

O tempo geológico como peça fundamental no ensino do conceito portal Evolução Biológica

The geological time as a fundamental piece in the teaching of the Biological Evolution threshold concept

Izabela de Souza

Universidade de São Paulo - Instituto de Física
souza.i@usp.br

Paulo Rogério Miranda Correia

Universidade de São Paulo - Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH)
prmc@usp.br

Resumo

A aprendizagem é construída através de um processo de estabelecimento de relação entre conceitos. Porém, alguns desses conceitos podem desempenhar papel de conceito portal por transformar a aprendizagem de uma maneira irreversível. A Evolução Biológica é apresentada como um conceito portal da Biologia. Nesse contexto, através da análise de mapas conceituais coconstruídos durante entrevistas com professores de ciências e biologia, o presente trabalho busca avaliar se o conceito “tempo geológico” desempenha papel de conceito portal quando relacionado ao ensino da Evolução Biológica. Os resultados apontam para a presença de características integrativas, problemática e irreversíveis, o que sugere que o conceito “tempo geológico” seja uma das peças fundamentais para o ensino da Evolução.

Palavras chave: conceito portal, evolução biológica, tempo geológico, mapas conceituais.

Abstract

Learning is built through a process of establishing a relationship between concepts. However, some of these concepts can play the role of portal concept by transforming learning in an irreversible way. Biological Evolution is presented as a portal concept of Biology. In this context, through the analysis of conceptual maps co-constructed during interviews with science and biology teachers, the present work seeks to assess whether the concept “geological time” plays the role of a portal concept when related to the teaching of Biological Evolution. The results point to the presence of integrative, problematic and irreversible characteristics, which suggests that the concept "geological time" is one of the fundamental pieces for the teaching of Evolution.

Key words: threshold concepts, biological evolution, geological time, concept maps.

Introdução

A aprendizagem pode ser definida e interpretada através de diversas lentes. Esse artigo apresenta a aprendizagem como um processo que ocorre por meio da relação entre conceitos. Imagine que cada conceito aprendido equivale a um bloco de montar, e cada um desses blocos podem se unir a outros através do estabelecimento de significados originando a expansão do conhecimento.

O significado estabelecido entre dois conceitos recebe o nome de relação conceitual, que são estabelecidas pelos aprendizes e recebem influências de suas experiências de vida e conhecimentos prévios já existentes. Desse modo, os conceitos e as relações conceituais são organizados em esquemas cognitivos chamados de estruturas de conhecimento (AUSUBEL, 2000). Porém, essa construção do conhecimento não acontece de forma contínua e uniforme, e sim em um processo intercalado por momentos de fracas e fortes reestruturações (CORREIA E SOUZA, 2023). No caso de integração de um novo conceito no processo de aprendizagem, as “pequenas variações” nas estruturas de conhecimento são chamadas de reestruturações fracas enquanto as “mudanças em grande escala” recebem o nome de reestruturações fortes:

Cada um destes períodos de mudança profundas têm sido intercalados com episódios de relativa estase ou atividade mínima. Temos argumentado que, essencialmente, o mesmo processo de construção do conhecimento (ou criação do significado) está a funcionar na mente dos aprendentes à medida que estes se deparam e interagem com objetos e eventos naturais e outros criadores de significado em ambientes de aprendizagem formais e informais (Mintzes, Wandersee & Novak, 1998, 2000). O nosso ponto de vista é apoiado por centenas de estudos conduzidos no âmbito da educação científica e das ciências cognitivas. (MINTZES E QUINN, 2007)

Alguns conceitos denominados conceitos portais possuem um papel especial no processo de aprendizagem e um valor diferente dos demais. Eles formam proposições que têm precedências sobre as outras nas estruturas de conhecimento e representam grandes obstáculos epistemológicos a serem superados, causando maiores períodos de uma aparente estagnação da aprendizagem ao mesmo tempo que oferecem oportunidade de forte reestruturação e integração dos segmentos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MEYER E LAND, 2003; 2006). Quando os conceitos portais são compreendidos, eles possibilitam grandes mudanças conceituais através de fortes reestruturações (“saltos na aprendizagem”), além de oferecerem aos estudantes a capacidade de transitar entre diferentes tipos de conhecimentos, fato que o posiciona mais próximo ao conhecimento do especialista.

