

O CONCEITO DE CÉLULA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM: Relações Entre os Modos de Fazer Ciência, Ensinar e Aprender

Regiane Machado de Sousa Pinheiro¹
Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar²
José Rildo de Oliveira Queiroz³

RESUMO

A célula constitui-se como o elemento nuclear do princípio de organização, sendo a unidade básica e a menor parte dos seres vivos. No desenvolvimento histórico do conceito de célula, objetivamos explicitar a inter-relação entre os modos de fazer Ciência e os modos de ensinar e aprender os conceitos biológicos. Esta pesquisa possui caráter teórico e se ampara nos fundamentos do materialismo histórico-dialético e do ensino desenvolvimental. Demonstramos a contribuição do pensamento conceitual para o processo de ensino e aprendizagem e para o desenvolvimento humano. Concluímos ratificando a necessidade de que o ensino do conceito de célula seja realizado de uma maneira mais orgânica ao fazer científico, evidenciando sua relação com o conteúdo produzido historicamente pela humanidade.

Palavras-chave: Citologia; ensino de biologia; história e filosofia da ciência.

THE CELL CONCEPT IN THE TEACHING AND LEARNING PROCESS: RELATIONSHIPS BETWEEN THE WAYS OF DOING SCIENCE, TEACHING AND LEARNING

ABSTRACT

The cell is constituted as the nuclear element of the organization principle, being the basic unit and the smallest part of living beings. In the historical development of the cell concept, we aim to make explicit the interrelationship between the ways of doing Science and the ways of teaching and learning biological concepts. This research has a theoretical character and is based on the foundations of historical-dialectical materialism and developmental teaching. We demonstrate the contribution of conceptual thinking to the teaching and learning process and to human development. We conclude by ratifying the need for the teaching of the concept of a cell to be carried out in a more organic way when doing scientific, evidencing its relationship with the content historically produced by humanity.

Keywords: Cytology; biology teaching; history and philosophy of science.

Recebido em: 9/9/2020

Aceito em: 8/2/2021

¹ Autora correspondente: Bolsista Capes. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás. Av. Esperança, s/n – Chácaras de Recreio Samambaia, Goiânia/GO, Brasil. CEP 74690-900 <http://lattes.cnpq.br/4039400420451350>. <https://orcid.org/0000-0001-7960-6539>. regianemachado0311@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/3758976350155947>. <https://orcid.org/0000-0003-3026-8860>

³ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/0121415945268262>. <https://orcid.org/0000-0002-3789-7339>

INTRODUÇÃO

A educação escolar pode promover caminhos para que o estudante tenha consciência de suas operações mentais, as quais são capazes de criar necessidades, motivos e problemas para que ele possa resolver. Isso porque a escola é uma instituição que tem como função a socialização do saber sistematizado, produzido historicamente pela humanidade, a fim de que sejam apropriados pelos indivíduos de modo a contribuir para o desenvolvimento de novas gerações (LIBÂNEO; FREITAS, 2013; SAVIANI, 2003).

É necessário, portanto, um ambiente escolar que tenha em seu cerne o processo de apropriação do conhecimento em suas dimensões pedagógicas, políticas e culturais de modo a contribuir na formação de uma concepção de mundo e de ciência crítica, por meio dos conteúdos curriculares de cada disciplina. Os conteúdos científicos tidos como clássicos são aqueles que resistiram ao tempo e permanecem contribuindo de forma fundamental para o desenvolvimento cultural da humanidade. Esse saber sistematizado (conteúdo), quanto mais difundido for, mais poderá se constituir como um instrumento propulsor de transformações sociais, permitindo que a aprendizagem seja contínua aos sujeitos (SAVIANI, 2003).

Para tanto, é essencial a construção de meios que possam levar à internalização dos conceitos científicos e ao desenvolvimento da consciência dos estudantes. Vygotsky (2009, p. 161) considera que a questão central ligada ao processo de formação de conceitos “é o problema dos meios através dos quais se realiza essa ou aquela operação psicológica”. De tal modo, a formação dos conceitos e das funções psíquicas superiores ocorrem ao mesmo tempo, em um processo em que internalizar conceitos é pensar por conceitos, no qual os conhecimentos científicos formam uma unidade dialética com as ações mentais.

Vygotsky (2009) afirma ainda que a formação conceitual é um processo produtivo e não de reprodução, visto que os conceitos são construídos durante operações complexas que são orientadas para a solução de problemas. Assim, os conceitos científicos são mediados por outros conceitos por meio de um sistema de conexões internas, possibilitando que o objeto se apresente ao pensamento de forma multilateral e profunda. Junto a isso, o processo de formação de conceitos é a base sobre a qual o psíquico se desenvolve, podendo ser fundamento da educação escolar (MARTINS, 2013). Com isso, entende-se que

o conceito científico, por ser científico, implica certa posição no sistema dos conceitos que determina sua relação com os demais conceitos. [...] O conceito científico seria desnecessário se refletisse o objeto em sua manifestação externa, como faz o conceito empírico. Por isso, o conceito científico pressupõe necessariamente a existência de relações entre os conceitos, isto é, um sistema de conceitos (VYGOTSKY, 2009, p. 293).

Pensar teoricamente é elaborar processos mentais que possibilitam chegar à construção de conceitos e transformá-los em meios para realizar as generalizações ao aplicá-las às situações-problema, por meio da abstração e da generalização, na compreensão e atuação com a realidade. Desse modo, o conceito formado pelo pensamento teórico “surge como atividade mental de reproduzir idealmente o objeto e as relações como uma unidade que reflete a sua universalidade, a sua essência” (LIBÂNEO; FREITAS, 2013, p. 348).

No reconhecimento da historicidade da ciência é importante que haja também a identificação do modo como ela foi construída, visto que “seu método constitui-se em passo fundamental para instrumentar a análise crítica de um empreendimento largamente produzido, difundido e consumido nos dias atuais” (ANDERY *et al.*, 1996, p. 437).

Cientes de que a História da humanidade é resultado da relação de indivíduos humanos com a natureza, compreendemos que há íntima relação entre a história da Natureza (História Natural) e a história das transformações das relações dos modos de produção humana (História Social). O homem se relaciona com a natureza reagindo sobre ela e transformando-a para garantir a sua própria existência (LEFEBVRE, 1991). Assim sendo, é fatídico que entender essa relação é o objeto de estudo da Biologia, afinal, cabe a essa ciência investigar as manifestações da vida na Natureza.

A Biologia, como um componente curricular, atua como um dos saberes primordiais na formação escolar de um estudante. Ela preocupa-se com os diversos aspectos da vida e com a formação de uma visão do homem sobre si próprio e sobre seu papel no mundo. Para que o pensamento e o conhecimento biológico não sejam apropriados pela visão da aplicabilidade é fundamental que “o conhecimento científico ao ser ensinado explicita o caminho de sua construção, não sendo compreendido como meramente instrumental, mas como um componente essencial para a leitura crítica da realidade multifacetada” (NASCIMENTO JÚNIOR, 2010, p. 399).

O ensino de Biologia, todavia, tem ocorrido por meio da exposição dos conceitos biológicos como prontos e acabados. Ele tem sido desenvolvido de forma fragmentada e descontextualizada, desconsiderando o processo histórico, social, político e econômico da humanidade (KRASILCHIK, 2008; PINHEIRO, 2018). Pinheiro (2018) ao analisar o conceito de célula em Livros Didáticos (LDs) de Biologia constatou que os conteúdos desses LDs estão permeados por uma visão ontológico-mecanicista, bem como uma visão epistemológica empírico-indutivista. Ou seja, os LDs apresentam o desenvolvimento da Ciência de forma linear e a produção científica como uma atividade individual, a-problemática e a-histórica.

