

ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA FORMATIVA SOBRE O CONCEITO DE VIDA À LUZ DOS FUNDAMENTOS DA TEORIA DA AUTOPOIESE

A TRAINING COURSE ABOUT LIFE CONCEPT IN LIGHT OF THE THEORY OF AUTOPOIESIS

Jennifer Caroline de Sousa¹

Magda Medhat Pechliye²

Resumo: Neste artigo é analisado um curso de extensão universitária direcionado a professores de Ciências e Biologia em formação e em exercício, cujo objetivo foi aproximá-los da problemática relacionada à definição de vida na Biologia. Referenciado na teoria da autopoiese, foi organizado e ministrado um curso de curta duração em que se realizou uma pesquisa de natureza interventiva, que contou com um *corpus* de análise constituído a partir das produções escritas e orais dos cursistas, posteriormente submetidas à Análise Textual Discursiva. Os resultados apontaram que o conceito de vida é um assunto complexo e de difícil abordagem no ensino de Ciências e Biologia, porém, a incursão inicial aos fundamentos da teoria da autopoiese pareceu favorecer a reflexão sobre a relevância de uma abordagem mais integrada e sistêmica sobre o fenômeno da vida, sugerindo potenciais contribuições da introdução de questões da Epistemologia da Biologia na formação de professores de Ciências Naturais.

Palavras-chave: Ensino de Ciências e Biologia; Formação de Professores; Organização Autopoietica; Epistemologia da Biologia.

Abstract: Here we analyzed a college extension course offered to Science and Biology teachers (undergraduate and graduated ones), which aim was to introduce them to debate on life concept in Biology. In light of the theory of autopoiesis, we organized and provided a short course where performed an action research. The *corpus* of analysis consisted of written and oral productions from participants, which were submitted to Discursive Textual Analysis. The results pointed out that life concept is a complex and hard matter to teach. Nevertheless, the initial incursion to theory of autopoiesis' foundations allowed reflecting about the relevance of a more integrated and systemic perspective concerning the phenomenon of life in Science and Biology teaching, suggesting contributions from the Epistemology of Biology to Nature Sciences training teacher.

Keywords: Science and Biology Teaching; Training Teacher; Autopoietic Organization; Epistemology of Biology.

¹Mestra em Fisiologia Geral, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: jennifercsousa@usp.br.

²Doutora em Educação, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE-USP). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: magda.pechliye@mackenzie.br.

1 Introdução

Embora haja evidências de que a vida tenha aparecido na Terra há, pelo menos, 3,5 bilhões de anos atrás (SCHOPF *et al.*, 2007), a pergunta “o que é vida” somente encontrou sentido e lugar no pensamento científico moderno, mais especificamente na transição entre os séculos XVIII e XIX, o que propiciou o lançamento das bases de um ramo da ciência (EMMECHE; EL-HANI, 2000; ANDRADE; SILVA, 2003). Denominada pela palavra “Biologia” (do grego, *bios*, “vida”, e *logos*, “estudo”), empregada por Karl Friedrich Burdach, em 1800, e Jean-Baptiste Lamarck e Gottfried Treviranus, em 1802, para referir-se ao estudo do fenômeno vivo (EMMECHE; EL-HANI, 2000), esse campo do conhecimento se consolidou no século seguinte, vindo a constituir-se, inclusive, como ciência de referência para os currículos escolares (GOODSON, 2018). A partir dos anos 1960, a disciplina Biologia substituiu o ensino da História Natural com suas divisões tradicionais – Botânica, Zoologia, Mineralogia, Geologia, Paleontologia –, deslocando o estudo isolado dos vários grupos de organismos com ênfase nas diferenças para a abordagem dos fenômenos comuns a todos os seres vivos (KRASILCHIK, 1986).

Entretanto, em que pesem sua notoriedade e relevância crescentes ao longo do último século, um fato destacado por biólogos e filósofos é a dificuldade que a ciência biológica expressou no percurso de sua história em definir conceitualmente a vida (EMMECHE; EL-HANI, 2000). Se, por um lado, afirma Videira (2000), o conhecimento biológico necessita da experimentação, por outro, seria equivocados pensar que ela seja uma ciência meramente experimental. Nesse sentido, investigações acerca da origem da vida e da evolução, por exemplo, exigem um trabalho de reflexão que articule a esfera científica empírica com a epistemológica.

Esse desafio implica à pesquisa biológica, portanto, a busca de um eixo aglutinador que a justifique como uma ciência unificada e autônoma, com princípios e paradigmas próprios, algo já debatido no campo da História da Biologia (MAYR, 2005; 2008), assim como à educação em Biologia a tarefa de apresentar o fenômeno da vida de maneira a conectar as diferentes subáreas que o investigam. Isso poderia mitigar o tratamento fragmentário dado aos diversos conceitos biológicos abordados no currículo dessa disciplina (KAWASAKI; EL-HANI, 2002; COUTINHO; MORTIMER; EL-HANI, 2007; CORRÊA *et al.*, 2008).

Embora, como afirmam Selles e Ferreira (2005), haja um relativo consenso entre pesquisadores e professores sobre a defesa da Evolução como eixo organizador da Biologia escolar, nem sempre esse discurso encontra ressonância na forma como muitos conteúdos – de Zoologia, Botânica, Fisiologia Humana, por exemplo – são ensinados, pois a abordagem desses não necessariamente prioriza os aspectos evolutivos. De outra parte, tem-se que a própria definição de vida poderia ocupar-se desse papel integrativo, se tomado como ponto de partida a natureza da organização do vivo como fundamento para a compreensão de toda a fenomenologia biológica (MATURANA; VARELA, 1997; 2011).

Diante desse cenário e situando-nos no universo da formação docente em Ciências e Biologia, neste artigo analisamos a experiência de um curso de extensão oferecido a licenciandos e professores de Ciências e Biologia, cujo objetivo foi problematizar a abordagem do conceito de vida no ensino de Ciências e Biologia a partir da teoria da autopoiese. Essa investigação se apoia no movimento em prol da incorporação da Epistemologia da Biologia na formação de professores de Ciências Naturais que alguns estudos têm fomentado (CORRÊA *et al.*, 2008; MEGLHIORATTI, 2009; ANDRADE, 2011; RODRIGUES; CORAZZA, 2019). Ademais, como apresentamos ao longo do artigo, especialmente no que se refere à proposição da vida como autopoiese, Maturana e Varela posicionam o debate sobre a fenomenologia biológica em um quadro referencial mais amplo, permitindo-nos aproximar os docentes de questões próprias do desenvolvimento do pensamento biológico que ainda escapam ao contexto escolar, mas que poderiam prover reflexões mais sofisticadas do ponto de vista filosófico, metodológico e ético sobre a Natureza da Biologia (KLOSER, 2012).

