se seus efeitos têm lugar apenas sobre o funcionamento de sistemas biológicos ou se afetam também a composição das linhagens. No primeiro caso, devemos falar em causas próximas; no segundo, em causas evolutivas. Dessa maneira, mantém-se, numa versão reformulada, a distinção proposta por Mayr entre duas classes de fenômenos, uma da qual se ocupa a biologia funcional, outra da qual se ocupa a biologia evolutiva. O argumento de Caponi afirma, além disso, uma descontinuidade conceitual na biologia, que não nos permite pensar em sistemas e linhagens da mesma forma.

pensamento tipológico, em contraste com o pensamento populacional característico das explicações darwinistas (Schtulman, 2006).

Finalmente, ressaltamos a relevância da concepção geológica do tempo na compreensão da evolução das espécies. O tempo geológico⁷, além de fornecer o contexto necessário para as alterações ambientais de longo prazo, configura-se como peça fundamental para o processo de evolução por seleção natural, considerando-se os longos intervalos frequentemente necessários para este ocorrer (Chaves *et al.*, 2018; D'Argênio, 2009). Dodick (2007) considera o tempo geológico como um dos conceitos mais importantes para o entendimento do processo evolutivo, embora o mesmo desperte conflitos cognitivos, em razão da dificuldade do ser humano de relacionar-se de forma significativa com os bilhões de anos de história evolutiva da vida. Nesse sentido, Bonito e colaboradores (2011) afirmam que, entre as dificuldades relatadas por estudantes quanto à compreensão do tempo geológico, figuram a necessidade de utilização de números muito grandes, a exigência de memorização e a demanda de compreensão de esquemas explicativos muito complexos. Adicionalmente, Cortner e colaboradores (2010) relatam que a visão religiosa interfere na compreensão do tempo geológico e, por conseguinte, da teoria evolutiva pelos estudantes, pois conceber uma Terra antiga, com aproximadamente 4,6 bilhões de anos, mostrou-se um problema de ordem afetiva para vários deles, em virtude de conflitos com os relatos de suas religiões.

MÉTODOS

Para examinar o modo como os livros didáticos apresentam o conceito de adaptação, realizamos uma análise de conteúdo (AC). A literatura sobre análise das comunicações traz uma variedade de definições relativas à AC: como uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto na comunicação; como uma técnica válida e replicável para a realização de inferências específicas sobre um texto ou outras propriedades do objeto de estudo; como a semântica estatística do discurso político; como toda técnica para fazer inferências através da identificação objetiva e sistemática de características específicas de mensagens; como método de pesquisa que utiliza procedimentos para fazer inferências válidas sobre o texto – relativas ao seu emissor e receptor e à sua mensagem (Holsti, 1968; Kaplan, 1943); ou, ainda, como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens (Bardin, 2009).

Para dar conta de nosso objetivo de pesquisa, analisamos o conteúdo de livros didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados pelo PNLD/2015⁸, visando identificar como lidam com aspectos ontológicos e epistemológicos do conceito de adaptação. Nessa análise, levamos em consideração as condições de produção dos livros didáticos – em particular, os critérios de aprovação das obras utilizados pelo PNLD - e o contexto em que eles se inserem - o campo de recontextualização pedagógica na produção do discurso escolar (Bernstein, 1986), necessária para que os livros possam exercer seu papel na educação básica.

As seguintes etapas foram seguidas no estudo: (1) realização de uma pré-análise, que consistiu de uma leitura prévia, flutuante, a partir da qual foram identificadas as unidades textuais que poderiam permitir um entendimento de como eram abordados aspectos ontológicos e epistemológicos do conceito de adaptação (e.g. Sepulveda, 2010; Sepulveda; Mortimer & El-Hani, 2014; Sepulveda, Nunes-Neto & El-Hani, 2011); (2) Análise do conteúdo das unidades textuais, codificando-as em função dos referenciais teóricos e metodológicos usados; (3) produção de inferências e interpretações dos textos analisados (Bardin, 2009).

Para exemplificar como realizamos a análise, reproduzimos abaixo um trecho de um livro didático que trata de adaptações:

A evolução do padrão básico de construção do corpo dos vertebrados está estreitamente relacionada à adaptação dos animais ao seu meio ambiente, aquático

⁷ Segundo Chaves e colaboradoras (2018), não existe uma definição clara e consensual para Tempo Geológico. Existe, apesar disso, uma noção compartilhada pela comunidade científica sobre a que Tempo Geológico se refere. Nesse trabalho, estamos considerando Tempo Geológico como o tempo decorrido desde o final da fase em que a Terra se consolidou até os dias atuais (Almeida & Barreto, 2010).

⁸Justificam-se os livros aprovados no PNLD/2015, como *corpus* desse trabalho, por terem sido divulgados no mesmo ano em que foi realizada a análise (como objeto de investigação da tese de doutorado do primeiro autor do presente trabalho). Tais coleções eram as mais recentes produções desse tipo de material recomendadas para compra pelo programa de governo.

ou terrestre. O entendimento do valor dessas adaptações, e do porque de elas serem como são, passa obrigatoriamente por uma série de princípios da física (...). O sistema esquelético e muscular são responsáveis pela mobilidade dos animais e a forma como ocorre o movimento depende da natureza do ambiente. Essencialmente, entre o ar e a água, a maior diferença quanto à locomoção está no fator densidade do meio (Lopes & Rosso, 2013; p. 276).

No primeiro período do trecho, o termo “adaptação” pode ser interpretado em termos de um estado de ser dos vertebrados, compatível com as condições dos meios em que vivem. Já no terceiro período, o mesmo termo sugere atributos daquele grupo de animais, na medida em que são designadas como adaptações características do sistema esquelético e muscular dos mesmos. A abordagem enfatiza, assim, distintos significados do termo “adaptação”, mostrando como o uso de tal conceito no discurso científico escolar é polissêmico e pode ser esclarecido por meio de uma análise sistemática de conteúdo que se ocupe de seus significados e de suas dimensões ontológicas e epistemológicas, como nos propomos a fazer nesse trabalho.

O *corpus*⁹ da pesquisa foi constituído por nove coleções de livros didáticos aprovadas no PNLD 2015, cada uma com três volumes, totalizando 27 livros (Quadro 2).

Quadro 2 – Referência bibliográfica dos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados no PNLD/2015 e as respectivas siglas usadas nesse trabalho.

Sigla	Referência Bibliográfica dos livros didáticos analisados
L1	Lopes, S. G. B.C. & Rosso, S. (2013). <i>Bio</i> . Saraiva 2ed., v.1. 320p.
L2	Lopes, S. G. B.C. & Rosso, S. (2013). <i>Bio</i> . Saraiva 2ed., v.2. 320p.
L3	Lopes, S. G. B.C. & Rosso, S. (2013). <i>Bio</i> . Saraiva 2ed., v.3. 320p.
L4	Mendonça, V.L. (2013). <i>Biologia</i> . Editora AJS. 2a Ed. V1, 320p.
L5	Mendonça, V.L. (2013). <i>Biologia</i> . Editora AJS. 2a Ed. V2, 320p.
L6	Mendonça, V.L. (2013). <i>Biologia</i> . Editora AJS. 2a Ed. V3, 296p.
L7	Da Silva Jr. C.; Sasson, S.; Caldini Jr., N. (2013). <i>Biologia</i> . Saraiva 11ed. V1. 320p.
L8	Da Silva Jr. C.; Sasson, S.; Caldini Jr., N. (2013). <i>Biologia</i> . Saraiva 11ed. V2. 320p.
L9	Da Silva Jr. C.; Sasson, S.; Caldini Jr., N. (2013). <i>Biologia</i> . Saraiva 11ed. V3. 320p.
L10	Amabis, J. M. & Martho, G. R. (2013). <i>Biologia em Contexto</i> . Moderna Ed.1, v.1, 280p.
L11	Amabis, J. M. & Martho, G. R. (2013). <i>Biologia em contexto</i> . Moderna Ed.1, v.2, 320p.
L12	Amabis, J. M. & Martho, G. R. (2013). <i>Biologia em contexto</i> . Moderna Ed.1, v.3, 320p.
L13	Linhares, S. V. & Gewandszadner, F. (2013). <i>Biologia Hoje</i> . Editora Ática. 2ed. V1, 312p.
L14	Linhares, S. V. & Gewandszadner, F. (2013). <i>Biologia Hoje</i> . Editora Ática, 2ed. V2, 320p.
L15	Linhares, S. V. & Gewandszadner, F. (2013). <i>Biologia Hoje</i> . Editora Ática, 2ed. V3, 312p.
L16	Favaretto, J. A. (2013). <i>Biologia, Unidade e Diversidade</i> . Saraiva, 1ed. V.1, 320p.
L17	Favaretto, J. A. (2013). <i>Biologia, Unidade e Diversidade</i> . Saraiva, 1ed. V.2, 319p.
L18	Favaretto, J. A. (2013). <i>Biologia, Unidade e Diversidade</i> . Saraiva, 1ed. V.3. 320p.
L19	Bröckelmann, R. H. (2013). <i>Conexões com a Biologia</i> . Moderna, Ed.1, V1. 248p.
L20	Bröckelmann, R. H. (2013). <i>Conexões com a Biologia</i> . Moderna, Ed.1, V2. 312p.
L21	Bröckelmann, R. H. (2013). <i>Conexões com a Biologia</i> . Moderna, Ed.1, V3. 303p.
L22	Bizzo, N. M. V. (2013). <i>Novas Bases da Biologia</i> . Editora Ática, 2ed., v1. 312p.
L23	Bizzo, N. M. V. (2013). <i>Novas Bases da Biologia</i> . Editora Ática, 2ed., v2. 320p.
L24	Bizzo, N. M. V. (2013). <i>Novas Bases da Biologia</i> . Editora Ática, 2ed., v3. 312p.
L25	Takeuchi, M. R. & Osorio, T. C. (2013). <i>Ser protagonista- Biologia</i> . Edições SM, 2 ed. V1, 320p.
L26	Takeuchi, M. R. & Osorio, T. C. (2013). <i>Ser protagonista-Biologia</i> . Edições SM, 2 ed. V2, 320p.
L27	Takeuchi, M. R. & Osorio, T. C. (2013). <i>Ser protagonista-Biologia</i> . Edições SM, 2 ed. V3, 311p.

