

Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de biologia.

Encouraging the “tree thinking” in students of secondary education:
the potential contribution of Biology textbooks.

Cadidja Coutinho¹, Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos²

¹Doutoranda, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões - URI- Campus Santiago, Brasil

²Doutora, Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Biologia, Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

Este trabalho avalia se os livros didáticos de Biologia contribuem para a inserção de uma abordagem evolutiva no ensino da biodiversidade, apresentando potencial para auxiliar no desenvolvimento do “pensamento em árvore” pelos alunos, baseado na sistemática filogenética. A pesquisa verificou seis livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático, disponíveis na biblioteca de uma escola pública de Santa Maria, RS. Os dados foram coletados por meio da análise do conteúdo dos livros, através do método de Pigel. Todos os livros apresentaram a sistemática filogenética como mecanismo de classificação biológica, de forma a estimular o pensamento não-linear do surgimento das espécies e contribuindo para ensinar a elaboração de árvores filogenéticas de acordo com as pesquisas recentes na área, tornando o livro didático um facilitador do processo de ensino e aprendizagem numa perspectiva evolutiva.

Palavras-chave: Livro didático, Pensamento em árvore, Sistemática filogenética.

Abstract

This study evaluates whether biology textbooks contribute to the inclusion of an evolutionary approach to the teaching of biodiversity, with the potential to assist in the development of the “tree thinking” by the students, based on the phylogenetic systematics. All the six books available in the library of a public school in Santa Maria, RS, Brazil, were analyzed. Data were collected by analyzing the content of books, through the method of Pigel. All the books brought up the phylogenetic systematics as a mechanism of biological classification in order to stimulate a nonlinear thinking on the emergence of species and contributing to the teaching of how to build phylogenetic trees according to recent research in the area, making the textbook a facilitator of the teaching/learning process in an evolutionary perspective.

Keywords: Textbook, Tree thinking, Phylogenetic systematics.

1 Introdução

Para compreender o panorama da Biologia, os alunos precisam entender a vida na Terra, em termos de sua história e de seu futuro; as mudanças das formas de vida e ecossistemas que têm surgido e que surgiram ao longo de bilhões de anos, bem como os mecanismos que geraram e geram essas mudanças.

Para ensinar evolução com sucesso, os professores precisam estar preparados, com uma compreensão conceitual do tema e com estratégias curriculares eficazes. O professor que desenvolve esse conhecimento será capaz de ajustar a instrução em resposta às necessidades e as dúvidas dos alunos.

Muitos estudos têm mostrado que são vários os desafios encontrados pelos professores de Biologia para o ensino da evolução. Entretanto, um grande desafio que tem sido pouco avaliado é a dificuldade em auxiliar o aluno a desenvolver o “pensamento em árvore” (tree thinking) sobre a evolução, ou seja, a visualização dos seres vivos convergindo para um ancestral comum no passado, ao invés de um pensamento linear, ou em escada, no qual os organismos “progridem” de formas simples para formas complexas (BAUM, SMITH e DONOVAN, 2005).

Muitos trabalhos demonstram que o livro didático tem papel fundamental no contexto escolar, sendo referencial de consulta para professores na elaboração de materiais e de atividades pedagógicas (FRACALANZA, AMARAL e GOUBEIA, 1986; CARLINI-COTRIM e ROSEMBERG, 1991; GAYÁN e GARCIA, 1997; XAVIER et al., 2006), e para alunos na retomada e complementação dos assuntos trabalhados em aula (FREITAS e MARTINS, 2008). Diante das funções exercidas, o livro didático deve ser uma ferramenta atualizada e revisada periodicamente para se tornar uma fonte viva de sabedoria (NÚÑEZ et al., 2003), e, ao mesmo tempo, deve ter papel decisivo para reduzir, ou mesmo eliminar, o abismo entre Ciência e cidadania (LORETO e SEPEL, 2003).

É importante que os livros de Biologia apresentem um conteúdo voltado a estimular um pensamento não-linear em relação à origem da biodiversidade. Esse conteúdo poderá contribuir tanto para estimular o professor a utilizar recursos voltados ao desenvolvimento do “pensamento em árvore” quanto para auxiliar ao aluno na compreensão do tema.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se os livros didáticos de Biologia podem contribuir para o desenvolvimento do “pensamento em árvore” por parte dos alunos. Dessa forma, este trabalho está organizado em quatro partes. Inicialmente apresentamos um referencial teórico sobre “pensamento em árvore”, como forma de integrar conceitos evolutivos ao ensino de Biologia; a seguir descrevemos o desenvolvimento metodológico do trabalho; na sequência são apresentados os resultados e a discussão dos livros pesquisados; e, por último, as considerações finais e suas implicações para o ensino de Biologia.

2 Referencial teórico

Desde Darwin, as árvores filogenéticas representam a principal ferramenta para a apresentação e estudo da relação evolutiva entre as espécies. Os diagramas ramificados têm sido usados para fornecer evidência sobre a história evolutiva dos genes individuais, bem como sobre a origem e diversificação de muitas linhagens de organismos (BAPTESTE et al., 2013).