O texto está organizado em quatro seções. Inicialmente, discutimos alguns aspectos da abordagem do conceito de vida na Biologia e introduzimos brevemente os postulados da teoria da autopoiese. Seguimos com a apresentação dos procedimentos metodológicos adotados para a coleta e análise de dados produzidos durante o curso. Apresentamos, na sequência, uma análise sobre essa experiência formativa tomando como ferramenta analítica a Análise Textual Discursiva. Ao final, são aventadas possíveis continuidades da pesquisa, acenando para a relevância da incorporação da temática no currículo de formação inicial de professores de Ciências e Biologia.

2 Fundamentação teórica

Em relação às outras ciências enquadradas como “Naturais” ou “da Natureza”, a Biologia é uma ciência recente, cujo reconhecimento enquanto um campo do conhecimento autônomo e unificado pode ser vinculado ao período novecentista, momento em que o domínio do estudo sobre os seres vivos se expandiu notavelmente, sobretudo com a proposição e o fortalecimento da Teoria Sintética da Evolução, entre 1930 e 1950, e da Biologia Molecular, entre 1950 e 1960 (SELLES; FERREIRA, 2005).

Outro aspecto distintivo, na visão de Mayr (1998), é o fato de que, ao invés de formular leis, os biólogos trabalham com generalizações a partir de estruturas conceituais, e que o progresso da ciência biológica talvez se dê justamente pelo desenvolvimento e aprimoramento desses conceitos. Em contrapartida, Emmeche e El-Hani (2000) ressaltam que a história da Biologia registrou um número reduzido de tentativas de definição do seu próprio objeto de estudo, a vida. Segundo esses autores, ao menos três razões justificariam essa situação: (i) a capacidade de se atestar, por simples observação, que algo é vivo, dispensando a necessidade de teorizar a respeito, uma vez que esse conhecimento é tão “natural” e “implícito”; (ii) a crença de que se trata de uma especulação meramente teórica ou metafísica, francamente oposta e não contributiva para a pesquisa biológica experimental; (iii) o grau de complexidade que envolveria tal empreitada, tendo em vista que vida é uma categoria ampla, que recebe diversas significações tanto no âmbito das diversas áreas do saber quanto na experiência cotidiana; assim, transitar dessa riqueza de conotações para uma linguagem biológica que demanda maior precisão se constituiria num problema de grande calibre, cuja relação custo-benefício resultaria pouco convidativa.

Por outro lado, Emmeche e El-Hani (2000) descrevem que diferentes cientistas buscaram elaborar listas de características e propriedades dos seres vivos que tinham em comum a preocupação em elencar as condições essenciais da vida. Exemplificam que o bioquímico Jacques L. Monod (1910-1976) propôs como expressões constitutivas dos sistemas viventes a teleonomia, a morfogênese autônoma e a invariância reprodutiva. Já o bioquímico Christian De Duve (1917-2013), a assimilação, a conversão de energia em trabalho, a catálise, a informação, o isolamento controlado, a autorregulação e a multiplicação. O biólogo evolucionista Ernst Mayr (1904-2005), por sua vez, alongou a lista citando a complexidade e a organização, a singularidade química das

macromoléculas que compõem o vivo, a qualidade presente no mundo biológico (com relação às diferenças individuais, os sistemas de comunicação, interação em ecossistemas etc., o que se contrapõe ao mundo físico fundamentalmente quantitativo), a individualidade e a variabilidade, a presença de um programa genético, a natureza histórica, a seleção natural e a indeterminação (pela imprevisibilidade e emergência de novas qualidades na matéria viva).

Também a conceituação da vida ganhou centralidade entre as preocupações de alguns estudiosos notadamente de áreas não biológicas, como a Física. Por exemplo, Erwin Schrödinger (1887-1961) proferiu palestras em 1943 que foram convertidas no livro “O que é vida?: o aspecto físico da célula viva” (1944), cuja repercussão impulsionou novas formas de pensar a compreensão do fenômeno da vida (MURPHY; O’NEILL, 1997). Nessa obra, o físico propôs que um “cristal aperiódico” seria o “portador material da vida” que permitiria ao organismo “concentrar um ‘fluxo de ordem’” e “‘absorver ordem’ de um ambiente conveniente” e, dessa forma, produzir eventos ordenados que o mantivesse como um sistema afastado do equilíbrio termodinâmico, isto é, do estado de entropia máxima (SCHRÖDINGER, 1997, p. 19, 88). Na visão dele, somente a física quântica, da qual ele próprio foi um expoente, poderia contribuir para desvendar esse comportamento singular da matéria viva.

De fato, dez anos mais tarde, James Watson (1928) e Francis Crick (1916-2004) estabeleceram o modelo de dupla hélice para o “cristal aperiódico” de Schrödinger, a molécula de DNA. A partir daí, desencadeou-se uma intensa molecularização dos estudos biológicos (CASTRO; EL-HANI, 2003). Entretanto, a ideia de que o DNA seria o fator decisivo para a manifestação da vida foi recebida com críticas por alguns cientistas, a exemplo de Stephen J. Gould (1941-2002) e Stuart A. Kauffman (1939).

O primeiro denunciou o reducionismo subjacente a essa proposição, que levava a crer que o conhecimento sobre o funcionamento dos menores componentes da estrutura viva bastaria para responder a pergunta “o que é vida?”. Para ele, muito mais deveria ser incluído em “qualquer conceito coerente razoável dessa questão” (GOULD, 1997, p. 41). Já o segundo argumentou que o fenômeno vivo teria resultado do surgimento de uma “mudança de fase para conjuntos de moléculas coletivamente autocatalíticos em sistemas termodinâmicos abertos” (KAUFFMAN, 1997, p. 104), e que apenas a existência de um microcódigo que gerasse a “ordem a partir da ordem” não seria uma condição suficiente e até mesmo necessária para o aparecimento e a evolução da vida em seu momento inicial.

Mesmo diante das grandes controvérsias em torno do tema, o século XX assistiu aos esforços empreendidos sobremaneira pelo campo da Biologia Teórica para caracterizar a natureza dos sistemas vivos. Etxeberria e Umerez (2006) explicam que nesse período o organicismo constituiu-se como uma posição que buscou situar o problema da organização biológica em uma perspectiva que admitia certo holismo, em contraposição ao reducionismo mecanicista, mas que não aludia à presença de uma força criadora da vida, tal como apostavam os vitalistas.

Ainda, segundo os autores, dois momentos do organicismo se destacaram na história da Biologia, o primeiro, nas décadas de 1920 e 1930, e o segundo, nas décadas de 1960 e 1970. Nesse último, dentre as temáticas que marcaram as investigações da Biologia Teórica estiveram a interpretação do sentido de “informação” na dinâmica físico-química do organismo, a elucidação da organização mínima da vida, a evolução dos organismos multicelulares e o desenvolvimento de ferramentas matemáticas e computacionais para a construção de modelos teóricos dos seres vivos.