Durante a leitura fluante, buscamos identificar os termos de interesse para a análise de conteúdo (a palavra "adaptação" e suas derivações). Uma segunda leitura, ainda na fase de pré-análise, visou confirmar e identificar novos termos de interesse eventualmente não visualizados. Posteriormente, os textos nos quais os termos de interesse foram identificados foram recortados e codificados. Eles foram identificados, de acordo com a fonte e o capítulo de onde foram extraídos, e categorizados de acordo com os temas da matriz semântica de adaptação (Sepulveda, 2010) (ver abaixo). Esses recortes definiram as unidades de registro (UR) do trabalho - unidades de significação definidas a partir de recorte léxico (palavra/índice) e semântico de acordo com as categorias da matriz semântica. Após codificarmos as unidades de registro, quantificamos as

⁹ Segundo Bauer e Aarts (2008), o *corpus* é uma coleção finita de materiais, determinada de antemão pelo analista, com inevitável arbitrariedade. Estes autores afirmam que as decisões sobre quais tipos de textos devem ser incluídos, e quais devem ser excluídos, deverá considerar um espectro de texto suficiente dentro de uma "população" alvo, a qual corresponde a uma coleção de materiais textuais determinada a partir de diferentes contextos. Analisamos todas as obras, e seus respectivos volumes, por considerarmos que esta era uma coleção suficiente e passível de análise dentro do tempo disponível para o estudo.

categorias encontradas, e estimamos a frequência de ocorrência de cada uma delas, com o intuito de analisar a prevalência das mesmas em todo o corpus do trabalho.

Buscamos analisar as URs considerando o contexto do qual elas foram extraídas: uma seção do texto principal de um capítulo, um texto de abertura do capítulo, seções de aprofundamento, imagens e diagramas. A depender do capítulo, essas fontes continham informações oriundas de campos de investigação das Ciências Biológicas, nos quais era possível que fossem atribuídos diferentes significados ao conceito de adaptação. Esse modo de analisar o conteúdo objetivou compreender a variação semântica que o conceito de adaptação pode apresentar nos livros didáticos. Os campos de investigação das Ciências Biológicas que orientavam abordagens nas quais o conceito de adaptação estava presente foram tratadas, aqui, como unidades de contexto (UC); “Evolução da vida”, “Ecologia”, “Sociedade e Ambiente”, “Zoologia”, “Botânica”, “Classificação dos seres vivos”, “Fisiologia Humana”, “Histologia”, “Citologia”, “Estudo da Hereditariedade” etc.

Ao analisarmos cada UR, levantamos alguns questionamentos para auxiliar a análise: o termo de interesse aparece em forma de substantivo, ou de outro modo? A que nível de organização biológica o traço adaptativo se refere? Qual o papel do organismo e do meio na origem da adaptação? Ao descrever as origens de uma adaptação, o autor descreve uma história evolutiva? Ao enfatizar funções dos traços adaptativos, como o autor as explica? Na medida em que essas questões eram respondidas, com auxílio da literatura biológica especializada, bem como das contribuições da história e da filosofia da biologia, outras questões eram formuladas, aumentando o aprofundamento das inferências e a confiança na correspondência semântica entre o conceito de adaptação apresentado e os compromissos sistematizados na matriz semântica de adaptação.

Matriz semântica do conceito darwinista de adaptação

Apresentamos a seguir os fundamentos teóricos que embasaram a construção da matriz semântica do conceito darwinista de adaptação (MSA), possibilitando a identificação de compromissos ontológicos e epistemológicos subjacentes ao significado desse conceito dentro de uma teoria darwinista. A Figura 2 apresenta um diagrama esquemático da matriz semântica.

A MSA foi elaborada por Sepulveda (2010) a partir de diferentes fontes de informação, que permitiram o entendimento da gênese do conceito de adaptação nos domínios sociocultural, ontogenético e microgenético. No caso do primeiro domínio, foram usadas fontes secundárias da história das ciências e análises epistemológicas do conceito; no segundo, trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes; e no terceiro, dados oriundos de entrevistas e registros de interações discursivas entre estudantes e professores em diferentes contextos, especialmente os de sala de aula.

De posse de informações relacionadas a esses três domínios, a matriz semântica foi construída com o objetivo de identificar compromissos ontológicos e epistemológicos relacionados a diferentes modos de pensar sobre adaptação, como uma base para identificar zonas para compor um modelo de perfil conceitual. Neste trabalho, os temas e as categorias ontológicas e epistemológicas da matriz semântica foram utilizados para subsidiar a interpretação do termo “adaptação” e de suas derivações nas narrativas dos livros didáticos.

A partir da análise dos compromissos ontológicos e epistemológicos identificados nos três domínios genéticos relativos ao conceito de adaptação, Sepulveda identificou seis temas epistemológicos, a partir dos quais esse conceito pode ser significado: (1) ontologia, (2) fator causal, (3) mecanismo causal, (4) natureza da adaptação como solução de problemas que desafiam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo do organismo, (5) condições necessárias e suficientes para que um traço seja considerado uma adaptação e (6) o papel do conceito na explicação da forma orgânica.

Um aspecto distintivo do conceito de adaptação é o fato de o mesmo, na esfera das Ciências Biológicas, poder ser interpretado segundo diferentes categorias ontológicas, como uma característica fenotípica distinguível num indivíduo e como um processo evolutivo. Além disso, tanto no domínio da Biologia, quanto na esfera da linguagem cotidiana, a adaptação pode ser entendida como um estado de ser (de um organismo ou uma espécie) ou como um atributo biológico de um ser adaptado a um ambiente. De uma perspectiva científica, a adaptação deve ser fundamentalmente concebida em termos históricos, designando traços resultantes do processo de seleção natural, como propõem, por exemplo, Sober (1993) e Burian (2005). Há, contudo, outros modos de entender as adaptações, mostrando polissemia e controvérsia dentro do campo científico. West-Eberhard (1992), por exemplo, propõe utilizar o termo “adaptação” para indicar uma propensão do organismo à sobrevivência e à reprodução em um ambiente particular. Essas duas maneiras de conceber a adaptação, como traço resultante da seleção natural ou como propensão do indivíduo a sobreviver e reproduzir-se com sucesso em determinado ambiente, resulta na matriz semântica em duas

categorias dentro do tema ontologia – a visão retrospectiva e a visão prospectiva do processo evolutivo, respectivamente.

Em termos ontológicos, outro aspecto importante diz respeito aos níveis de organização nos quais adaptações podem ser encontradas. Ao nível do organismo individual, as adaptações podem ser entendidas como resultados de uma modificação decorrente de seu próprio desenvolvimento, isto é, a adaptação pode ser concebida em termos ontogenéticos. Ao nível populacional, característico do pensamento darwinista, a adaptação é concebida como resultado de mudanças em linhagens, ao longo do tempo evolutivo e através de gerações, isto é, a adaptação é concebida em termos filogenéticos.

Outro tema central diz respeito à origem das adaptações, ao “por que” de formas orgânicas adaptativas existirem e a “como” elas se originaram, enfocando processos e fatores causais. De um lado, a adaptação pode ser interpretada como um princípio auto-explicativo, de tal maneira que não se reconhece a necessidade de explicar sua origem, em termos causais. Entre as expressões comuns que se vinculam a esse entendimento, temos a simples afirmação de que algo “é um processo adaptativo” ou de que um organismo realiza alguma ação “para se adaptar”. Além disso, é possível que o problema darwinista da adaptação - a relação da forma orgânica com as necessidades colocadas para a sobrevivência e reprodução dos sistemas vivos - sequer seja reconhecido, concebendo-se, assim, um entendimento sobre adaptação como um fenômeno auto-evidente, que não demanda, pois, explicação causal.

Explicações finalistas da adaptação também são encontradas nos três domínios genéticos. Nessa forma de explicação teleológica, que não se mostra compatível com o entendimento científico corrente das adaptações, a finalidade, o objetivo, o propósito de uma estrutura existir é entendida como suficiente para explicar em termos causais sua presença nos organismos.

De uma perspectiva histórica, duas formas de explicações causais são propostas para dar conta das adaptações nas formas orgânicas: explicações transformacionais e variacionais ou seletivas. Numa explicação transformacional, a evolução de um sistema é atribuída a mudanças simultâneas e conjugadas em todos e em cada um de seus componentes. Por exemplo, a evolução de uma população é concebida como resultado de mudanças simultâneas de todos e cada um dos organismos que a compõem. Desta perspectiva, os organismos são tratados como se fossem, de maneira suficiente, os sujeitos dos processos evolutivos que ocorrem com eles (Caponi, 2005).

Numa explicação variacional ou seletiva, como aquela sustentada nas teorias evolutivas darwinistas, a evolução não é entendida com base no funcionamento e na estrutura do organismo individual, mas sim na história e na dinâmica das populações. A evolução da forma orgânica, nesse caso, se dá por causa de mudanças nas proporções de diferentes variantes nas populações (Lewontin, 2000).

Quanto aos fatores causais envolvidos no controle dos processos pelos quais adaptações evoluem, três visões podem ser identificadas. No externalismo, o controle desses processos é atribuído ao meio externo aos organismos, por exemplo, a regimes seletivos nos ambientes em que vivem. No internalismo, esse controle é atribuído ao meio interno do organismo, por exemplo, a processos de desenvolvimento que causam mudanças morfológicas. Por fim, no construcionismo, uma relação dialética entre fatores internos e externos ao organismo é proposta, como vemos, por exemplo, em teorias como a de construção de nicho, que considera a modificação de nichos ecológicos devido a diferentes tipos de ações dos organismos e a evolução subsequente de uma ou mais populações em resposta a pressões seletivas promovidas por esses nichos modificados (Odling-Smee *et al.*, 2003).

O quarto tema da matriz se refere à natureza da adaptação, enquanto solução face aos desafios impostos pelo ambiente à sobrevivência e ao sucesso reprodutivo do organismo. Considerando-se a adaptação como um traço fenotípico – uma estrutura ou um comportamento –, ela pode ser concebida como um design ótimo de um organismo ou uma estrutura orgânica para o enfrentamento dos desafios colocados pelas circunstâncias ambientais, num dado período da história evolutiva de uma linhagem, ou como soluções provisórias que tornam um organismo, face àqueles desafios, tão, ou mais, ajustado às condições ambientais relativamente a outros organismos da mesma população ou comunidade ecológica.

