

Abordagem de Sistemática Filogenética com Ênfase em Biodiversidade nos Livros Didáticos

Rogério Soares Cordeiro
Maria Santina de Castro Morini
Rita de Cássia Frenedo
Moacir Wuo

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise de como a sistemática filogenética é discutida quando se trata de diversidade biológica em materiais destinados ao ensino médio. Foram analisadas oito coleções didáticas, sendo sete previamente aprovadas pelo PNLD/2015 e uma referente à Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Para tanto, foi elaborada, a partir de referenciais teóricos especializados, uma ficha composta por dezoito critérios que contemplam desde a composição do conteúdo teórico até os cadernos complementares. As coleções e os excertos foram categorizados seguindo as três etapas da Análise de Conteúdo propostas por Bardin (1997). Verificou-se que apenas 25% das coleções atendem aos critérios preestabelecidos. Na maioria das coleções ainda perpetua o tratamento da biodiversidade de forma linear, com pouca ou quase nenhuma contextualização. Entretanto, um avanço pode ser denotado, que é a projeção da sistemática filogenética como uma ciência dinâmica, com possibilidades para atuais e futuras pesquisas, o que torna a leitura mais estimulante para os alunos. Ressalta-se, ainda, a importância da formação dos professores na coautoria e na escolha de coleções didáticas, uma vez que imprecisões conceituais são recorrentes.

Palavras-chave: Diversidade Biológica. Ensino de Filogenia. Livro Didático.

Approach to Phylogenetic Systematics with Emphasis on Biodiversity in Textbooks

ABSTRACT

This study aims to present an analysis of how phylogenetic systematics is presented when it comes to biological diversity in materials intended for high school. Eight didactic collections

Rogério Soares Cordeiro é Doutor em Biotecnologia pela Universidade de Mogi das Cruzes. Atualmente é Professor de Biologia. Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza, 200, Centro Cívico, Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê (LAMAT), Mogi das Cruzes/SP. E-mail: rocordeiro1@yahoo.com.br

Maria Santina de Castro Morini é Doutora e Pós-Doutora em Ciências Biológicas, área de concentração: Zoologia pela UNESP de Rio Claro/SP. Atualmente é docente da Universidade de Mogi das Cruzes, UMC. E-mail: morini@umc.br

Rita de Cássia Frenedo é Doutora em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Atualmente é docente da Universidade Cruzeiro do Sul, UNICSUL. E-mail: rita.frenedo@cruzeirodosul.edu.br

Moacir Wuo é Doutor em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica, PUC, SP. Atualmente é docente da Universidade de Mogi das Cruzes, UMC. E-mail: moacir@umc.br

Recebido para publicação em 05 abr. 2018. Aceito, após revisão, em 20 jul. 2018.

DOI: <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss4id3913>.

Acta Scientiae	Canoas	v.20	n.4	p.610-625	jul./ago. 2018
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

were analyzed, and seven previously approved by PNLD/2015 and a reference to the curricular proposal of the state of São Paulo. For this purpose, a form from specialized theoretical references, composed of eighteen criteria that contemplate from the composition of the theoretical content to the complementary notebooks, has been elaborated. The collections and excerpts were categorized by following the three stages of the Content Analysis proposed by Bardin (1997). It was found that only 25% of the collections meet the pre-established criteria. In most collections it still perpetuates the treatment of biodiversity in a linear way, with little or almost no contextualization. However, advancement can be denoted, which is the projection of phylogenetic systematics as a dynamic science, with possibilities for current and future research, which can make reading more stimulating for students. The importance of teacher training on the coauthorship and the choice of didactic collections is also emphasized, since conceptual inaccuracies are recurrent.

Keywords: Biological diversity. Phylogeny Education. Textbooks.

INTRODUÇÃO

Os conteúdos de biologia, de uma maneira geral, seguem um pensamento essencialista e estático, sem relacionar a história evolutiva das espécies com a biodiversidade (Rodrigues, Justina, & Meghioratti, 2011). A sistemática filogenética possibilita estabelecer relações entre a diversidade biológica e a evolução por articular as relações de parentesco entre os organismos em seus mais diversos níveis. Assim, o aluno sente-se estimulado a entender os processos biológicos que geram riqueza de espécies (Santos & Calor, 2007; Lopes & Vasconcelos, 2012). Afinal, para o ensino de biologia, evolução deve ser eixo, como indicam os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) (Brasil, 2008).

O ensino de biodiversidade com enfoque filogenético diminui a memorização, porque mostra que muitas características se relacionam. Isso é facilitado pelo uso de cladogramas (Santos & Calor, 2007), que são diagramas que representam a biodiversidade (Figura 1). O principal objetivo dos cladogramas é favorecer a visualização da história evolutiva dos grupos (Guimarães, 2005) e, ainda, são excelentes recursos excelentes para se deduzir fenômenos e hipóteses evolutivas (Lopes, 2008).

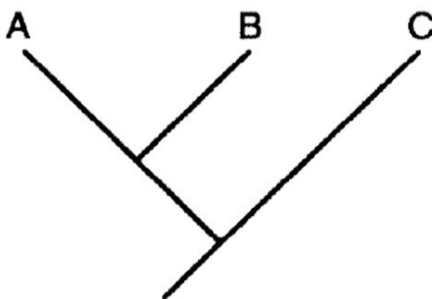


Figura 1. História evolutiva de três táxons mostrada num cladograma. (Amorim, 2002a, p.62).