Há uma longa história de representação esquemática na Biologia evolutiva (ver, por exemplo, CLARK, 2001; GOULD, 1995) e uma grande variedade de diagramas com ramos (cladogramas) aparecem nos livros didáticos de ensino médio e superior (CATLEY e NOVICK, 2008). Nos últimos anos tem aumentado o número de incentivos para que educadores de Biologia passem a incorporar o “pensamento em árvore” na escola e nos currículos universitários (GOLDSMITH, 2003; BAUM, SMITH e DONOVAN, 2005; CATLEY, 2006; RICHARDSON e HARI, 2008; HALVERSON, PIRES e ABELL, 2011; PHILLIPS et al., 2012; NOVICK e CATLEY, 2013; SMITH, CHERUVELIL e AUVENSHINE, 2013; CATLEY, PHILLIPS e NOVICK, 2013).

O “pensamento em árvore” envolve a capacidade de (i) interpretar e extrair informações sobre a história evolutiva de árvores filogenéticas e (ii) usar esses diagramas para organizar o conhecimento da biodiversidade e fazer inferências para apoiar as decisões e ações de cada grupo. No entanto, há poucas análises de como o formato desses diagramas pode afetar as interpretações feitas pelos usuários e pouca pesquisa experimental sobre esta questão (NOVICK, SHADE e CATLEY, 2011).

Apesar de normalmente aplicada a estudos acadêmicos de classificação biológica, a sistemática filogenética pode ser utilizada para enfraquecer o paradigma essencialista corrente no ensino de Biologia, incutindo na disciplina a ideia de que a melhor metáfora para a evolução não é uma fila indiana que vai de organismos mais “simples” até aqueles mais “complexos” ou dos menos até os mais evoluídos, e, sim, uma árvore toda ramificada (SANTOS e CALOR, 2007a).

Diagramas que representam relações evolutivas entre os táxons também, necessariamente, retratam hipóteses sobre a história evolutiva, isto é, a ordem em que o táxon surgiu na Terra. Além disso, eles podem transmitir informações sobre como as novas espécies surgiram (NOVICK, SHADE e CATLEY, 2011).

Embora as filogenias tenham surgido nos livros didáticos do Ensino Médio no início dos anos 1990, poucas pesquisas examinaram a funcionalidade destes e outros tipos de diagramas evolutivos na pedagogia das Ciências da Vida (CATLEY e NOVICK, 2008; RODRIGUES, JUSTINA e MEGLHIORATTI, 2011), bem como se os diagramas de evolução nos livros didáticos refletem o pensamento atual em Biologia Evolutiva e, mais importante, se eles reforçam ou reduzem equívocos comuns relativos aos dos processos evolutivos.

Pensar em evolução como um diagrama ramificado, uma árvore, é conectar ancestrais e descendentes. Nas árvores filogenéticas, que mostram as relações de parentesco entre os grupos, podemos sintetizar muita informação biológica (tais como características de morfologia externa, embriologia, fisiologia e comportamento). Ao utilizarmos essas árvores, também é possível começar a trabalhar conceitos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas (SANTOS e CALOR, 2007b).

Implementar o “pensamento em árvore” no currículo do ensino de evolução é consistente com normas internacionais de educação científica, que especificam que os alunos devem aprender a utilizar as metodologias e ferramentas da prática profissional (NRC, 1996; AAAS, 2001), e de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que definem que os conteúdos do ensino de Biologia sejam tratados como tópicos trans-disciplinares fundamentados em explicações ecológicas e evolutivas (BRASIL, 2002).

Como afirmam vários pesquisadores, tais informações são vitais para a compreensão e inserção da macroevolução no ensino de Biologia, como também para facilitar o “pensamento em árvore” (O’HARA, 1988; GILBERT, 2003; GOLDSMITH, 2003; BAUM, SMITH e DONOVAN, 2005; CATLEY *et al.*, 2005; CATLEY, 2006; STAUB, PAUM e PAUW, 2006; SANDVIK, 2008).

3 Metodologia

Realizou-se a análise de seis livros didáticos de Biologia de Ensino Médio, aprovados pelo Programa

Nacional do Livro Didático (PNLD), sendo que estes correspondem a todas as edições disponíveis na biblioteca de uma escola pública, localizada na cidade de Santa Maria, RS, Brasil, para consulta e estudo dos professores. Os volumes específicos foram selecionados por abordarem os seres vivos e suas características, como temática. Os autores e obras são referidos neste trabalho por um código de acordo com a Figura 01.

O desenvolvimento da pesquisa de cunho quantitativo ocorreu com base na análise de conteúdo (PIGEL, 1999), buscando, no texto, pontos relativos à sistemática filogenética. Procurou-se responder às seguintes perguntas: 1) os livros didáticos apresentam conteúdo com potencial para estimular o “pensamento em árvore”? 2) As informações utilizadas estão de acordo com as pesquisas acadêmicas recentes?