A incorporação da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de Ciências e Biologia possibilita a discussão da natureza da ciência, bem como apresentá-la como uma construção humana, de caráter provisório (DAMÁSIO; PEDUZZI, 2017). Esta inserção pode diminuir as visões distorcidas que se tem sobre a ciência, visto que contribui para o enfrentamento de uma visão descontextualizada, cumulativa e de crescimento linear da Ciência (SILVA; AIRES, 2019). Tal modo de pensar a ciência pode impactar diferentes aspectos do processo de ensino e aprendizagem, a fim de proporcionar uma intervenção mais histórica do conhecimento científico na sala de aula (MARTINS, 2007).

A HFC pode representar um ponto de partida para a formação conceitual, visto que possibilita conhecer a historicidade de um conceito, logo, o modo como esse foi construído ao longo da História da humanidade. Na perspectiva de uma abordagem integradora, a HFC pode representar a base do modo de pensar o conhecimento biológico e se aproveitar dos avanços já conquistados pelos estudos históricos e filosóficos para pensar o processo de ensino e aprendizagem (SILVA, 2020). Como nos alerta Norato (2019), a HFC em sua abordagem integradora quando pensada para os processos de ensino e aprendizagem necessita de um aporte didático-pedagógico coerente para fun-

damentar esse processo, pois não pode haver a dicotomização entre conteúdo e forma, ou seja, entre modo de compreensão dos conhecimentos biológicos e o modo de se ensinar e aprender.

Como base sólida e científica para o estudo da aprendizagem dos estudantes, pausamos na teoria do ensino desenvolvimental que foi fundamentada por Vasili Vasilievich Davydov, psicólogo e professor universitário que nasceu na Rússia. Davydov desenvolveu seu sistema de ensino em consonância com pressupostos dos estudos de Lev Vygotsky sobre a relevância da escolarização para a apropriação dos conceitos científicos. Salienta que "a base do ensino desenvolvimental é o seu conteúdo e dele se originam os métodos de organização de ensino" (DAVYDOV, 1988, p. 93). Assim, um requisito para a sua efetivação é que haja profundo conhecimento do conteúdo como conceito teórico pelo professor, pois cabe a ele a capacidade de criar as tarefas com conceitos para os estudantes.

Nesse sentido, aos professores cabe a intencionalidade didático-pedagógica de proporcionar um ensino de Biologia para a apropriação dos conhecimentos científicos. Por meio do seu movimento histórico e filosófico do conhecimento científico, o docente organiza as atividades de estudo de modo que seus estudantes possam converter suas funções psíquicas, cognitivas e afetivas (sensação, percepção, atenção, memória, pensamento, linguagem, imaginação, emoção e sentimento) em objetos do seu pensamento, relacionando-os com o objeto de aprendizagem (SFORNI, 2004).

Na especificidade do conteúdo biológico, entender a historicidade do conceito de célula para o desenvolvimento dos organismos é fundamental para a Biologia. A célula é responsável por fundamentar a organização do substrato material do mundo orgânico, além de se constituir em base de estudo para demais temas fundamentais dessa ciência. Palmero e Moreira (1999) afirmam que a célula é um conceito-chave para a compreensão e organização do conhecimento biológico, fazendo-se necessário que os estudantes o compreendam como uma estrutura fundamental e funcional da constituição dos organismos vivos.

Fundamentados na perspectiva do Materialismo Histórico-Dialético (MHD), objetivamos, neste artigo, por meio de uma pesquisa teórica, explicitar a defesa da inter-relação entre os modos de fazer ciência e os modos de ensinar e de aprender. Tal perspectiva pauta-se em uma proposta didático-pedagógica que leva em consideração os objetivos e necessidades do ser humano em seus contextos históricos, com o intuito de potencializar a transformação da humanidade na perspectiva do bem comum. Propomos o movimento de compreensão do fazer científico, na particularidade do conceito de célula, para evidenciarmos princípios que articulem os modos de ensinar e aprender conceitos biológicos.

Para tanto, como encaminhamento metodológico deste artigo, realizamos uma análise documental e estudos bibliográficos fundamentados em autores que discutem o movimento lógico e histórico da Biologia, com destaque para o conceito de célula, bem como ao processo de ensino e aprendizagem a partir dos teóricos da teoria histórico-cultural que abordam o desenvolvimento das funções psíquicas superiores e o desenvolvimento humano.

A partir do exposto sobre a importância da HFC como princípio para o desenvolvimento do pensamento por e com conceitos do professor, apresentaremos os princípios filosóficos que fundamentam a Biologia como ciência, seguido pela historicidade do conceito de célula como ponto relevante para a estruturação da organização do ensino. Por fim, buscamos articular como o pensamento conceitual pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, para o desenvolvimento humano.

A BIOLOGIA EM SEUS FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS E HISTÓRICOS

Para Nascimento Júnior (2010) a Biologia, na condição de ciência, fundamenta-se e se constitui na interação entre quatro estatutos, a saber: ontológico, epistemológico, histórico-social e conceitual, os quais buscam contribuir para um ensino integrado ao conteúdo.

Em síntese, o estatuto conceitual da Biologia é constituído, essencialmente, por cinco teorias (teoria celular, teoria da homeostase, teoria da herança, teoria da evolução e teoria dos ecossistemas) que organizam o conhecimento desta ciência. O estatuto ontológico expressa uma forma de ver o mundo na qual estas teorias foram elaboradas. A Biologia dialoga com os elementos constitutivos desse mundo por meio do método através do qual formula teorias e leis com o propósito de explicar os fenômenos naturais ligados à vida. Apresentando, assim, um estatuto epistemológico. E, por último, reflete a história do período em que foi construída, instaurando, dessa forma, um estatuto sócio-histórico da Biologia (2010, p. 381).

A compreensão contemporânea de Nascimento Júnior (2010), contudo, não é unânime e nem foi um consenso fácil de se construir, pois o desenvolvimento da ciência não é linear. Cada momento histórico encaminha para a solução de novos problemas e novos meios de se relacionar com as antigas indagações. Como consequência, a sociedade vai se beneficiando com a atenção que é dada no decorrer dos tempos à educação científica e técnica.

Mayr (1998) salienta que historicamente a Biologia se constituiu da disputa entre três correntes filosóficas: vitalismo, mecanicismo e organicismo. A disputa entre duas correntes filosóficas da Biologia, de fundamento oposto quanto à compreensão do fenômeno da vida – vitalismo e mecanicismo – prevaleceu desde os tempos dos epicuristas e de Aristóteles até as primeiras décadas do século 20. Com isso, as discussões sobre o que é vida e como se explica os processos vitais sustentou o debate entre mecanicistas e vitalistas por longos períodos da história da Biologia (SILVA; AIRES, 2019).

Os pesquisadores adeptos do movimento vitalista (século 5º a.C. até o século 19) buscavam estabelecer diferenças entre o mundo orgânico e inorgânico por meio de uma concepção metafísica. Esta concepção reconhecia a existência de uma força vital no domínio físico-químico. Além disso, procuravam uma delimitação entre as ciências biológicas e ciências físicas (NASCIMENTO JÚNIOR, 2010). Ademais, foi graças à existência de uma diversidade de grupos vitalistas, que buscou explicar os fenômenos vitais, que foi possível desenvolvermos estudos sobre essa questão, bem como chegarmos a um conhecimento mais claro sobre o assunto, na atualidade (FREZZATTI JÚNIOR, 2003).

