

MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Didactic Material for Phylogeny Teaching

Marcela Miranda de Lima [limamm@gmail.com]

Universidade Federal do Espírito Santo

Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Rodovia Governador Mário Covas, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus - ES | CEP 29932-540

Frederico Falcão Salles [frederico.salles@ufv.br]

Universidade Federal de Viçosa

Avenida P. H. Rolfs, s/n Campus Universitário

Viçosa, Minas Gerais - 36570-900, Brasil

Karina Carvalho Mancini [karina.mancini@ufes.br]

Universidade Federal do Espírito Santo

Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Rodovia Governador Mário Covas, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus - ES | CEP 29932-540

Recebido em: 14/01/2020

Aceito em: 24/07/2020

Resumo

Considerando a importância da interpretação de cladogramas para o ensino de biologia evolutivamente contextualizado, o objetivo deste estudo foi desenvolver e testar um kit tridimensional para trabalhar o assunto. A intervenção com o recurso produzido foi realizada em turmas de terceiro ano do ensino médio. Com base na observação do desenvolvimento das atividades, entrevistas e questionários, pode-se concluir que (1) a montagem dos cladogramas estimulou a participação dos alunos na aula e lhes permitiu observar aspectos importantes para a interpretação de filogenias; (2) o material permite a adaptação a atividades específicas e trabalhar diferentes conceitos. São apresentadas sugestões de uso para o material baseadas nas dificuldades mais comuns encontradas na interpretação dos cladogramas.

Palavras-chave: Cladograma tridimensional; Interpretação; Evolução.

Abstract

Considering the importance of cladogram interpretation for the teaching of evolutionarily contextualized biology, the aim of this study was to develop and test a three-dimensional kit to work on the subject. The intervention with the resource produced was carried out in third year high school classes. Based on the observation of the development of the activities, interviews and questionnaires, it can be concluded that (1) the assembly of the cladograms stimulated the students participation in the class and allowed them to observe important aspects for the interpretation of phylogenies; (2) the material allows adaptation to specific activities and allows working on different concepts. Suggestions of use for the material are presented based on the most common difficulties encountered in interpreting cladograms.

Keywords: Three-dimensional cladogram; Interpretation; Evolution.

Introdução

A biologia moderna está fortemente apoiada no conceito da evolução das espécies, e entende-se que cada ser vivo compartilha ancestrais em maior ou menor grau com os demais seres vivos. Uma forma encontrada para mostrar estas relações entre os seres vivos são representações gráficas denominadas “cladogramas” ou “árvores filogenéticas”. Os cladogramas correspondem a hipóteses sobre a evolução de grupos de organismos, e seu uso, além de permitir trabalhar o conceito de ancestralidade comum, permite a introdução de conceitos relativos ao trabalho com hipóteses científicas, aproximando os estudantes da natureza das Ciências Biológicas (SANTOS; CALOR, 2007).

Segundo Dees e colaboradores (2014), enquanto elementos visuais, as árvores filogenéticas são um tipo de diagrama esquemático que ilustra conceitos abstratos, e não a aparência de objetos (diagramas icônicos) ou relações quantitativas (tabelas e gráficos). Devido à sua natureza abstrata, este tipo de diagrama esquemático é usado para descrever processos que, como a evolução, são difíceis de serem observados e sua interpretação é governada por convenções aprendidas. Assim, para que possam compreender as árvores filogenéticas, os indivíduos precisam compreender primeiramente as convenções envolvidas nestas representações (DEES et al., 2014; BOYCE, 2015), sendo que a sua interpretação sem o devido entendimento destas convenções e de suas propriedades pode levar a conclusões errôneas acerca do processo evolutivo e acerca das relações de parentesco entre organismos.

"Pensamento filogenético" é o termo em português (alguns autores também usam "pensamento em árvore") usado para se referir ao "Tree-thinking", termo cunhado em inglês para designar a habilidade de interpretar corretamente as relações entre organismos apresentadas nas árvores filogenéticas (O'HARA, 1997; BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; BAUM; OFFNER, 2008). É importante ressaltar que esta habilidade não é inata e necessita ser adquirida por meio do aprendizado (O'HARA, 1997; SANDVIK, 2008). Este conhecimento pode ser abordado no ensino fundamental (AMORIM, 2008; COSWOSK, 2014), no ensino médio (FERREIRA et al., 2009; COSTA, 2012; LOPES; VASCONCELOS, 2012) assim como no ensino superior (SMITH; CHERUVELIL, 2009; BLACQUIERE; HOESE, 2016) usando-se profundidade, abordagens e terminologia diferentes. Dificuldades relacionadas à interpretação das árvores filogenéticas podem ser percebidas não só em estudantes em todos os níveis, como até mesmo em profissionais especializados na área da biologia evolutiva (BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; RIGATO; MINELLI, 2013).

Nas escolas, as consequências da não compreensão do tema entre os professores têm efeitos negativos no ensino de biologia, conforme ressaltam Lopes e Vasconcelos:

[...] se o educador não apresenta esses conhecimentos agregados à sua estrutura cognitiva, tampouco será capaz de promover aprendizagem significativa em seus alunos. O professor que desconhece a sistemática filogenética e não sabe interpretar as informações contidas em um cladograma pode encontrar dois obstáculos: (a) não compreender o que é Filogenia e, portanto, não trabalhar o assunto com o aluno, omitindo-o; ou (b) interpretar erroneamente uma Filogenia e, conseqüentemente, trabalhar o assunto de forma equivocada com o aluno, podendo recair em erros conceituais. (LOPES e VASCONCELOS, 2012, p. 161)"

A interpretação dos cladogramas depende de um trabalho mental que envolve a rotação dos eixos desenhados e, embora quem domine o assunto tenha isto em mente, para quem está começando a estudar o tema, pode haver dificuldades que levam à interpretação equivocada das relações entre os grupos representados (McLAURIN, 2013). Esta dificuldade de rotacionar mentalmente os eixos é perceptível nos trabalhos que apontam os erros mais comuns cometidos pelos estudantes na interpretação dos cladogramas (MEIR et al., 2007; DEES et al., 2014). Um deles se reflete na leitura dos ramos terminais do cladograma, onde frequentemente são considerados mais próximos entre si

os grupos que tenham uma maior proximidade visual no cladograma desenhado. Ao ser capaz de rotacionar os eixos, o aluno facilmente percebe que a distância entre os ramos terminais do cladograma não indica, necessariamente, relação próxima de parentesco.