No contexto dessa segunda fase do organicismo, os neurobiólogos chilenos Humberto Maturana (1928-2021) e Francisco Varela (1946-2001) propuseram uma teoria que dava centralidade à autonomia como característica fundamental da vida. Para qualificar a organização própria dos seres vivos designaram o termo “autopoiese” (do grego, *auto*, “por si” e, *poiesis*, “produção”), utilizado para descrever a rede dinâmica molecular que constituiria o sistema vivo, a qual seria criada, sustentada e espacialmente delimitada pelas próprias moléculas geradas e transformadas nessa rede. Dessa forma, um organismo seria um sistema que produziria a si mesmo, sendo, ao mesmo tempo, produtor e produto dessa dinâmica ininterrupta.

Na visão de Maturana e Varela, a Biologia, baseada no pensamento evolutivo, deu ênfase à diversidade, reprodução e à espécie sem atentar-se para o caráter de unidade da vida, isto é, desconsiderando que “a conservação da identidade e a invariância das relações definitórias (sic) das unidades viventes estão na base de toda possível transformação ontogenética e evolutiva dos sistemas biológicos” (MATURANA; VARELA, 1997, p. 67). Concebendo, portanto, reprodução e evolução e os demais fenômenos biológicos como processos subordinados à existência e ao funcionamento dos seres vivos como unidades autopoieticas, os autores argumentaram que a pergunta sobre a que tipo de classe os seres vivos pertenceriam somente seria respondida se olhássemos para sua forma de organização.

Além da “autopoiese”, outros termos centrais e ressignificados na teoria desses cientistas são “estrutura” e “organização”. A “estrutura” é o conjunto dos componentes e suas propriedades e as relações que estabelecem entre si, cuja dinâmica permite a manifestação de um tipo característico de “organização”, que são as relações entre os componentes de um sistema que definem sua identidade enquanto uma classe específica. Nota-se, portanto, que a estrutura materializa a organização no espaço, enquanto a organização qualifica as relações que estão sendo satisfeitas por aquela estrutura, de modo que essa possa ser associada a um grupo específico de sistema (MATURANA, 1990; MATURANA; VARELA, 1997). Em suma, **a vida como autopoiese** seria uma forma de organização natural, singular e invariável, concretizada em uma estrutura mutável.

Considerando o surgimento de um sistema vivo em algum momento na Terra, Maturana e Varela (2011) acreditam que provavelmente esse evento exigiu que condições fossem cumpridas para o estabelecimento de um espaço autopoietico. Por isso, a origem dos seres vivos envolveria mais do que um problema exclusivamente relacionado aos elementos químicos que os compõem, uma vez que certas relações entre as moléculas ricas em carbono acumuladas e diversificadas no período abiótico tiveram de ser satisfeitas para gerar uma unidade viva.

Os teóricos de Santiago também compreendem que os seres vivos se constituem inegavelmente como unidades de interação que existem em um ambiente e que não podem ser entendidos de forma independente desse meio, assim como também o meio não pode ser definido independente do ser vivo que o ocupa. Embora considerem que ser vivo e meio se perturbam mutuamente, as mudanças exibidas por ambos na interação não resultam de estímulos instrutivos de um sobre o outro, pois cada um é determinado por sua própria estrutura. Como exemplificado por Maturana (1990), um fotorreceptor determina a absorção de um fóton e não este determina o que se passa ao fotorreceptor, pois é o órgão sensorial que define o que pode admitir como perturbação para então compensá-la, de modo a manter sua organização autopoietica.

Os autores alertam, no entanto, que esse “determinismo estrutural” não deve ser confundido com previsibilidade e predeterminismo, pois o sistema vivo possui uma estrutura tal que muda recursivamente na medida em que interage com seu meio, o que não nos permite admiti-lo como previsível. Também não se pode considerá-lo predeterminado, pois seu estado inicial não determina estados futuros, uma vez que somente no âmbito das interações esses são especificados. Portanto, em um sentido

estrito, não se poderia falar em determinismo genético, pois o fenótipo surge numa epigênese (MATURANA; VARELA, 1997).

Essa noção, somada ao anunciado anteriormente a respeito da interação entre ser vivo e meio, levou os neurobiólogos a conceberem dois tipos possíveis de relações: “perturbações” e “interações destrutivas”. As primeiras desencadeariam mudanças de estado, isto é, modificações estruturais que não implicariam na desintegração da organização, e as segundas provocariam mudanças destrutivas que levariam ao desaparecimento da unidade. Dessa forma, a autopoiese seria o mecanismo que faria dos seres vivos autônomos, permitindo-lhes existir em clausura operacional, sem que isso significasse, no entanto, ausência de interação.

Atualmente, o sistema vivo como uma organização autopoietica defendida por Maturana e Varela figura entre as definições de vida presentes em enciclopédias internacionais (SAGAN, 2021), assim como também se tem encorajado o uso do conceito de “autopoiese” no ensino de Biologia como elemento estruturante ou integrador do currículo da Biologia escolar (GAGLIARD, 1986; KAWASAKI; EL-HANI, 2002; CORRÊA *et al.*, 2008), havendo, inclusive, coleções brasileiras de livros didáticos de Ciências e Biologia mais recentes (AMABIS; MARTHO, 2013; USBERCO *et al.*, 2015) que o mencionam nos capítulos introdutórios sobre a origem e a caracterização geral dos seres vivos.

Considerando, portanto, a proficuidade da teoria da autopoiese para o debate sobre o conceito de vida em termos biológicos, foi desenhada e conduzida uma experiência formativa para docentes de Ciências e Biologia, cuja descrição e análise são apresentadas nas seções a seguir.

3 Procedimentos metodológicos e analíticos

Com intuito de promover estudos e pesquisas relacionados à formação docente em Ciências e Biologia, com particular interesse na investigação sobre o ensino e a aprendizagem de conceitos biológicos, foi proposto um projeto de pesquisa “A Biologia do Conhecer: contribuições e limites para a formação docente em Ciências e Biologia”, que se materializou no âmbito de um curso de extensão ofertado gratuitamente a professores de Ciências e Biologia da rede de educação básica de São Paulo. Metodologicamente, a investigação se caracterizou como uma pesquisa de natureza

interventiva do tipo “pesquisa de aplicação”, definida por Teixeira e Megid Neto (2017, p. 1069) como uma investigação baseada em:

[...] projetos nas quais as prioridades de investigação são definidas integralmente pelos pesquisadores. Envolvem o planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção. Os processos são fundamentados em teorias ou outros referenciais do campo específico de estudo. Os objetivos não estão necessariamente voltados para a transformação de uma realidade, mas sim, amiúde, dar contribuições para a geração de conhecimentos e práticas, envolvendo tanto a formação de professores, quanto questões mais diretamente relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem, como a testagem de princípios pedagógicos e curriculares (interdisciplinaridade, contextualização, transversalidade, avaliação etc.) e recursos didáticos.