Os conceitos portais foram apresentados por Meyer e Land (2003), e são encontrados na literatura internacional como “*threshold concepts*” por se assemelharem a um portal que abre “a mente” do estudante para algo novo, oferecendo uma nova e irreversível forma de pensar:

Um conceito de limiar pode ser considerado como um portal, abrindo uma nova e antes inacessível maneira de pensar sobre algo. Ele representa uma forma transformada de entender, ou interpretar, ou ver algo sem a qual o aluno não pode progredir. Como consequência da compreensão de um conceito de limiar, pode haver uma visão interna transformada de assunto, paisagem de assunto, ou mesmo visão de mundo. (MEYER; LAND, 2003, p. 3 - tradução nossa)

Para os diferenciar de outros conceitos importantes e problemáticos dentro da disciplina, Meyer e Land (2003; 2006) elencaram as seguintes características para os conceitos portais:

1. Integradores (ou integrativos): expõe uma inter-relação de um elemento anteriormente oculto, com outros conceitos que compõem a estrutura do conhecimento.
2. Transformadores: a compreensão desses conceitos resulta em uma mudança na percepção de um sujeito e pode envolver uma mudança de valores ou atitudes.
3. Irreversíveis: é improvável que a mudança resultante seja esquecida.
4. Limitados: se restringem como portais apenas a um contexto disciplinar específico.
5. Potencialmente problemáticos: os estudantes podem ter dificuldade em lidar com a nova perspectiva que é oferecida.

Devido ao fato dos conceitos portais proporcionarem uma mudança irreversível nas estruturas do conhecimento, existe uma dificuldade por parte dos profissionais especialistas quando procuram voltar ao portal ultrapassado para tentarem entender a partir da sua perspectiva transformada quais são as dificuldades enfrentadas de acordo com a perspectiva do aluno (FOUNTAINÉ, 2002; MEYER E LAND, 2003, CORREIA E SOUZA, 2023). Por conta disso, a identificação dos conceitos portais é um desafio e além do conhecimento de quem já atravessou determinado portal, necessita dos conhecimentos de quem compreende o conceito de conceito portal. A identificação de possíveis portais pode ser feita através do exame do discurso, com base nas características que descrevem esses conceitos bem como nas relações conceituais que os envolvem (BARRADELL, 2013).

A Evolução Biológica é apontada como um conceito portal por ser considerada de extrema importância devido ao fato de estabelecer os limites da disciplina e unificar áreas como zoologia, botânica, citologia, fisiologia e fornecer subsídios para que a Biologia se tornasse uma ciência autônoma no decorrer do século XX (MEYER; LAND, 2003; SELLES; FERREIRA, 2005; KINCHIN, 2010). Essas características integrativas e transformadoras do conceito Evolução Biológica possibilita aos aprendizes desenvolver uma visão mais completa da dinâmica no planeta Terra, o que permite avaliar as consequências das ações humanas e contribui para a construção do pensamento científico (BALDIN, 2019).

O levantamento dos conceitos que se relacionam aos conceitos portais torna possível oferecer subsídios para o planejamento do professor, de modo a oferecer uma forma de racionalizar o que é ensinado, mas de maneira a garantir um ensino e uma aprendizagem com potencial valioso (BARRADEL, 2013). O objetivo dessa pesquisa é avaliar se o conceito “tempo geológico” desempenha papel de conceito portal no contexto do ensino da Evolução Biológica, a partir da análise da percepção de professores de ciências. Com isso será possível apontar os possíveis obstáculos epistemológicos de aprendizagem, encontrados durante o processo de aprendizagem da Evolução.

Metodologia

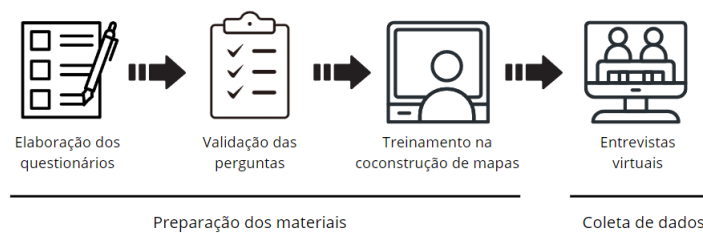
Coleta de dados

Essa pesquisa tem caráter qualitativo e se baseia num estudo de caso. Os dados foram coletados através da coconstrução de mapas conceituais durante entrevistas. Para isso, foram desenvolvidos dois questionários semiestruturados que guiaram a conversa. As perguntas dos questionários foram validadas pela pesquisadora através de um estudo piloto, que também teve como função proporcionar um momento de treinamento para a agilidade de coconstruir mapas conceituais simultaneamente à entrevista (Figura 1).