Segundo Freitas (2007, p. 21), "os materiais e equipamentos didáticos são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo". Ainda segundo o autor, para uma escolha mais eficiente dos recursos didáticos a serem utilizados, alguns critérios devem ser observados, dentre eles a adequação aos objetivos e necessidades dos alunos e às habilidades que se quer desenvolver. Além disso, devem ser levados em conta a simplicidade, baixo custo e manipulação acessível, além da qualidade e atração despertada nos alunos. Considerando-se as diferentes formas de aprendizagem e retenção de conteúdos, o uso de ferramentas diversificadas além de associação de teoria com prática, seriam as formas que contribuiriam mais efetivamente para a construção e sedimentação do conhecimento (FREITAS, 2007).

O principal recurso didático utilizado por grande parte dos professores no Brasil ainda é o livro didático. Quando falamos no ensino de conceitos relacionados à sistemática filogenética, muitos livros sequer abordam o assunto. Por outro lado, embora muitos livros tragam hoje esse conteúdo, tanto para ensino fundamental quanto para o ensino médio, e haja conteúdo e apresentação adequadas do tema (RODRIGUES; DELLA JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011; COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014), há problemas importantes em diversos destes materiais (RODRIGUES; DELLA JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011; LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014). Alguns trazem as imagens sem as devidas explicações, levando a interpretações equivocadas, enquanto outros, pela forma como as imagens são elaboradas, por exemplo trazendo o homem na extrema direita, levam a uma visão distorcida da evolução em que o homem é o ser "mais evoluído", corroborando a visão que muitos alunos já têm. Em alguns livros, o tema é abordado apenas com exemplos de zoologia, passando aos alunos a percepção equivocada de que "apenas os animais evoluem". Alguns autores apontam ainda a falta de materiais de apoio ao professor e de exercícios de fixação do conteúdo como problemas (LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014; BOYCE, 2015).

Existem diversos recursos e sites com propostas para professores a respeito do ensino de sistemática filogenética, porém a grande maioria encontra-se em inglês, dificultando o uso pelos professores no Brasil. Dentre as propostas apresentadas em língua inglesa, estão os trabalhos de Halverson (2010) e McLaurin (2013) com montagem de cladogramas tridimensionais. McLaurin (2013) avalia o uso de cladogramas tridimensionais monocromáticos (pretos) versus cladogramas tridimensionais multicromáticos (cada ramo de uma cor distinta) e os compara com o ensino convencional, usando apenas cladogramas bidimensionais (desenhos no livro ou quadro) sendo este último o grupo controle. Os resultados apontam ganhos de aprendizagem significativamente maiores com o uso dos modelos tridimensionais multicromáticos. Entretanto, esses estudos trabalham com limpadores de cachimbo (haste metálica flexível envolta em poliéster, utilizada para limpeza de cachimbos e também para artesanato), que não são de uso comum e preço acessível no Brasil. Os limpadores de cachimbos propostos por Halverson (2010) são importados para o Brasil, adquiridos em grandes centros comerciais ou internet, ambos a alto custo. Há opções de limpadores mais econômicos, mas são muito finos, sendo assim maleáveis demais para firmarem a árvore construída.

Quando falamos em formação docente, diferentes saberes e/ou conhecimentos estão envolvidos e há diferentes denominações para estes saberes, de acordo com diferentes autores (ALMEIDA; BIAJORNE, 2007). Shulman (1986) divide o que ele chama de conhecimento do conteúdo em três categorias: conhecimento do conteúdo da matéria ensinada, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico da matéria. Dentre estes conhecimentos, nos interessa aqui o conhecimento curricular, representado pelos programas elaborados para o ensino de assuntos e tópicos para um determinado nível de ensino e a variedade de materiais instrucionais disponíveis

relacionados a esses programas. O conhecimento curricular prevê ainda a capacidade de reconhecer as indicações ou contra-indicações de uso de determinados materiais em determinadas circunstâncias (SHULMAN, 1986).

Assim, consideramos de grande importância não só a elaboração de materiais didáticos para o ensino do pensamento filogenético, mas a sua inserção em programas de formação inicial e continuada de professores, possibilitando a discussão das possibilidades e limitações do seu uso. Considerando a importância dos materiais de apoio didático ao professor, a deficiência dos materiais em uso (livros didáticos), o significativo ganho em aprendizagem com o uso de materiais tridimensionais multicromáticos para o ensino de sistemática filogenética, observado por McLaurin (2013), e o fato de o material usado no exterior ser pouco adequado ao uso no Brasil, foi elaborada uma ferramenta de apoio ao ensino da sistemática filogenética utilizando recursos de baixo custo e de fácil acesso e que trouxessem possibilidades amplas de uso.

Apresentamos neste trabalho um material didático denominado "Construindo a árvore da vida", um kit para montagem de um cladograma tridimensional com possibilidade de rotação de eixos.

Material e métodos

a) Elaboração do material didático "Construindo a árvore da vida"

Os materiais usados para a montagem da árvore tridimensional manipulável foram selecionados pensando na facilidade de acesso e baixo custo dos materiais, além da durabilidade e facilidade de uso. O kit para montagem do cladograma tridimensional aqui proposto é composto por sete hastes de arame encapadas com elásticos coloridos, cada uma com um clipe preso na extremidade, cartões de identificação dos táxons e fichas perfuradas para identificação das características a serem presas nas hastes por meio do uso de arames encapados (Figura 1).