Mayr (1998), no entanto, defende a ideia de que o movimento do vitalismo foi importante para tentar explicar a vida sob o olhar da metafísica.

Outrora, o mecanicismo (século 17 até o século 19), difundido pelas ideias de René Descartes, associava o ser vivo a um produto mecânico que poderia ser desmontado para explorar suas partes e conhecê-las, como se fossem máquinas. Assim, não diferenciava de maneira significativa uma pedra de um organismo vivo e, para explicar os processos vitais, pautava-se na força materialista invisível (MAYR, 1998). Alguns mecanicistas acreditavam que os fenômenos vitais eram produzidos por uma ordem determinada, a qual seguia a lei da causalidade; outros defendiam que os processos vitais poderiam ser explicados em termos físico-químicos. Destaca-se que o século 19, em especial, enfrentou muitos desafios diante dos diferentes posicionamentos teóricos de vários biólogos e filósofos envolvidos no estudo da vida (FREZZATTI JÚNIOR, 2003).

Ademais, durante o século 19 houve grandes alterações no mundo permeadas pela expansão do capitalismo nos países industrializados e não desenvolvidos. Foi também nesse mesmo século que se vivenciou a primeira grande crise desse modo de produção nos países desenvolvidos (1830-1840). Posteriormente, já na segunda metade desse século, o capitalismo se reergueu pelo mundo todo e a produção de conhecimento científico se expandiu e passou a ser vista como uma ferramenta para a compreensão e transformação do mundo (ANDERY *et al.*, 1996).

A terceira vertente filosófica da Biologia que desenvolveu uma outra forma de ver o mundo foi o organicismo (século 19 até os dias atuais). O organicismo começou a ser fundamentado como uma “forma melhorada” dos fundamentos do mecanismo e do vitalismo, apoiada na observação do desenvolvimento dos organismos pelas mudanças da natureza. Os organicistas acreditam que os seres vivos são constituídos por uma organização entre as partes que controlam o sistema por completo, o qual não pode ser separado por meio de fragmentos isolados, pois toda a sua totalidade precisa ser observada e analisada (MAYR, 1998). Tais ideias foram importantes para a compreensão da célula por trazer considerações sobre como a unidade fundamental dos seres vivos se relaciona com a ideia de organização, além de esclarecer os processos vitais relacionando os princípios elencados do mecanicismo e do vitalismo.

Compreender o contexto histórico que envolve o processo de construção do conceito de célula, na relação com as correntes filosóficas da Biologia, é essencial para o entendimento dos ideais que influenciaram e fundamentaram esse conhecimento. Assim, buscamos historicizar os acontecimentos históricos importantes para a construção do conceito de célula – menor estrutura organizacional da vida – como uma resposta aos problemas que faziam parte das pesquisas biológicas do século 20, afinal, para compreender a célula não basta apenas vê-la sob as lentes do microscópio (JACOB, 1983; NASCIMENTO JÚNIOR, 2010).

A HISTORICIDADE DO CONCEITO DE CÉLULA: ELEMENTO NUCLEAR DO PRINCÍPIO DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA

A manutenção da organização biológica é um elemento fundamental para a existência do ser humano e o que lhe permite existir com uma identidade particular (MATURANA; VARELA, 1974). O que distingue essa identidade é uma fronteira entre a di-

nâmica interna e externa do organismo. Assim, a célula constitui-se como o elemento nuclear do princípio de organização, podendo ser, em muitos casos, o próprio ser vivo, como ocorre com os seres formados por uma única célula.

Com o desenvolvimento da Revolução Científica, os meios de observação e investigação da natureza e dos seres vivos permitiram avanços nessa área e, com isso, o uso dos microscópios propiciou aos cientistas o alcance da parte micro das variadas formas de vida e, conseqüentemente, a compreensão de alguns fenômenos da natureza.

As lentes dos microscópios contribuíram para que as células fossem transformadas em objetos de análise, permitindo compreendê-las e, posteriormente, estruturá-las em teoria (SILVA, 2014). Segundo a mesma autora, a partir do momento em que a ideia da "individualidade do todo" ressaltou a relação entre as estruturas elementares do ser vivo e seu corpo todo, por meio das ideias do organicismo, foi estabelecido um maior significado para as observações realizadas via microscópio, a partir do século 17.

Tal invenção ampliou a quantidade de seres vivos conhecidos que existem no planeta e abriu novos caminhos para se entender os organismos e a relação entre eles e o meio em que vivem. Desde então, as sociedades científicas passaram a focar os estudos em obras e não em ideias de determinados pesquisadores, buscando com isso o desenvolvimento das ciências (NASCIMENTO JÚNIOR, 2010).

No início do estudo das células, o cientista inglês Robert Hooke (1635–1703), como um mecanicista, tinha interesse pelos fenômenos da Física e da Química. Hooke era membro ativo da *Royal Society*, instituição para a promoção do conhecimento científico que procurava seguir o pensamento de Francis Bacon, valorizando a observação e a experimentação. Ele contribuiu para diversas áreas do conhecimento, como a Meteorologia, Astronomia e Geologia, bem como ajudou a desvelar diversos fenômenos biológicos. Além disso, em 1665, publicou sua grande obra "*Micrographia ou algumas descrições fisiológicas de pequenos corpos, feitas com lentes de aumento com observações e investigações sobre os mesmos*". Nela, são descritas cerca de 60 observações biológicas que foram realizadas via microscópio composto, construído pelo próprio cientista. Essas observações detalhavam partes de insetos, plantas, penas de aves e fios de seda (HOOKE, 1665).

Entre as observações realizadas por Hooke estava a fina fatia de cortiça. Nessa observação Hooke queria conhecer as propriedades que lhe davam leveza, elasticidade e fluabilidade. Rendeu-lhe fama e o colocou como peça fundamental na construção do conceito de célula. A terminologia utilizada por ele (*cell* – em Português, célula) o transformou em uma referência na Citologia por ter chegado à seguinte conclusão:

[...] a julgar pela leveza e flexibilidade da cortiça, que certamente a textura não poderia ser mais curiosa [...] se eu usasse algumas outras aplicações adicionais, eu poderia discerni-la com um microscópio [...] e incidindo uma luz sob uma lente espessa plano-convexa, pude perceber claramente que ela era toda perfurada e porosa como um favo de mel, mas os poros não eram regulares, contudo não se diferenciavam de um favo de mel nesses detalhes (HOOKE, 1665, p. 112-113 *apud* SILVA, 2014, p. 101).

Vale ressaltar, entretanto, que apesar de ter observado uma estrutura que nomeou de célula, Hooke não pode ser identificado como o fundador da Citologia. O que

ele identificou não foi propriamente uma célula, como é conhecida hoje. Apesar disso, seu trabalho foi de grande importância para o desenvolvimento da microscopia devido à riqueza de descrição e detalhes de suas observações (PRESTES, 1997). As referências a Hooke em livros didáticos de Biologia, em geral, trazem equívocos historiográficos, atribuindo a ele o mérito de ser o "descobridor da célula" e ter originado a Citologia (TAVARES; PRESTES, 2012).