O quinto tema, por sua vez, refere-se às condições necessárias e suficientes para que um traço seja considerado uma adaptação. No caso da gênese histórica, ser resultante de um processo de seleção natural passada é condição necessária e suficiente para que o traço seja considerado uma adaptação. No caso do incremento da aptidão biológica (*fitness*), a contribuição do traço para a sobrevivência e reprodução do organismo é uma condição suficiente para que seja considerado uma adaptação. No terceiro caso, para um traço ser designado uma adaptação, é necessário, mas não suficiente, que tenha sido moldado por seleção

natural passada, uma vez que outra condição necessária deve ser satisfeita, o incremento da aptidão biológica.

Finalmente, o sexto e último tema da matriz aborda o papel exercido pela adaptação na explicação da forma orgânica. Neste caso, são descritas duas visões: a adaptacionista – na qual a adaptação é considerada a principal causa da origem e diversificação das forma orgânicas, de modo que todas as características dos organismos são vistas *a priori* como caracteres produzidos pela seleção natural especificamente para exercer suas funções atuais; e a pluralista – que atribui a causalidade da forma orgânica a três fatores não excludentes: restrições atuais, adaptações atuais e herança ligada à história passada tanto de restrições quanto de adaptações.

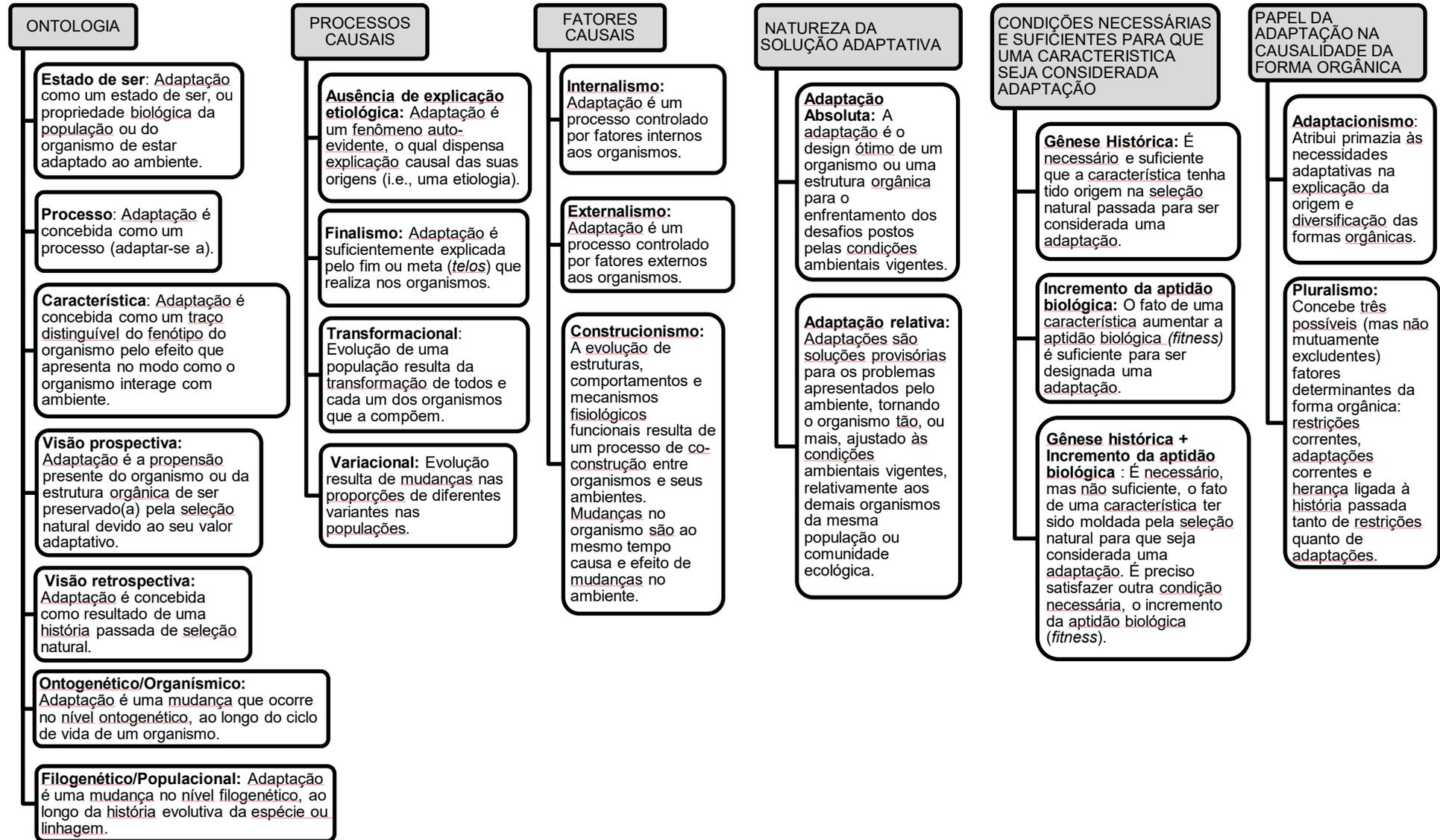


Figura 2 - Diagrama representativo da matriz semântica do conceito darwinista de adaptação (Sepulveda, 2010) contendo os temas (quadros em tom de cinza), as categorias (letras em negrito) e os compromissos ontológicos e epistemológicos.

ANÁLISE DE CONTEÚDO DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE ADAPTAÇÃO

Foram codificadas 358 unidades de registro (UR)¹⁰, nas quais as categorias da Matriz Semântica com maior frequência foram “característica” (25,04%), “estado de ser” (17,29%), “finalismo”(13,83%) e “processo” (12,68%) (Figura 3):

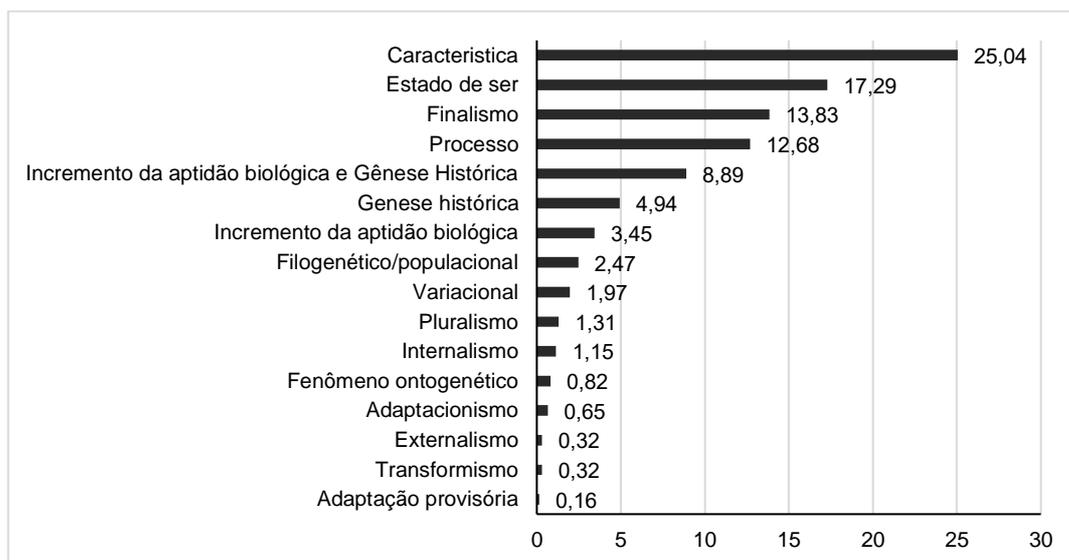


Figura 3 - Frequência (%) das categorias da Matriz Semântica do conceito de Adaptação codificadas nas unidades de registro.

A frequência de URs encontrada, distribuída pelos volumes correspondentes aos três anos do ensino médio, indica um papel importante conferido ao conceito de adaptação na apresentação dos conteúdos de Biologia pelos livros. Contudo, se compararmos os achados do estudo com a diversidade de temas e compromissos epistemológicos e ontológicos envolvidos na significação do conceito de adaptação, podemos ver que algumas categorias não foram evidenciadas de modo explícito nos livros (e.g. “visão retrospectiva”, “visão prospectiva”, “ausência de explicação etiológica”, “adaptação absoluta” e “construcionismo”). É importante tecer alguns comentários, contudo, a respeito dessas ausências. Entendemos que o compromisso epistemológico associado à categoria “visão retrospectiva” está relacionado com a categoria “gênese histórica”, uma vez que, ao considerar a seleção natural como condição necessária e suficiente para que ocorra a evolução de uma adaptação, a gênese histórica já circunscreve a adaptação como um fenômeno subsequente à seleção natural. Desse modo, não podemos dizer que a categoria “visão retrospectiva” esteja de fato ausente dos livros. Já tínhamos a expectativa, por sua vez, de que as categorias “ausência de explicações etiológicas” e “adaptação absoluta” não seriam identificadas nos livros, já que qualquer menção de adaptação a partir delas significaria uma desconsideração, pelos autores, das causas possíveis da evolução adaptativa, bem como da natureza mutável das formas orgânicas – seja no nível microevolutivo, ou no macroevolutivo. A categoria “construcionismo”, por sua vez, que integra um quadro teórico mais contemporâneo da Biologia, voltado a compreender a evolução a partir de um novo olhar que enfatiza relações de causalidade recíproca entre regimes seletivos aos quais os organismos são sujeitos e a ação dos organismos nesse ambiente, de tal modo que a adaptação passa a ser entendida como um processo dialético, e não como uma ação unilateral do “ambiente” sobre os organismos (Reis & Araujo, 2019). Uma vez que a transposição didática dessa visão sequer ocorreu de modo amplo em materiais didáticos do ensino superior (Ceschim *et al.*, 2016), a partir dos quais poderia ocorrer a aprendizagem a seu respeito pelos professores e autores de materiais didáticos, sua ausência em livros didáticos do ensino médio não causa espanto.