Os livros foram analisados, inicialmente, quanto à presença de um espaço dedicado ao processo de classificação dos seres vivos através da sistemática filogenética. Em seguida, verificou-se a presença do conceito de sistemática vinculado à taxonomia e/ou relações evolutivas; a abordagem do conteúdo na contextualização e na problematização; e as representações de árvores filogenéticas através de imagem (Figura 02).

Posteriormente, buscou-se identificar, ao longo do texto dos livros, a presença de palavras-chaves que podem auxiliar o aluno a compreender a Evolução Biológica como um processo dinâmico e não linear, estimulando o desenvolvimento do “pensamento em árvore” (tree thinking). O significado das principais palavras-chave está descrito na Figura 03.

Código	Obra	Volume	Autor	Editora	Ano
B1	Bio- Sônia Lopes	Único	S. Lopes	Saraiva	2008
B2	Biologia	Único	S. V. Linhares & F. Gewandsnajder	Ática	2011
B3	Fundamentos da Biologia Moderna	Único	J. M. Amabis & G. R. Martho	Moderna	2006
B4	Biologia	Único	A. C. Pezzi; D. Gowdak & N. S. Mattos	FTD	2010
B5	Biologia	02	V. Mendonça & J. Laurence	Nova Geração	2010
B6	Novas bases da Biologia	02	N. Bizzo	Ática	2011

Figura 01: Lista de livros de Biologia selecionados e analisados

Conteúdo teórico	Conceito	Presença	Capítulo específico	
			Texto introdutório	
		Definição	Taxonomia	
			Relações evolutivas	
	Abordagem do conteúdo	Contextualização		Texto faz ligação com as pesquisas recentes na área
				Identificados personagens e eventos importantes para o assunto
				O texto informa e explica acontecimentos e questões do tema
				Abordagem da história e filosofia da ciência
			Presença de texto complementar sobre sistemática filogenética	
		Problematização		Texto incentiva a investigação crítica por parte do aluno
			Texto incentiva a memorização do conhecimento	
			Procedimento para construção e/ou interpretação de filogenias	
Imagens	Uso de imagens	Cladograma		
		Disposição ao longo do capítulo e/ou unidade		
		Presença de legenda		
		Relação entre imagem com conteúdo abordado		

Figura 02. Ficha de avaliação com os critérios utilizados para elaboração do trabalho. Adaptado de Catley e Novick (2008); Rodrigues, Justina e Meglhioratti (2011).

Sistemática filogenética	Ramo da Biologia preocupado com aspectos evolutivos e princípios filogenéticos para organizar um sistema de classificação e compreender a origem e manutenção da diversidade biológica.
Cladograma	Cenário evolutivo representado por diagrama com ramificações. Suas ramificações apresentam as relações de ancestralidade entre os indivíduos.
Árvore filogenética	Representação gráfica em forma de árvore, com vértices e arestas, em que todos os indivíduos nela presentes partem de um ancestral comum.
Ancestral comum	Indivíduo que deu origem a diferentes espécies ou indivíduos.
Parentesco evolutivo	Semelhanças morfoanatômicas, fisiológicas ou genéticas que as espécies apresentam e que explicam as relações evolutivas.
Monofilético	Grupos de espécies que apresentam um ancestral comum exclusivo.
Característica primitiva	Condição presente no ancestral.
Característica derivada	Novidade evolutiva que não está presente no ancestral comum.

Figura 03: Palavras-chave para o desenvolvimento do “pensamento em árvore” e seus significados.

4 Resultados

Todos os livros analisados apresentam uma parte dedicada à apresentação dos mecanismos de classificação biológica através da sistemática filogenética (Figura 04), seja num capítulo específico (livros B1, B2, B3 e B6), seja em um texto introdutório ao estudo dos Reinos (livros B4 e B5). O livro B6 aborda, além de um capítulo específico, aspectos da sistemática filogenética em todos os capítulos de estudo dos seres vivos.

Os dados quanto à presença do conceito de sistemática, à abordagem do conteúdo e às representações de árvores filogenéticas estão representadas nas Figuras 05 e 06.

Quanto ao conceito de sistemática, são extraídos trechos dos livros analisados que exemplificam a denominação aplicada, na inclusão de aspectos evoluti-

vos (livro B1) e na utilização da taxonomia (livro B6), respectivamente:

(...) um campo mais amplo, que inclui a taxonomia e o estudo das relações evolutivas (filogenia) entre os diferentes grupos de seres vivos (LOPES, 2008, p. 356).

(...) a partir da identificação das espécies, é possível incluí-las em categorias hierárquicas (BIZZO, 2011, p. 105).

Quanto ao conteúdo teórico, a abordagem do assunto, relacionada à contextualização, pode ser observada em todos os livros analisados, com diferenças em alguns aspectos, principalmente os relacionados à ligação com as pesquisas recentes na área e a identificação de personagens importantes para o tema.