Em sala de aula, a principal ferramenta que se caracteriza como fonte de conhecimento científico é o livro didático (Lopes & Vasconcelos, 2012), utilizado sob três formas: a) simultaneamente com outras coleções didáticas, b) como apoio às atividades de ensino e aprendizagem, e c) como fonte bibliográfica complementar (Megid-Neto & Fracalanza, 2003). O livro didático é organizado a partir de amplas orientações do Ministério da Educação (MEC) (Brasil, 2008).

O livro didático de biologia tem sido alvo de algumas críticas quanto ao tratamento unidirecional dos conteúdos, com poucas articulações (Waizbord, 2001) e com erros conceituais ligados à evolução e diversidade biológica (Alters & Nelson, 2002). Por outro lado, existem pesquisas pertinentes ao ensino da biodiversidade sob o escopo da sistemática filogenética (Amorim, 2001, 2002a; Guimarães, 2005; Santos & Calor, 2007), até mesmo na educação básica, como nos ensinos fundamental e médio (Rodrigues, Justina, & Meglhioratti, 2011; Lopes & Vasconcelos, 2012).

Diante da importância da sistemática filogenética para compreensão da biodiversidade à luz da evolução, somada a relevância do uso do livro didático, o presente estudo dedica-se a uma avaliação do conteúdo teórico, recursos visuais e complementos em sete coleções de biologia para o ensino médio, junto ao material apostilado do currículo do Estado de São Paulo.

MÉTODO

A pesquisa tratou-se de uma análise documental, utilizando-se como fontes as coleções didáticas aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) e a Proposta Curricular de Biologia do Governo do Estado de São Paulo. A sequência foi composta da seguinte maneira: 1. Escolha das coleções; 2. Critérios para análise com elaboração de uma ficha de avaliação e 3. Análise dos dados.

Escolha dos Livros Didáticos

Foram selecionados sete dos nove livros de biologia previamente aprovados pelo Guia PNLD de 2015 (n=7) (Brasil, 2014). Além destes, foi analisado o material proposto pela Secretaria do Estado de São Paulo, totalizando n= 8 obras que foram codificadas (Quadro 1).

Quadro 1. Lista de obras aprovadas e selecionadas para pesquisa.

Código	Coleções Didáticas Analisadas
A	Lopes e Rosso. <i>Bio</i> . 2a Edição, São Paulo: Saraiva, 2013.
B	Mendonça, V. L. <i>Biologia</i> . 2a Edição, São Paulo: AJS Ltda, 2013.
C	Linhares e Gewandsznajder. <i>Biologia Hoje</i> . 2a Edição, São Paulo: Ática, 2014.
D	Silva, Sasson e Caldini. <i>Biologia</i> . 11a Edição, São Paulo: Saraiva, 2013.
E	Bröckelmann. <i>Conexões com a Biologia</i> . 1a Edição, São Paulo: Moderna, 2013.

Código	Coleções Didáticas Analisadas
F	Catini et al. <i>Ser Protagonista: Biologia</i> . 2a Edição, São Paulo: SM, 2013.
G	Amabis e Martho. <i>Biologia em Contexto</i> . 1a Edição, São Paulo: Moderna, 2013.
H	São Paulo. <i>Biologia: Ciências da Natureza – E.M.</i> São Paulo: SEESP, 2014.

Fonte: adaptado do Guia Nacional do Livro Didático (Brasil, 2014).

Critérios para Análise dos Livros Didáticos

O conteúdo de diversidade biológica, no contexto da sistemática filogenética, foi analisado na seguinte sequência: 1) Leitura-piloto do capítulo pertinente ao assunto em uma das coleções selecionadas aleatoriamente, o que possibilitou o estabelecimento de critérios e formação de categorias. Para composição dos itens da ficha de avaliação foram acrescentadas informações oriundas de Vasconcelos e Souto (2003), Santos e El-Hani (2009), Rodrigues, Justina e Meghioratti (2011) e Lopes e Vasconcelos (2012). As correções dos conceitos teóricos foram baseadas em Amorim (2002b). A partir dessas leituras foram estabelecidos os critérios para análise (Quadro 2).

Quadro 2. *Dimensões de Análise das Coleções Didáticas.*

1. Conteúdo teórico	Presença dos capítulos
	Títulos e subtítulos
	Nível de abordagem dos conteúdos
	Sobre cladogramas
	Termos-chave
	Relação: Filogenia e Biodiversidade
	Categorização por argumentos
	Filogenia em outros capítulos
2. Recursos visuais	Número de imagens
	Legendas
	Contextualização
3. Complementos para aluno	Textos adicionais
	Descrição de competências e habilidades
	Atividades complementares
4. Complementos para professor	Sugestões de leituras
	Atividades práticas
	Referências bibliográficas
	Bibliografia complementar

Análise dos Dados

As discussões dos capítulos dos livros didáticos foram feitas de acordo com a técnica de análise de conteúdo (Bardin, 1997), seguindo três etapas: (1) leitura geral, o que caracteriza uma pré-análise; (2) exploração do material, onde, a partir de cada tema foram identificados aspectos significativos nos depoimentos e nos textos; e (3) análise dos dados buscando o sentido, interpretando-os com base nos principais referenciais teóricos da pesquisa.