A partir das últimas décadas do século 17 e no decorrer do século 18, diversos cientistas utilizaram o microscópio como ferramenta essencial para as pesquisas sobre os seres vivos. Com o aperfeiçoamento dessas ferramentas, as observações tornaram-se mais precisas, permitindo a identificação de novos componentes e a visualização de detalhes das amostras analisadas das possíveis células animais e vegetais. Sua construção foi realizada para permitir maior nitidez das amostras analisadas, buscando alcançar o que não se enxergava a olho nu.

De acordo com Silveira (2013), o primeiro microscópio foi construído em 1590 pelos holandeses Hans Janssen (1534-1592) e seu filho, Zacharias Janssen (1580-1638). Esses fabricantes de óculos perceberam que ao montar duas lentes num cilindro era possível aumentar o tamanho das imagens, permitindo que os objetos invisíveis a olho nu fossem observados de forma mais detalhada, entretanto eles não utilizaram esse microscópio para fins científicos.

Anos mais tarde, um simples holandês comerciante de tecidos, Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), começou a investigar fenômenos científicos da natureza por meio de um microscópio construído por ele. Acredita-se que Leeuwenhoek, provavelmente, foi a primeira pessoa a observar células vivas individualmente, por meio de observações de unhas e cabelos. Ele também analisou o seu próprio sangue e o de girinos. Leeuwenhoek, entretanto, não fez menção à célula.

Assim, diversos microscopistas da época, como Hooke e Leeuwenhoek, visualizaram estruturas semelhantes à célula, as quais eram representadas em seus desenhos e nomeadas por diferentes termos: poros microscópicos, utrículos, sáculos, bolhas, bexigas (PRESTES, 1997).

Por conseguinte, durante todo o século 18, vários cientistas investigaram a anatomia, fisiologia, embriologia e reprodução dos organismos em diferentes tecidos. Já no início do século 19 alguns cientistas começaram a criticar a ideia de os tecidos serem a unidade morfológica dos seres vivos devido ao estabelecimento do "paradigma global". Para os globulistas, muitos tecidos animais tinham glóbulos, contudo eles não conseguiram elaborar uma teoria que sustentasse essa fundamentação, tendo em vista que perceberam que os glóbulos nem sempre eram uma mesma coisa em todos os animais analisados (PRESTES, 1997). Essa discussão teve como acontecimento precursor a observação do fio de cabelo, em 1673, por Leeuwenhoek.

Nos anos seguintes, pesquisas sobre a existência de substâncias viscosas que possibilitavam a coesão aos grânulos e sua relação entre as células contribuíram para os estudos do conceito de célula. O filósofo e naturalista alemão Lorenz Oken (1779-1851), provavelmente adepto ao organicismo, divulgou, em 1805, uma análise na qual afirmava que os organismos eram gerados a partir de pequenas células ou bexigas, reconhecendo, portanto, a importância dos glóbulos para os tecidos animais e estabelecendo

uma homologia com as células vegetais. Nessa mesma linha, o francês fisiologista de plantas, adepto ao vitalismo, René Henri Dutrochet (1776-1847), em 1824, assegurou a similaridade dos glóbulos animais às células vegetais, percebendo que a célula representa o elemento básico das organizações dos corpos orgânicos (PRESTES, 1997). Devido, contudo, às correções realizadas por causa das distorções ocasionadas pelas lentes cromáticas, os pesquisadores desconfiaram de suas descobertas devido não só às ilusões de óptica relacionadas aos glóbulos como também pelo fato de ele não ter maiores detalhes que sustentassem sua argumentação (SILVA; AIRES, 2016).

Em 1833 o botânico inglês Robert Brown (1773-1858), ao estudar as células de orquídeas oriundas de sua expedição à Austrália, fez a seguinte afirmação:

[...] Em cada célula da epiderme de grande parte dessa família [Orquidaceae], especialmente daquelas com folhas membranosas, é observada uma auréola única, geralmente mais opaca que a membrana da célula [...] Esta auréola, ou núcleo da célula como talvez deva ser chamada, não é confinada na epiderme, sendo também encontrada [...] em muitos casos, no parênquima ou células internas do tecido. Posso observar aqui que estou diante de um caso de aparente exceção ao núcleo solitário em cada utrículo ou célula (BAKER, 1949 *apud* SILVA, 2014, p. 106).

Vale ressaltar que nessa época não se tinha conhecimento da função do núcleo na célula, como é conhecido atualmente, o importante para o momento foi a presença dele nas células (BARBOSA, 2014). Assim, o uso do termo núcleo não se aplicou nessa época. Os estudos de Brown somente se consagraram na literatura do estudo das células em 1838 com os pesquisadores Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882), ao constatarem que a região nuclear continha o componente fundamental para o funcionamento das células animais e vegetais – o material genético.

Em 1838, Schleiden sugeriu que a constituição do núcleo se dava pela cristalização da matéria granular dos componentes celulares que, a partir disso, cresceria e formaria uma nova célula em torno de si mesma. Sua descoberta foi denominada de teoria "formação livre de células". Mesmo com controvérsias, essa observação de Schleiden possibilitou, nas décadas seguintes, que outros pesquisadores fizessem uso de suas experiências para explicar a origem de novas células (MAYR, 1998).

Mayr (1998) destaca que esses resultados defendidos por Schleiden foram aceitos pela comunidade científica porque a ideia da formação meramente físico-química do núcleo e das células por cristalização era importante para os mecanicistas e reducionistas da época. Assim, ao estudar o processo de formação das células, Schleiden identificou o citoblasto (o que chamamos de núcleo na atualidade) e a individualidade das células por serem a "fundação indispensável e primeira" para as plantas (PRESTES, 1997, p. 49). Essa pesquisa contribuiu para o entendimento do núcleo como responsável pelo processo de formação das células. O processo dava-se por meio da sobreposição de camadas no blastema, no qual primeiro surgia o citoblasto, seguido do citoplasma e, finalmente, a membrana e parede celular (MESSIAS JÚNIOR, 2010).

Somente a partir do final da década de 1870, entretanto, foi possível compreender o papel do núcleo na célula, como conhecido atualmente, por meio dos estudos da divisão celular realizados por Walther Flemming (1843–1905), ao analisar o comportamento dos cromossomos no núcleo celular (MAYR, 1998). É importante ressaltar que

Flemming, ao mencionar o termo núcleo, refere-se a seres eucariotos que possuem um envoltório bem desenvolvido no qual se encontra o material genético, visto que, atualmente, tem-se o entendimento da existência de seres procariotos (como bactérias e algas) que são desprovidos desse envoltório (núcleo) e de material genético organizado.

Outra contribuição importante para o entendimento da dinâmica da célula foi a observação realizada por Schwann em tecidos embrionários, como a cartilagem e o tecido nervoso, em fibras musculares e vasos capilares. Nesse trabalho, Schwann corroborou os estudos de Schleiden ao identificar que o processo de formação das células também se aplicava aos animais e que os tecidos animais, após a formação no embrião, seguem por um processo de desenvolvimento e especialização que esvanece a configuração celular no tecido adulto, mas, ainda assim, todos os tecidos são celulares em sua origem (MAYR, 1998; SILVA, 2014).

Com esses resultados, Schwann, como um mecânico, elencou esforços para reduzir os fenômenos biológicos aos movimentos das partículas estudadas pela Física e pela Química (FREZZATTI JÚNIOR, 2003). Além disso, sintetizou a concepção do organismo para a célula, encontrando nela a base de todas as funções vitais, trazendo, assim, uma resposta para um grande debate da época – as ideias do vitalismo X mecanicismo. Ele elencou a diferença entre orgânico e inorgânico e explicou como se organizam suas partes, demonstrando a existência de uma força própria do ser vivo, um poder que lhe é peculiar, sem transcendência à matéria (PRESTES, 1997).