Código	Número total de páginas	Número de páginas destinado ao estudo dos Reinos	Número de páginas destinado à filogenética (porcentagem relativa às páginas destinadas aos Reinos)
B1	770	258	06 (0,43)
B2	696	130	07 (0,18)
B3	839	215	05 (0,43)
B4	702	311	03 (0,96)
B5	416	390	08 (2,05)
B6	480	369	24 (6,5)
Mínimo		130	03
Máximo		390	24

Figura 04. - Tabela com o número total de páginas de cada livro, número de páginas destinado aos Reinos e o número de páginas destinado à filogenética*.

*Não incluso as páginas dedicadas aos exercícios sobre o assunto.

Fonte: Dados da pesquisa

Código	Conteúdo teórico						
	Conceito de sistemática		Abordagem do conteúdo				
			Contextualização				
	Taxonomia	Relações evolutivas	Texto faz ligação com as pesquisas na área	Identificados personagens importantes para o assunto	O texto informa e explica acontecimentos e questões do tema	Abordagem da história e filosofia da ciência	Texto complementar sobre sistemática filogenética
B1	X	X	X	X	X	X	X
B2	X	X	X	X	X	X	X
B3	X	X	X	X	X	X	X
B4	X	X		X			
B5		X		X	X	X	
B6	X		X	X	X	X	X

Figura 05. Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (conceito e abordagem do conteúdo).

Fonte: Dados da pesquisa

Código	Conteúdo teórico			Imagens			
	Abordagem do conteúdo						
	Problematização			Uso de imagens			
	Texto incentiva a investigação crítica por parte do aluno	Texto incentiva a compreensão do conteúdo por parte do aluno	Procedimento para construção e/ou interpretação de filogenias	Cladograma	Disposição ao longo do capítulo e/ou unidade	Presença de legenda explicativa	Imagem relacionada com conteúdo abordado no texto
B1	X	X	X	X	X	X	X
B2	X	X	X	X	X	X	X
B3	X	X	X	X	X	X	X
B4		X	X	X	X	X	X
B5	X	X	X	X	X	X	X
B6	X	X		X	X	X	X

Figura 06. Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (abordagem do conteúdo e uso de imagens).

Fonte: Dados da pesquisa

Os trechos dos livros B2 e B3, respectivamente, demonstram a relação do texto com as pesquisas na área:

(...) A análise sistemática ajuda também a compreender como a AIDS começou e a evolução do vírus HIV comparando sequências de nucleotídeos de várias linhagens desse vírus (LINHARES e GEWANDSNAJDER, 2011, p. 165).

(...) utilizando técnicas de sequenciamento de ácidos nucleicos e de comparações detalhadas da estrutura celular, os sistematistas têm começado a extrair dos protistas os grupos monofiléticos, que refletem a história evolutiva porque seus componentes são todos derivados de um mesmo ancestral (AMABIS e MARTHO, 2006, p. 243).

A identificação de personagens importantes para a sistemática filogenética pode ser exemplificada pelo livro B1:

(...) As duas principais escolas de classificação que se baseiam em princípios evolutivos são: a evolutiva, que é mais tradicional, e a filogenética ou cladística, que começou a ganhar a preferência dos pesquisadores a partir de 1966, com a divulgação dos trabalhos de Willi Hennig (1913-1976), cientista alemão que estudava insetos (LOPES, 2008, p. 358).

Os demais livros relacionam as ideias de classificação apenas ao médico e professor sueco Karl von Linné (1707-1778) (como os livros B2, B5 e B6), e alguns citam a influência de Charles Robert Darwin (1809-1882) (os livros B3 e B4).

Os acontecimentos e questões relevantes sobre o tema envolvem a descrição, o desenvolvimento e os objetivos da sistemática filogenética, como podem ser exemplificados pelos livros B1 e B2, respectivamente:

(...) A escola filogenética desenvolveu um método, e por meio dele os cientistas esperam conseguir estabelecer as relações evolutivas entre os diferentes grupos de seres vivos, com a menor subjetividade possível (LOPES, 2008, p. 358).

(...) o objetivo é formar um grupo monofilético, isto é, um grupo de espécies que inclua todos os descendentes de um ancestral comum exclusivo (que não é ancestral de outros grupos) e novidades evolutivas exclusivas do grupo, isto é, presentes apenas nesse grupo (LINHARES e GEWANDSNAJDER, 2011, p. 164).

A abordagem da história e filosofia da ciência pode ser demonstrada pelo livro B6, “Quando Lineu propôs o sistema de classificação, em seu célebre livro *Systema Naturae*, de 1773, estabeleceu três reinos” (BIZZO, 2011, p. 110). Também pelo trecho do livro B3:

(...) Desde meados do século XIX, com a elaboração da teoria evolucionista de Charles Darwin, a classificação biológica procura estabelecer relações de parentesco evolutivo entre as espécies de seres vivos e compreender assim a história da vida no nosso planeta (AMABIS e MARTHO, 2006, p. 237).