Realizado nas dependências de uma universidade privada de ensino, o curso teve duração de 32 horas, sendo metade delas dedicadas a atividades presenciais organizadas em dois sábados seguidos (períodos matutino e vespertino) e outras 16 horas voltadas a tarefas designadas para serem realizadas a distância (leitura e produções escritas) (Figura 1). Todas as atividades desenvolvidas durante o curso foram concebidas e validadas no interior do grupo de pesquisa

1º dia	2º dia
Momento 1	
Problematização do conceito de vida na Biologia	Aquecimento
Atividade: Debate, em roda ampliada de conversa (cursistas e pesquisadores), sobre as definições de vida conhecidas e trabalhadas nas aulas de Ciências e Biologia.	Atividade: Retomada dos conceitos estudados no 1º dia (discussão sobre dúvidas e inquietações geradas a partir da leitura do texto-síntese e do questionário).
Momento 2	
Os conceitos de estrutura e organização	Oficina de aulas
Atividade: Simulação e discussão sobre a distinção entre estrutura e organização em objetos (construção de mesas com materiais descartáveis em pequenos grupos).	Atividade: Produção de atividades didáticas sobre o conceito de vida desde a perspectiva da teoria da autopeiose.
Momento 3	
A teoria da autopeiose	Partilha
Atividades: Aula expositiva sobre os conceitos de autopeiose, organização e estrutura e atividade musicada para a abordagem do conceito de perturbação.	Atividade: Apresentação das atividades didáticas produzidas pelos pequenos grupos (em roda ampliada de conversa).
Momento 4	
Síntese geral	Encerramento
Atividade: Entrega de um texto-síntese, de autoria do grupo de pesquisa, e de um questionário sobre o conteúdo abordado.	Atividade: Avaliação do curso pelos cursistas.

Figura 1: Plano do curso

Fonte: Autoras (2021).

Os resultados apresentados neste artigo se referem a um conjunto de dados provenientes das atividades realizadas com 17 professores, que deram seu consentimento, no ato da inscrição, para a análise de suas falas e tarefas desenvolvidas durante o curso. Na Tabela 1 caracterizamos o perfil dos participantes.

Tabela 1: Perfil dos cursistas

Tipo de dado	Classificação	Número de docentes
Grau de escolaridade	Graduação em Ciências Biológicas	14
	Graduação em Ciências Biológicas e Pedagogia	2
	Graduação em andamento em Ciências Biológicas	1
	Pós-graduação (<i>lato sensu</i>)	6
	Pós-graduação (<i>stricto sensu</i>)	7
	Tempo de magistério	0 anos
1 a 6 anos		10
7 a 12 anos		2
13 a 18 anos		3
Etapas da educação em que atua	Educação infantil	1
	Ensino Fundamental	17
	Ensino Médio	10
	Ensino Superior	1
Categoria administrativa da instituição escolar em que trabalha	Pública	6
	Privada	6
	Pública e privada	5

Fonte: Elaborado pelas autoras com base nas informações apresentadas nos formulários de inscrição (2021).

Constituíram o *corpus* da análise as falas dos professores nas atividades em grupo e nas rodas ampliadas, bem como as tarefas desenvolvidas, que foram gravadas, transcritas e arquivadas. A partir desse conjunto de textos obtidos, procedemos com a delimitação da nossa amostra, estabelecida pelos critérios de riqueza informacional (relacionado à fecundidade que tais dados forneciam aos propósitos da pesquisa) e de saturação (relacionado à suficiência dos dados selecionados para análise). Dessa forma, consideramos para fins de análise o conteúdo: (a) da primeira roda de conversa sobre as definições de vida e ser vivo no primeiro dia de curso; (b) dos questionários respondidos pelos cursistas; e (c) dos debates dos pequenos grupos durante a realização das atividades didáticas no segundo dia de curso.

Empregamos como ferramenta analítica a Análise Textual Discursiva (ATD), que, de acordo com Moraes e Galiazzi (2006), assume pressupostos que a localizam entre os extremos da Análise de Conteúdo e a Análise do Discurso. Considerada uma análise qualitativa, a ATD imprime um movimento de caráter hermenêutico fundamentado em uma atitude fenomenológica, a fim de que do processo de análise possam emergir novos entendimentos sobre os fenômenos e discursos investigados.

A matéria-prima da ATD é o texto, que, segundo Moraes (2003), deve ser entendido em um sentido mais amplo, abarcando tanto produções escritas quanto imagens e outras formas de expressão linguística. Como mencionado, o conjunto dos textos produzidos a partir do curso ministrado foi integralmente transcrito, gerando documentos textuais cuja leitura e exame adentrou um ciclo constituído por três etapas: unitarização, categorização e comunicação.

A primeira delas, associada ao procedimento de desmontagem dos textos, consiste em fragmentar, codificar e atribuir títulos às unidades de significado, elementos de sentido interpretados e construídos a partir da leitura e impregnação intensa sobre o material de análise. Os esforços empreendidos para a unitarização podem ser vistos na organização dos quadros apresentados nas próximas seções, os quais sintetizam as perspectivas dos sujeitos pesquisados sobre a temática abordada ao longo do curso.

Da desconstrução inicial do *corpus* passamos à categorização, que se refere ao estabelecimento de relações entre os elementos anteriormente unitarizados através de seu agrupamento em categorias. Elas emergem do movimento realizado pelo pesquisador em direção à superação da fragmentação operada no passo anterior e cujas fronteiras não exigem ser precisamente delimitadas, podendo haver superposições entre elas (MORAES, 2003). No presente artigo, o processo de categorização é expresso na produção preliminar de subcategorias evidenciadas nos quadros e na organização dos dois tópicos que constituem o item “Resultados e Discussão”.

Como afirmam Medeiros e Amorim (2017), na ATD, a descrição e a interpretação são consideradas elementos da análise e, portanto, se desenvolvem concomitantemente. Dessa forma, a categorização conduziu ao terceiro e último passo do ciclo, a comunicação. A expressão dos novos sentidos lidos a partir dos textos originais deu origem aos metatextos, produções argumentativas de caráter descritivo e interpretativo (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2006), nos quais discutimos sobre as concepções dos cursistas acerca do conceito de vida e seu ensino nas aulas de Ciências e Biologia e sobre a experiência do curso em si.

Para preservar a identidade dos sujeitos participantes, substituímos seus nomes pela letra “S” associada a um número (de 1 a 17).

4 Resultados e Discussão

4.1 Concepções docentes sobre o conceito de vida

Considerando a importância de investigar as concepções prévias dos cursistas sobre o conceito de vida, a abertura do curso se fez com a pergunta que orientou o debate da primeira roda de conversa: “O que vocês entendem por ser vivo?”. As respostas foram sintetizadas em quadro negro, dando origem a uma lista que continha os seguintes itens: “aquilo que se reproduz”; “formado por células”; “o que tem metabolismo”; “responde a estímulos”; “presença de ácidos nucleicos”; “que interage e modifica o meio”; “apresenta ciclo de vida”. Entretanto, essa enumeração das características dos seres vivos foi concomitante às problematizações suscitadas por alguns participantes (Quadro 1).