Foram definidas as unidades de análise que se dividem em Unidades de Registro, ou seja, palavras, temas ou personagens e Unidades de Contexto, utilizadas para a codificação e significação da Unidade de Registro. Estabelecidas as Unidades, foi realizada a pré-análise, que é a fase de organização e sistematização dos dados e que tem a incumbência da escolha dos documentos a serem submetidos à análise em si, a formulação das hipóteses e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação, incluindo também uma leitura “flutuante” dos dados coletados (Puglisi & Franco, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do Livro Didático

Conteúdo Teórico

A primeira dimensão de análise foi sobre a composição do conteúdo teórico. No que diz respeito aos “Títulos e subtítulos” nenhuma das obras faz uso do termo filogenia, entretanto, o conteúdo é abordado em todas as obras, mesmo que seja muito rapidamente. A Coleção E, por exemplo, relaciona “*Sistemática, a ciência da Biodiversidade*” e a Coleção H, que cita “*Árvore da Vida*” como sinônimo de sistemática filogenética. Ressalta-se, ainda, que em todas as coleções os autores deixam claro que o uso de filogenias para ensinar biodiversidade é uma proposta dentre várias. No entanto, este resultado é um avanço em relação às análises realizadas por Lopes (2008), pois o autor mostra que treze coleções de biologia trazem uma abordagem ainda tímida em relação à sistemática filogenética quando os conteúdos são pertinentes à biodiversidade.

Em relação ao nível de abordagem do assunto, somente as coleções A e F (25%) atenderam a todos os pré-requisitos (Figura 2).

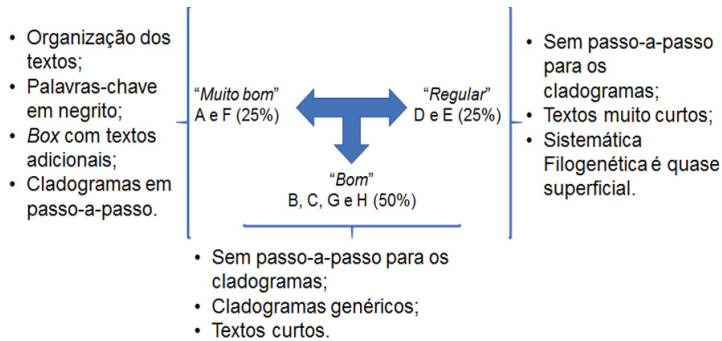


Figura 2. Nível de clareza e abordagem dos conteúdos de sistemática filogenética e biodiversidade nas coleções analisadas.

Assim sendo, para que os alunos e professores apreendam os conceitos da sistemática filogenética, é fundamental o pleno entendimento e a capacidade de leitura de um cladograma, além de apresentar nas coleções didáticas, um passo a passo para dar condições de interpretação aos leitores (Lopes, 2008).

Todas as coleções analisadas trazem o conceito de cladograma em seus capítulos que versam sobre diversidade biológica. Apenas as coleções A e F (25%) ensinam de forma sistemática o leitor a interpretar as árvores. Nas coleções B, C, D, G e H (62,5%), algum aspecto da análise foi negligenciado, especialmente a ausência de um ‘passo a passo’ para o pleno entendimento. A coleção E (12,5%) não ensina a interpretação, isso porque o autor traz somente uma imagem de árvore filogenética, sem contextualização e extremamente carregada de nomes latinizados e pouco atrativos para estudantes (Figura 3).

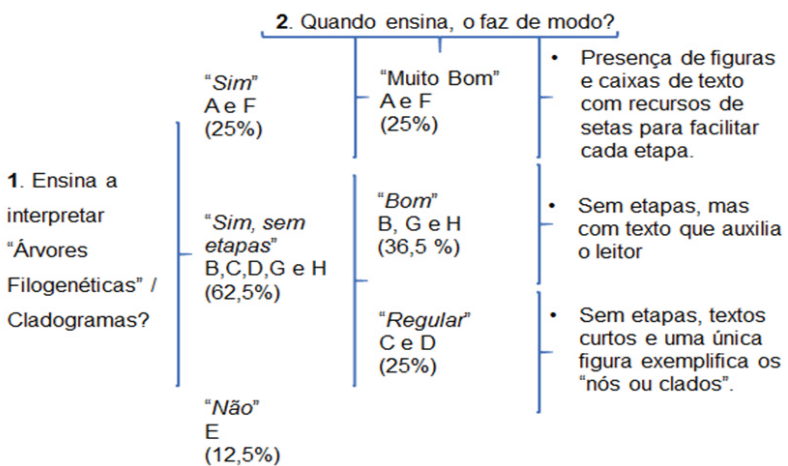


Figura 3. A sistematização dos cladogramas nas coleções analisadas.

Equívocos conceituais sobre evolução, decorrentes de posicionamentos e entendimentos errôneos em virtude de dificuldades não resolvidas no decorrer da formação do docente foram registrados. Uma vez que erros conceituais são detectados, é fundamental que uma análise criteriosa dos livros didáticos seja realizada (Bizzo, 1991).