É legítimo entender adaptação tanto como característica quanto como processo (e.g., Rose & Lauder, 1996; Williams, 1996; Sober, 1993; Kampourakis, 2011; Araujo & Rosa, 2015). A UR abaixo é um exemplo de apresentação de uma adaptação como característica nos livros analisados, concernente à estrutura do grão de pólen nas gimnospermas:

¹⁰ Utilizamos um código para identificar a unidade de registro “UR”, enumerada sequencialmente, seguida do livro “L” a qual pertence, conforme identificado no Quadro 2.

“Na evolução das plantas, as gimnospermas foram as primeiras a apresentar adaptações que permitiram a independência da água para a reprodução sexuada. Nesse grupo surgiram os grãos de pólen, estruturas que contêm o gametófito masculino imaturo protegido por um envoltório resistente. Assim protegidos, esses gametófitos podem ser transportados pelo vento, e ao entrarem em contato com o gametófito feminino, germinam, formando o tubo polínico” (Lopes & Rosso, v.3, pág. 104). [UR1(L3)]

Em princípio, a descrição anatômica e funcional do grão de pólen sem qualquer menção à causas históricas de sua estrutura poderia fazer com que os estudantes entendessem que qualquer característica explicada a partir do seu bom funcionamento poderia ser considerada uma adaptação. Contudo, se considerarmos que o funcionamento de uma característica favorece a capacidade de sobrevivência e reprodução do indivíduo, como sugere a narrativa acima, designá-la como uma adaptação também será uma maneira válida de compreendê-la, como discutimos acima. Desse modo, como argumentam Dalapicolla, Silva e Garcia (2015), a decisão de utilizar termos que remetem à evolução, como “adaptação”, pode sintetizar satisfatoriamente a explicação evolutiva subjacente a uma característica. Além disso, mesmo que, à primeira vista, descrições como aquela encontrada na [UR1(L3)] não apresentem um sentido evolutivo claro, pois trazem ideias voltadas à anatomia e morfologia, a presença de termos que remetem à evolução pode propiciar a produção de outro sentido nas frases, tornando esta última o foco principal. Se esses termos que envolvem causas históricas fossem retirados das narrativas, o sentido das mesmas mudaria para um contexto apenas fisiológico (Dalapicolla, Silva & Garcia, 2015). Nesse sentido, se experimentássemos substituir a palavra “adaptações” na [UR1(L3)] por “características”, possivelmente sua interpretação pelos estudantes passaria longe de uma interpretação evolutiva.

Na UR transcrita abaixo, a descrição de detalhes funcionais do cérebro dos primatas em interação com os olhos e com os objetos à sua volta busca justificar a adaptação desses animais ao modo de vida arborícola, de modo que o bom desempenho das funções enunciadas explicaria a sobrevivência de formas ancestrais desse grupo.

“Outra aquisição evolutiva dos primatas, em sua adaptação à vida nas árvores, foi a proximidade entre os olhos, situados na região frontal do crânio, a face. Por estarem nessa posição, os dois olhos miram o mesmo objeto com pequena diferença de ângulo visual, permitindo que o cérebro calcule, por triangulação, a distância em que aquele objeto se encontra. Essa capacidade denominada visão binocular, ou estereoscópica, deve ter sido fundamental para a sobrevivência de nossos ancestrais no ambiente arborícola, onde um salto mal calculado podia ser fatal” (Amabis & Martho, v.2, pág. 289). [UR2(L11)]

O emprego de linguagem antropomórfica - “olhos miram”; “cérebro calcule” - na [UR2(L11)] tem um papel didático, buscando facilitar o entendimento dos estudantes a partir de analogias com ações e comportamentos humanos (Coley & Tanner, 2015). A expectativa parece ser a de que, desse modo, eles compreendam como a boa performance funcional daquelas estruturas deve ter contribuído para a fixação de tais características numa população ancestral dos primatas, favorecendo sua sobrevivência no ambiente em que viviam. Essa forma de explicar as adaptações não compromete a compreensão dos estudantes caso os livros didáticos apresentem aos professores as justificativas didáticas para o uso da linguagem antropomórfica, considerando argumentos epistemológicos, psicológico-cognitivos e comunicativos. Segundo Sepulveda (2010), o uso da linguagem antropomórfica é um dos aspectos epistemológicos centrais na gênese do conceito de adaptação e, nesse sentido, esse modo de explicar não implica necessariamente um obstáculo à apropriação do modo darwinista de pensar a origem e a diversificação das formas orgânicas, inclusive porque esteve envolvido no próprio desenvolvimento desta perspectiva.

Uma possível implicação do uso da linguagem antropomórfica para explicar as adaptações seria a sugestão de algum tipo de intencionalidade que estaria envolvida no processo evolutivo. Contudo, como discutem Carmo, Nunes-Neto e El-Hani (2016), uma linguagem teleológica, que se refere a ações dos organismos descritas em termos de objetivos, não implica necessariamente o envolvimento de uma intencionalidade. Explicações intencionais são uma modalidade de explicações teleológicas. Contudo, há inúmeros exemplos na literatura biológica de descrições anatômicas e fisiológicas que recorrem explícita ou implicitamente à ideia de função - e.g. , *“a função do coração é bombear sangue”* – sem que isso implique, de maneira alguma, que uma intencionalidade ou finalidade consciente deva estar envolvida (Nunes-Neto & El-Hani, 2009).

Nas duas URs a seguir, características morfológicas e fisiológicas dos organismos ligadas a funções estruturais e metabólicas são apresentadas como adaptações.

“Há diversos sistemas radiculares aéreos que funcionam como estratégias de fixação e obtenção de água e refletem as adaptações da planta a seu ambiente” (Takeuchi & Osorio, v.2, pág. 102). [UR3(L26)].

“Adaptações morfológicas são características na forma da planta ou de seus órgãos que possibilitam a sobrevivência em determinado local. Já as adaptações fisiológicas são características que ocorrem em algum processo metabólico ou fisiológico da planta, ou de algum órgão, e possibilitam a sobrevivência em determinados locais” (Brockelmann, vol.2, p.105). [UR4(L20)]

Nas duas URs, o papel funcional exercido por algumas estruturas das plantas é associado às suas capacidades de se manterem vivas em determinados ambientes. Essa relação entre o funcionamento normal de estruturas orgânicas e a sobrevivência dos seres vivos pode ser entendida em termos de uma teleologia intrínseca a estes, no preciso sentido de que buscam manter suas condições de existência (e.g., Mossio *et al.*, 2009; Mossio & Bich, 2017), mostrando-se representativa do campo da Biologia Funcional (ver Caponi, 2003; Mayr, 1988).

Tendo em vista que fenômenos biológicos podem ser investigados e analisados nos campos tanto da Biologia Funcional quanto da Biologia Evolutiva, é importante que os livros didáticos deixem claro para o estudante que a compreensão do mundo vivo requer um entendimento integrado desses dois campos, o que tipicamente não ocorre nos materiais que analisamos no presente estudo. Isso poderia permitir que os estudantes aprendessem a reconhecer em que contextos estão presentes cada uma dessas formas de explicar a forma orgânica, bem como a integração de ambas. O reconhecimento dos limites explicativos de cada um desses campos também é importante para uma seleção de conceitos estruturantes da biologia (que possibilitem uma diminuição do tamanho enciclopédico dos currículos escolares dessa disciplina), na medida em que mostra a necessidade de identificar tais conceitos tanto na biologia funcional quanto na biologia evolutiva, discutindo como eles podem contribuir para o Ensino Médio de Biologia e como podem ser relacionados entre si na abordagem dos conteúdos escolares (Carvalho *et al.*, 2011, 2020).

Dois URs que tratam características como adaptações com base em sua gênese histórica, evidenciando a importância de seu papel funcional ao longo da história de determinadas linhagens, são mostradas abaixo.

“Na passagem evolutiva das algas verdes para as plantas terrestres, surgiram algumas características que se mantiveram por seleção natural, pois se revelaram muito adaptativas à vida no ambiente terrestre, possibilitando a expansão das plantas nesse ambiente. Duas dessas características são: camada de células estéreis envolvendo e protegendo os arquegônios (estruturas formadoras de gametas) (...) e retenção do zigoto e dos estágios iniciais de desenvolvimento dentro do arquegônio, conferindo grande proteção ao embrião” (Lopes & Rosso, v.3, pág. 95). [UR5(L3)].

“Os primeiros vertebrados a colonizar terra firme já apresentavam diversas adaptações estruturais, principalmente relativas ao esqueleto e à musculatura, mas também na forma do revestimento do corpo, de realização de trocas gasosas e tipo de excreta. Importantes evidências sobre como isso aconteceu são fornecidas pelo registro fóssil de formas de transição entre peixes e tetrápodes, os vertebrados terrestres. A observação desses fósseis indica, entre outras adaptações, uma crescente modificação muscular e esquelética das nadadeiras lobadas pélvicas e peitorais, que permitiram aos animais se sustentarem e caminharem, em vez de apenas flutuarem. (...) As primeiras observações levaram a interpretações que apontavam a necessidade de caminhar de uma lagoa com escassez de água para outra como a principal pressão motivadora da seleção e do estabelecimento de tais características. Essa capacidade de se locomover de uma lagoa para outra favoreceria a seleção de peixes mais adaptados à água e que podiam passar apenas curtos períodos em terra firme” (Brockelmann, v.2, pág. 127). [UR6(L20)].

As [UR5(L3)] e [UR6(L20)] explicam a adaptação de uma perspectiva histórica, descrevendo vantagens conferidas pela função exercida pelos traços mencionados num regime seletivo passado, sendo a seleção natural, então, apresentada como causa da permanência das adaptações nas populações. A análise etiológica dos traços biológicos, considerando-se seu papel funcional, pode deixar claro como este último pode explicar a existência dos traços nas populações de organismos. Nesses termos, a função exercida por um traço é considerada uma explicação da existência daquele traço (Wright, 1973). Assim, o traço pode ser considerado uma adaptação com base em sua gênese histórica, uma das categorias presentes na matriz semântica do conceito de adaptação.

Podemos também identificar na [UR6(L20)] uma explicação que aponta para exaptações, que não são, contudo, tratadas como tais, o que é apropriado, dada a necessidade de recontextualização pedagógica das explicações evolutivas no nível de escolaridade ao qual se dirigem os livros, bem como o fato de que este ainda é um conceito bastante debatido na biologia evolutiva. De qualquer modo, na narrativa sobre como os primeiros vertebrados apresentavam adaptações estruturais que favoreceram a colonização da terra firme, a explicação dada está em conformidade com o conceito de exaptação, como introduzido por Gould e Vrba (1982).