A coconstrução de mapas conceituais consiste em uma metodologia de coleta de dados com produção de mapa conceitual simultaneamente à entrevista (HERON; KINCHIN; MEDLAND, 2018; AGUIAR; CORREIA, 2019). Esse processo necessita de um encontro onde o

entrevistado possui o papel de elicitar suas opiniões, reflexões e concepções enquanto o pesquisador com proficiência na técnica de mapeamento conceitual atua como mediador da entrevista e construtor do mapa conceitual a partir do discurso do entrevistado. Ao final da entrevista o conteúdo do mapa é lido e é ofertada a oportunidade de alterações pelo entrevistado. A coconstrução de mapas conceituais durante as entrevistas gera uma representação gráfica do discurso, o que possibilita ao entrevistado fazer ajustes e validar o conteúdo. Além de possibilitar a redução de ruídos na interpretação, os mapas conceituais gerados reduzem a necessidade de investir tempo de transcrição dos áudios na íntegra.

Figura 1: Etapas da coleta de dados baseada em entrevistas mediadas por mapas conceituais



Fonte: os autores.

Os entrevistados para essa pesquisa foram seis professores de ciências e biologia, com atuação na rede pública e privada, no município de Ubatuba-SP. Os dados foram coletados durante entrevistas virtuais individuais, onde foram aplicados dois questionários semi estruturados que deram subsídios para a coconstrução dos mapas conceituais. O primeiro questionário teve como objetivo caracterizar os sujeitos de pesquisa e introduzi-los à temática da Evolução Biológica. O segundo questionário buscou provocar a elicitação de conceitos e estimular a relação entre os conceitos mencionados a partir de perguntas norteadoras, a fim de gerar material que possibilitasse identificar conceitos portais e conhecimentos problemáticos envolvidos no ensino da Evolução Biológica. Foram obtidos como produto das entrevistas um mapa conceitual por professor, totalizando seis mapas conceituais, e gravação do diálogo. As perguntas norteadoras das entrevistas foram as seguintes:

Questionário 1 - Caracterização dos sujeitos e introdução à temática

1. Qual é a sua idade?
2. Qual é o seu curso de formação?
3. Quando e em qual instituição se formou?
4. Há quanto tempo atua em sala de aula?
5. Atua em quais níveis de ensino e rede?
6. Em quais momentos da sua formação profissional teve contato com a temática da Evolução Biológica?

Questionário 2 - Perguntas norteadoras para a coconstrução do mapa conceitual

1. Quais conceitos vêm na sua mente quando você pensa em Evolução?
2. Como esses conceitos se relacionam com o conceito Evolução?
3. Como você relaciona esses conceitos?
4. Como você define a evolução?

O primeiro momento do encontro consistiu na caracterização do entrevistado a partir das

perguntas do questionário 1. Já a segunda etapa da entrevista iniciou com a apresentação da ferramenta mapa conceitual como um organizador gráfico formado pela união de conceitos, essa breve explicação foi feita com o objetivo de apresentar como ocorreria a coleta de dados. Um mapa foi elaborado em conjunto com o entrevistado, a partir de respostas e reflexões sobre as perguntas norteadoras. O processo de desenvolvimento do mapa iniciou com a apresentação da pergunta focal “O que devemos compreender para explicar a complexidade da vida a partir do conhecimento científico?” e para sua elaboração foi utilizado o programa computacional CmapTools através do compartilhamento de tela.

Análise dos dados

Esse estudo não possui uma hipótese que antecede a análise (Bardin, 2011, p. 125), e sim trabalha na busca da exploração dos dados com a intenção a priori de caracterizar a compreensão dos professores a partir de uma análise qualitativa. Para isso, os mapas conceituais produzidos durante as entrevistas e excertos das gravações dos encontros foram categorizados e passaram por análise de conteúdo (BARDIN, 2011).