Os textos complementares encontrados nos livros (B1, B2, B3 e B6) são apresentados como mecanismos de conexão entre a biodiversidade e a evolução biológica.

O livro B2, por exemplo, propõe um caso real de aplicação da filogenia na questão da diversidade de serpentes peçonhentas e a utilização da filogenética na determinação da correlação entre as propriedades dos diferentes venenos e o parentesco evolutivo dessas espécies. Assim, se uma pessoa for mordida por uma serpente para qual não há antídoto, pode-se olhar a posição filogenética dessa serpente no cladograma e

O esquema abaixo representa a aquisição de estruturas na evolução das plantas. Os ramos correspondem a grupos de plantas representados, respectivamente, por musgos, samambaias, pinheiros e gramíneas. Os números I, II e III indicam a aquisição de uma característica: lendo-se de baixo para cima, os ramos anteriores a um número correspondem a plantas que não possuem essa característica e os ramos posteriores correspondem a plantas que a possuem.

As características correspondentes a cada número estão corretamente indicadas em:

	I	II	III
a)	presença de vasos condutores de seiva	formação de sementes	produção de frutos
b)	presença de vasos condutores de seiva	produção de frutos	formação de sementes
c)	formação de sementes	produção de frutos	presença de vasos condutores de seiva
d)	formação de sementes	presença de vasos condutores de seiva	produção de frutos
e)	produção de frutos	formação de sementes	presença de vasos condutores de seiva

Figura 07. Exercício proposto pelo livro didático B3. Fonte: Adaptado de Rodrigues, Justina e Meghioratti, 2011.

Código	Palavras-chave						
	Sistemática Filogenética	Cladograma	Árvore filogenética	Ancestral comum	Parentesco evolutivo	Monofilético	Característica primitiva e/ou derivada
B1	X	X		X	X	X	X
B2	X	X	X	X	X	X	X
B3	X	X	X	X	X	X	X
B4		X	X	X	X		
B5		X		X	X	X	X
B6	X	X	X	X		X	

Figura 08: Presença de palavras-chave para o entendimento do “pensamento em árvore”. Fonte: Dados da pesquisa

verificar se já há o antídoto para o veneno de espécies próximas (LOPES, 2008).

O incentivo à elaboração de hipóteses e à criticidade por parte dos alunos pode ser exemplificado pelo livro B1, que propõe a construção de um cladograma hipotético em que se pretende analisar as relações filogenéticas entre quatro grupos, além de analisar, de forma comparativa, caracteres homólogos presentes nesses grupos e como esses caracteres variam (LOPES, 2008, p. 361).

Os textos estimulam o caráter de compreensão do assunto, principalmente pela repetição de termos e procedimentos envolvidos na construção de filogenias, além de exemplos aplicados, como no livro B6:

(...) “um exemplo pode ser encontrado na presença de pelos e glândulas mamárias, que permite deduzir que os mamíferos formam um clado¹. Este pertence a outro, clado dos animais que possuem ânimo.

¹ Clado é um grupo de indivíduos que evoluíram a partir de um ancestral comum e exclusivo (BIZZO, 2011).

(...) Estes, por sua vez, está no clado dos animais com quatro membros locomotores, os tetrápodes (BIZZO, 2011, p. 109).

Ainda são propostos, nos livros, exercícios de fixação e revisão do conteúdo (por exemplo, Figura 07).

O procedimento para a construção e/ou interpretação de filogenias pode ser demonstrado através do trecho extraído do livro B2:

(...) Nesses diagramas, as bifurcações (ou nós) indicam o processo em que uma espécie ancestral hipotética origina novas espécies ou novos grupos, que ficam nos ápices dos ramos (ou terminais). O nó na base do diagrama é a raiz da árvore. Os ramos representam os caminhos da evolução. Nas árvores filogenéticas, o comprimento de um ramo é proporcional à quantidade de mudanças evolutivas que ocorreram desde o ancestral comum (LINHARES e GEWANDSNAJDER, 2011, p. 164).

As imagens, com legendas explicativas, são recursos

apresentados por todos os livros através de cladogramas, representações que reúnem informações para a caracterização da sistemática filogenética, além de subsidiar e complementar o conteúdo teórico ao longo do estudo dos capítulos.

A identificação das palavras-chave, para o desenvolvimento do “pensamento em árvore”, ao longo do texto direcionado ao ensino de classificação biológica, está representada na Figura 08.

5 Discussão

As pesquisas sobre o livro didático vêm sendo exploradas por diferentes autores (HÖFFLING, 2000; MARTINS e GUIMARÃES, 2002; VASCONCELOS e SOUTO, 2003; NETO & FRACALANZA, 2003; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005; SANDRI et al., 2005; FRANÇA et al., 2010; RODRIGUES, JUSTINA e MEGLHIORATTI, 2011). A maioria dos trabalhos investiga as questões relacionadas com a abordagem dos conteúdos, a identificação de erros e de tendências adotadas, a análise da metodologia proposta e, principalmente, a função do recurso como facilitador do processo de ensino e aprendizagem.