Aspectos problematizados		Exemplos de contestações
Quanto às características listadas	Reprodução	S11: “se você diz que se o ser vivo é aquele que se reproduz o macho pode nunca encontrar a fêmea. E ele pode nunca reproduzir. Ele pode ter problemas no sistema reprodutor”. S5: “Entra o conceito de esterilidade, né? A mula não é um ser vivo?”.
	Presença de ácidos nucleicos	S11: “Se tem ácidos nucleicos é vivo, mas [o vírus] não é composto por células e tudo mais”. S5: “Se você pegar, talvez não seres vivos, mas indivíduos com ácido nucleico, como os vírus, você não sabe se é vivo ou não. Bom, aí se você pegar a célula, você já está falando de seres unicelulares, ok”.
	Responsividade a estímulos externos	S11: “eu tiraria é aquele ‘responder a estímulos’. Se a gente for a uma caverna a gente vai ver um monte de espeleotema respondendo a estímulos. Tá caindo água dentro da caverna, tá formando um monte de coisa”.
Quanto à limitação das listas de características e propriedades dos seres vivos		S1: “Depende do bicho que você pensou. Depende da coisa que você imaginou. [...] depende muito do que nós pensamos para enumerar características. Então não podemos definir um ser vivo por lista de características”. S13: “Quando que essa lista de atributos será o suficiente para definir de forma clara o que é ser vivo?”.
Quanto à abordagem do tema nos livros didáticos		S14: “no sexto ano a gente sempre começa com ecossistema, né? E pega o livro didático e aí tá lá: fatores bióticos e abióticos. E a definição que tá no livro didático é bem pobrinha, né? Fator biótico é o que tem vida e fator abiótico é o que não tem vida. E cadê a definição do que é vida?”.

Quadro 1: Problemas na definição de “ser vivo” evidenciados pelos cursistas
Fonte: Autoras (2021).

O diálogo inicial com os cursistas evidenciou a sobreposição de dois aspectos. O primeiro é que a definição de ser vivo foi dada a partir da discriminação de uma série de

características morfofisiológicas, explicando a vida a partir de uma “lista de predicados”, como descrevem Andrade e Silva (2003). O segundo é que, antes mesmo que o conteúdo específico do curso fosse abordado, os participantes levantaram críticas a respeito da caracterização geral dos seres vivos pela enumeração de seus atributos, indicando que o conceito de vida é um tema complexo, mas aparentemente pouco explorado em termos mais teóricos nas aulas de Ciências e Biologia.

De uma parte temos, portanto, que o debate em torno do objeto de estudo da Biologia em seu sentido mais amplo poderia aparecer desde a formação inicial de professores de Ciências Naturais através da inclusão de tópicos da Epistemologia da Biologia, endossando a defesa de alguns pesquisadores que observam o papel significativo que os conhecimentos desse campo desempenham no tratamento de questões teórico-filosóficas da Biologia por professores e pesquisadores ligados ao ensino de Ciências e Biologia (MEGLHIORATTI, 2009; ANDRADE, 2011).

De outra parte, pode-se presumir que a carência formativa a respeito do tema é suprida parcialmente pelos materiais de apoio, em particular, os livros didáticos da área. Essa hipótese parece coadunar-se com o levantamento realizado por Kawasaki e El-Hani (2002) em um conjunto de coleções didáticas de Biologia, nas quais observaram que a maior parte delas abordava a etimologia da palavra “Biologia” e/ou do termo *vitae*, mas sem dedicar uma seção específica para debater a problemática. Por outro lado, em todas era apresentada uma lista de propriedades comuns dos seres vivos ou uma caracterização geral na descrição de cada grupo de seres vivos, porém, sem justificar a escolha pela listagem de certos atributos em detrimento de outros. Ainda, os autores encontraram em um dos livros a definição de vida como o oposto do significado biológico de morte, algo também sugerido por S11 quando disse que “[...] a gente tá encurralado tendo que definir o ser vivo como o ser que pode perder a vida. É a única certeza”, argumentando que essa era uma exigência posta a qualquer professor de Ciências Naturais, como se nota em outra afirmação sua: “você vai ter que encontrar alguma coisa que defina, ainda mais a gente que tá na frente de um aluno querendo saber. E muitas vezes eles querem saber a nossa opinião”.

O impasse descrito pelo cursista concorda com a alegação de Emmeche e El-Hani (2000) de que é esperado que qualquer biólogo ou professor da área tenha um discurso específico sobre esse fenômeno natural. Entretanto, os mesmos autores salientam que os vestígios da História Natural na Biologia moderna provavelmente favoreceram as iniciativas de catalogação e sistematização das características dos seres vivos, sem que

houvesse a preocupação em definir a vida como um fenômeno único e coerente, capaz de conferir ao campo da investigação biológica um sentido mais geral. Isso, por sua vez, levou à arbitrariedade na escolha dos aspectos fundamentais dos seres vivos e, conseqüentemente, à elaboração de diferentes listas de características gerais ao longo da história da Biologia. Dessa relativização dos critérios de seleção resultou a inelegibilidade da melhor entre todas as listas e a interminabilidade da enumeração dos atributos suficientes e necessários para abranger toda biodiversidade.

Na esteira da avaliação dessas listas, Andrade e Silva (2003) acrescentam dois outros aspectos: o primeiro é o fato de que muitos sistemas complexos não vivos também exibem uma ou várias das características listadas para os sistemas vivos; o segundo é a grande improbabilidade de que todos esses “predicados” tivessem surgido concomitantemente em um dado momento, permitindo o surgimento da vida quase que como um ato de criação divina. Mais uma vez, a reflexão a respeito desses aspectos ocorreu a um dos cursistas que apontou que “vai ter um ser vivo que não reproduz por n motivos, ah, ele é carta fora do baralho. Aí vira uma lista de exclusão” (S1).

Em contrapartida, nas falas dos participantes não houve o questionamento sobre a caracterização microscópica habitualmente utilizada para discriminar os seres vivos dos inanimados, sendo esta, para um deles, uma alternativa para se definir o que é vivo: “definir o ser vivo do ponto de vista biológico é relativamente fácil, um conjunto de reações químicas, que mantém essas células funcionando. Dá até pra enumerar essas reações, estudar essas reações” (S11), algo que inevitavelmente sugere uma redução do biológico aos processos físicos e químicos.

Esses dados sobre as concepções prévias dos docentes sinalizam que a apresentação de uma teoria biológica para definir a vida se faz necessária e pode favorecer a abordagem da temática no ensino de Ciências e Biologia. O item a seguir explora como a teoria da autopoiese guiou o debate e a reflexão sobre o problema do conceito de vida.

4.2 Recepção e apropriação da teoria da autopoiese

Como previsto no plano do curso (Figura 1), ao final do primeiro dia foi aplicado um questionário de perguntas abertas para coletar informações dos cursistas a respeito: a) da compreensão sobre os conceitos abordados; b) das impressões gerais da teoria da autopoiese (pertinência conceitual, grau de dificuldade etc.); c) de como o conceito de vida era trabalhado em aula e sobre a possibilidade de transposição da teoria da autopoiese

para o contexto de ensino; d) de dúvidas e apontamentos gerais para o encontro seguinte (Figura 2).