A primeira etapa da análise consistiu no levantamento dos conceitos recorrentes, ou seja, conceitos mencionados por mais de um dos entrevistados. Para a verificação da frequência dos 10 conceitos mais recorrentes, os conceitos presentes em cada mapa foram dispostos em uma tabela. A partir dessa etapa, todos os conceitos recorrentes foram destacados nos mapas através do uso da cor laranja. Com esse destaque uma análise tanto estrutural quanto semântica das proposições que envolviam os conceitos recorrentes foi feita através de leitura e interpretação dos mapas com apoio dos áudios da entrevista. Nesse momento o conceito “tempo” se destacou e com isso uma terceira etapa da análise teve como objetivo analisar e categorizar as proposições, através de recortes dos mapas, e de excertos das entrevistas envolvendo esse conceito com o objetivo de verificar a presença das características que aproximam o conceito “tempo” a um conceito portal.

Resultados e discussão

Caracterização dos Sujeitos e o uso do conceito “tempo”

Dos seis professores entrevistados, cinco são do gênero feminino e um do gênero masculino. Quatro deles estão na faixa etária entre 21 e 30 anos, uma entre 31 e 40 anos e uma entre 41 e 50 anos. Todos possuem licenciatura em Ciências Biológicas ou Ciências da Natureza e atuam no ensino fundamental, embora dois dos entrevistados também atuem no ensino médio. O tempo de experiência em sala de aula variou de 2 à 19 anos e três deles possuíam diferentes pós-graduações. As características biográficas de nome fictício e idade, as informações sobre suas formações iniciais, pós graduações, tempo de atuação em sala de aula, nível de ensino com o qual trabalham e a presença do conceito “tempo” no discurso e/ou mapa conceitual final de cada professor podem ser conferidas no Quadro 1.

O conceito Evolução/Evolução Biológica foi o conceito mencionado como conceito inicial e teve a maior frequência pelos professores devido ao fato de ser o tema do mapa. O conceito “tempo” foi o segundo mais mencionado, junto com “seleção natural” e “mutações”. Todos os professores mencionaram de algum modo o conceito “tempo” (Tabela 1). Embora quatro deles tenham utilizado no mapa conceitual e complementado com um discurso que expunha sua reflexão sobre a importância do conceito e suas relações conceituais, a professora Débora

inseriu o conceito em seu mapa sem complementar com o discurso. O oposto ocorreu com a professora Elen, cujo caso será abordado mais à frente.

Quadro 1: Relação de perguntas presentes nos questionários

Professores		Formação					Atuação			Uso do conceito tempo	
Nomes fictícios	Idade	Licenciatura	Bacharelado	Ciências Biológicas	Ciências da Natureza	Especialização	Tempo de trabalho (anos)	Fundamental II	Ensino médio	Discurso	Mapa final
Ana	27	x	x	x	-	Mestrado - Ciências	2	x	-	x	x
Beto	25	x	-	x	-	-	7	x	x	x	x
Clara	27	x	-	-	x	Mestrado - Ensino de Ciências	2	x	-	x	x
Débora	26	x	-	-	x	-	3	x	x	-	x
Elen	36	x	-	x	-	Especialização - Biologia Marinha	15	x	x	x	-
Fernanda	42	x	x	x	-	-	19	x	x	x	x

Tabela 1: Relação dos dez conceitos mais recorrentes e sua frequência.

Conceitos recorrentes	Taxa de recorrência (%)	Conceitos recorrentes	Taxa de recorrência (%)
Evolução/ Evolução Biológica	100%	Mudança	50%
Mutação	67%	Adaptações	33%
Seleção Natural	67%	Lamarck	33%
Tempo	67%	Pandemia do Covid	33%
Hereditariedade	50%	Abiogênese	17%

Fonte: Os autores.

Nos mapas conceituais produzidos durante as entrevistas com os professores Ana e Beto pode ser observado o modo como o conceito “tempo” integra diferentes áreas do mapa (Figura 2 e 3):

Figura 2: Mapa conceitual coconstruído com a professora Ana.