Foi possível observar que os livros didáticos de Biologia, analisados nessa pesquisa, buscam apresentar e auxiliar a desenvolver o pensamento evolutivo através da sistemática filogenética, identificando personagens e eventos importantes para a temática, e contribuindo para o “pensamento em árvore” no ensino da biodiversidade, de acordo com pesquisas recentes na área.

Nesse sentido, o detalhamento para a elaboração e interpretação de filogenias, apresentado na maioria dos livros didáticos analisados, pode ser um aspecto importante no entendimento dos seres vivos numa abordagem evolutiva. Da mesma forma, as imagens e os textos complementares podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dessa área do conhecimento.

Vasconcelos & Souto (2003) afirmam que os livros didáticos não contêm apenas linguagem textual: outros elementos informativos facilitam a atividade docente, a compreensão pelo aluno e auxiliam na aprendizagem. A importância das imagens nos livros didáticos está no fornecimento de subsídios para um melhor entendimento e avaliação da natureza das demandas desse texto (FREITAS e BRUZZO, 1999; BELMIRO, 2000; MARTINS e GOUVÊA, 2005).

Segundo Freitas e Bruzzo (1999), as imagens são muito significativas para o aprendizado dos conhecimentos biológicos, pois, além de não serem apenas detalhes, as imagens permanecem na memória visual, muitas vezes substituindo o texto, que foi esquecido. Belmiro (2000) ainda salienta que, além de ilustrar, nomear e descrever, as imagens atuam como catalisadores, permitindo-se fazer destacar a razão interna, facilitando, assim, a aprendizagem.

As leituras complementares também podem ajudar a transpor o texto tradicional de livro, apresentando aos leitores outra abordagem do tema, mais atual e mais ampla. O objetivo é atrair a curiosidade do estudante contextualizando o conteúdo (BATISTA et al., 2010).

O fato de o livro apresentar temas atuais é importante, uma vez que não resta dúvida de que os livros didáticos, além de apresentarem os conceitos básicos da disciplina, devem apresentar outros temas que evidenciem a dinâmica da construção do conhecimento científico e possibilitem o desenvolvimento de atitudes e valores relacionados à cidadania (SANTOS e SCHNETZLER, 1997; SANTOS e MORTIMER, 2000).

Outro fator a considerar nos livros didáticos é a presença de exercícios que possibilitam a aprendizagem e a compreensão do assunto de forma significativa. Nas obras analisadas, a maioria dos livros, ao final e no decorrer dos capítulos, apresenta questões objetivas e dissertativas sobre aspectos da sistemática filogenética, que levam o aluno a ter a oportunidade de investigação e associação do conteúdo estudado. Essa etapa do trabalho didático tem uma função motivacional, pois estimula o aluno a perceber que ele é capaz de enfrentar desafios e vencê-los. Além disso, a seção de exercícios permite ao aluno identificar alguma lacuna importante na aprendizagem. Com esses exercícios, o aluno tem a oportunidade de rever o que aprendeu e, de maneira rápida, perceber se precisa retomar algum conceito importante (BIZZO, 2011).

Além disso, a ênfase nas atividades didáticas está em oferecer, ao educando, situações que promovam o entendimento do objeto de estudo, que contribuam para a formação integral e que colaborem para o desenvolvimento da consciência crítica (MENDONÇA e LAURENCE, 2010).

A proposta de exercícios sobre filogenias também faz com que o aluno saiba que o critério de classificação observa as relações de parentesco evolutivo entre os seres vivos, desmistificando a ideia de que classificar é apenas dar nomes e criar agrupamentos baseando-se em semelhanças.

Como a evolução é a base estrutural das Ciências Biológicas, sendo considerada por muitos autores como princípio organizador do ensino de Biologia (MAYR, 1998; GOULD, 1997; FUTUYMA 2002; GOEDERT, 2004; MEYER e EL-HANI, 2005), é necessário que a sua teoria seja utilizada como eixo articulador, em qualquer nível, desde o primeiro contato do estudante com os seres vivos (SANTOS e CALOR, 2007a). Dessa forma, a presença de palavras-chave, relacionadas ao “pensamento em árvore”, pode auxiliar no desenvolvimento de uma visão não linear na descrição da biodiversidade. Além disso, as palavras-chaves podem funcionar como filtros entre a linguagem utilizada pelo autor e a terminologia da área, ajudando o aluno a expandir ou enriquecer seu conhecimento.