Ainda numa perspectiva histórica sobre as adaptações, encontramos nos livros didáticos afirmações de que, numa população, alguns organismos bem sucedidos numa geração tenderiam a originar, através da reprodução, organismos com os mesmos traços fenotípicos variantes que os progenitores apresentavam. Esse argumento evidencia um compromisso epistemológico com o pensamento populacional (ver Mayr, 2001), no qual a mudança evolutiva é concebida como o resultado de mudanças na proporção de organismos variantes numa população, portanto, com uma visão variacional, e não de mudanças de todos os indivíduos da população concomitantemente (como proposto numa visão transformacional). As seguintes URs constituem exemplos:

“Uma população de seres vivos de qualquer espécie é constituída por um conjunto de indivíduos que explora o ambiente e se mantém por meio da reprodução. De acordo com a teoria evolucionista, entre os indivíduos de uma população biológica sempre há diferenças – morfológicas, bioquímicas ou comportamentais -, sendo que algumas favorecem a adaptação em determinado contexto e situação ambiental. Por meio da seleção natural, indivíduos dotados de características mais adaptativas tendem a aumentar em frequência na população. E esta, como um todo, adaptar-se cada vez melhor à situação vigente” (Amabis & Martho, v.2, p.243). [UR7(L11)]

“De acordo com a teoria darwinista, todos os seres vivos, incluindo-se a espécie humana, descendem de ancestrais comuns e teriam evoluído por seleção natural. Segundo esse princípio, os organismos com características mais vantajosas no ambiente em que se encontram teriam maiores possibilidades de sobreviver e de reproduzir-se. A prole desses organismos herdaria essas características vantajosas (adaptações). Esse processo se repetiria ao longo das gerações, podendo levar à melhor adaptação ou à formação de novas espécies” (Takeuchi & Osorio, v. 3, pág. 136). [UR8(L27)].

O pensamento populacional foi um fator decisivo para a construção da teoria darwinista da evolução (Mayr, 1988; Caponi¹¹, 2005) e segue sendo decisivo para que estudantes compreendam o modo darwinista de pensar sobre a evolução das adaptações. Afirmar que as mudanças de uma espécie são explicadas como uma consequência de mudanças nas proporções dos componentes de suas populações fez com que o estudo da origem das formas orgânicas passasse a enxergar a dinâmica das populações como seu objeto, em lugar de fatores fisiológicos observáveis no organismo individual (Caponi, 2011, 2005). As URs reproduzidas logo acima [UR7(L11)] e [UR8(L27)] são exemplos dessa forma de pensar sobre a mudança evolutiva, pois chamam a atenção para um aumento gradual da frequência de traços vantajosos, como um processo que dá origem a adaptações, concebidas como consequências de um processo seletivo (gênese histórica).

Ao afirmarem que, se submetidas à seleção natural, as populações devem “*adaptar-se cada vez melhor*” [UR7(L11)], e que a herança de características vantajosas ao longo de gerações pode “*levar à melhor adaptação*” [UR8(L27)], os livros didáticos também assumem, nesses trechos, que a seleção não é apenas uma força eliminativa – uma noção dominante na visão das pessoas sobre evolução (Sepulveda & El-Hani,

¹¹ Apesar de Caponi concordar com Mayr no que diz respeito à importância do pensamento populacional, ele considera que a ruptura fundamental entre o darwinismo e as concepções anteriores sobre os seres vivos não reside na oposição entre pensamento populacional e pensamento essencialista, mas sim na oposição entre o pensamento populacional e a perspectiva fisiológica que dominava a interpretação do fenômeno da vida até *Origem das espécies* (Darwin, 1859).

2014) –, mas também, e sobretudo, uma força criativa. Essas duas formas de representar o papel da seleção natural - como “força eliminativa” [UR9(L9)] ou “força criativa” [UR10(L21)] – aparecem em outros momentos nos livros, como ilustram as URs a seguir:

“Segundo o naturalista inglês, o ambiente seleciona as modificações que melhor adaptam o organismo àquele ambiente, e elimina aquelas desnecessárias” (César, Sezar & Caldini, vol.3, pág.198). [UR9(L9)]

“Na luta pela sobrevivência, os organismos de uma espécie que possuem características mais vantajosas para aquele ambiente específico conseguem se alimentar e se reproduzir com mais sucesso. Esse processo de seleção natural tende, ao longo de gerações, a favorecer a manutenção e o aprimoramento de características que conferem melhor desempenho ou ajuste, resultando na adaptação dos organismos ao meio” (Brockelmann, vol.3, pág. 102). [UR10(L21)].

A ideia de que o papel da seleção natural na evolução seria eliminar formas não-adaptativas é reforçada por uma expressão proposta por Herbert Spencer, que foi incorporada por Darwin: “*sobrevivência dos mais aptos*”. Contudo, apesar de ter usado essa expressão com frequência, Darwin não concebeu a seleção natural principalmente como um processo que opera contra organismos que falham em “adaptar-se” às exigências ambientais (ou seja, como uma força eliminativa), mas sobretudo como um processo gradual que produz, ao longo de gerações, características adaptativas, *i.e.*, como uma força fundamentalmente criativa (Depew, 2011).

Na ação didática, consideramos necessário que os conhecimentos científicos que são emitidos por meio de uma linguagem metafórica, como acontece nesse caso, sejam identificados e explicitados, para que não se tomem como denotativos os significados conotativos dos conceitos ou das expressões usadas, que podem ser incompatíveis com o conhecimento científico escolar a ser ensinado. Nesse sentido, Hoffmann e Delizoicov (2013) consideram interessante fazer com que os os estudantes sejam levados a compreender a linguagem metafórica como uma forma de discurso, elaborada a partir de determinado contexto e com determinada intencionalidade. Essas autoras destacam, ainda, a atuação docente como um componente essencial dos processos de ensino e aprendizagem que utilizam metáforas. Assim, consideram que a inclusão de abordagens sobre a gênese das metáforas de modo contextualizado com aspectos históricos da ciência fornece elementos para que o professor possa melhor compreendê-las e empregá-las de forma mais consistente e consciente. Trabalhos como o de Depew (2011) podem auxiliar os docentes na tarefa de lidar com metáforas utilizadas em explicações evolutivas, como na expressão “*sobrevivência dos mais aptos*”.

Muitos estudantes têm dificuldade de compreender a ação da seleção natural como um processo emergente, que resulta de uma extensa série de interações de partes de um sistema (p. ex., interações ecológicas ou recombinações genéticas sucessivas), que não apresenta um início determinado ou um ponto final (Cooper, 2017). Os estudantes podem interpretar a seleção natural como um processo que ocorre em uma única etapa, de natureza direcional, em que fatores que causam a seleção (p. ex., competição, predação, parasitismo etc.) modificariam diretamente o organismo individual, em virtude de serem mais familiarizados com processos que têm essa natureza causal mais direta e singular. Contudo, esses fatores atuam ao longo da vida dos indivíduos, e não em uma única etapa, influenciando a sobrevivência e o sucesso reprodutivo a cada evento, e a mudança evolutiva somente emerge no nível populacional, como resultado cumulativo das interações dos organismos de uma população com seu meio. Nesse sentido, é importante, para o entendimento da seleção natural, que sua natureza emergente, como processo, seja devidamente explicada. O entendimento de estudantes e professores sobre seleção natural pode melhorar com a compreensão de processos emergentes que favoreçam o reconhecimento de que séries de interações entre as partes de um sistema podem gerar padrões preditivos ao nível do sistema como um todo (Ceschim *et al.*, 2020; Cooper, 2017).

Foram encontradas nos livros didáticos explicações evolutivas para a existência de estruturas análogas entre espécies distantemente aparentadas, que as atribuem ao desempenho de funções similares. Essas explicações são tratadas, nos livros didáticos, como casos de convergência evolutiva:

“As estruturas semelhantes, que desempenham a mesma função em espécies diferentes, mas não têm a mesma origem evolutiva, são chamadas de estruturas análogas. Isso se dá por convergência evolutiva, que ocorre quando espécies pouco

aparentadas vivem em condição ambiental semelhante, que favorece o surgimento de adaptações análogas” (Brockelmann, vol. 3, pág.113). [UR11(L21)].

“Órgãos análogos, por sua vez, são estruturas que apareceram de maneira independente na evolução de diferentes grupos de organismos, constituindo adaptações a modos de vida semelhantes. A adaptação evolutiva pode levar organismos pouco aparentados a desenvolver estruturas e formas corporais semelhantes, devido a ‘pressões adaptativas similares’, processo conhecido como convergência evolutiva” (Amabis & Martho, vol 2, pág.223). [UR12(L11)].

Muitos exemplos de convergência evolutiva descritos na literatura biológica estão acompanhados por informações ambientais que promovem evidência adicional para a adaptação (Losos, 2011; Wake, 1991; Stayton, 2006). Testes estatísticos podem mostrar, por exemplo, que o ajustamento funcional de um caráter às condições do ambiente são suficientemente fortes, evidenciando que tal ajuste evoluiu independentemente várias vezes, resultando em convergência adaptativa (Currie, 2012). Desse modo, alguns biólogos têm defendido que a convergência evolutiva pode ser explicada pela adaptação (Stayton, 2015). Esse argumento pressupõe a força da explicação adaptativa na interpretação de fenômenos como a convergência evolutiva, ainda que a adaptação possa não responder a todas as instâncias evolutivas pelas quais as linhagens evoluíram até apresentarem semelhanças umas às outras (Stayton, 2015). As narrativas [UR11(L21)] e [UR12(L11)] mostram que os livros didáticos estão alinhados com essa perspectiva, dado que, além dessas URs, todas as explicações de convergência evolutiva apresentadas no *corpus* analisado no presente trabalho recorrem à adaptação.

CONCLUSÕES

A Matriz Semântica de Adaptação (MSA) se mostrou uma ferramenta importante para a compreensão da polissemia do conceito de Darwinista de adaptação nos livros didáticos aprovados no PNLD/2015. As categorias contidas na MSA permitiram identificar a diversidade e a prevalência de certos modos de abordar a adaptação no discurso escolar. Isso mostra sua potencialidade para a realização de estudos sobre o tratamento da adaptação no ensino de Biologia.