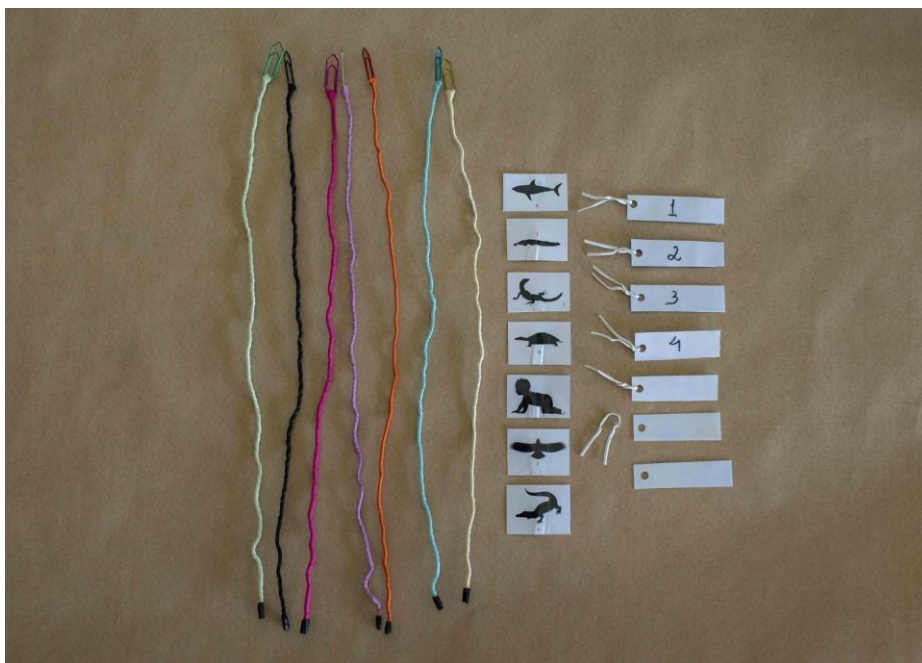


Figura 1: Elementos do kit para montagem de cladogramas tridimensionais "Construindo a árvore da vida"
Fonte: Elaborado pelos autores

Materiais

- Arame liso de 2 mm para as hastes (7 hastes de 40 cm cada). Arames mais finos são mais difíceis de encapar e não dão um bom resultado final;
- Elásticos de várias cores (35 cm por haste), como material de recobrimento do arame. Este material (independentemente de sua largura) proporcionou o melhor resultado de recobrimento.;
- Clipes coloridos de papel 1/0 (0), para prender os cartões dos táxons nas extremidades das hastes. Podem ser usados clipes sem cor;
- Alicates para manipulação das hastes de arame;
- Fita isolante para acabamento na ponta da haste sem o clipe;
- Papel cartão para as fichas de táxons e de características;
- Papel adesivo transparente (papel contact) para proteger as fichas de táxons e de características;
- Canetas permanentes para a identificação das características;
- Arames encapados para embalagem para prender as fichas de características nas hastes;
- Furador de papel para perfurar as fichas de características;
- Caneta para retroprojektor ponta média;
- Álcool gel para a limpeza do material após o uso.

Montagem

Hastes coloridas (Figura 2): Utilizando-se um alicate de ponta fina, cada arame foi curvado a cerca de 0,5 cm de sua extremidade, a ponta do elástico foi perfurada com o arame e este dobrado de forma a prender o elástico e um clipe firmemente. A seguir, o elástico colorido foi passado por dentro do clipe e enrolado, bem justo, ao arame em toda a sua extensão. Ao final, a outra ponta do arame foi curvada sobre si mesma e fechada sobre a ponta do elástico de forma a prender o elástico com firmeza. A finalização da extremidade sem o clipe foi feita enrolando-se um pedaço de fita isolante. Cada kit conta com 7 cores diferentes, sendo recomendável procurar cores facilmente distintas e escuras uma vez que cores muito claras com o manuseio tendem a ficar escurecidas.

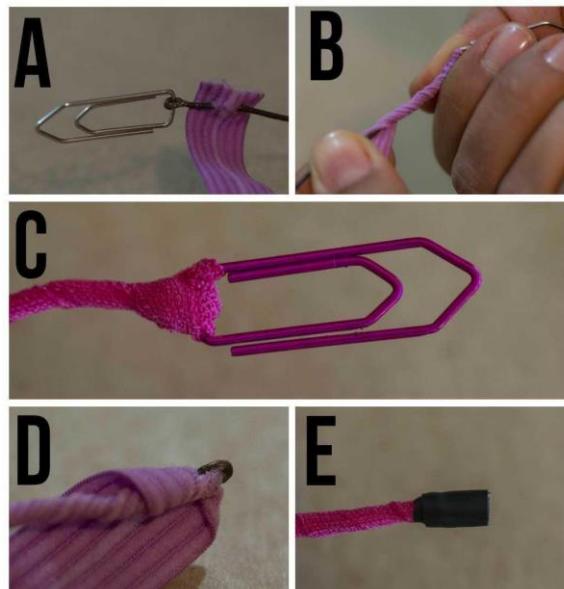


Figura 2: Modo de preparo das hastes: (A) colocação do clipe na extremidade, (B) recobrimento da haste com elástico, (C) acabamento da extremidade com clipe, (D e E) acabamento da extremidade sem clipe. Fonte: Elaborado pelos autores

Fichas de características (Figura 3): recortar fichas de papel cartão branco (5x1,5cm) e plastificar com papel contact em ambos os lados (também pode-se usar fita adesiva larga). Para prender as fichas às hastes, perfurar a ponta da ficha utilizando perfurador de papel e prender um arame encapado. Para o preenchimento com as características desejadas, usar caneta para retroprojektor ponta média e, após o uso, limpar as fichas com álcool gel.