Nesse cenário, Jacob (1983, p. 124) afirma que todos os estudos desenvolvidos pelos diversos pesquisadores, ao longo da História, culminaram com a descoberta de que "a célula possui todos os atributos do ser vivo e que é a origem de todo corpo organizado". Ademais, essas constatações sobre a célula foram fundamentais para o desenvolvimento da Biologia, pois,

o fato de tanto os animais como as plantas consistirem no mesmo elemento fundamental, as células, consistiu uma peça adicional de evidência da unidade da vida, e foi celebrado como uma das grandes teorias biológicas, a teoria celular. Isto ajudou a conferir substância à palavra "biologia" (cunhada por Lamarck e Treviranus), que era até então um programa bastante vago (MAYR, 1998, p. 731).

Nascimento Júnior (2010) afirma que as pesquisas de Schleiden e Schwann, bem como dos demais cientistas, resumiram, numa teoria homogênea, as provas teóricas, as observações desconexas e as dúvidas que, até então, se disseminavam na anatomia microscópica da fisiologia animal e vegetal.

No século 19, a partir das intensas discussões e com um discurso teórico unificado para explicar as formas orgânicas e as operações, sustentadas por uma concepção mecanicista da vida, promulga-se a Teoria Celular, em um contexto do desenvolvimento da Revolução Industrial e da ascensão da burguesia ao poder na Europa. O desenvolvimento científico que essa teoria proporcionou situa-se num dos momentos mais explosivos do movimento cultural, marcado pelos "gigantes atormentados do século 19", como Ludwig van Beethoven (1770-1827), Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831), Karl Marx (1818-1883), entre outros. Além disso, a teoria pode ter sido influenciada pela filosofia hegeliana, a qual também influenciou o marxismo (ARAÚJO-JORGE, 2010).

Esse período, portanto, foi marcado tanto pelos acontecimentos da Revolução Industrial inglesa quanto pelas influências da Revolução Francesa de 1789 – período da dupla revolução (HOBBSAWM, 2017). Ambas as revoluções contribuíram para o desenvolvimento da ciência, pois alteraram o modo de produção para o capitalismo, que buscava atender à demanda do mercado e, com isso, proporcionaram uma nova visão de ciência, de mundo, contrapondo-se à visão predominante da religião e da filosofia antiga (ANDERY *et al.*, 1996).

Assim, a ideia de organização da célula, proveniente da concepção filosófica do organicismo, procurou explicar os processos vitais com as ideias defendidas pelo mecanicismo e vitalismo, em diferentes momentos. Além disso, o vitalismo permitiu que o organicismo explicasse os processos no nível molecular por mecanismos físico-químicos (MAYR, 1998). Isso deve-se ao fato de que as duas correntes filosóficas se aproximam e se afastam.

Tanto o vitalismo como o organicismo opõem-se à redução da biologia à física e à química. Ambas as escolas afirmam que, embora as leis da física e da química sejam aplicáveis aos organismos, elas são insuficientes para uma plena compreensão do fenômeno da vida. O comportamento de um organismo vivo como um todo integrado não pode ser entendido somente a partir do estudo de suas partes. Os vitalistas e os biólogos organísmicos diferem nitidamente em suas respostas à pergunta: “Em que sentido exatamente o todo é mais que a soma de suas partes?” Os vitalistas afirmam que alguma entidade, força ou campo não-físico deve ser acrescentada às leis da física e da química para se entender a vida. Os biólogos organísmicos afirmam que o ingrediente adicional é o entendimento da “organização”, ou das “relações organizadoras” (CAPRA, 1997, p. 37).

A partir de 1840 estudos sobre a divisão das células animais e produção de novas células no desenvolvimento do embrião, por meio da divisão de células preexistentes, dominam a atenção dos pesquisadores. Em 1852 o embriologista, fisiologista e neurologista alemão Robert Remak (1815-1865), por meio da observação do desenvolvimento embrionário de rãs, constatou que o ovo da rã é uma célula e que todas as novas células são provenientes do processo de divisão celular preexistentes (MAYR, 1998).

Em 1855, o patologista alemão Rudolf Virchow (1821-1902) estabeleceu a famosa frase “*omnis cellula e cellula*”, ou seja, todas as células surgem de outras células. De acordo com Mayr (1998), as conclusões de Virchow, baseadas nas ideias de Remak, foram encontradas em sua pesquisa com tecidos normais e patológicos de animais e de homens, demonstrando que toda célula surge por meio da divisão de células preexistentes. Essa conclusão abdicou da teoria da geração espontânea, tanto no desenvolvimento das partes individuais quanto no organismo como um todo.

Desse modo, ao longo dos anos, diversas novas pesquisas foram realizadas, contribuindo para o desenvolvimento do conceito de célula e das demais bases estruturantes da Biologia, sempre permeadas por contribuições de diferentes cientistas, com influências filosóficas diversas.

Investigações sobre a estrutura e o funcionamento das organelas presentes no citoplasma celular, no final da década de 30 do século 20, resultaram na construção de um novo campo de estudo, a Biologia Molecular, que utiliza conhecimentos da Bioquí-

mica, da Biofísica e da Genética para explicar a base molecular da vida e o funcionamento do código genético (ARAÚJO-JORGE, 2010).

Ademais, os estudos da célula instituíram um novo paradigma, modificando as ideias sobre a estrutura dos seres vivos e iniciando a unificação teórica da Zoologia e da Botânica (NASCIMENTO JÚNIOR, 2010). A promulgação da Teoria Celular determinou o substrato material do mundo orgânico ao constatar que as células dos tecidos animais se originavam, de forma semelhante, dos vegetais e que qualquer tecido era composto por células.

O entendimento do conceito de célula evidencia como a produção coletiva do conhecimento é necessária para a construção de um conceito científico. Muitas vezes, entretanto, atribui-se o mérito dos estudos da célula somente aos nomes de Hooke, Schleiden e Schwann, pelo fato de esses pesquisadores terem grande relevância nessa investigação. Não é coerente, contudo, atribuir a poucas pessoas uma contribuição científica, pois, como vimos, a CIÊNCIA se desenvolve como uma atividade coletiva, influenciada por diversos fatores: sociais, econômicos e políticos (PRESTES, 1997; ANDERY *et al.*, 1996).

O conceito de célula já avançou em sua definição inicial e agrega componentes responsáveis por caracterizar os organismos e ser o *locus* das diversas funções vitais dos seres vivos. O entendemos como a unidade básica de organização dos seres vivos e a menor parte deles, sendo composta essencialmente por uma estrutura de fronteira (denominada de membrana plasmática), um sistema metabólico e o material genético. Essas partes fundamentais da célula atuam de maneira autônoma, dinâmica e acopladas estruturalmente para o funcionamento do ser vivo como um todo.

A fronteira anteriormente explicitada é responsável por "manter, simultaneamente, o ambiente interno (que difere em características e composição do externo), e passar algumas substâncias através de si mesmas, em particular: gases do ar, água e substâncias orgânicas necessárias para a respiração celular" (ZAYTSEVA; CHUDINOVA, 2019, p. 250).