A análise de terminologias científicas é importante, mas Lopes (2008) alega que não é necessário exigir que termos específicos da filogenia como apomorfias, plesiomorfias, sinapomorfias e grupos monofiléticos sejam dominados por estudantes no ensino médio; para o autor, a compreensão de conceitos como “ancestralidade comum” e “novidades evolutivas” oportuniza ao estudante condições para compreensão da biodiversidade. Ainda assim, uma análise dos termos por categorias foi preparada, visto que alguns exames vestibulares cobram esses conceitos. (Quadro 3).

Quadro 3. Termos-chave associados a filogenias e ocorrência nas coleções didáticas.

Termos	Coleções Analisadas							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Homologia	1	4	4	1	4	4	1	1
Analogia	1	4	4	1	4	4	1	4
Cladogênese	1	5	1	1	5	1	1	6
Anagênese	1	5	1	1	6	1	5	6
Sinapomorfia	1	6	5	6	6	6	1	6
Apomorfia	1	5	5	5	6	1	5	6
Plesiomorfia	1	5	5	5	6	6	6	6
Monofilético	1	1	1	6	1	1	1	6
Parafilético	6	6	6	6	6	5	6	6
Polifilético	6	6	6	6	6	5	1	6
Grupo interno	1	1	6	6	6	6	5	6
Grupo externo	2	3	6	6	6	6	5	6

Legenda: 1. Sim, corretamente; 2. Sim, com imprecisões / incorreções; 3. Sim, mas não conceitua; 4. Sim, mas em evolução clássica; 5. Não, mas conceitua e 6. Não.

Foram categorizadas como “*Sim, corretamente*”, todas as palavras mencionadas no texto cuja definição foi contextualizada, antes ou depois de sua citação. Considerando-se, respectivamente, valores em porcentagens decrescentes, os termos mais recorrentes, foram: *Monofilético* (75%); *Cladogênese* (62,5%); *Homologia* e *Anagênese* (50% cada); *Analogia* (37,5%); *Sinapomorfia*, *Apomorfia* e *Grupo interno* (25%, cada) e *Plesiomorfia* e *Polifilético* (12,5%, cada). A Coleção A, nesse sentido é a mais completa, trazendo riqueza e contextualização de termos.

Na categoria “*Sim, com imprecisões/incorreções*” foram categorizados termos que necessariamente são mencionados, mas há algum sentido duplo, uso de analogias, conceitos ou metáforas que comprometam seu entendimento; apenas o termo *Grupo externo* enquadrou-se nessa condição, para os autores:

[...] grupos externos, que são grupos de organismos aparentados do nosso grupo de estudo (grupo interno) e que surgiram antes na história evolutiva. (Col. A, p.19)

Em relação a esse conceito, de acordo com a definição da literatura referencial, o autor não faz referências que deva ser um grupo que surgiu antes na história evolutiva.

Toda e qualquer espécie ou grupo de espécies que filogeneticamente não pertença a um grupo supostamente monofilético abordado em um momento de uma análise. Eventualmente, uma espécie pode não pertencer taxonomicamente a um grupo, mas mostrar-se filogeneticamente parte dele, devido à deficiência na sistemática tradicional, causando problemas em uma análise. (Amorim, 2002b, p.148)

A categoria “*Sim, mas não conceitua*” foi criada para agrupar termos que aparecem, entretanto, não há definições ou contextualizações imediatas para seu entendimento. Apenas a palavra *Grupo externo*, na Coleção B, se enquadrou nessa categoria.

A presente análise inclui os capítulos relacionados à classificação da diversidade biológica. Entretanto, a quase totalidade dos termos analisados também é empregada em evolução clássica. Nesse sentido, foi elaborada a categoria “*Sim, mas em evolução clássica*”, onde as palavras “*Analogia*” e “*Homologia*” aparecem 62,5% e 60%, respectivamente.

Há termos que não são citados nas obras, entretanto, seus conceitos são aplicados nas discussões dos capítulos. Para esses casos, foi elaborada a categoria “*Não, mas conceitua*”. Enquadram-se nessa categoria oito termos: *Apomorfia* (50%), *Plesiomorfia* (37,5%), *Cladogênese* e *Anagênese* (25% cada), *Polifilético*, *Grupo interno* e *Grupo externo* (12,5%, cada) e, por último, *Parafilético* (12,5%).

Finalmente, para obras que não mencionam ou não definem os conceitos foi elaborada a categoria “*Não*”. Em ordem decrescente, as palavras mais recorrentes nessa categoria foram *Parafilético* (87,5%), *Polifilético* (75%), *Sinapomorfia*, *Grupo interno* e *Grupo externo* (62,5% cada), *Plesiomorfia* (50%), *Apomorfia*, *Monofilético* e *Anagênese* (25% cada) e *Cladogênese* (12,5%).

Pesquisas envolvendo professores e alunos demonstram a baixa eficácia na aquisição de conhecimentos de biologia, quando o intuito é promover o desenvolvimento de conceitos (Pedrancini et al., 2007). Ao mesmo tempo, é necessário que esses conceitos sejam claramente definidos com o intuito de evitar conflitos contextuais que possam

resultar em ideias distorcidas, capazes de comprometer a compreensão de alguns temas (Carneiro, 2004).

A partir das leituras dos capítulos e de algumas categorias utilizadas nas análises de livros didáticos propostas por Lopes e Vasconcelos (2012), foi possível elencar uma série de argumentos recorrentes nas coleções (Quadro 4).