O uso frequente do conceito de adaptação em abordagens de conteúdos de Zoologia, Botânica, Paleontologia e Fisiologia, entre outras áreas, sugere o papel integrador da Evolução e a centralidade do conceito darwinista de adaptação no discurso da Biologia escolar, conforme apresentado nos livros didáticos analisados. A frequência do uso do conceito de adaptação em explicações evolutivas reforça a necessidade de uma abordagem nos livros didáticos coerente com perspectiva adotada no entendimento desse conceito pela comunidade científica, salvaguardada a necessidade de recontextualização pedagógica. Considerando a centralidade da evolução nas Ciências Biológicas, esta deve, de fato, ser ensinada como um tema integrador, o que torna necessário que conceitos centrais em seu entendimento científico, como os de adaptação, seleção natural, ancestralidade comum, sobrevivência diferencial etc., sejam trabalhados de modo consistente, bem como pedagogicamente apropriada. Como não há orientação explícita na BNCC para o ensino de Evolução como eixo integrador, dificilmente os professores conseguirão cumprir tal tarefa utilizando livros didáticos nos quais o tema evolução ocupe apenas um capítulo, não operando como um eixo organizador do tratamento de diversos assuntos da Biologia, malgrado a frequência do uso do conceito de adaptação em capítulos dedicados a diferentes campos dessa ciência.

Muitas unidades de registro identificadas no presente estudo usavam o conceito de adaptação como características dos organismos com funcionalidade evidente, ou como um estado de ser que garante a sobrevivência do organismo em certa condição ambiental. Uma quantidade um pouco menor de URs tratava adaptação como um processo. A prevalência de narrativas baseadas na funcionalidade de características, principalmente quando associadas à seleção natural, evidencia a influência de ideias adaptacionistas nos livros didáticos. Nossa preocupação é de que essa influência dificulte que os professores e os estudantes compreendam a evolução a partir de um pluralismo de processos, não levando em conta outros fatores e processos causais que atuam de forma importante nesse fenômeno. Sem negar a importância causal e explanatória da seleção natural, esse pluralismo limita em parte seu poder causal e explanatório, por atribuir significância a outros fatores e processos, a exemplo das restrições desenvolvimentais e da construção de nicho. Seria importante iniciar uma recontextualização pedagógica dessa visão mais pluralista nos livros didáticos. A ausência dessa visão pode gerar, entre os estudantes, uma compreensão equivocada de que a

seleção explicaria qualquer característica útil para os seres vivos no tempo corrente, ou de que todo traço funcional é necessariamente adaptativo e necessariamente evoluiu por seleção natural.

Diversas abordagens evolutivas encontradas nos livros didáticos continham expressões que aludiam a noções de função, objetivo e propósito (de caráter teleológico) nas explicações sobre adaptações. Longe de serem vistas por nós como formas necessariamente errôneas de explicar evolutivamente a forma orgânica, consideramos que essas expressões podem ter utilidade didática, desde que alguns requisitos sejam satisfeitos, a exemplo da distinção entre formas válidas e inválidas de explicações teleológicas e do estabelecimento de relação clara entre as formas válidas de tais explicações e a atuação da seleção natural. O quão bem sucedida pode ser essa abordagem é um objeto que requer pesquisa empírica. Ao identificarmos diversas abordagens evolutivas com explicações teleológicas sobre as adaptações, concluímos que os autores de livros didáticos as utilizam para estabelecer uma aproximação da linguagem cotidiana dos estudantes com a linguagem recontextualizada da ciência escolar. Para que as explicações teleológicas sejam compreendidas devidamente, recomendamos que os manuais do professor incluam noções sobre os significados e a validade/invalidade de diferentes formulações teleológicas, de modo a permitir uma discussão apropriada em sala de aula, no sentido de auxiliar os estudantes na tomada de consciência acerca dos aspectos que aproximam e que distinguem a linguagem social do cotidiano e a linguagem social da ciência escolar.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq (proc. nº. 465767/2014-1); CAPES (proc. nº. 23038.000776/2017-54) e FAPESB (proc.nº.INC0006/2019) pelo apoio ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE), e pelo apoio a projeto apoiado na Chamada CNPq/MCTI Nº 10/2023 – Universal (proc. n. 403083/2023-0). CNEH agradece ao CNPq (proc. nº. 307223/2021-3), pelo apoio na forma de bolsa de produtividade em pesquisa 1-A. Agradecemos ao Laboratório de Ensino História e Filosofia de Biologia -LEFHBIO / UFBA por todo suporte à realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Adler, J. E. (2002). *Belief's own ethics*. Cambridge, United States of America: The MIT Press.
- Almeida J. C., & Barreto, A. M. F. (2010). O Tempo geológico e evolução da vida. In I. S. Carvalho (Org.) 2010. *Paleontologia: Conceitos e métodos*. (pp. 93-109). Rio de Janeiro, RJ: Interciência.
- Alters, B. J., & Nelson, C. E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution. International Journal of Organic Evolution*, 56(10), 1891-1901. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/3094632>
- Allgaier, J. (2009). Scientific experts and the controversy about teaching creation/evolution in the UK Press. *Science & Education* 19, 797–819. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9195-5>
- Anderson, R. D. (2007). Teaching the Theory of Evolution in social, intellectual, and pedagogical context. *Science & Education* 91, 664-677. <https://doi.org/10.1002/sce.20204>
- Araujo, L. A. L., & Rosa, R. T. D. (2015). Obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo: análise em livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD 2012. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(3), 581-596. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4330>
- Bandeira, A., & Vellozo, E. L. (2019). Livro didático como artefato cultural: possibilidades e limites para as abordagens das relações de gênero e sexualidade no Ensino de Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 25(4), 1019-1033. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190040011>
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.

- Batista, A. A. G., Rojo, R., & Zúñiga, N. C. (2005). Produzindo livros didáticos em tempos de mudança (1999-2002). Livros didáticos de língua portuguesa: letramento, inclusão e cidadania. In M. G. C. Val & B. Marcuschi (Orgs.). *Livros didáticos de Língua Portuguesa: letramento e cidadania* (pp. 47-72). Belo Horizonte, MG: Autêntica.
- Bauer, M., & Aarts, B. (2008). A construção do corpus: um princípio para coleta de dados qualitativos. In M. W. Bauer, & G. Gaskell (Eds.). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático* (pp. 39-63). Petrópolis, RJ: Vozes Ltda.
- Bernstein, B. (1986). On pedagogic discourse. In J. G. Richardson (Ed.). *Handbook of theory and research for sociology of education*. New York, United States of America: Greenwood Press.
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching, Hoboken* 27(5), 415-427.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660270503>
- Bizzo, N. M. V. (1994). From Down House Landlord to Brazilian high school students: what has happened to evolutionary knowledge on the way. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(5) 517-556.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660310508>
- Bizzo, N. (2007). *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo, SP: Ática
- Bizzo, N., Tolentino-Neto, L. C. B., & Garcia, P. S. (2007). What do teachers expect from the textbooks? The study of the process of choice of textbooks in Brazilian public schools. In: *International Meeting On Critical Analysis Of School Science Textbook – Ioste Hammamet*. (pp. 311-319). Tunis, Tunisia: University of Tunis. Recuperado de
https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/565/2020/01/Bizzo_Garcia_Tolentino_IOSTE_2007.pdf
- Bock, W. J. (1980). The definition and recognition of biological adaptation. *American zoologist, 20*(1), 217-227. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/3882363>
- Bonito, J., Rebelo, D., Morgado M., Monteiro, G., Medina, J., Marques, L... Martins, L. (2011). A Complexidade do Tempo Geológico e a sua Aprendizagem com Alunos Portugueses (12-13 anos). *Terrae Didactica, 7*(1), 60-71. Recuperado de https://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/v7_2/pdf72/Td72-color-2.pdf
- Boujaoude, S., Asghar, A., Wiles, J. R., Jaber, L., Saredidine, D., & Alters, B. (2011). Biology professors and teachers' positions regarding Biological Evolution and evolution education in a middle eastern society. *International Journal of Science Education, 33*(7), 979-1000.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2010.489124>
- Brem, S. K., Ranney, M., & Schindel, J. (2003). Perceived Consequences of Evolution: college students perceive negative Personal and social impact in evolutionary theory. *Science & Education* 87(2), 181-206. <https://doi.org/10.1002/sce.10105>
- Bull, J. J., & Wichman, H. A. (2001). Applied evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics, 32*, 183-217. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114020>
- Burian, R. M. (2005). *The epistemology of development, evolution and genetics: selected essays*. Cambridge, United States of America: University Press.
- Burton, E. K. (2010). Evolution and creationism in middle eastern education: a new perspective. *Evolution, 65*(1), 301-304. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/27920050>
- Calcott, B. (2013). Why how and why aren't enough: more problems with Mayr's proximate-ultimate distinction. *Biology & Philosophy, 28*, 767-789. <https://doi.org/10.1007/s10539-013-9367-1>
- Caponi, G. (2013). El concepto de presión selectiva y la dicotomía próximo-remoto. *Revista de Filosofia Aurora, 25*(36), 197-216. Recuperado de <https://www.scientiaestudia.org.br/associac/gustavocaponi/concepto%20de%20presion%20selectiva.pdf>