6 Considerações finais

O trabalho teve como finalidade verificar se seis livros didáticos de Biologia contribuem para o desenvolvimento do “pensamento em árvore” por parte dos alunos. Os dados coletados nos mostram que todos os livros dedicam um espaço para explicação e exemplificação da sistemática filogenética como mecanismo para a classificação da biodiversidade. Os textos trazidos pelos livros analisados podem fazer com que os alunos consigam estabelecer conexões entre os conceitos estudados e visualizar o surgimento dos organismos como um processo dinâmico e não-linear, de acordo com pesquisas recentes na área. Entretanto, para que esses objetivos sejam alcançados, é necessário que o professor tenha conhecimento do tema ou busque a atualização necessária para o uso dessa ferramenta, de forma que consiga, em seu trabalho docente, realizar a conexão entre a biodiversidade e a abordagem evolutiva.

Referências

- [AAAS] American Association for the Advancement of Science. Atlas of Science Literacy. Vol. Project 2061. Washington (DC): AAAS and the National Science Teachers Association. 2001.
- AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. Fundamentos da Biologia Moderna: volume único/ José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2006.
- BAPTESTE, E.; IERSEL, L. V.; JANKE, A.; KELCHNER, S.; KELK, S.; MCLNERNEY, J. O.; MORRISON, D. A.; NAKHLEH, L.; STEEL, M.; STOUIGIE, L.; WHITFIELD, J. Networks: expanding evolutionary thinking. Trends in Genetics xxx xxxx, Vol. xxx, No. x. 2013.
- Disponível em: [http://www.cell.com/trends/genetics/abstract/S0168-9525\(13\)00086-3](http://www.cell.com/trends/genetics/abstract/S0168-9525(13)00086-3). Acesso em: 12 jun 2013.
- BATISTA, M. V.; CUNHA, M.M. & CÂNDIDO, A.L. Análise do tema virologia em livros didáticos de biologia do ensino médio. Revista Ensaio, 12(01): 145-158, 2010.
- BAUM, D.A.; SMITH, S.D.-W.; DONOVAN, S.S.S. The tree thinking challenge. Science, v. 310, p. 979-980, 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BELMIRO, C. A. A imagem e suas formas de visualidade nos livros de português. Revista Educação & Sociedade, v. 72, p. 11-30, 2000.
- BIZZO, N. Novas bases da Biologia. 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2011.
- CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P. & MÓL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.7(02), 2005.
- CATLEY, K. M., LEHRER, R., & REISER, B. Tracing a prospective learning progression for developing understanding of evolution. Paper Commissioned by the National Academies Committee on Test Design for K-12 Science Achievement. 2005.
- CATLEY, K. M. Darwin’s missing link: a new paradigm for evolution education. Science Education, v. 90, p.767-783, 2006.
- CATLEY, K. M., & NOVICK, L. R. (2008). Seeing the wood for the trees: An analysis of evolutionary diagrams in biology textbooks. BioScience, v. 58, p. 976-987, 2008.
- CATLEY, K. M.; PHILLIPS, B. C.; NOVICK, L. R. Snakes and eels and dogs! Oh, my! Evaluating high school students’ tree-thinking skills: An entry point to understanding evolution. Research in Science Education, v. 43, n. 6, p. 2327-2348, 2013.
- CARLINI-COTRIM, B. & ROSEMBERG, F. Os livros didáticos e o ensino para a saúde: o caso das drogas psicotrópicas. Revista Saúde Pública, v. 25, p. 299-305, 1991.
- CLARK, C. A. Evolution for John Doe: Pictures, the public, and the Scopes trial debate. The Journal of American History, v. 87, p. 1275-1303, 2001.
- FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. O ensino de ciências no primeiro grau. São Paulo: Atual, 1986.
- FRANÇA, V. H.; MARGONARI, C. & SCHALL, V. T. Análise de livros didáticos de ciências indicados pelo PNDL/2008 e biologia pelo PNLEM/2009 em relação à abordagem das Leishmanioses. II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2010.