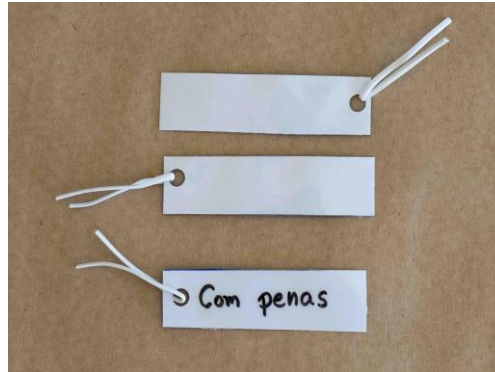


Figura 3: Fichas de características Fonte: Elaborado pelos autores

Fichas de táxons (Figura 4): sugerimos diferentes formas para sua elaboração. Uma sugestão é recortar pedaços de papel sulfite (3,0 x 3,0 cm) e escrever letras representando os diferentes táxons. Esta opção é sugerida para iniciar a apresentação das árvores filogenéticas, de forma a reduzir a influência dos conhecimentos prévios dos alunos dos grupos taxonômicos na sua interpretação dos cladogramas (NOVICK; CATLEY, 2014). Uma segunda sugestão é o uso de imagens de animais e plantas representando os diferentes grupos com os quais se deseja trabalhar. Uma vez tendo compreendido como se lê um cladograma através das letras, o uso de grupos de organismos conhecidos pelos estudantes é de grande importância na construção de novos conceitos partindo das ideias prévias dos alunos.

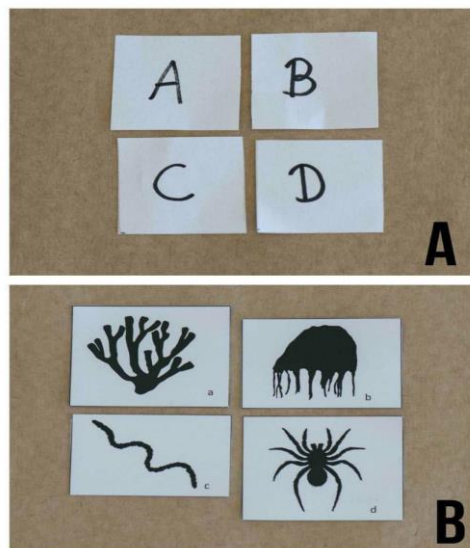


Figura 4: Fichas de táxons, diferentes possibilidades: letras (A) e imagens dos táxons (B) Fonte: Elaborado pelos autores

Montagem final (Figura 5): Ao juntar as hastes coloridas, as fichas de características e as fichas de táxons, é possível montar um cladograma tridimensional.

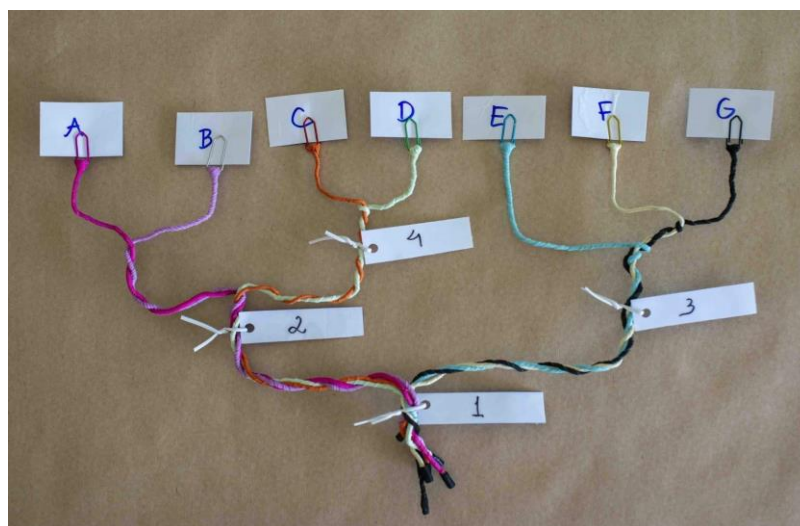


Figura 5: Exemplo de cladograma tridimensional montado com o kit "Construindo a árvore da vida". Fonte: Elaborado pelos autores

b) Sugestões de uso do material didático

As possibilidades de uso do material são diversas, por isso não há uma instrução única de uso. Algumas possibilidades são: (1) O professor pode usar um único kit para montar um cladograma à medida que explica o conteúdo, de forma expositiva; (2) Pode-se distribuir os kits a grupos de alunos e solicitar que transformem um cladograma bidimensional (desenho) para o modelo tridimensional ou que construam um cladograma equivalente ao do desenho; (3) pode-se apresentar uma matriz ou solicitar que os alunos preencham uma matriz e a partir desta procedam à construção de um cladograma.

A recomendação básica com relação à construção de um cladograma, como forma de facilitar a sua montagem, é começar separando o número de hastes de acordo com o número de táxons presentes no cladograma, uni-las todas na base (onde se encontra o ancestral comum a todos os grupos) e a partir daí separar os grupos que possuam características compartilhadas exclusivas (ou sinapomorfias).

É possível trabalhar diversos conceitos com o material. As sugestões elencadas abaixo são baseadas nas dificuldades encontradas pelos estudantes ao interpretarem as árvores filogenéticas (MEIR et al., 2007; DEES et al., 2014).

1) Avaliar as relações de parentesco entre grupos (dados 3 grupos, analisar quais são mais próximos entre si com relação ao terceiro); o que importa são as relações de ancestralidade, que são visualizadas pelas posições relativas dos nós;

2) Explicar a rotação de eixos; a rotação de eixos não implica em mudança na leitura do cladograma. Esta é uma boa forma de mostrar a importância de se analisar a posição dos nós em um cladograma, e não a posição relativa entre os táxons. Ao rotacionar os eixos, pode-se mostrar o conceito de cladogramas equivalentes, ou seja, um cladograma pode ser representado de diferentes formas e ao rotacionar os eixos é possível obter cladogramas equivalentes entre si (Figura 6);

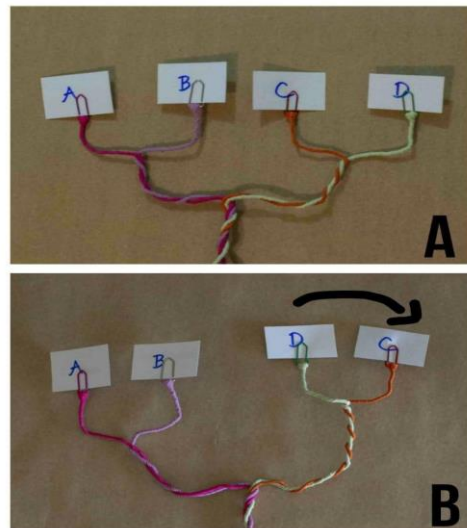


Figura 6: Rotação de eixos no material didático: os cladogramas (A) e (B) são equivalentes entre si. Fonte: Elaborado pelos autores