As diversas ações metabólicas no organismo possibilitam, por sua vez, a relação e o equilíbrio entre o meio interno e externo, além de processos de transmissão gênica que podem variar pelas alterações ambientais, acarretando distúrbios e doenças que interferem na constituição de um ser vivo e permitem o entendimento da natureza e os estudos da vida. Cientistas como Lawrence J. Henderson e Walter B. Cannon, ambos inspirados no legado de Claude Bernard com seu princípio de estabilidade do *milieu intérieur* (meio interno), lançam, em perspectivas distintas, as bases da homeostase como um paradigma fisiológico.

A compreensão da organização e natureza do material genético é fundamental para entender as reações moleculares que se estabelecem na dinâmica da transmissão gênica, bem como os fatores evolutivos que integram esse processo (SILVA, 2020). Esse mecanismo contribui para a rede de interações com os demais componentes celulares que em sua totalidade constituem e especificam a organização do ser vivo.

Diante do exposto, é possível afirmar que os estudantes, ao terem acesso aos pensamentos e pesquisas que orientaram os ideais dos cientistas, podem ter maiores

condições de compreender o modo de produção da ciência e, com isso, construir os conhecimentos científicos. Assim sendo, a HFC apresentada em uma abordagem integradora pode proporcionar um caminho para constituir motivos aos estudantes para se apropriarem do conhecimento biológico, logo uma aprendizagem conceitual, que é mais dinâmica e articulada aos aspectos internos e externos que influenciaram na construção dessa ciência (SILVA; AIRES, 2019). Afinal, a história da ciência e da Biologia, no ensino de Biologia, pode possibilitar a compreensão dos processos sociais e históricos da construção do conhecimento, dos aspectos da natureza da ciência e da dimensão humana.

O ENSINO PARA O DESENVOLVIMENTO A PARTIR DA APROPRIAÇÃO CONCEITUAL DO CONCEITO DE CÉLULA

O modo de ensinar da pedagogia tradicional, ainda realizado nos dias de hoje na maioria das escolas, faz com que os estudantes primeiro se apropriem formalmente de produtos prontos e acabados – a definição – para depois tentarem desenvolver as ações mentais que permitem sua aplicação. Assim, a escola limita-se a reforçar o pensamento empírico, tipo de pensamento que se desenvolve independentemente da escola, pois envolve a aprendizagem cotidiana – acarretando no baixo desenvolvimento psíquico dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem (SFORNI, 2004).

Contrapondo a essa tendência de ensino posta e na busca por romper dicotomias entre os modos de ensinar e aprender, acreditamos que devemos promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes por meio da formação do pensamento teórico. Nessa perspectiva, além de apropriar-se do conhecimento científico sistematizado, o aluno terá a capacidade humana de transformar a vivência social em experiência individual, coletiva e se posicionar como um cidadão consciente e crítico diante da sociedade.

O processo de formação de conceitos movimenta-se pelo seguinte caminho cognitivo: percepção; comparação; inferência; verificação da inferência e/ou repetição da inferência e generalização. A aprendizagem de algum conteúdo perpassa pelo aprender dos procedimentos pelos quais se articulam os temas específicos da disciplina. Freitas (2016) esclarece que para aprender um conceito e sua rede conceitual é necessário que se construa a universalidade que o compõe, bem como a relação geral básica e essencial – o nuclear. Com isso, o professor e o estudante terão capacidade de usar o conceito para analisar, refletir e compreender o termo em qualquer área de conhecimento em que se apresentar.

A complexidade na construção de conceitos científicos deve-se ao seu processo de evolução, bem como do mundo e da ciência. No desenvolvimento da atividade de ensino, o professor precisa investigar as relações fundamentais da gênese e transformação histórica do conceito a ser estudado. A partir dessa generalização o docente irá organizar a atividade de estudo do aluno de forma que ele consiga realizar o mesmo movimento por meio de abstrações, a fim de compreender as particularidades e ramificações do conceito em estudo. Isso se deve ao fato de que o conceito científico não é estático e definitivo, logo sempre está em movimento e possui mediações constantes com outros conceitos ao serem apropriados pelo homem ao longo de sua história (LIBÂNEO; FREITAS, 2013).

A compreensão do movimento histórico do conceito estudado permite ao professor colocar o estudante no movimento da história social da humanidade e na busca pela compreensão da história natural. Possibilita ainda demonstrar que esses conceitos são advindos de diferentes perspectivas e concepções científicas pelas quais esse objeto de estudo é observado e analisado.

Davydov (1988, p. 83) nos aponta que se deve "levar em conta que a essência da coisa pode ser revelada só no exame do processo do desenvolvimento de tal coisa". O mesmo autor ainda acrescenta que "a ação mental de sua construção e transformação constitui o ato de sua compreensão e explicação, o descobrimento de sua essência" (p. 78).

Desse modo, ao organizar o ensino para que seja possível o desenvolvimento do pensamento teórico e para que haja modificações internas nos estudantes é importante levar em consideração os seguintes aspectos: *o ponto de partida para o planejamento*, que perpassa a análise do conceito a ser ensinado, a avaliação dos sujeitos e dos processos afetivos/cognitivos envolvidos no processo de aprendizagem; *as ações de ensino*, que se iniciam com a questão problematizadora que irá proporcionar momentos em que os estudantes dialoguem e interagem entre si, possibilitando a compreensão do conceito em estudo, por meio da linguagem científica e a elaboração de sínteses conceituais; por fim, a *avaliação* permite a análise dos processos anteriores e a inserção de novos problemas de aprendizagem (OLIVEIRA; SFORNI, 2020).

Para tanto, ao planejar e organizar a tarefa para o estudante, o professor constrói atividade de estudo para que eles, coletivamente, se apropriem do conceito e, com isso, desenvolvam o pensamento teórico. Nessa dinâmica, por meio de ações não lineares, mas essenciais, o docente organiza atividades que buscam a compreensão da relação universal do objeto estudado; a modelação da relação encontrada em forma objetivada, gráfica ou literal; a transformação do modelo para estudar suas propriedades em suas múltiplas manifestações, além da construção do sistema de tarefas particulares que podem ser resolvidas pelo modelo geral; o monitoramento da realização das ações anteriores, por meio da reflexão coletiva pelos estudantes sobre suas ações e o caminho de seu pensamento. Com isso, o docente visa ao cumprimento do objetivo e a avaliação, que busca permitir a discussão sobre o caminho geral de solução da atividade de aprendizagem proposta (DAVYDOV, 1988).