Quadro 4. *Categorias estipuladas a partir de registro dos excertos extraídos das coleções.*

Argumentos negativos	Excerto
1. Ausência da filogenia como forma atual da classificação biológica	"O sistema atual foi proposto em 1969 por R. H. Whittaker e é bastante aceito". (Col. H, p.43).
	"Hoje, após terem sido feitos muitos estudos, pode-se dizer que o "peixe misterioso" não só pertence a uma nova espécie, como também será preciso criar um novo gênero e uma nova família para classificá-lo, pois ele não se encaixa nos que já existem". (Col. B, p.25).
	"...o sistema de classificação usado hoje distribui os seres vivos em cinco grandes reinos...". (Col. H, p.42).
2. Limitação e omissão de caracteres para análise filogenética	"...critérios específicos, como: o tipo de organização celular, o número de células e a forma de obtenção de alimento". (Col. H, p.43).
3. Taxonomia como sinônimo de sistemática	"Esse trabalho, chamado de taxonomia ou sistemática, baseia-se na procura por semelhanças entre as espécies que indiquem seus graus de parentesco e, portanto, as relações evolutivas entre elas". (Col. D, p.13).
4. Supervalorização da sistemática filogenética	"Desse modo, é possível descobrir o grau de parentesco evolutivo entre os diversos grupos de seres vivos". (Col. C, p.13)
5. Incorreções conceituais	"[...] Espécies próximas evolutivamente são agrupadas em gêneros , os gêneros em famílias , as famílias em ordens [...]". (Col. B, p.15).
	Atualmente, uma tendência dos pesquisadores é adotar uma forma de classificação biológica conhecida como filogenética [...]" (Col. D, p.16).
	"As classificações biológicas atuais são hierárquicas e, conforme mencionaremos nos próximos tópicos, buscam refletir a história evolutiva dos organismos". (Col. E, p.16).

Durante a leitura dos capítulos um traço positivo também pode ser denotado – categorias imbuídas da ideia de projeção da sistemática filogenética. Os autores discorrem sobre as perspectivas dessa ciência, seu potencial, os principais desafios e limitações. Felizmente, argumentos desse tipo foram mais recorrentes do que os apontados anteriormente (Quadro 5).

Quadro 5. *Categorias positivas estipuladas a partir de registro dos excertos extraídos das coleções.*

Argumentos positivos	Excertos
1. Biodiversidade como resultado do processo evolutivo	“...nos dias de hoje, entende-se que a diversidade de seres vivos é resultante de processos evolutivos e que na formação de novas espécies é importante a ocorrência de separação de populações iniciais em duas ou mais, de maneira que cada população resultante tenha sua própria história evolutiva”. (Col. A, p.17).
	“A sistemática nos possibilita conhecer a história evolutiva da vida e a distribuição dos seres vivos no planeta” (Col. C, p.15).
	“Segundo a sistemática filogenética, em geral, a variedade de organismos é gerada de duas maneiras: por meio da cladogênese e da anagênese”. (Col. F, p.15).
	“A sistemática é o ramo da biologia que tem por objetivo investigar as possíveis relações de parentesco evolutivo entre as espécies, a fim de compreender como surgiu a biodiversidade [...]. Uma vez classificados e devidamente identificados os organismos, a história evolutiva de cada espécie torna-se mais evidente e mais fácil de ser estudada”. (Col. F, p.16).
	“De acordo com essa teoria, tal diversidade é decorrente da evolução”. (Col. G, p.12).
2. Potencial da sistemática filogenética	“...há correlação entre a presença de compostos semelhantes em espécies aparentadas, pode-se aplicar a filogenética no direcionamento de pesquisas” (Col. A, p.25).
	“Nesses casos, a filogenética está ajudando, pois há forte correlação entre as propriedades dos diferentes venenos e o parentesco evolutivo...” (Col. A, p.25).
	“O estudo da Sistemática pode ajudar ainda na pesquisa de novos produtos, como medicamentos originados de plantas e de outros seres vivos, e na busca de novas espécies para o cultivo ou o cruzamento com espécies domésticas”. (Col. C, p.15).
	“O parentesco entre ancestrais e descendentes deve ser representado por uma árvore e não por uma escada”. (Col. F, p.17).
3. Desafios/Limitações da sistemática filogenética	“Em situações reais, a análise é muito mais complexa, e cada caráter pode ter mais de dois estados”. (Col. A, p.19).
	“As análises filogenéticas não são tão simples e geralmente envolvem grande número de caracteres. [...] é comum ocorrerem perdas de características ou reversão de uma condição derivada para a condição primitiva do caráter [...]”. (Col. A, p.20).
	“[...] neste caso, aplica-se o princípio da parcimônia : um cladograma deve ter o menor número possível de passos”. (Col. B, p.19).
	“Geralmente, existem mais de duas variações para um estado de caráter [...]. Assim, os cientistas utilizam recursos de matemática e da informática, como <i>softwares</i> específicos, para elaboração de cladogramas”. (Col. B, p.19).
	“Sem o entendimento global da importância das espécies existentes não é possível traçar planos e criar projetos para sua preservação”. (Col. E, p.16).
	“Uma das propostas recentes de classificação tem sido desenvolvida por vários cientistas e as informações reunidas no projeto “Árvore da Vida” [...]” (Col. B, p.24)
	“A aplicação da cladística à classificação biológica vem trazendo mudanças significativas nas árvores filogenéticas construídas pelos métodos tradicionais”. (Col. G, p.19).