3) Demonstrar o que acontece ao se retirar ou se incluir um táxon do cladograma (não há mudança na relação entre os táxons remanescentes). No exemplo (Figura 7) pode-se observar que tanto no cladograma (A) quanto no (B) o táxon C é igualmente aparentado aos táxons E e F, independentemente da exclusão do táxon G;

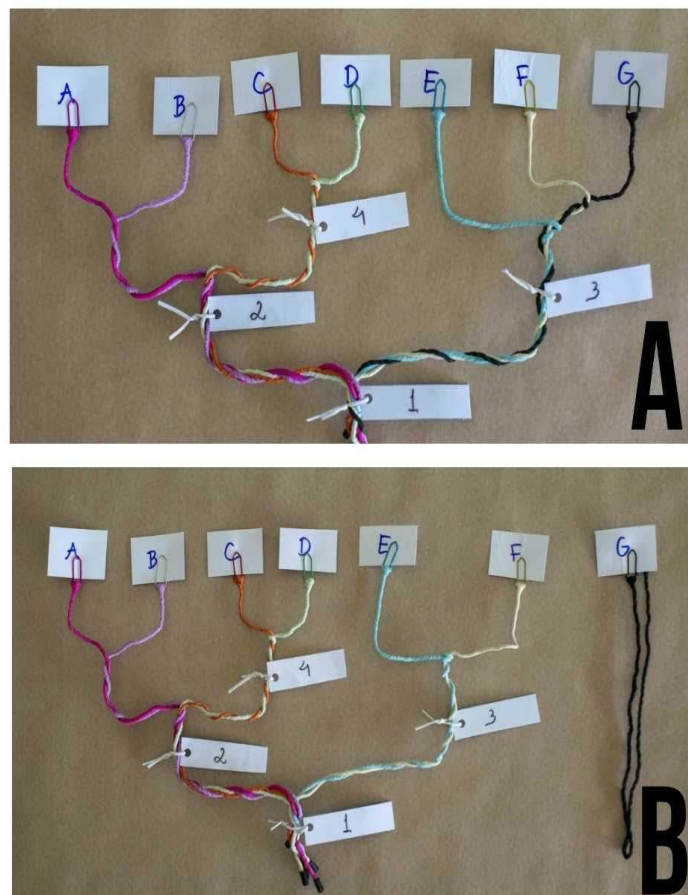


Figura 7: Cladograma completo (A) e mostrando a exclusão do táxon G (B). Fonte: Elaborado pelos autores

4) Trabalhar a história evolutiva comum aos grupos; por meio das cores das hastes relativas aos táxons, é possível traçar a história evolutiva dos grupos e perceber qual parte desta história um determinado grupo apresenta em comum com outro (s) grupo (s), ou seja, onde as cores se encontram entrelaçadas.

c) Aplicação e Avaliação do material didático

A oportunidade de aplicação do material surgiu no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus. O programa oferece bolsas de iniciação à docência aos alunos de licenciatura em escolas públicas, promovendo uma articulação entre a educação superior e básica (BRASIL, 2018). Neste contexto, uma aula prática de sistemática filogenética veio ao encontro da proposta de elaboração do material visando a formação docente inicial (alunos de licenciatura) e continuada (professor regente das turmas).

Os materiais elaborados foram aplicados em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no município de São Mateus, ES. De acordo com a demanda, foram confeccionados e disponibilizados para uso no dia das aulas 5 kits completos para uso dos alunos em grupos, mais um kit para uso da professora.

A avaliação dos materiais foi realizada contando com a colaboração da professora e três bolsistas PIBID atuantes na escola. A apresentação do material e suas possibilidades associadas ao reforço de conceitos na área e ao trabalho com o conhecimento pedagógico do conteúdo na área de ensino em sistemática filogenética deveria ter sido realizada preferencialmente com antecedência e tempo para professora e bolsistas, entretanto, os materiais foram apresentados em um encontro com duração de cerca de 40 minutos uma semana antes da aula. Após os materiais e suas instruções de uso terem sido discutidas, professora e bolsistas decidiram pelo preparo de duas aulas: uma para com o kit e outra para aplicação do jogo.

Para a avaliação da funcionalidade e aceitação dos materiais e aplicações, optou-se por fazer uma avaliação qualitativa. Para tal, foi realizada: (1) observação em sala de aula pelo proponente; (2) entrevista semi-estruturada em grupo com a professora e as bolsistas PIBID sobre o material e seu uso após as aplicações e (3) questionário online ("Google forms") enviado por e-mail para as mesmas. Este questionário visou complementar algumas questões não abordadas na entrevista em função do pouco tempo disponível na ocasião.

Na entrevista, realizada logo após a aula, foi solicitado que a professora e as bolsistas falassem principalmente sobre os aspectos físicos do material (o que funcionou bem e o que poderia ser mudado) e também sobre as suas impressões com relação ao envolvimento dos alunos com o material. O questionário contou com perguntas acerca da identificação e formação acadêmica das participantes, da relação com o tema e as dificuldades encontradas no trabalho com o assunto. Contou ainda com uma pergunta objetiva sobre a adequação ou não de diversos aspectos do material desenvolvido e outra aberta para levantamento de comentários, críticas e sugestões sobre o material. Por fim, uma pergunta objetiva foi feita sobre o envolvimento dos alunos e um espaço foi deixado para comentários sobre o envolvimento.

Resultados e discussão

Já no primeiro encontro, para a apresentação do material, as bolsistas PIBID se mostraram muito interessadas com o mesmo e disseram que de fato o recurso facilitava o entendimento de um cladograma. Uma outra observação interessante das licenciandas foi a respeito do tamanho reduzido

do kit, permitindo seu fácil transporte e armazenamento pelo professor. Na oportunidade, foram tiradas dúvidas das bolsistas PIBID e da professora sobre o assunto.

Embora o material tenha sido aplicado em duas turmas diferentes e as entrevistas e questionário estarem relacionados à aplicação em ambas as turmas, a observação pelo proponente se deu em apenas uma delas.