Bloco 1 – AVALIAÇÃO CONCEITUAL

1) Considerando a proposta de Maturana e Varela, explique com suas próprias palavras os termos: a) Organização; b) Estrutura; c) Ser vivo.
2) Após este primeiro dia de curso, qual é a sua opinião sobre o uso da lista de características e propriedades para a definição de seres vivos?

Bloco 2 – IMPRESSÕES GERAIS SOBRE A TEORIA DA AUTOPOIESE

1) Você já tinha ouvido falar sobre as ideias de Maturana e Varela antes deste curso? Em caso afirmativo, descreva brevemente o que você já sabia.
2) O que você pensa sobre a definição de ser vivo apresentada por Maturana e Varela?

Bloco 3 – O CONCEITO DE “VIDA” NO CONTEXTO DE ENSINO

1) De que forma a definição de ser vivo é atualmente apresentada em suas aulas?
2) Qual é a sua opinião sobre abordar, com os alunos do Ensino Médio, os seres vivos sob a perspectiva da autopoiese?
3) Como você imagina que poderia abordar essa definição com seus alunos?

Bloco 4 – DÚVIDAS E APONTAMENTOS

1) Anote perguntas para serem discutidas no próximo encontro.

Figura 2: Questionário aplicado ao final do primeiro dia do curso

Fonte: Autoras (2021).

Com relação ao bloco 1, embora as respostas à primeira pergunta, em grande medida e como se poderia esperar, reproduziram as definições apresentadas durante as exposições orais dos ministrantes e no texto-síntese, observou-se o uso de expressões e/ou estabelecimento de algumas associações para a explicação dos conceitos indicados, a partir das quais foi possível identificar que certas “posturas epistemológicas” dos cursistas aparentemente se constituíram como obstáculos para a compreensão dos fundamentos da teoria da autopoiese (Quadro 2).

Conceito	Classificação da resposta	Exemplos de respostas	Sujeito respondente
Estrutura	Apenas componentes da matéria viva.	S7: “É algo que pode ser alterado, modificando seus componentes”; S16: “São as partes que compõem determinado objeto ou sistema”.	S3, S7, S16

Continua

	Componentes da matéria viva e suas relações.	S2: “A estrutura é um conjunto de componentes e as relações ou rede de interações entre estes componentes, que levam a uma organização específica. A estrutura é flexível, podendo ter uma alteração em seus componentes”; S4: “Conjunto de componentes relacionando-se”.	S2, S4, S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S17
	Componentes da matéria viva e suas relações que resultam em uma funcionalidade para o sistema que constituem.	S1: “Estrutura é uma série de “encaixes” que os componentes fazem (as interações sobre eles) que faz com que o novo “componente maior – ou complexo” tenha algum tipo de função que, sozinhos, não possuíam”; S5: “É a forma como os componentes se relacionam, promovendo uma funcionalidade”.	S1, S5
Organização	Conjunto de componentes ou estruturas que confere utilidade ou funcionalidade a uma estrutura ou sistema.	S5: “é a função de determinada coisa, objeto, etc. De acordo com sua estrutura, apresenta-se uma organização, que determina qual a funcionalidade”; S1: “é o conjunto de estruturas que, unidas, passam a ter significado próprio. É o que faz com que o objeto (ou ser, que seja) tenha essência naquele momento. A organização traz funcionalidade a esse conjunto de estruturas (não que ela tenha um motivo maior para existir, ela apenas existe por si só)”.	S1, S5, S7
	Relações entre os componentes de um sistema.	S3: “relação entre os componentes de um sistema”; S4: “Como os componentes se relacionam, formando uma estrutura, pertencente a determinado grupo”.	S3, S4
	Conjunto de relações entre componentes que confere identidade a uma estrutura ou sistema.	S10: “são relações constantes entre os componentes de algo que nos permite reconhecer esse ‘algo’ especificamente”; S17: “é a identidade do sistema. As relações que devem acontecer para possamos reconhecer o que ela representa (sua identidade)”.	S2, S6, S8, S9, S10, S13, S14, S15, S16, S17
	Aquilo que resulta/ se manifesta a partir de uma estrutura.	S11: “é o resultado que se expressa das relações entre a estrutura e os componentes. Comparando com a genética, seria o fenótipo, que é o resultado das interações da genética (DNA, RNAs, síntese proteica, etc...) e o meio ambiente”; S12: “é a estrutura em suas diversas formas, desde que esta não se modifique tanto a ponto de se transformar em outro tipo de organização”.	S11, S12

<p>Ser vivo</p>	<p>Um sistema que expressa/tem: metabolismo, DNA, célula, interage com o meio etc.</p>	<p>S7: “é aquilo que tem DNA e um metabolismo, dando origem a um conjunto de estruturas”.</p> <p>S11: “é um ser composto por célula com a capacidade de se autorregular a ponto de manter essa célula – as células nos multicelulares – ativa, influenciando e sendo influenciada por si mesma e pelo meio em que ele se encontra”.</p>	<p>S7, S11</p>
	<p>Um sistema autopoietico (organização que se autocria, autoconserva, autorregula).</p>	<p>S13: “é um tipo especial de sistema que possui uma organização autopoietica, onde os componentes desse sistema se interconectam e inter-relacionam de forma a promover a sua autoconservação e sua manutenção existencial”.</p> <p>S9: “toda estrutura que possui organização autopoietica, ou seja, que se apresenta como um sistema que se autorregula e é fechado por uma barreira. Porém, interage com o meio (captar recursos e interação com outros seres vivos) e por isso também é considerado aberto”.</p>	<p>S1, S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, S10, S12, S13, S14, S15, S16, S17</p>

Quadro 2: Categorização das definições de estrutura, organização e ser vivo dos cursistas

Fonte: Autoras (2021).

Como é possível observar no quadro 2, os cursistas se aproximaram ou distanciaram das definições propostas na teoria da autopoiese. A associação da “estrutura” e da “organização” à função de um sistema e o exercício de enumeração de características dos seres vivos evidenciaram o que se poderia denominar de “posturas epistemológicas” implicitamente presentes nas respostas de alguns cursistas. No primeiro caso, a atribuição de uma “funcionalidade” seria indicativa de um pensamento teleonômico, que, para Maturana e Varela (1997), não teria valor explicativo no âmbito fenomenológico da vida, uma vez que a teleonomia consistiria apenas em um artifício de descrição para o sujeito que observa o fenômeno vivo. Os sistemas vivos careceriam, portanto, de finalidade ou propósito, pois a sua autopoiese não se conserva “para algo”; eles somente estão e continuam vivos porque essa é sua condição constitutiva (MATURANA, 1990; MATURANA; VARELA, 1997). No segundo caso, a discriminação de características aparentemente exclusivas aos seres vivos endereça a um pensamento essencialista, explicado por Emmeche e El-Hani (2000) como aquele que crê que algo somente pode ser classificado como pertencente a um grupo se e somente se compartilha com todos os outros membros desse grupo um conjunto fixo de propriedades listáveis e verificáveis. Nisso se basearia, portanto, a busca pelo número e tipo de propriedades que comporiam as “condições essenciais” do vivo, algo que os autores

contestam por argumentar que a Biologia, embora historicamente impregnada pelo essencialismo, seja, em linhas gerais, uma ciência não essencialista.