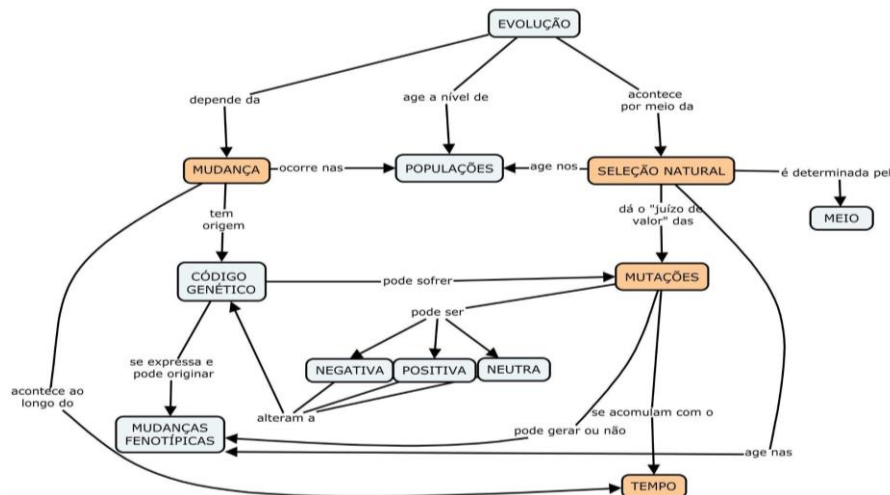
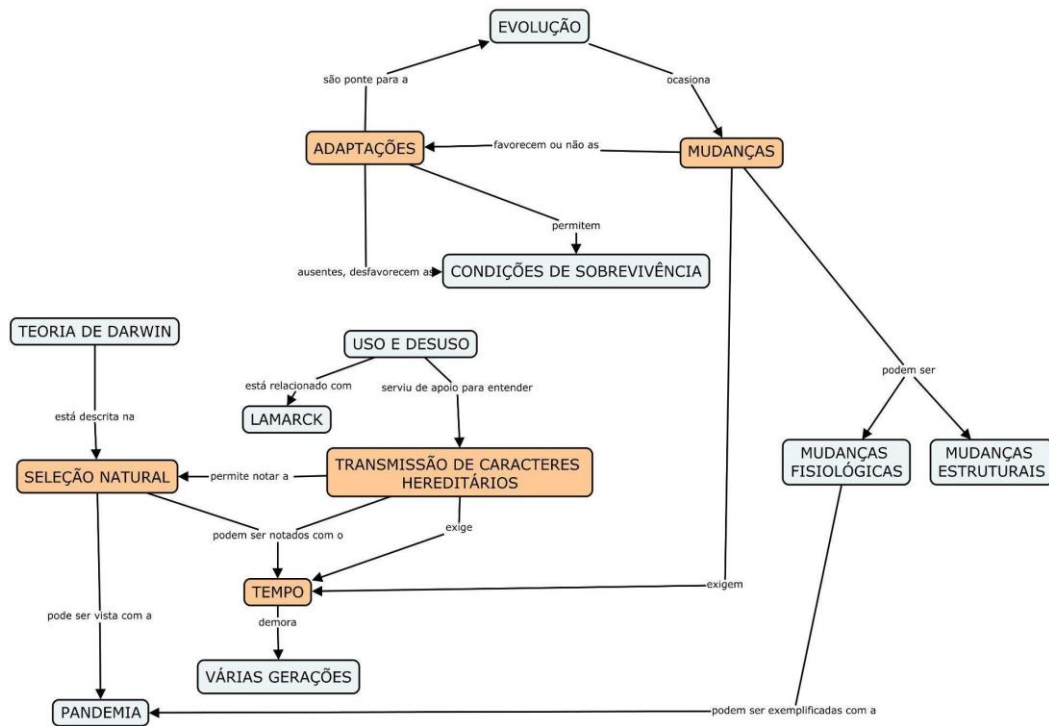
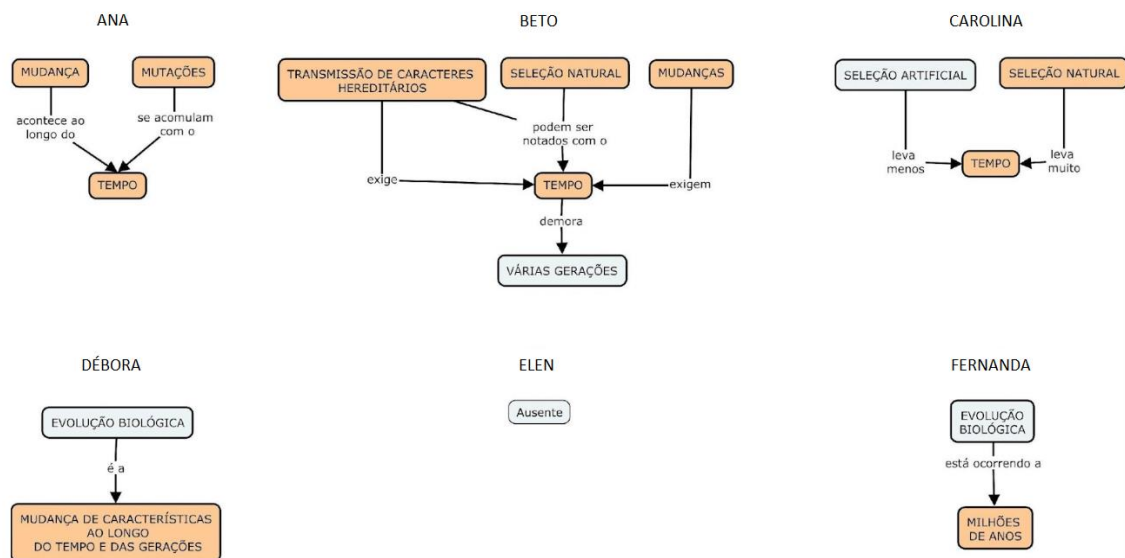