No dia da aula, professora e bolsistas haviam preparado um roteiro de aula prática utilizando o kit, algo bastante positivo, pois elas conseguiram incorporar o kit didático à sua prática docente. O roteiro trazia uma introdução sobre o tema, além de uma matriz a ser preenchida pelos alunos com informações sobre diferentes organismos (lampreia, sapo, jabuti, canguru, ser humano, raia e coelho). Com base nesta matriz, cada grupo deveria montar um cladograma tridimensional para os sete organismos, posicionando corretamente onde surgiram as características presentes na matriz. Antes que os grupos começassem, a professora fez uma demonstração da forma como os alunos deveriam proceder na montagem do cladograma, enrolando as hastes dos diferentes grupos e separando-as quando necessário, e ali incluindo o surgimento das características. A seguir, os grupos completaram a matriz, montaram o cladograma, e, para finalizar a tarefa, fizeram a representação em desenho do mesmo no relatório da aula prática proposto pela professora.

Os alunos se envolveram com o material, permanecendo após o término da aula para acabar de montar seu cladograma. A professora comentou que isso não é comum, pois normalmente, quando o sinal toca, eles saem correndo para o almoço. Uma bolsista PIBID comentou no questionário que nunca havia visto alunos destas turmas ficarem após o término da aula, o que demonstra claramente o interesse gerado pelo material. Ou seja, os alunos mostraram, em termos de resposta ao material, além de disposição também satisfação em realizar as atividades propostas. Os estudantes demonstraram receptividade ao material e conseqüentemente ao conteúdo abordado. É importante salientar que quando a mediação pedagógica possibilita ao aluno apropriar-se com sucesso do objeto de estudo aumentam-se as possibilidades de se obter uma resposta afetiva positiva desse aluno ao conteúdo (LEITE, 2012). Considerando-se a importância atual dos cladogramas no ensino de biologia, o desenvolvimento dessa resposta positiva ao conteúdo é altamente desejável.

Por outro lado, apesar do grande interesse em construir o cladograma, os alunos demonstraram dificuldades em completar a matriz, uma vez que havia termos relacionados às características dos organismos que eles desconheciam e eles tiveram dúvidas de como transferir as informações da matriz para o cladograma. As dúvidas dos alunos foram atendidas pela professora e pelas bolsistas PIBID, que auxiliaram os grupos com as dificuldades encontradas à medida que iam aparecendo.

Acreditamos, entretanto, que há dois aspectos importantes a serem considerados com relação às dificuldades encontradas pelos alunos. O primeiro é como começar o trabalho com os cladogramas, ou seja, pela sua construção (a partir de uma matriz, como foi abordado pela professora) ou sua interpretação (usando um cladograma pronto). Esse assunto já foi alvo de alguns estudos (EDDY et al., 2013; HALVERSON, 2011; KUMMER, 2017). Halverson (2011) conclui em seu trabalho que os alunos devem desenvolver habilidades de interpretação antes das habilidades de construção de árvores. Os resultados de Kummer (2017) apontam na mesma direção, uma vez que ele encontrou que atividades de construção de cladogramas dificultam a compreensão dos estudantes. Eddy e colaboradores (2013), por sua vez, encontraram um resultado oposto, onde alunos que realizaram uma atividade de construção de cladogramas tiveram resultados melhores nas avaliações realizadas do que os alunos que trabalharam apenas com atividades de interpretação de cladogramas.

A forma de se abordar um conteúdo é uma escolha pessoal do profissional do ensino, e na realização desta escolha, é importante o conhecimento pedagógico do conteúdo (SHULMAN, 1986), o qual se baseia em pesquisas acadêmicas e também na experiência do professor, ao qual Shulman denomina "sabedoria da prática". Assim, acreditamos que esta é uma escolha do professor, de acordo

com sua experiência com a construção e interpretação de cladogramas e também em função do tempo disponível para se trabalhar o conteúdo.

O segundo aspecto é a dificuldade que os alunos tiveram com relação às características dos grupos. As dificuldades encontradas pelos alunos poderiam ter sido minimizadas usando-se a sugestão de uso do material, de começar a abordagem das árvores filogenéticas representando os táxons por letras, e as características por números por exemplo. Assim, o aluno pode se concentrar na informação nova que é a montagem de um cladograma e não em características que ele ainda desconhece, ou que já conhece mas não se lembra. Além disso, uma dificuldade ao se começar a estudar a sistemática filogenética como ferramenta para a organização dos seres vivos é que estamos acostumados a organizar elementos da nossa vida diária com base nas semelhanças entre elas. Na sistemática filogenética, entretanto, a organização dos seres vivos se dá em função de graus de parentesco, o que não necessariamente é sinônimo de organismos mais semelhantes entre si (GREGORY, 2008). Quando o aluno tenta interpretar um cladograma, a tendência é que seus conhecimentos prévios acerca dos grupos se sobressaiam ao seu novo conhecimento sobre como interpretar um cladograma (NOVICK; CATLEY, 2014). Assim, num primeiro momento, espera-se que o uso de letras ou de organismos desconhecidos minimize a tendência de o aluno tentar interpretar o cladograma tomando por base seus conhecimentos prévios.

Segundo Leite (2012, p. 364), "atividades bem escolhidas e adequadamente desenvolvidas, sem dúvida, aumentam as chances do aprendizado com sucesso por parte do aluno e a consequente relação afetiva de aproximação entre o aluno e o conteúdo." Assim, estar ciente e atento às questões apresentadas acima é importante para minimizar os problemas na aplicação da atividade uma vez que, apesar da motivação gerada pelo material, se a sensação do aluno ao final da aula for de fracasso, a tendência pode ser a de afastamento afetivo com o conteúdo (LEITE, 2012). Nessa perspectiva, acreditamos que seria interessante a inserção do material também na formação inicial de professores, como forma de auxiliar os mesmos a compreender a filogenia, mas também como forma de discutir aspectos pedagógicos relacionados especificamente ao ensino do pensamento filogenético.