- FREITAS, D. S. & BRUZZO, C. As imagens nos livros didáticos de biologia. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999. Valinhos. Atas. São Paulo: ABRAPEC. (CD –ROM), 1999.
- FREITAS, E. O. & MARTINS, I. Concepções de saúde no livro didático de Ciências. Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 10, n. 2, p. 222-248, 2008.
- FUTUYMA, D. J. Evolução, Ciência e Sociedade. São Paulo: Editora de livros da Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- GAYÁN, E. & GARCÍA, P. E. Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, número extra, V Congreso, p. 249-250, 1997.
- GILBERT, S. F. Opening Darwin's black box: Teaching evolution through developmental genetics. Nature Reviews Genetics, v. 4, p. 735-741, 2003.
- GOEDERT, L. A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica. 2004. 122fs. (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, SC. 2004.
- GOULD, S. J. Ladders and cones: Constraining evolution by canonical icons. In R. B. Silver (Ed.), Hidden histories of science (pp. 37-67). New York: NYREV. 1995.
- GOULD, S. J. 'Nonoverlapping magisteria'. In: Natural History. 106: 16-22, 1997.
- GOLDSMITH, D.W. The great clade race: Presenting cladistic thinking to biology majors and general science students. The American Biology Teacher, v.65, p. 679-682, 2003.
- HALVERSON, K. L.; PIRES, C. J.; ABELL, S. K. Exploring the complexity of tree thinking expertise in an undergraduate systematics course. Science Education, v. 95, n. 5, p. 794-823, 2011.
- HÖFFLING, E. M. Notas para discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. Educação e Sociedade, São Paulo, v. 21(70), p. 159-170, 2000.
- LINHARES, S. & GEWANDSZNAJDER, F. Biologia/ Sérgio Linhares & Fernando Gewandszajder. São Paulo: Editora Ática. 2011
- LOPES, S. Biologia. São Paulo: Saraiva, 2008.
- LORETO, E. L. S. & SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. Ciência e Ambiente, v. 26, p. 149-156, 2003.
- MARTINS, I. & GOUVÊA, G. Analisando aspectos da leitura de imagens em livros didáticos de ciências por estudantes do ensino fundamental no Brasil. Enseñanza de las Ciencias. Número extra, VII congreso, p. 1-3, 2005.
- MARTINS, E. F. & GUIMARÃES, G. M. A. As concepções de natureza nos livros didáticos de ciências. Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, vol.4(2), 2002.
- MAYR, E. O desenvolvimento do pensamento biológico. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- MENDONÇA, V. & LAURENCE, J. Biologia: os seres vivos: volume 2: e Ensino Médio. 1ª Edição. São Paulo: Nova Geração. 2010.
- MEYER, D. E & EL-HANI, C.N..Evolução: o sentido da biologia. São Paulo: Editora Unesp, 2005.
- NCR National Research Council. National Science Education Standards. Washington (DC): National Academy Press. 1996.
- NETO, J. M. & FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Ciência&Educação, v. 9, p. 147-157, 2003.
- NOVICK, L. R.; SHADE, C. K.; CATLEY, K. M. Linear Versus Branching Depictions of Evolutionary History: Implications for Diagram Design. Topics in Cognitive Science, v.3, p. 536-559, 2011.
- NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. Reasoning About Evolution's Grand Patterns College Students' Understanding of the Tree of Life. American Educational Research Journal, v. 50, n. 1, p. 138-177, 2013.
- NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVA, I. K. P. & CAMPOS, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. Revista Iberoamericana de Educación. Madrid, 2003.
- O'HARA, R. J. (1998). Population thinking and tree thinking in systematics. Zoologica Scripta, v. 26, p. 323 – 329, 1998.

- PHILLIPS, B. C., NOVICK, L. R., CATLEY, K. M., & FUNK, D. J. Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think. *Evolution: Education and Outreach*, v. 5, n. 4, p. 595-602, 2012.
- PINGEL, F. UNESCO Guidebook on Textbook Research and Textbook Revision, pp.9-11, Hannover, VerlagHahnscheBuchhandlung.1999.
- RICHARDSON, M. L. & HARI, J. Teaching Students About Biodiversity by Studying the Correlation Between Plants & Arthropods. *The American BiologyTeacher*, v. 70, n. 4, p. 217-220, 2008.
- RODRIGUES, M. E.; JUSTINA, L. D. & MEGLHIORATTI, F. O conteúdo de Sistemática e Filogenética em livros didáticos do Ensino Médio. *Revista Ensaio*, v.13(02), p. 65-84, 2011.
- SANDVIK, H. Tree thinking cannot be taken for granted: challenges for teaching phylogenetics." *TheorBiosci*, v. 127, p. 45-51, 2008.
- SANDRI, M. F. N.; PUORTO, G. & NARDI, R. Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10(3), p. 281-298, 2005.
- SANTOS, C. M. D. & CALOR, A. R. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética-I. *Ciência & Ensino*, v.1, n.1, 2007a.
- SANTOS, C. M. D. & CALOR, A. R. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética-II. *Ciência & Ensino*, v.2, n.1, 2007b.
- SANTOS, W. L. P. DOS & MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. *Revista Ensaio: pesquisa emeducação em ciências*, v. 2, p. 133-162, 2000.
- SANTOS, W. L. P. DOS & SCHNETZLER, R. P. Educação em química: compromisso com a cidadania. Ijuí: Editora da Unijuí, 1997.
- SMITH, J. J.; CHERUVELIL, K. S.; AUVENSHINE, S. Assessment of Student Learning Associated with Tree Thinking in an Undergraduate Introductory Organismal Biology Course. *CBE-Life Sciences Education*, v. 12, n. 3, p. 542-552, 2013.
- STAUB, N. L., PAUW, P. G9., & PAUW, D. Seeing the forest through the trees: Helping students appreciate life's diversity by building the tree of life. *The American BiologyTeacher*, v. 68, p. 149 – 151, 2006.
- VASCONCELOS, S. D. & SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, v. 9, p. 93-104, 2003.
- XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A.S. & MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 12 (3), p. 275-289, 2006.