Figura 3: Mapa conceitual coconstruído com o professor Beto.



Os segmentos do mapa com as proposições envolvendo o conceito “tempo” demonstram a sua relação com os conceitos “seleção natural”, “mudança”, “mutações”, “transmissão de caracteres hereditários” e em dois casos diretamente com a própria “Evolução Biológica”. Outro ponto a ser destacado através dos segmentos dos mapas é a qualificação do tempo em “milhões de anos” utilizada pela Fernanda e a associação direta do “tempo” com as “mudanças” em um mesmo conceito utilizado por Débora (Figura 4).

Figura 4: Segmentos dos mapas de cada entrevistado.



O desafio a da escala

Os resultados apontam o conceito “tempo” como sinônimo de “tempo geológico”. Esse fato exige o uso de uma escala de tempo consideravelmente maior do que o utilizado no dia a dia (milhões de anos). Essa necessidade de conversão do tempo cotidiano em tempo geológico torna o conceito problemático por ser necessário o uso de uma escala contra intuitiva, uma vez que o tempo pode ser vivenciado apenas em uma escala que envolve “gerações” ou no limite “várias gerações”. Essa característica que envolve a necessidade da escala temporal aparece nos segmentos dos mapas dos professores Beto, Débora e Fernanda (Figura 4) e é reforçada a partir de trechos dos discursos tanto do próprio Beto como de Ana e Elen, abaixo:

Beto - “O tempo tá ligado direto nisso aqui né, porque você precisa de várias gerações para poder notar isso. Então precisa de tempo.”

Beto: “...se você for ver na evolução do homem foi tempo pra caramba para você ir de uma espécie para outra, até chegar hoje no Homo sapiens”

Nos trechos acima Beto evidencia o tempo envolvido na Evolução através de uma escala macro, o que vai de encontro com a fala de Elen e Ana:

Elen - “Por que eu acho que é difícil de compreender evolução, por que a gente sempre pensa assim “ah, então quer dizer que do nada vai surgir uma gaelra em mim assim, uma asa..” a gente pensa em algo pontual mas na verdade é algo muito macro”

Ana - “O acúmulo de mutações, com o tempo gera evolução nas populações”

Além do próprio tempo exigir que os estudantes saibam realizar a conversão de escala, sua relação com o conceito mutação/mudança também exige que eles transitem entre a escala temporal macro, que envolve o tempo geológico, e uma escala espacial micro, que envolve as mutações. Essas escalas não são intuitivas e fáceis de serem internalizadas. De acordo com Ross (2010) o nível de concepção sobre Evolução está relacionado à capacidade de compreender qual é o tempo envolvido nessas mudanças e de transitar entre as escalas de modo que possibilite ao estudante não só descrever esses conceitos, como também levantar uma discussão entre suas relações.