Todas as coleções trazem cladogramas em capítulos diversos dos livros didáticos (Quadro 6).

Quadro 6. *Sistemática filogenética como ferramenta para compreensão da diversidade biológica em outros capítulos.*

Capítulos com ocorrência	Coleções analisadas							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Vírus					X			
Bactérias	X				X		X	
Fungos	X							
Botânica	X	X	X	X	X	X	X	X
Zoologia	X	X		X	X	X	X	X
Evolução Clássica	X	X			X	X	X	X
Evolução Humana	X	X	X	X	X	X	X	
Origem da Vida		X						

Áreas da biologia comparada, como *Botânica* e a *Zoologia* são as que mais empregam árvores filogenéticas como ferramenta para visualização das relações evolutivas entre os grupos. Porém, em *Evolução Humana*, se for considerada apenas a ocorrência, apresenta a mesma frequência de *Zoologia*.

De modo geral, cladogramas e árvores filogenéticas em capítulos que se referem à *Evolução Humana* aparecem sob a forma linear, ou seja, a *scala naturae* apontada também por Guimarães (2005). As abordagens filogenéticas para vírus, bactérias e arqueias, fungos, são raríssimas. Os protozoários não apareceram nessa análise, até porque o grupo tem muitos conflitos taxonômicos, o que pode refletir em um maior desafio para análises dentro da sistemática filogenética.

Análise de Recursos Visuais

Os recursos visuais são utilizados normalmente nos livros didáticos para facilitar a compreensão do conteúdo teórico, servindo para contextualizar ou vincular à prática esses conhecimentos (Lopes & Vasconcelos, 2012).

Imagens facilitam a aprendizagem (Belmiro, 2000) e, são tão importantes, que muitas vezes, no momento da escolha do livro didático, a qualidade das ilustrações pode ser determinante, até mesmo em relação aos conteúdos (Núñez *et al.*, 2003). Assim, foram comparados os números de imagens nos capítulos das coleções analisadas (Figura 4).

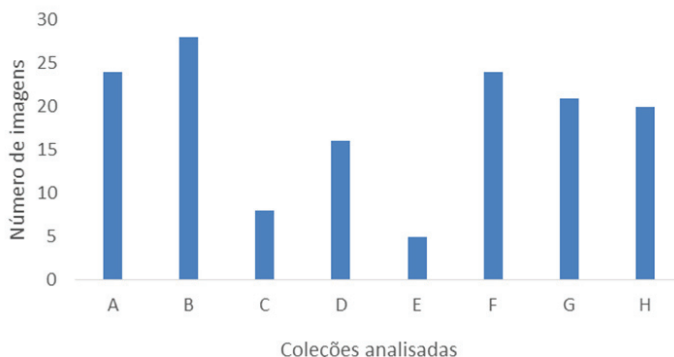


Figura 4. Número de imagens sobre biodiversidade e filogenia presentes nos capítulos por coleção didática.

Todas as coleções apresentam legendas autoexplicativas, mas variam no modo como se dão essas ilustrações, o que pode comprometer a contextualização por parte dos leitores (Figura 5).

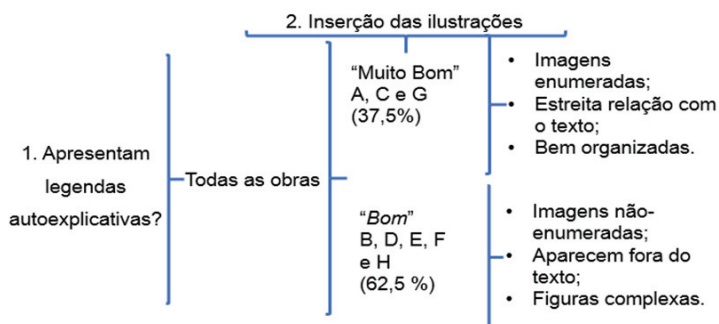


Figura 5. Sistematização das imagens nas coleções analisadas.

Complementos dos Livros Didáticos para o Aluno

O livro didático também precisa ser analisado em relação aos complementos que visam atender às necessidades do aluno, pois esse material permite informação e consulta sobre diversos temas (Freitas & Martins, 2008). Normalmente, este tipo de material é disponibilizado ao final de cada capítulo e/ou unidade.

As únicas coleções que trazem textos complementares para facilitar o entendimento da filogenia dentro de um escopo filogenético foram A e F (25%), ou seja, 75% não atendem às exigências do PNLD (Brasil, 2008). A coleção D (12,5%) não apresentou questões com abordagem filogenética, nas demais, embora as questões estejam presentes,

nem sempre possuem descritores de habilidades e competências, critério atendido somente pelas coleções A e F (25%).

Estudos de meio, ensino em espaços não formais, aulas práticas, são exemplos de atividades complementares. Nesse quesito, apenas metade das coleções A, B, G e H dispõem dessas estratégias para apreensão dos conceitos de filogenia. No ensino de ciências da natureza, as aulas práticas têm um papel fundamental, pois estimulam o pensamento científico, também é a partir de experimentos que os alunos formulam e testam suas hipóteses (Fracalanza, Amaral, & Gouveia, 1986; Vasconcelos & Souto, 2003).