Outro aspecto a ser ressaltado é a pluralidade de compreensões dos conceitos de estrutura e organização. A distinção entre ambos não pareceu estabelecer-se de maneira clara para alguns sujeitos, cabendo, portanto, sublinhar o que propõe Maturana e Varela a respeito deles. Para esses teóricos, a organização é “o que define a identidade de classe de um sistema, e é a estrutura o que a realiza” e, por isso, ela “nao é diretamente distinguível, mas fica implícita no ato de distinção que traz à tona uma estrutura” (MATURANA; VARELA, 1997, p. 20-21). Essa distinção é fundamental para entender o que significa afirmar que um ser vivo é uma organização autopoietica, pois permite deslocar a ênfase na caracterização físico-química dos sistemas vivos para uma caracterização do ponto de vista da dinâmica relacional fundamentada na autonomia biológica que eles apresentam e que os diferencia dos não vivos.

Quanto à avaliação sobre o uso de listas de características e propriedades para a definição de ser vivo, os cursistas, em sua maioria (13 sujeitos), assinalaram que compreendiam as limitações delas, frisando a sua arbitrariedade e falibilidade quanto aos critérios de inclusão e validação dos atributos listados. Por outro lado, também foi mencionado por alguns (4 sujeitos) que elas auxiliam a organização do pensamento dos estudantes sobre o tema, pois permitem rapidamente que eles reconheçam os seres vivos. Além disso, carregam um forte “apelo didático-pedagógico”, uma vez que são tradicionalmente abordadas como um conhecimento escolar consolidado – sendo isso corroborado por todos os cursistas que afirmaram, em resposta à pergunta 1 do bloco 3, trabalhar com elas em suas aulas –, o que torna ainda maior o desafio em problematizá-las. Todavia, deve-se esclarecer que, ao invés do abandono das listas, o que se sugere aqui é a investigação dos fundamentos epistemológicos subjacentes a elas e dos paradigmas aos quais estão associadas, de maneira que o conceito de vida adquira centralidade nas aulas de Ciências e Biologia.

No que se refere às perguntas do bloco 2, apenas quatro dentre os 17 cursistas afirmaram ter conhecimento sobre a teoria de Maturana e Varela antes da realização desse curso, sem, no entanto, registrar em suas respostas maiores detalhes sobre o que conheciam dela. Quando questionados sobre a pertinência da definição de ser vivo proposta por eles, de modo geral, praticamente todos a avaliariam positivamente, atribuindo-lhe qualificativos como “redonda” (S4), “satisfatória que abrange os seres vivos conhecidos e permite extrapolações para casos não conhecidos” (S6), “bem

interessante” (S13, S16), “que não envolve exceções, já que todos os seres vivos são autopoieticos” (S12), “que acrescenta algo a mais que o metabolismo celular” (S3). Contudo, alguns também apontaram a autopoiese como “uma ideia complexa, bem filosófica” (S5), “não fácil de digerir” (S2), de “compreensão complicada e isso torna a apropriação difícil” (S8) e que não resolve a “questão do vírus” (S17).

Essa qualificação da teoria da autopoiese como “altamente complexa e abstrata” se expressou também nas respostas às perguntas do bloco 3, em que mais da metade dos cursistas confessou que a admissibilidade dela no contexto de ensino exigiria uma maturidade cognitiva maior dos estudantes, e, por isso, seria mais adequado abordá-la no Ensino Médio, assim como também argumentaram que a transposição didática dos conceitos demandaria maior aprofundamento de estudos por parte deles sobre os fundamentos da teoria.

Esse exercício de criar uma atividade didática que se apoiasse na definição da vida como autopoiese foi, por sua vez, a tarefa designada para o segundo dia de curso. Ao todo, foram formados quatro pequenos grupos de trabalho que elaboraram e expuseram suas propostas didático-pedagógicas. Resumidamente, o primeiro propôs uma atividade centrada na comparação entre objetos inanimados e seres humanos tomando a produção de energia, a interatividade e o movimento como fatores distintivos para atribuição de vida aos últimos. O segundo abordou a temática da vida a partir de questões problematizadoras como “onde está a vida?” e “quando começa a vida?”, trazendo, como pano de fundo, questões bioéticas como o aborto. O terceiro sugeriu uma atividade de construção de uma ideia comum sobre o que é “ser vivo” entre os alunos, buscando confrontar os postulados da teoria da autopoiese e as listas gerais de características e propriedades dos seres vivos para responder sobre como seria possível chegar à conclusão de que foi encontrada uma forma de vida fora do planeta Terra. Por fim, o quarto planejou uma aula que envolveria a utilização de um torso humano para trabalhar os conceitos de estrutura e de organização, dando ênfase à importância da produção e da manutenção das relações entre os componentes de um organismo vivo em substituição à abordagem tradicional dos níveis de organização biológica estudados nas aulas de Biologia.

A apresentação dessas propostas foi sucedida por um debate entre cursistas e ministrantes, que pôs em relevo a definição de uma série de conceitos biológicos e o modo como esses são ensinados, tomando a “autopoiese” como conceito norteador dessa reflexão. Por exemplo, ao final do curso foram travadas discussões em torno dos processos de diferenciação celular e desenvolvimento ontogenético, do papel dos genes,

da condição de multicelularidade associada ao questionamento sobre se uma célula individualizada no organismo poderia ser ou não ser considerada um ser vivo. Ainda que não fosse almejada a abordagem de tais temas no curso, reconhecemos que novas edições dele exigiria uma imersão maior na teoria de Maturana e Varela, a fim de explorar como tais conceitos biológicos são ressignificados e como essas novas maneiras de interpretá-los implicariam numa outra leitura sobre a fenomenologia biológica como um todo.

Entretanto, é possível afirmar que o contato dos professores com a teoria da autopoiese pareceu ocasionar inquietações teóricas no que diz respeito a conhecimentos biológicos comumente abordados nas aulas, além de sugerir uma abertura à adoção de uma perspectiva mais integrada e sistêmica sobre o ser vivo, sinalizando que o desafio posto é o de fortalecer tal abordagem do fenômeno vivo desde a formação inicial de professores.

5 Considerações Finais

Neste artigo analisamos a experiência de um curso de extensão voltado a licenciandos e docentes em Ciências e Biologia, que teve como objetivo principal problematizar o conceito de vida, tomando como referência a teoria da autopoiese, de Humberto Maturana e Francisco Varela. Partiu-se do pressuposto de que a proposta desses cientistas chilenos, formulada na década de 1970, ao dar centralidade à questão da natureza da vida, constituiu-se como uma importante contribuição ao pensamento biológico no que se refere ao debate sobre como a Biologia, enquanto uma ciência do vivo, poderia definir seu objeto de estudo. Isso, por sua vez, motivou a apresentação da teoria a docentes vinculados à área das Ciências Naturais, tendo em vista sua potencialidade para repensar o ensino do conceito de vida e as implicações que se derivam para a abordagem dos fenômenos biológicos que são estudados ao longo da disciplina escolar Biologia.