No questionário, um dos bolsistas comentou que os alunos ficaram atraídos pelas cores e pela possibilidade de manuseio do material. Tal fato também pode ser observado pela proponente no acompanhamento da aula. Diversos alunos perguntaram quem havia elaborado o material pois gostaram do mesmo, usaram expressões como "Nossa, deve ter dado trabalho!" e "Que legal!", e ainda tiraram fotos. McLaurin (2013) já havia mostrado ganhos quantitativos na aprendizagem relacionados à presença de cor nos modelos tridimensionais para o ensino do pensamento filogenético quando comparado a modelos semelhantes monocromáticos. O presente trabalho, com abordagem qualitativa, mostra também uma resposta afetiva positiva gerada pelo material.

A professora relatou ser seu primeiro ano trabalhando o tema sistemática filogenética, pois nos anos anteriores lecionava no ensino fundamental. A professora aponta no questionário a importância da sistemática filogenética para se compreender a biologia e considera muito importante trabalhar o assunto no ensino médio. Esta compreensão da importância do tema para o ensino da biologia é um dos aspectos do que Shulman (1986) denomina conhecimento da matéria ensinada. O profissional que tem conhecimento da matéria ensinada 'biologia', ao reconhecer a importância e centralidade do conceito da evolução para o ensino da biologia, é capaz de reconhecer a importância da sistemática filogenética no ensino de biologia. A professora mostrou-se interessada no assunto e consciente da importância do mesmo. Para ela, a maior dificuldade em se trabalhar sistemática filogenética é que os alunos acham o assunto muito difícil. Essa dificuldade dos alunos aparece em Lopes e Vasconcelos (2014) como justificativa de 50% dos professores entrevistados que não abordam filogenia.

As bolsistas PIBID relataram que o conteúdo foi abordado em sua formação, mas apontaram dificuldades de compreensão do assunto. As três caracterizaram a sistemática filogenética um assunto

difícil, porém fascinante. Duas das três bolsistas PIBID, alunas finalistas do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, apontaram que seus maiores problemas em abordar o assunto são as dificuldades dos alunos e delas próprias com o tema. Ainda assim, todas consideraram o assunto importante de ser abordado desde o ensino médio. Lopes e Vasconcelos (2014) encontraram, de forma semelhante, que, embora os professores considerem o assunto importante, muitos deles deixam de trabalhar o mesmo em sala de aula devido às suas próprias dificuldades com o assunto.

Lopes e Vasconcelos (2012) levantam que a dificuldade do professor com o assunto pode ter efeitos negativos no ensino de sistemática filogenética, e um deles é o professor trazer concepções errôneas para a sala de aula. Neste caso, pela localização na sala das bolsistas PIBID no momento das aulas, não foi possível avaliar se estas trouxeram erros conceituais em suas falas, mas a professora trouxe conceitos abordados de forma precisa e clara para os alunos, o que foi bastante positivo.

O material desenvolvido, além do uso de hastes conforme já proposto por Halverson (2010) e McLaurin (2013), traz como novidade a possibilidade de nomear ou ilustrar os táxons assim como a possibilidade de inserir as sinapomorfias (características compartilhadas entre os integrantes do grupo e derivadas de um ancestral comum) de cada grupo. Uma vez que os alunos tenham compreendido a interpretação de um cladograma usando letras ou símbolos, a possibilidade de identificação dos táxons traz maior proximidade com aquilo que o estudante já conhece, os seres vivos, ajudando na motivação dos alunos. Tal possibilidade já havia sido sugerida por Halverson (2010) em seu trabalho, mas de forma pouco clara sobre como fazer esta identificação. A outra novidade do presente material é o trabalho com os caracteres dos grupos, sendo possível trazer as sinapomorfias dos mesmos o que, segundo Novick e colaboradores (2010), é de grande importância para a compreensão dos cladogramas. Com estas duas novidades, o material aqui apresentado ajuda na aquisição de uma importante habilidade ao se trabalhar com sistemática filogenética, que é a de deduzir as características de um determinado táxon uma vez apresentado onde surgiram as características ao longo do tempo (MEIR et al., 2007).

Nas entrevistas, foram feitas algumas considerações sobre alguns problemas relacionados à estrutura física do kit:

(1) Algumas pontas dos elásticos se soltaram das hastes, pois eram presas apenas por fita isolante - o problema foi corrigido com a curvatura do arame nas duas pontas sobre o elástico (conforme indicado na metodologia), promovendo uma melhor fixação.

(2) As fichas de táxons, inicialmente feitas com reaproveitamento de material plastificado rígido, escorregaram, se soltando com facilidade dos cliques, além de serem difíceis de serem apagados, ficando manchados mesmo depois de apagados com álcool gel. Para resolver este problema, sugerimos a confecção destas fichas apenas com papel cartão recortado (para escrita do nome ou letra referentes aos táxons) ou a impressão das imagens de organismos em papel sulfite comum, e a sua plastificação com papel adesivo ou fita adesiva larga.

De forma geral, foram considerados como aspectos positivos do material seu tamanho reduzido e o fato de ser leve, o que facilita o seu transporte e armazenamento. O material foi de fácil manuseio para alunos e professor, e apresentou boa resistência, especialmente depois das alterações realizadas no modelo tridimensional inicial. Outro aspecto é que a dinâmica de uso dos materiais não demanda estrutura de laboratório nem de equipamentos.

O manuseio do material estimulou a participação dos alunos e lhes permitiu observar aspectos importantes para a compreensão dos cladogramas, como a rotação dos eixos, a existência de inúmeros cladogramas equivalentes entre si e a inexistência de correlação entre distância de táxons no cladograma e a sua relação de parentesco. A compreensão pelo aluno desses elementos de base no estudo da filogenia pode contribuir para um maior interesse no assunto, facilitando a sua assimilação ainda no ensino médio.

Conclusão

O kit tridimensional despertou o interesse dos alunos, que se envolveram no assunto. O material teve boa aceitação, tanto por parte da professora e bolsistas PIBID, como por parte dos alunos de ambas as turmas. A aprendizagem dos alunos não foi avaliada no presente trabalho. Levantamos a importância do material do ponto de vista afetivo uma vez que ganhos quantitativos já haviam sido reportados para modelos tridimensionais no ensino de filogenia.