O tempo como um norteador para o ensino da Evolução

As falas dos professores apontam que o conceito tempo desempenha um papel fundamental no ensino da Evolução. A descrição do tempo como “norteador” e “englobando tudo” revelam uma característica integrativa, assim como a definição de Meyer e Land (2006) para os conceitos portais. Os trechos do discurso de Ana e Beto, convergem para a importância do tempo como um conceito essencial para a compreensão de todo o processo que envolve a Evolução Biológica:

Ana - Eu não sei se eu colocaria esse tempo aí onde ele tá. Eu colocaria o tempo depois, no final englobando tudo.

Beto - O tempo é o que você vai levar pra notar essas características nessa geração, é como se ele fosse... num sei se posso dizer um norteador. Mas é através do tempo que você vai conseguir enxergar as características que permaneceram ou não.



O tempo geológico é colocado pelos professores como um fator que de maneira geral engloba toda a Evolução tornando sua compreensão fundamental. A importância de compreender o tempo geológico foi considerada como essencial até mesmo para Darwin durante sua expedição a bordo do Beagle (BIZZO; EL-HANI, 2009, p. 7), e a internalização desse conceito é apontada como fundamental para que os estudantes possam explicar os processos evolutivos e não apenas descrevê-los (ROSS *et al*, 2010).

A ilusão do especialista: quando o que é complexo parece óbvio

Por fim, o caso da professora Elen reforça a questão já mencionada sobre a escala de tempo, o tempo como um norteador, exemplifica a característica irreversível do conceito portal e abre espaço para uma discussão de que até mesmo professores acostumados a lidar com o ensino da Evolução parecem sofrer com a “ilusão do especialista”. Por serem irreversíveis, após aprenderem um conceito portal os especialistas não conseguem voltar a pensar como um iniciante e passam a considerar um conceito antes para eles complexo como óbvio. Assim como todos os outros professores, a professora Elen também mencionou o conceito tempo, porém, diferente dos demais, ela optou por remover esse conceito após não ter relacionado com os demais conceitos mencionados, mesmo após declarar sua importância para a compreensão da Evolução Biológica o “tempo” pareceu algo trivial para essa professora:

Elen - O TEMPO! Tempo é importante!

Pesquisadora – Por que você considera o tempo importante?

Elen – Porque sem entender que tempo é esse não tem como entender a Evolução.

Pesquisadora – E que tempo é esse?

Elen – Nossa! É um tempo muito grande, algo que os alunos não podem vivenciar então é difícil para eles entenderem que as coisas levam tempo para acontecer, eles costumam achar que é do nada.

Pesquisadora – E como a gente pode colocar o tempo no nosso mapa?

Elen - A Evolução Biológica está relacionada ao tempo. Ela leva...não, a palavra leva não...ela...necessita de tempo.

Assim a relação segue estabelecida até os minutos finais da entrevista, quando ocorre um pedido de remoção seguido de declaração de insignificância da relação conceitual:

Elen - Pode tirar esse "necessita de tempo"? Acho que essa informação não é necessária.

As falas de Elen demonstram a ênfase na importância sobre o tempo, porém o conceito não foi considerado por ela como relevante para explicar a pergunta focal “O que devemos considerar para compreender a complexidade da vida a partir do conhecimento científico?”. Embora a professora reconheça tanto a importância como a dificuldade do conceito para a compreensão do tema, ela não expressa a relação desse conceito com os demais. O fato de Elen discutir sobre o tempo e não descrever, de acordo com Ross (2010) é uma evidência de um entendimento mais sofisticado sobre o assunto. Portanto, a exclusão do conceito “tempo” é tratada aqui como um indício da característica irreversível dos conceitos portais, ou seja, de que o conceito pode se tornar tácito aos profissionais que já incorporaram a relação desse conceito na compreensão da Evolução Biológica.

Com isso, os resultados obtidos após análise dos mapas e dos excertos dos discursos relacionados ao conceito “tempo” permitiu apontar as características problemática, integrativa e transformadora na relação desse conceito com o ensino da Evolução Biológica. A

característica problemática está associada ao fato de o tempo geológico ser contra intuitivo aos estudantes, ao mesmo passo que se torna tácito aos professores, além de exigir a conversão da escala de tempo. Já as características transformadora e integrativa foram atribuídas devido à exposição do tempo como norteador, fundamental e englobar todos os demais conceitos relacionados ao tema. A evolução interliga múltiplos processos, desde eventos sub celulares que ocorrem em escalas de nano segundos até desenvolvimentos que se desdobram de maneira gradual ao longo de milhões de anos envolvendo uma escala geográfica global. Com isso, o conceito tempo dentro do contexto da Evolução parece desempenhar um papel de conceito portal.