Complementos dos Livros Didáticos para o Professor

Os livros que foram incluídos nessa análise são todos exemplares para o professor, ou seja, eles possuem um caderno extra com finalidade de atender as necessidades docentes. É nesse espaço que os autores têm um posicionamento pedagógico, que auxilia os professores na elaboração das abordagens metodológicas (Vasconcelos & Souto, 2003).

Todas as coleções trazem leituras complementares sobre a temática. Por exemplo, a Coleção A, entre as páginas 355 e 357 do Manual do Professor, traz uma discussão mais aprofundada sobre sistemática filogenética e retoma conceitos de homologia, anagênese e cladogênese, apomorfia, plesiomorfia e homoplasia. Os autores apresentam três imagens que reforçam o conteúdo do livro-texto do aluno e enriquecem o entendimento do professor.

Quanto às atividades práticas sugeridas ao professor, as coleções A, B, D, F e H (62,5%) disponibilizaram esse recurso. Nesse aspecto a Coleção A, na página 361, traz uma nova estratégia de aula prática para construção de cladograma; e a Coleção B deixa essa proposta mais interessante, pois no livro texto sugere que se construa um cladograma de seres com nomes fictícios “LES-1”, que permitem ao professor melhorar o seu entendimento sobre o assunto.

Na Coleção H, há uma proposta de construção de cladograma a partir de organismos fictícios denominados de pteronáculos. Uma crítica a essa proposta é que, ao contrário da atividade com cladograma da Coleção B, esses espécimes estão em um número elevado, com uma quantidade grande de caracteres para compor uma matriz de dados, somado ao alto número de homoplasias. Um grande potencial do trabalho por sistemática filogenética está exatamente evitar a memorização de caracteres, facilitando a integração entre os conceitos biológicos (Rodrigues, Justina & Meghioratti, 2011).

O livro didático muitas vezes é a principal ou uma das únicas referências para o professor. Lopes e Vasconcelos (2012) chamam de primeiro e, provavelmente, o mais acessível veículo de transformação. Nesse aspecto, felizmente 100% das obras é composta por referências bibliográficas atualizadas. Entretanto, as leituras complementares são indicadas apenas pelas coleções A, C, D e F (50%), as coleções A, C e D disponibilizam

uma lista de *sites* para maior aprofundamento de conteúdo, com propostas didáticas de construções de cladogramas; sendo frequente a citação de projetos como *Phylocode* e *Tree of life web Project*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de os Parâmetros Curriculares Nacionais e Orientações Curriculares Nacionais alertarem que o ensino de biologia deve ter como base os conhecimentos de evolução e ecologia, e que a filogenia pode ser um caminho importante para um melhor entendimento do conceito da biodiversidade, os resultados mostram que os livros didáticos para o ensino médio não atendem plenamente esses conceitos.

Dentre as coleções analisadas, somente a coleção A preencheu todos os quesitos da análise, seguida da coleção F. Nas demais coleções é notório o caráter fragmentado dos conteúdos de biologia, com pouca integração entre evolução e biodiversidade e falta de ensinamentos sobre interpretação e leitura de cladogramas. As coleções C e D trazem uma abordagem superficial e a coleção E sequer faz essa tratativa.

Em capítulos que não se referem à classificação dos seres vivos, pouco se aplicam os recursos da sistemática filogenética, o que reforça a pequena contextualização. Há pouco ou nenhum aproveitamento dos conceitos que foram apresentados nos capítulos sobre biodiversidade naqueles sobre embriologia, zoologia, botânica, microbiologia e as demais áreas das ciências biológicas. Essa fragmentação não deve ocorrer, a sistematização dos seres vivos pode ser feita de várias formas, porém, o ideal é que seja feita da forma mais natural possível, ou seja, com emprego das filogenias, por revelarem a história evolutiva.

Se a composição, abordagem e contextualização dos conteúdos sobre diversidade biológica num contexto filogenético apresentam falhas e erros conceituais, mesmo tendo sido aprovados previamente pelo PNLD, o fato de os professores utilizarem simultaneamente várias coleções didáticas pode sanar determinadas lacunas. Mas, falhas cristalizadas num material acessível, de escolha democrática, validado por três anos, de distribuição em todo o território nacional precisam ser eliminadas. Especialmente porque o livro didático é a principal ferramenta de trabalho dos professores.

Mas, há avanços nas abordagens referentes à sistemática filogenética, pois a biologia é interpretada como uma ciência viva, que apresenta dinamismo, com estímulo às inferências, com potencial de pesquisa, que enfrenta desafios e limitações, e que isso é natural, até porque a evolução trata da transformação da vida como algo inacabado.

Levando-se em consideração as abordagens feitas à sistemática filogenética e biodiversidade nos livros didáticos de biologia aqui analisados, os critérios para aprovação devem ser melhor balizados. Professores precisam de treinamento, tempo e voz para atuarem na escolha desse material, que, embora demonstre avanços, apresentam uma cota significativa com qualidade e confiabilidade questionáveis.