- Caponi, G. (2011). *La segunda agenda darwiniana. Contribucion preliminar a uma historia dela programa adaptacionista*. México, México: Centro de estudos filosóficos, políticos y siciales Vicente Lombardo Toledano.
- Caponi, G. (2005). O darwinismo e seu outro: a teoria transformacional da evolução. *Scientiae Studia* 3(2), 233–242. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662005000200004>
- Caponi, G. (2003). Os modos da teleologia em Cuvier, Darwin e Claude Bernard. *Scientiae Studia*, 1(1), 27-41. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662003000100003>
- Carmo, R. S., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2012). É legítimo explicar em termos teleológicos na biologia? *Revista da Biologia*, 9(2), 28-34. <https://doi.org/10.7594/revbio.09.02.06>
- Carmo, R. S., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2016). Teleologia, função e ensino de Biologia. *Acta Scientiae (ULBRA)*, 18(3), 820-839. Recuperado de https://www.academia.edu/30902077/Teleologia_funcao_e_ensino_de_Biologia
- Carvalho, I. N., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2011). Como selecionar conteúdos de Biologia para Ensino Médio. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 1(1), 67-100. Recuperado de https://www.academia.edu/1250991/Como_Selecionar_Conteudos_de_Biologia_para_o_Ensino_Medio
- Ceschim, B., Oliveira, T. B., & Caldeira, A. M. A. (2016). Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. *Filosofia e História da Biologia*, 11(1), 1-29. Recuperado de https://www.abfhib.org/FHB/FHB-11-1/FHB-11-1-01-Beatriz-Ceschim_Thais-Oliveira_Ana-Maria-Caldeira.pdf
- Ceschim, B., Ganiko-Dutra, M., & Caldeira, A. M. A. (2020). Relação pensamento-linguagem e as distorções conceituais no ensino de Biologia. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26, 1-24. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1516-731320200068>
- Chaves R. S., Moraes S. S., & Lira-da-Silva, R. M. (2018). Por que Ensinar tempo geológico na educação básica? *Terræ Didática*, 14(3), 233-244. <https://doi.org/10.20396/td.v14i3.8652309>
- Chuang, H. C. (2003). Teaching evolution: Attitudes and strategies of educators in Utah. *American Biology Teacher*, 65(9), 669 – 674. <https://doi.org/10.2307/4451592>
- Clough, E. E., & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-129. <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.1985.9654708>
- Cobern, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. *Scientific Literacy and Cultural Studies Project*, 51-69. https://scholarworks.wmich.edu/science_slcsp/11/?utm_source=scholarworks.wmich.edu%2Fscienc_e_slcsp%2F11&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Cobern, W. W. (1994). Comments and criticism. Point: Belief, understanding, and the theaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 583-590. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310511>
- Cobern, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science and Education*, 80, 579–610. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<579::AID-SCE5>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<579::AID-SCE5>3.0.CO;2-8)
- Coley, J. D., & Tanner, K. D. (2015). Relations between intuitive biological thinking and biological misconceptions in biology majors and nonmajors. *Life Sciences Education*, 14, 1–19. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-06-0094>
- Colli, P. L. G., Andrade, M. A. B. S., & Bastos, V.C. (2021). A evolução como eixo integrador das ciências biológicas: uma unidade didática no contexto do ensino de biologia. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 5(1), 22-47. <https://doi.org/10.33238/ReBECCEM.2021.v.5.n.1.26905>

- Colli, P. L. G., Bastos, V. C., & Andrade, M. A. B. S. (2022). O papel da Evolução biológica no ensino de Biologia a partir da visão de professores. *Amazonia Revista de Educação em Ciências e Matemática*, 18 (41), 237-234. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v18i41.13443>
- Cooper, R. A. (2017). Natural selection as an emergent process: Instructional Implications. *Journal of Biological Education*, 51(3), 247-260. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1217905>
- Currie, A. (2012). Convergence as evidence. *British Journal for the Philosophy of Science*. 64, 763-786. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/24563027>
- Cotner S., Brooks D. C., & Moore, R. (2010). Is the age of the Earth one of our “sores troubles?” Students’ perceptions about deep time affect their acceptance of evolutionary theory. *Evolution*, 64(3), 858–864.
- Dagher, Z. R., & Boujaoude, S. (2005). Student’s perceptions of the nature of Evolutionary Theory. *Science Education* 89, 378-391. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20054>
- Dalapicolla J., Silva V.A., & Garcia, J. F. M. G. (2015). Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(1),150–172. <https://doi.org/10.1590/1983-211720175170107>
- D’Argenio, B. (2009). Charles Darwin and geological time conceptions. *Rendiconti Lincei*, 20(4), 307-315. <https://doi.org/10.1007/s12210-009-0060-x>
- Darwin, C. (1859). *Origem das Espécies*. Tradução Eugenio Amado. São Paulo, SP: Itatiaia/EDUSP.
- Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics ? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15. <https://doi.org/10.1080/00219266.1978.9654169>
- Demetrio, G. R., Jacobina, U. P., & Barão, K. R. (2023). The Impact of Life Philosophy and Major Field of Study on Brazilian Students’ Knowledge of Biological Evolution. *Science & Education*, 32,19–36. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00286-z>
- Deniz, H., Donnelly, L. A., & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 420–43. <https://doi.org/10.1002/tea.20223>
- Depew, D. (2011). Adaptation as process: The future of darwinism and the legacy of Theodosius Dobzhansky. *Studies in the History and Philosophy of Biology and the Biomedical Sciences*, 42, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2010.11.006>
- De Castro Pereira, G. L., Mesquita, A. F. S., & Barros, M. D. M. de. (2023). Análise dos conteúdos de biologia molecular em livros didáticos de biologia do ensino médio. *Revista Teias*, 24(73), 274–289. <https://doi.org/10.12957/teias.2024.65899>
- Dijk, E. M. V., & Reydon, T. A. C. (2010). A Conceptual Analysis of Evolutionary Theory for Teacher Education. *Science and Education*, 19, 655–677. Recuperado de https://www.academia.edu/366340/A_Conceptual_Analysis_of_Evolutionary_Theory_for_Teacher_Education_Science_and_Education_2010_19_655_677
- Dodick, J. (2007). Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education*, 42(2), 245-264. Recuperado de <https://mje.mcgill.ca/article/view/2222/1692>
- El-Hani, C. N., Silva-Filho, W. J., & Mortimer, E. F. (2014). The epistemological grounds of the conceptual profile theory. In. E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts* (pp. 35-65). Dordrecht, Sutherland: Springer.

- El-Hani, C. N., Roque, N., & Rocha, P. L. B. (2011). Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007. *Educação em Revista*, 27(1), 211-240. Recuperado de http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-46982011000100010&lng=pt&nrm=iso
- El-Hani, C. N. & Sepulveda, C. (2010). The relationship between science and religion in the education of protestant biology preservice teachers in a Brazilian university. *Cultural Studies of Science Education*, 5,103–125. <https://doi.org/10.1007/s11422-009-9212-7>
- El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2007a). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 657-687. Recuperado de <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/14463>
- El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2007b). Understanding typically yields belief: a neglected point in Hoffmann’s reaction to our idea of “culturally sensitive science education”. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 695-701. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9064-y>
- Evnine, S. J. (2001). Learning from one’s mistakes: Epistemic modesty and the nature of belief. *Pacific Philosophical Quarterly*, 82(2), 157-177. <https://doi.org/10.1111/1468-0114.00123>
- Espinasa, M., & Espinasa, L. (2008). Losing sight of regressive evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 509–516. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0094-z>
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-56. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0094-z>
- Ferreira, M. S., & Selles, S. E. (2003). A produção acadêmica brasileira sobre livros didáticos em Ciências: uma análise em periódicos nacionais. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru*. Bauru, SP, Brasil. Recuperado de <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL020.pdf>
- Figueiredo, P.S., & Sepulveda, C. (2018). Religião e ciência: o que as interações discursivas nos mostram sobre os desafios de um ensino de biologia dialógico. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(2), 228-255. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p228>
- Fracalanza, H. (1993). *O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Campinas, SP. Recuperado de <https://repositorio.unicamp.br>
- Goldston, M. J., & Kyzer, P. (2009). Teaching evolution: narratives with a view from three southern biology teachers in the USA. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(7), 762–790. <https://doi.org/10.1002/tea.20289>
- Gould, S., & Vrba, E.S. (1982). Exaptation – a missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8, 4-15. <https://doi.org/10.1017/S0094837300004310>
- Gould, S. J. (1982). Darwinism and the expansion of evolutionary theory. *Science*, 216, 380-387. <https://doi.org/10.1q126/science.7041256>
- Greene, E. D. Jr. (1990). The logic of university student’s misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 27, 875-885. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270907>
- Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 156–175. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1>
- Griffith, J. A., & Brem, S. K. (2004). Teaching evolutionary biology: pressures, stress, and coping. *Journal of Research in Science Teaching, Hoboken*, 41(8), 791-809. <https://doi.org/10.1002/tea.20027>
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing Science: Literacy and Discursive Power*. Bristol/London: The Falmer Press.

- Hoffmann, M. H. G. (2007). Learning without belief-change? *Cultural Studies of Science Education*, 2, 688-694. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9064-y>.
- Hoffmann, M. B., & Delizoicov, N. C. (2013). Analogias e metáforas no ensino de biologia: um panorama da produção acadêmica brasileira a partir de teses e dissertações. *Ciências em Foco*, 6(1), 19-28. Recuperado de <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/96447>
- Holsti, O.R. (1968). Content Analysis. In: G. Lindzey & E. Aronson (Eds.). *Handbook of Social Psychology*. (pp. 596-692). Reading, United States of America: Addison-Wesley.
- Jeffrey, W.R. (2005). Adaptive evolution of eye degeneration in the Mexican blind cavefish. *Journal of Heredity*, 96, 185–96. <https://doi.org/10.1093/jhered/esi028>
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2008). Student's intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27-47. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9075-9>
- Kampourakis, K. (2011). Teaching about adaptation: Why evolutionary history matters. *Science & Education*, 22(2), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9363-2>
- Kampourakis, K., Palaiokrassa, E., Papadopoulou, M., Pavlidi, V., & Argyropoulou, M. (2012). Children's intuitive teleology: Shifting the focus of evolution education research. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 279–291. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0393-2>
- Kaplan, A. (1943). Content analysis and the Theory of Signs. *Philosophy of Science*, 10, 230-247. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/184268>.
- Laland, K. N., Sterelny, K., Odling-Smee, J., Hoppitt, W., & Uller, T. (2011). Cause and effect in Biology revisited: Is Mayr's proximate-ultimate dichotomy still useful? *Science*, 334, 1512-1516. <http://doi.org/10.1126/science.1210879>
- Laland, K. N., Odling-Smee, J., Hoppitt, W., Uller, T. (2013). More on how and why: cause and effect in biology revisited. *Biology & Philosophy*, 28, 719-745. <http://10.1007/s10539-012-9335-1>
- Lawson, A. E., & Worsnop, W. A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science and Teaching*, 29, 143–66. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290205>
- Lewontin, R. (2000). *The triple helix: Gene, organism, and environment*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M. (2008). The Importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 290-298. <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0061-8>
- Losos, J. B. (2011). Convergence, adaptation, and constraint. *Evolution*, 65, 1827-1840. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2011.01289.x>
- Martins, I. (2016). Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. *Pro-Posições*, 17(1), 117-136. Recuperado de <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/864365>
- Mayr, E. (1961). Cause and effect in biology. *Science* 134, 1501–1506. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/1707986>
- Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought*. Diversity Evolution and inheritance. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Mayr, E. (2001). *What evolution is*. London, United Kingdom: Weidenfeld & Nicolson.