A existência de uma rede de conceitos portais, de modo a formar uma hierarquia dentro do ensino de Evolução é sugerida por Kinchin (2010) e Ross et al (2010). Aqui o “tempo geológico” demonstrou possuir as características de conceito portal, ocupando uma posição dentro da rede de portais sugerida. Além disso, outros conceitos que se relacionam ao “tempo” e aparecem de forma recorrente nos mapas também aparentam possuir um potencial para serem outros portais no tema, o que reforça a sugestão de uma hierarquia de conceitos portais dentro do ensino da Evolução Biológica.

Por conta da dificuldade imposta pelos conceitos portais, esse trabalho enfatiza a necessidade de expor os estudantes a uma maior diversidade de explicações evolutivas que sejam apoiadas com diferentes materiais e métodos de ensino. Nesse aspecto, nós concordamos com Araújo (2022).

Conclusão

A apresentação dos conceitos portais aos professores e suas implicações são consideradas fundamentais uma vez que eles serão os “guias da aprendizagem”. O contato com o tema é necessário não só para que eles saibam como abordar determinados conceitos, como também para que eles possam optar pelo melhor momento para a realização de avaliações e suporte aos estudantes.

Sugerimos aqui, que a noção de conceito portal e suas consequências sejam apresentados aos professores ainda em sua formação inicial. As disciplinas pedagógicas, que envolvem didática, metodologia de ensino, currículo ou o planejamento das aulas possuem as condições ideais para proporcionar o contato e discussão sobre o tema. Inclusive, os momentos de discussões podem se tornar um cenário compatível para a identificação de conceitos portais através de um consenso.

Desse modo, a percepção dos conceitos portais na aprendizagem pelos professores guiará seu planejamento, suas estratégias e metodologias de ensino, com isso, é imprescindível que esses atores conheçam a ideia dos conceitos portais e suas características para traçar as melhores estratégias e dar o suporte necessário aos seus estudantes de modo a proporcionar condições de aprendizagem desses conceitos.

Referências

AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Um novo olhar sobre a vida acadêmica: estudo de caso sobre as concepções de docentes. **Educação e Pesquisa**, v. 45, 2019.

ARAÚJO, L. A L. Evolução como pedra angular da biologia: um curso para graduação e pós-graduação em ciências biológicas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, 2022.

BALDIN, C. et al. **Desafios no ensino de evolução biológica e potenciais contribuições das Geociências**. 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BARRADELL, S. The identification of threshold concepts: a review of theoretical complexities and methodological challenges. **Higher education**, v. 65, n. 2, p. 265-276, 2013.

BIZZO, N; EL-HANI, C. N. Darwin and Mendel: evolution and genetics. **Journal of Biological Education**, v. 43, n. 3, p. 108-114, 2009.

CORREIA, P. R. M.; SOUZA, I. Conceitos portais e o modelo da aprendizagem pontuada: um novo caminho para pensar o ensino de Ciências e Matemática. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, 2022.

FONTAINE, Sheryl I. Teaching with the beginner's mind: Notes from my karate journal. **College Composition and Communication**, p. 208-221, 2002.

HERON, M.; KINCHIN, I.; MEDLAND, E. Interview talk and the co-construction of concept maps. **Educational Research**, v. 60, n.4, p. 373-389, 2018.

KINCHIN, I. M. Solving Cordelia's dilemma: Threshold concepts within a punctuated model of learning. **Journal of Biological Education**, v. 44, n.2, p. 53-57, 2010.

MEYER, J; LAND, R. Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: **Linkages to Ways of Thinking and**. 2003.

_____. Threshold concepts and troublesome knowledge: An introduction. In: **Overcoming barriers to student understanding**. Routledge, 2006. p. 3-18.

MINTZES, J; QUINN, H. J. Knowledge restructuring in biology: Testing a punctuated model of conceptual change. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 5, n. 2, p. 281-306, 2007.

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. (orgs.) **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: EDUFF, 2005 (p. 50-62).

ROSS, P. M. et al. Threshold concepts: Challenging the way we think, teach and learn in biology. In: **Threshold concepts and transformational learning**. Brill, 2010. p. 165-177.