Sob a base teórica de Davydov, Zaytseva e Chudinova (2019, p. 245-247) nos apresentam a discussão sobre as linguagens que necessitam ser desenvolvidas:

- a) A primeira linguagem, necessária para a discussão do trabalho com objetos biológicos e para a compreensão deles, é a linguagem de esquemas (incluindo esquemas moleculares, funções de relações de circuitos, etc.) que permite relacionar diferentes planos de ações, representar para si e para outros, o conjunto de tarefas. [...]
- b) Outra linguagem que deve ser aprendida pelos alunos que estudam biologia em qualquer programa, é a linguagem de imagens biológicas esquemáticas, cortes e fotos de micrografia [...]
- c) A terceira "linguagem" a ser estudada pelos estudantes, é representada por diferentes variantes dinâmicas de modelagem e

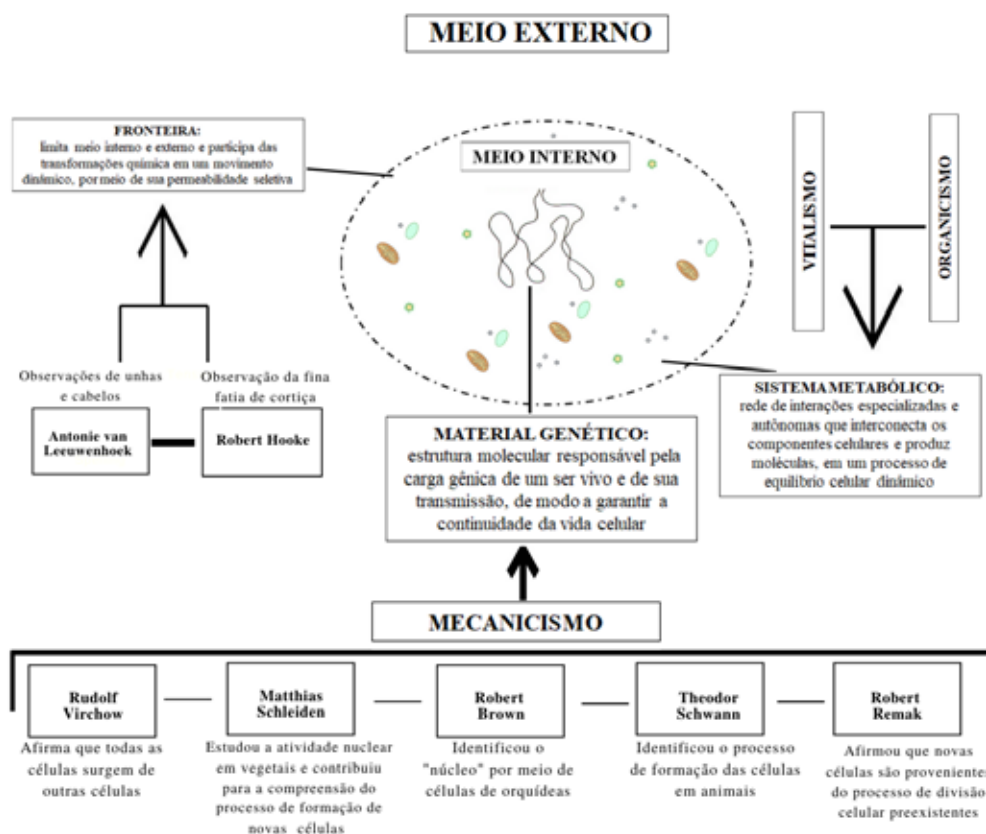
d) Finalmente, a quarta “linguagem” – a linguagem dos objetos-modelo – ou seja, objetos naturais que são substitutos dos reais (por exemplo, polietileno, celofane e borda de gaze entre ambientes), que permitem, por um lado, modelar características estudadas de seres vivos e, por outro lado, descobrir características excessivas para a substituição de objetos reais enquanto trabalham com elas na prática.

Nesse sentido, aprender conceitos não é acumular definições gerais de um determinado conteúdo, é tomar consciência deles ao longo da formação escolar por meio do desenvolvimento psíquico. O conceito teórico constitui-se como o fundamento nuclear para a dedução de questões particulares e singulares, de modo que permita ao sujeito lidar com o movimento dialético entre sua essência e sua aparência, entre suas conexões internas e externas. Assim, corroborando a concepção de Sforni (2004, p. 85), “pensar o conteúdo escolar e os próprios conceitos científicos na condição de produtos e instrumentos da atividade humana redimensiona o nosso olhar sobre os meios e prioridades do ensino”.

Para compreender o conceito de célula, então, é importante que os estudantes reconstruam a historicidade deste conceito e com isso sua universalidade, para construir a relação geral básica e essencial por meio das ações particulares. Nesse processo o estudo lógico e histórico é fundamental (FREITAS, 2016).

Estabelecendo a relação geral e básica do conceito de célula, fizemos o exercício de representar de forma imagética as relações históricas, filosóficas e epistemológicas que constituem o conceito investigado neste trabalho (Figura 1).

Figura 1 – Representação imagética do conceito de célula



Fonte: Elaborada pelos autores.

O exercício de apresentação da relação geral do conceito, por meio do que é nuclear a ele, está vinculado ao momento de modelação indicado por Davydov e pela terceira linguagem apresentada por Zaytseva e Chudinova (2019). Esse momento é de criação coletiva para uma síntese conceitual no qual os estudantes, em ato de investigação coerentes com sua etapa de desenvolvimento, podem e devem transformar o modelo a fim de se discutir as propriedades da relação geral construída.

As primeiras atividades devem nos permitir detectar a visão inicial dos estudantes sobre o conceito de célula, por meio de problematizações. É fundamental que as respostas sejam registradas na forma de escrita, bem como que eles compreendam que não conseguirão ter respostas para todas as perguntas. Na busca dessas respostas, podem ser estabelecidas hipóteses e realizadas atividades (como simulações dos experimentos realizados por Hooke, Leewenhoek, Schleiden, Schwann) para que os estudantes tenham a sensação da descoberta dos processos que contribuem para a organização celular. Posteriormente, os resultados podem ser novamente problematizados e as conclusões podem ser representadas por meio de desenhos, signos, gráficos, possibilitando a compreensão do movimento do conceito (ZAYTSEVA; CHUDINOVA, 2019).

É possível explorar, por exemplo, as representações distintas que foram dadas para a célula ao longo da História da humanidade, como as de "poros microscópicos" (Hooke, Grew); "utrículos" e "sáculos" (Malpighi); "bolhas" e "bexigas" (Grew); "células" (Hooke, Grew e Leeuwenhoek) e "fibras" (Haller) (ARAÚJO-JORGE, 2010).

Outra atividade que pode ser explorada é o processo de permeabilidade seletiva da membrana celular, com materiais do dia a dia, conforme nos apresenta a pesquisa de Zaytseva e Chudinova (2019), bem como a de metabolismo e a de material genético, em diversas outras pesquisas.

O ensino para o desenvolvimento humano possui como ponto de partida a compreensão da historicidade do conceito de célula formulado pela comunidade científica. Assim, destacamos que no processo de formação conceitual os conceitos cotidianos "crescem" juntamente com os conceitos científicos, pois a sistematização do pensamento teórico proporciona caminhos para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos em relação à consciência (SFORNI, 2004). O estudante consegue elevar o nível daquilo que já tem consciência da existência, reconstruir este conceito espontâneo e, posteriormente, apropriar-se de áreas do desenvolvimento intelectual que ainda não foram apropriadas. Ou seja, é pelo pensamento por conceitos que o estudante avança na formação escolar e pode superar o senso comum.

Ensinar e aprender os conceitos biológicos por meio do desenvolvimento lógico-histórico do conceito de célula, articulado aos fundamentos didático-pedagógicos do ensino desenvolvimental é um caminho que contribui para um processo de ensino e aprendizagem com dinamicidade, participação ativa dos estudantes e ação mediadora do docente. Assim, essa proposta constitui um modo inédito de organização do ensino de Biologia que supera a lógica conteudista, muito recorrente no ensino das disciplinas da área das Ciências da Natureza, e que pode promover o desenvolvimento dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Explicitamos o avanço que essa pesquisa traz ao cenário científico ao propor uma efetiva articulação entre o desenvolvimento do conceito de célula ao longo da História da humanidade, na relação direta com os processos de ensino e aprendizagem. O que implica considerar na compreensão do conhecimento biológico fatores históricos e sociais (e como esses fatores influenciam na vida da humanidade) que o constituem, bem como em uma base didático-pedagógica para o desenvolvimento humano que fundamenta e articula os modos de fazer ciência, ensinar e aprender.