- MEC – Ministério da Educação. (2014). *Guia de livros didáticos: PNLD 2015 : Biologia*. Secretaria de Educação Básica. Brasília, DF: MEC/SEB. Recuperado de https://www.fnde.gov.br/phocadownload/programas/Livro_Didatico_PNLD/Guias/PNLD_2015/pnld_2015_biologia.pdf
- MEC – Ministério da Educação. (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Secretaria de Educação Básica. Brasília, DF: MEC/SEB. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- MEC – Ministério da Educação. (2017). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC. Recuperado de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
- MEC – Ministério da Educação. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Secretaria de Educação Básica. Brasília, DF: MEC/SEB. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>
- Meyer, D., & El-Hani, C. N. (2005). *Evolução: o sentido da Biologia*. São Paulo, SP: UNESP.
- Messeder Neto, H. S., & Rosa, J. M. (2022). A dialética consciente/não-consciente na concepção de mundo: Implicações teóricas, metodológicas e práticas para o ensino de ciências da natureza na perspectiva histórico-crítica. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 24:1-11. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240116>
- Miller, J. S., & Toth, R. (2014). The process of scientific inquiry as it relates to the creation/evolution controversy: I. A serious social problem. *The American Biology Teacher*, 76, 238-241. <http://dx.doi.org/10.1525/abt.2014.76.4.4>
- Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J.,...Jacobs, D. (2002). Undergraduate's understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biology Education*, 36, 65-71 <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655803>
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education* 4, 267-285. <https://doi.org/10.1007/BF00486624>
- Mortimer, E.F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39. <https://doi.org/10.1590/1983-21172002040104>
- Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (2014). *Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Mossio, M., & Bich, L. (2017). What makes biological organisation teleological? *Synthese*, 194, 1089-1114. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/26166388>
- Mossio, M., Saborido, C., & Moreno, A. (2009). An organizational account of biological functions. *British Journal for the Philosophy of Science*, 60, 813-841. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/25592036>
- Newall, E., & Reiss, M. (2023). Evolution hesitancy: challenges and a way forward for teachers and teacher educators. *Evolution: Education and Outreach* 16, 5. <https://doi.org/10.1186/s12052-023-00183-9>
- Nunes-Neto N.F., & El-Hani, C.N. (2009). O que é função? Debates na Filosofia da Biologia Contemporânea. *Scientiae Studia*, 7, 353-401. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662009000300002>
- Oleques, L. C., Bartholomei-Santos, M., & Boer, N. (2011). Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 243-263. Recuperado de http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART2_VOL10_N2.pdf
- Odling-Smee, F. J., Laland, K. N., & Feldman, M. W. (2003). *Niche construction: the neglected process in evolution*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.

- Pedreira, A. J., & Souza, R. D. (2023). A Escolha de Livros Didáticos de Ciências da Natureza no Ensino Médio em contexto de implementação da Base Nacional Comum Curricular: Os Processos e os espaços de decisão dos docentes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 28(2), 439-461. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2023v28n2p439>
- Pimentel, S. R. G., & Vilarinho, L. R. G. (2017). A escolha do livro didático: um instrumento de apoio ao corpo docente do ensino fundamental. *Revista de Gestão e Avaliação Educacional*, 6(13), 37-52. <https://doi.org/10.5902/2318133826738>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gerzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reeve, H. K., & Sherman, P. W. (1983). Adaptation and the goals of evolutionary research. *Quarterly Review of Biology*, 68(1), 1-32. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2832133>
- Reis, V. P. G. S. (2018). *Um perfil conceitual de herança biológica: investigando dimensões epistemológicas e axiológicas de significação do conceito no contexto do ensino médio de genética*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ensino Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Recuperado de https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6354119
- Reis, C., & Araújo, L. (2019). A natureza das mudanças na biologia evolutiva contemporânea: síntese evolutiva estendida? *Dissertatio*, 50, 133-150. <https://doi.org/10.15210/dissertatio.v50i0.14566>
- Rose, M.R., & Lauder, G.V. (1996). *Adaptation*. San Diego, United States of America: Academic Press.
- Ruse M. (2002). Teleology: yesterday, today, and tomorrow? *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 31, 213–32. [https://doi.org/10.1016/S1369-8486\(99\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S1369-8486(99)00046-1)
- Ruse, M.(2005). *The Evolution-Creation Struggle*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Ruse, M. (2008). *Charles Darwin (Blackwell Great Minds)*. Malden, United States of America: Blackwell.
- Rutledge, M. L., & Mitchell, M. A. (2002). High school biology teacher's knowledge structure, acceptance & teaching of evolution. *The American Biology Teacher*, 64(1), 21-28. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2002\)064\[0021:HSBTKS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2002)064[0021:HSBTKS]2.0.CO;2)
- Sadler, T. D. (2005). Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. *Journal of Biological Education*, 39(2), 68-72. <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655964>
- Santos, W., & Fernandes, R. (2021). Repensando a relação entre ciência e religião no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 4 (3), 328-347. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i3.12128>
- Schtulman, A. (2006). Qualitative differences between naive and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52, 170–94. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.10.001>
- Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2004). Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 10(1), 101-110. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000100007>
- Sepulveda, C. A. S. (2010). *Perfil conceitual de adaptação: uma ferramenta para a análise de discurso de salas de aula de Biologia em contextos de ensino de evolução*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. Recuperado de <https://ppgfhc.ufba.br/pt-br/perfil-conceitual-de-adaptacao-uma-ferramenta-para-analise-de-discurso-de-salas-de-aula-de-biologia>

- Sepulveda, C. & El-Hani, C. N. (2004). Quando visões de mundo se encontram: Religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em ciências biológicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(2), 137-175. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/533>
- Sepulveda, C., & El-Hani, C. N. (2006). Apropriação do discurso científico por alunos protestantes de biologia: uma análise à luz da teoria da linguagem de Bakhtin. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(1), 29–51. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/501>
- Sepulveda, C., & El-Hani, C. N. (2007) Controversias sobre o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução. IN: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, MG, Brasil. Recuperado de <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p742.pdf>
- Sepulveda, C., Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (2014). Conceptual profile of adaptation: A tool to investigate evolution learning in biology classrooms. In: E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts* (pp. 163- 200). Dordrecht, Sutherland: Springer.
- Sepulveda, C., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2011). O Valor heurístico e pedagógico da linguagem teleológica no ensino de evolução. In: *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências* (p.668), Campinas, SP, Brasil. Recuperado de https://www.academia.edu/11685338/O_Vvalor_Heurístico_e_Pedagógico_da_Linguagem_Teleológica_n_o_Ensino_de_Evolução
- Silva, E. (1998). *Cidadãos de outra pátria: Anglicanos e Batistas na Bahia*. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em História. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://repositorio.usp.br/item/001001138>
- Silva, N. B., & Teixeira, P. M. M. (2021). Evolução biológica: dificuldades e variáveis atuantes na aprendizagem dos estudantes do ensino médio. *Revista de Ensino de Biologia*, 14(2), 817-837. <https://doi.org/10.46667/renbio.v14i2.618>
- Silva Leão, I. M., Costa, F. J., Simões Carvalho, G., Machado Silva, H. (2020). Biological evolution and creationism from the perspective of graduate students of biological sciences. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15, 303-321. <http://doi.org/10.14483/23464712.14656>
- Smith, M. U., & Siegel, H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? *Science & Education*, 13, 553-582. <https://doi.org/10.1023/B:SCED.0000042848.14208.bf>
- Sober, E. (1993). *The Nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Chicago, United States of America: The University of Chicago Press.
- Stayton, C. T. (2006) Testing hypotheses of convergence with multivariate data: morphological and functional convergence among herbivorous lizards. *Evolution* 60, 824-841. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01160.x>
- Stayton, C. T. (2015). What does convergent evolution mean? The interpretation of convergence and its implications in the search for limits to evolution. *Interface Focus* 5, 1-8. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2015.0039>
- Staub, T., Strieder, D. M., & Meghioratti, F. A. (2015). Análise da Controvérsia entre Evolução Biológica e Crenças Pessoais em Docentes de um Curso de Ciências Biológicas. *Revista Electrónica de Investigación em Educación en Ciencias* 10, 20-35. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273343069003>
- Sterelny, K., & Griffiths, P.E. (1999). *Sex and death: an introduction to philosophy of biology*. Chicago, United States of America: University of Chicago Press.
- Tidon, R., & Lewontin, R. C (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124-131. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572004000100021>

Vasconcelos, S. D., & Souto, E. (2003). O livro didático de ciências no ensino fundamental proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 9(1), 93-104 .
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100008>

Vygotsky, L S. (1989). *A formação social da mente*. São Paulo, SP: Fontes.

Wake, D. B. (1991). Homoplasy - the result of natural selection, or evidence of design limitations? *The American Naturalist*, 138, 543 – 567. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2462453>.

Wellman, H.M., & Gelman, S.A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In: W., Damon, D., Kuhn, & R. Siegler (Eds.). *Handbook of child psychology* (pp. 523–74). New York, United States of America: Wiley.

Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.

West-Eberhard, M. J. (1992). Adaptation: Current usages. In: E. F. Keller & E. A. Lloyd (Eds.). *Keywords in evolutionary biology* (pp. 13–18). Cambridge, United States of America: Harvard University Press.

Williams, G.C. (1996). *Adaptation and natural selection: a critique of some current evolutionary thought*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.

Wright, L. (1973). Functions. *The Philosophical Review*, 82(2), 139-168. <https://doi.org/10.2307/2183766>

Recebido em: 06.04.2023

Aceito em: 19.12.2023