REFERÊNCIAS

- Alters, B. J. & Nelson, C. E. (2002). Perspective: Teaching Evolution in Higher Education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901. Recuperado em 07 de maio, 2015, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.0014-3820.2002.tb00115.x>
- Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2013). *Biologia em contexto*. 1ª ed., São Paulo, SP: Moderna.
- Amorim, D. S. (2001). Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino de zoologia e botânica no 2º grau. In: Barbieri, M. R. et al. (Orgs) *A construção do conhecimento pelo professor*: Ribeirão Preto, SP: Editora Holos.
- Amorim, D. S. (2002a). *Fundamentos de sistemática filogenética*. Ribeirão Preto, SP: Editora Holos.
- Amorim, D. S. (2002b). A mesma origem. *Jornal das Ciências*, n.6, Ribeirão Preto, SP: CTC/CEPID/FAPESP.
- Bardin, L. (1997). *Análise de conteúdo* (L. A. Reto & A. P. Capa, Trans.). Lisboa, Portugal: Edições 70. (Obra original publicada em 1977).
- Belmiro, C. A. (2000). A imagem e suas formas de visualidade nos livros de português. *Revista Educação & Sociedade*, 21(72), 11-31. Recuperado em 15 de julho, 2013, de <http://www.redalyc.org/pdf/873/87313698002.pdf>
- Bizzo, N. M. V. (1991). *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*. (302 f.). Tese de doutorado, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Brasil. (2008). Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB.
- Brasil. (2014). *Guia de livros didáticos*: PNLD 2015: Biologia: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica.
- Bröckelmann, R. H. (2013). *Conexões com a biologia*. 1ª ed., São Paulo, SP: Moderna.
- Carneiro, A. P. N. (2004). *A evolução biológica aos olhos de professores não licenciados*. (119 f.). Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Catini, A., Carvalho, E. G., Santos, F. S., Aguiar, J. B., & Campos, S. H. (2013). *Ser Protagonista*. 2ª ed. São Paulo, SP: Edições SM.
- Fracalanza, H., Amaral, I. A., & Gouveia, M. S. F. (1986). *O ensino de ciências no primeiro grau*. São Paulo, SP: Atual.
- Freitas, E. O. & Martins, I. (2008). Concepções de saúde no livro didático de Ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 10(2), 222-248. Recuperado em 05 de julho, 2018, de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v10n2/1983-2117-epec-10-02-00235.pdf>
- Guimarães, M. A. (2005). *Cladogramas e evolução no ensino de Biologia* (233 f.). Dissertação de Mestrado, Mestrado em Educação para Ciência, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, SP, Brasil.
- Lopes, S. & Rosso, S. (2013). *Bio*. 2ª ed., São Paulo, SP: Saraiva.

- Lopes, W. R. (2008). *Ensino de filogenia animal: percepções de estudantes e professores e análise de propostas metodológicas* (140 f.). Dissertação de Mestrado, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil.
- Lopes, W. R. & Vasconcelos, S. D. (2012). Representação e distorções conceituais do conteúdo “Filogenia” em livros didáticos de biologia no Ensino Médio – *Revista Ensaio*, 14(03), 146-165, Belo Horizonte. Recuperado em 14 de maio, 2015, de <http://www.scielo.br/pdf/eppec/v14n3/1983-2117-eppec-14-03-00149.pdf>
- Linhares, S. & Gewandsznajder, F. (2013). *Biologia Hoje*. 2ª ed., São Paulo, SP: Ática.
- Megid-Neto, J. & Fracalanza, H. (2003). O livro didático de ciências: Problemas e Soluções. *Ciência & Educação* 9(2), 147-157. Recuperado em 3 de setembro, 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/01.pdf>
- Mendonça, V. L. (2013). *Biologia*, 2ª ed., São Paulo, SP: AJS.
- Núñez, I.B, Ramalho, B.L., & Silva, I. K. P., & Campos, A.P.N. (2003). A seleção dos livros didáticos: Um saber necessário ao professor – O caso do ensino de ciências. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación*. p.12. Recuperado em 3 de julho, 2018, de <file:///C:/Users/User/Downloads/427Beltran.pdf>
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Galuch, M. T. B., Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 299-309. Recuperado em 05 de julho, 2018, de http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf
- Puglisi, M.L., & Franco, B. (2005). *Análise de conteúdo*. 2a ed., Brasília, DF: Líber Livro.
- Rodrigues, M. E., Justina, L. A. D., & Meghioratti, F. A. (2011). O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. *Revista Ensaio*, 13(02), 65-84. Recuperado em 17 de abril, 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/1295/129519166005.pdf>
- Santos, V. C. & El-Hani, C. N. (2009). Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia no ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(01), 23. Recuperado em 23 de março, 2016, de <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/viewFile/2209/1608>
- Santos, C. M. D. & Calor, A. R. (2007). Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I. *Ciência & Ensino*, 1(2), 8. Recuperado em 13 de janeiro de 2015, de file:///C:/Users/User/Downloads/2007.Santos_Calor_Ensino_filogenia2.pdf
- São Paulo, Secretaria do Estado da Educação. (2009). *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia – Ensino Médio*.
- Silva, J. C., Sasson, S., & Caldini, N. (2013). *Biologia*. 11a ed., São Paulo, SP: Saraiva.
- Vasconcelos, S. D. & Souto, E. (2003). O livro didático de ciências no ensino fundamental – Proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, 9(1), 93-104. Recuperado em 05 de julho, 2018, de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n1/08.pdf>
- Waizbort, R. (2001). Teoria Social e Biologia: perspectivas e problemas da introdução do conceito de história nas ciências biológicas. *História, Ciência, Saúde*, 8(3), 633-653. Recuperado em 28 de junho, 2018, de <http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v8n3/7648.pdf>