O docente ao se apropriar dos modos de pensar e agir da Biologia, na busca pelo desenvolvimento do pensamento teórico, deve elaborar ações didático-pedagógicas para pensar os processos de ensino e aprendizagem com a mesma finalidade. Tal proposição pode possuir implicações diretas nas práticas educativas no ensino de Biologia, mas pode, também, ser expandido para o modo de ensinar e aprender de todos os conhecimentos do campo da Educação em Ciências.

Desse modo, ao utilizar essa proposta da atividade de estudo na sua atuação docente, os professores possibilitam aos estudantes criarem motivos que coincidem com o conceito a ser estudado. Com isso, desenvolver as ações mentais superiores de modo a, por meio de um movimento dialético, se apropriarem do conhecimento teórico, a fim de interagir e modificar o mundo em que vivem (OLIVEIRA JÚNIOR; MIGUEL, 2020).

Defendemos, portanto, que o ensino e a aprendizagem possuam como finalidade educativa o desenvolvimento do pensamento teórico, por meio da formação das redes conceituais, na educação escolar, pois esta viabiliza a promoção do desenvolvimento integral dos estudantes, logo, do processo de transformação e desenvolvimento pessoal e social (FREITAS, 2016).

A análise realizada aponta que a HFC pode se constituir como uma proposta inicial para o domínio conceitual e desenvolvimento do pensamento teórico. O ensino para o desenvolvimento humano, por sua vez, possui aporte teórico e didático-pedagógico rigoroso e com pesquisas que comprovam a possibilidade de um processo de ensino e aprendizagem que contribua para transformar a humanidade, na perspectiva do direito de apropriação dos saberes socialmente construídos por todos e todas.

REFERÊNCIAS

- ANDERY, M. A. P. A.; MICHELETTO, N.; SÉRIO, T. M. A. P.; RUBANO, D. R.; MOROZ, M.; PEREIRA, M. E. M.; GIOIA, S. C.; GIANFALDONI, M. H. T. A.; SAVIOLI, M. R.; ZANOTTO, M. L. B. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, São Paulo: Educ, 1996.
- ARAÚJO-JORGE, T. C. de. *Evolução do conceito de célula: lições da História da Ciência*. In: ESTEVES, F. (org.). *Grandes temas em biologia*. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2010.
- BARBOSA, T. A. P. *Historicidade e atualidade do estudo da célula nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental*. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- CAPRA, F. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1997. 256 p.
- DAMÁSIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. História e Filosofia da Ciência na educação científica: para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 19, e2583, p. 1-19, 2017.
- DAVYDOV, V. V. *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico*. Moscou: Progreso, 1988. 277 p.

- FREITAS, R. A. M. M. Formação de conceitos na aprendizagem escolar e atividade de estudo como forma básica para organização do ensino. *Educativa*, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 388-418, maio/ago. 2016.
- FREZZATTI JÚNIOR, W. A. Haeckel e Nietzsche: aspectos da crítica ao mecanicismo no século XIX. *Scientiae Studia*, v. 1, n. 4, p. 435-61, 2003.
- HOBBSAWM, E. J. *A era das revoluções: 1789-1848*. 27. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017. 315 p.
- HOOKE, R. *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*. London: Royal Society, 1665. 323 p.
- JACOB, F. *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983. 327 p.
- KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia*. 4ª. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 200p.
- LEFEBVRE, H. *Lógica formal, lógica dialética*. 5. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991. 301 p.
- LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. da M. Vasily Vasilyevich Davydov. A escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (org.). *Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. Uberlândia, MG: Edufu, 2013. p. 315-350.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.
- MARTINS, L. M. Os fundamentos psicológicos da pedagogia histórico-crítica e os fundamentos pedagógicos da psicologia histórico-cultural. *Germinal: Marxismo e Educação em Debate*, Salvador, v. 5, n. 2, p. 130-143, dez. 2013.
- MATURANA, H.; VARELA, F. *De maquinas y seres vivos – autopoiesis: la organización de lo vivo*. Santiago: Editora Universitária, 1974. 137 p.
- MAYR, E. *Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: UnB, 1998. 1.107 p.
- MESSIAS JÚNIOR, N. S. As origens da teoria celular. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 45, p. 62-63, 2010.
- NASCIMENTO JÚNIOR, A. F. *Construção de estatutos de ciência para a biologia numa perspectiva histórico-filosófica: uma abordagem estruturante para seu ensino*. 2010. 437 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- NORATO, A. G. F. *História e Filosofia da Ciência no ensino de biologia: a relação forma e conteúdo em teses e dissertações*. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.
- OLIVEIRA, V. X.; SFORNI, M. S. F. Organização do ensino de arte com base em pressupostos da teoria histórico-cultural. *Contexto & Educação*, Ijuí, v. 35, n. 110, p. 44-65, jan./abr. 2020.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. P.; MIGUEL, J. C. A atividade de estudo como um processo propulsor do desenvolvimento psíquico. *Contexto & Educação*, Ijuí, v. 35, n. 110, p. 9-22, jan./abr. 2020.
- PALMERO, M. L. R; MOREIRA, M. A. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências, [S.l.]*, v. 4, n. 2, p. 121-160, 1999.
- PINHEIRO, R. M. de S. *O conceito de célula em livros didáticos de Biologia: análise sob uma perspectiva histórico-crítica*. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- PRESTES, M. E. B. *Teoria celular: de Hooke a Schwann*. São Paulo: Scipione, 1997.
- SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2003. 137 p. (Coleção Educação Contemporânea).
- SFORNI, M. S. de F. *Aprendizagem conceitual e organização do ensino: contribuições da teoria da atividade*. Araraquara: JM, 2004. 200 p.
- SILVA, E. C. C. da. *A teoria celular em livros didáticos de biologia: uma análise a partir da abordagem histórico-filosófica da ciência*. 2014. 292 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- SILVA, E. C. C.; AIRES, J. A. Panorama histórico da teoria celular. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, São Paulo, v. 14, p. 1-18, 2016.
- SILVA, E. C. C.; AIRES, J. A. Concepções filosóficas de vida: contribuições ao ensino da teoria celular. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-135, 2019.

SILVA, E. V. B. *O pensamento conceitual e a formação de professores de Biologia: a transmissão gênica como objeto do conhecimento*. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SILVEIRA, M. L. *Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas em Biologia: a visão de professores em formação sobre o conteúdo de Citologia*. 2013. 197 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

TAVARES, T. F.; PRESTES, M. E. B. Pseudo-história e ensino de Ciências: o caso Robert Hooke (1635-1703). *Revista da Biologia*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 35-42, 2012.

VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

ZAYTSEVA, V. E.; CHUDINOVA, E. V. O ensino de Biologia na Educação Básica, na perspectiva do ensino desenvolvimental. In: LIBÂNEO, J. C.; ECHALAR, A. D. L. F.; ROSA, S. V. L.; SUANNO, M. V. R. (org.). *Em defesa do direito à educação escolar: didática, currículo e políticas educacionais em debate*. 1. ed. Goiânia: UFG, 2019. p. 240-252. V. 1. Disponível em: https://producao.ciar.ufg.br/ebooks/edipe/artigo_21.html. Acesso em: mar. 2020.