Com relação aos resultados desta pesquisa da aplicação, foi possível constatar que, de fato, a definição de vida é um desafio para os professores de Ciências Naturais, e que o modo de ensiná-la passa invariavelmente pelo trabalho com listas de características e propriedades dos seres vivos, veiculadas, sobretudo, por livros didáticos que instituíram uma tradição sobre esse conhecimento escolar. Observou-se também que os participantes do curso conseguiram, a partir da proposta do curso, problematizar a ausência de

definições mais precisas e unificadoras do fenômeno da vida e avaliar que a teoria da autopoiese responde como uma alternativa ao tratamento desse tema nas aulas de Ciências e Biologia.

Não obstante, é reconhecido que o grau de complexidade da teoria oriunda do campo da Biologia Teórica e a incursão introdutória a ela em um curso de extensão de curta duração oferecido a um grupo seletivo de professores são fatores limitantes para sua incorporação no ensino de Ciências e Biologia, demandando investigações futuras que se proponham a conceber como transpô-la didaticamente para o contexto de ensino na educação básica. Particularmente, isso impele que novas edições do curso em formato de especialização considerem maior tempo para contextualização e aprofundamento das bases teóricas, assim como a elaboração e a apresentação de estratégias e atividades didáticas sugeridas pelo próprio grupo de pesquisa para abordagem da vida como autopoiese no Ensino Fundamental e Médio.

Além disso, de maneira mais ampla para o campo da pesquisa em Ensino de Biologia, fica sugerido que o conceito de vida poderia constituir-se como nó integrador do currículo da Biologia escolar. Para tanto, caberia o fortalecimento da inclusão mais abrangente e sistemática de tópicos de Epistemologia e Filosofia da Biologia na formação inicial de professores da área, uma tarefa que exige a proposição, a experimentação e a avaliação de um programa disciplinar vinculado à grade curricular das licenciaturas em Ciências Biológicas e da Natureza.

Referências

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em Contexto**. 1 ed. São Paulo: Moderna, 2013. (Manual do Professor).

ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. O que é vida?. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 191, p. 16-23. 2003.

ANDRADE, M. A. B. S. **A Epistemologia da Biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares**. 2011. 233 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

CASTRO, T. A.; EL-HANI, C. N. O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de Biologia do Ensino Superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4. 2003, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2003. p. 1-12.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2022.v.6.n.1.28212>

SILVA, P. R.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. Aspectos históricos e filosóficos do conceito de vida: contribuições para o ensino de Biologia. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 3, p. 21-40, 2008.

COUTINHO, F. A.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-137, 2007.

EMMECHE, C.; EL-HANI, C. N. Definindo vida. In: EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (org.). **O que é vida?**: para entender a Biologia do Século 21. 1 ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 31-55.

ETXEBERRÍA, A.; UMEREZ, J. Organismo y organización en la Biología Teórica ¿vuelta al organicismo 50 años después?. **Ludus Vitalis**, Ciudad de México, v.14, n. 26, p. 3-38, 2006.

GAGLIARD, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 1, p. 30-35, 1986.

GOODSON, I. **Currículo: teoria e história**. 15 ed. Tradução: Atílio Brunetta. Petrópolis: Vozes, 2018. 160 p.

GOULD, S. J. “O que é vida?” como um problema histórico. In: MURPHY, M. M.; O’NEILL, L. A. J. (org.). **“O que é vida?” 50 anos depois**: especulações sobre o futuro da Biologia. Tradução: Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Editora UNESP, 1997. p. 35-51.

KAUFFMAN, S. A. “O que é vida?: Schrödinger estava certo? In: MURPHY, M. M.; O’NEILL, L. A. J. (org.). **“O que é vida?” 50 anos depois**: especulações sobre o futuro da Biologia. Tradução: Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Editora UNESP, 1997. p. 101-135.

KAWASAKI, C. S.; EL-HANI, C. N. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 8. 2002, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SBEnBio, 2002. p. 1-6.

KLOSER, M. A place for the Nature of Biology in Biology Education. **Electronic Journal of Science Education**, Georgetown, v. 16, n. 1, p. 1-18, 2012.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 2. ed. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1986. 195 p.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 272 p.

MAYR, E. **Isto é Biologia**: a ciência do mundo vivo. Tradução: Cláudio Ângelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. 427 p.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107 p.

MATURANA, H. **Biología de la Cognición y Epistemología**. Temuco: Ediciones Universidad de la Frontera, 1990. 141 p.

MATURANA, H.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas do conhecimento humano. 9 ed. Tradução: Humberto Mariotti, Lia Diskin. São Paulo: Palas Athena, 2011. 283 p.

MATURANA, H.; VARELA, F. **De máquinas e seres vivos**: autopoiese, a organização do vivo. 3 ed. Tradução: Juan Acuña Llorens. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 138 p.

MEDEIROS, E. A.; AMORIM, G. C. C. Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. **Laplage em Revista**, Paulínia, v. 3, n. 3, p. 247-260, 2017.

MEGLHIORATTI, F. A. **O conceito de organismo**: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de Biologia. 2009. 257f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MURPHY, M. M.; O'NEILL, L. A. J. "O que é vida?": uma introdução sobre os próximos 50 anos. In: MURPHY, M. M.; O'NEILL, L. A. J. (org.). **"O que é vida?" 50 anos depois**: especulações sobre o futuro da Biologia. Tradução: Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Editora UNESP, 1997. p. 9-12.

RODRIGUES, J. L.; CORAZZA, M. J. Formações discursivas sobre o fenômeno da vida: conceitos polissêmicos. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 244-258, 2019.

SAGAN, D. Life (Biology). **Encyclopædia Britannica**, 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/life>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SCHOPF, J. W.; KUDRYAVTSEV, A. B.; CZAJA, A. D.; TRIPATHI, A. B. Evidence of Archean life: stromatolites and microfossils. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 158, n. 3-4, p. 141-155, 2007.

SCHRÖDINGER, E. **O que é vida?**: o aspecto físico da célula viva seguido de **Mente e Matéria e Fragmentos Autobiográficos**. Tradução: Jesus de Paula Assis, Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Editora UNESP, 1997. 192 p.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. R. (org.). **Ensino de Biologia**: conhecimentos e valores em disputa. 1 ed. Niterói: Eduff, 2005. p. 50-62.

TEIXEIRA, P. M. M.; MEGID NETO, J. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017.

USBERCO, J.; SALVADOR, E.; MARTINS, J. M.; SCHECHTMANN, E.; FERRER, L. C.; VELLOSO, H. M. **Companhia das Ciências**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2022.v.6.n.1.28212>

VIDEIRA, A. A. P. Para que servem as definições? In: EI-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (org.). **O que é vida?**: para entender a Biologia do Século 21. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000. p. 17-29.

Recebido em: 24 de setembro de 2021

Aceito em: 28 de março de 2022