A demanda do PIBID pelo material traduz a importância do programa na transferência de pesquisas e materiais sendo elaborados na academia para a sala de aula. Os bolsistas PIBID, estando inseridos simultaneamente nos dois ambientes, são uma boa ponte de conhecimentos.

Um aspecto do material, que na verdade é uma limitação de qualquer recurso didático, é que o mesmo sozinho não é suficiente para ensinar o aluno. Ele é apenas um elemento de estímulo, um facilitador para o professor trabalhar o tema, porém inútil caso o professor não tenha uma base no assunto e não se sentir seguro em abordá-lo em sala de aula. Neste sentido, propõe-se que o material seja apresentado aos professores e também aos alunos de licenciaturas em Ciências Biológicas dentro de processos de formação inicial e continuada, onde se trabalhem conceitos básicos de sistemática filogenética, além de mostrar as potencialidade do material e de se discutir a importância da abordagem do tema ainda no ensino médio.

Frente à escassez de materiais didáticos para se trabalhar a sistemática filogenética apontada por alguns autores como um dificultador para se trabalhar o tema, consideramos o material aqui apresentado um ponto de partida para aumentar o interesse dos professores, futuros professores e, conseqüentemente, dos alunos da educação básica a respeito do tema.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Referências bibliográficas

ALMEIDA, P. C. A. & BIAJONE, J. (2007). Saberes docentes e formação inicial de professores: implicações e desafios para as propostas de formação. *Educação e pesquisa*, 33(2), 281-295.

AMORIM, D. S. (2008). Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. *Ciência & Ambiente*, 36, 125-150.

BAUM, D. A. & OFFNER, S. (2008). Phylogenics & Tree-Thinking. *The American Biology Teacher*, 70(4), 222-229.

BAUM, D. A.; SMITH, S. D. & DONOVAN, S. S. S. (2005). Evolution: The Tree-Thinking Challenge. *Science*, 310(5750), 979-980.

BLACQUIERE, L. D. & HOESE, W. J. (2016). A valid assessment of students' skill in determining relationships on evolutionary trees. *Evolution: Education and Outreach*, 9(1), 1-12.

BOYCE, C. J. (2015). *Investigating how students communicate tree-thinking*. (Tese de doutorado, University of Southern Mississippi). Recuperado de <https://aquila.usm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1153&context=dissertations>

- COSTA, L. O. A (2012). *Classificação biológica nas salas de aula: modelo para um jogo didático*. (Dissertação de Mestrado, Instituto Oswaldo Cruz). Recuperado de https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/6410/1/leandro_costa_mp_2012.pdf
- COUTINHO, C. & BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. (2014). Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de biologia. *Ciência e Natura*, 36(3), 326-336.
- COSWOSK, J. A. (2014). *A sistemática filogenética como ferramenta de ensino dos conceitos evolutivos*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Norte do Espírito Santo).
- DEES, J. et al. (2014). Student Interpretations of Phylogenetic Trees in an Introductory Biology Course. *CBE Life Sciences Education*, 13(4), 666-676.
- EDDY, S. L. et al. (2013). How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 1-11.
- FERREIRA, F. S. et al. (2009). A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. *Cadernos de Cultura e Ciência*, 2(1), 58-66.
- FREITAS, O. (2007). Equipamentos e materiais didáticos. Brasília, DF: Universidade de Brasília.
- GREGORY, T. R. (2008). Understanding evolutionary trees. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 121-137.
- HALVERSON, K. L. (2010). Using pipe cleaners to bring the tree of life to life. *American Biology Teacher*, 74(4), 223-224.
- HALVERSON, K. L. (2011). Improving Tree-Thinking One Learnable Skill at a Time. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 95-106.
- KUMMER, T. A. (2017). *Assessing and Improving Student Understanding of Tree-Thinking*. (Tese de doutorado, Brigham Young University). Recuperado em <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/6276>
- LEITE, S. A. S. (2012). Afetividade nas práticas pedagógicas. *Temas em Psicologia*, Acesso em 23 fev., 2019, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513751440006>
- LOPES, W. R. & VASCONCELOS, S. D. (2012). Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos do ensino médio. *Revista Ensaio*, 14(3), 149-165.
- LOPES, W. R. & VASCONCELOS, S. D. (2014). Sistemática Filogenética no ensino médio: uma reflexão a partir das concepções de alunos e professores da rede pública de Pernambuco, Brasil. *Revista de Educación en Biología*, 17(1), 38-54.
- McLAURIN, D. C. (2013) *Using manipulative trees to develop tree-thinking*. (Trabalho de conclusão de curso, University of Southern Mississippi). Recuperado de https://aquila.usm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1129&context=honors_theses
- MEIR E. et al. (2007). College students’ misconceptions about evolutionary trees. *American Biology Teacher*, 69(7), 71–76.
- Ministério da Educação. *PIBID - Apresentação, 2018*. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/pibid>.
- NOVICK, L. R. et al. (2010). Characters are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. *Evolution: Education and Outreach*, 3(4), 539-547.

- NOVICK, L. R. & CATLEY, K. M. (2014). When Relationships Depicted Diagrammatically Conflict with Prior Knowledge: An Investigation of Students' Interpretations of Evolutionary Trees. *Science Education*, 98(2), 269-304.
- O'HARA, R. J. (1997). Population thinking and tree thinking in systematics. *Zoologica Scripta*, 4(26), 323-329.
- RIGATO, E. & MINELLI, A. (2013). The great chain of being is still here. *Evolution: Education and Outreach*, 6(18), 18-23.
- RODRIGUES, M. E.; DELLA JUSTINA, L. A. & MEGLHIORATTI, F. A. (2011). O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. *Revista Ensaio*, 13(2), 13-23.
- SANDVIK, H. (2008). Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics. *Theory in Biosciences*, 127(1), 45-51.
- SANTOS, C. M. D. & CALOR, A. R. (2007). Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. *Ciência & Ensino*, 1(2), 1-8.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- SMITH, J. J. & CHERUVELIL, K. S. (2009). Using Inquiry and Tree-Thinking to “March Through the Animal Phyla”: Teaching Introductory Comparative Biology in an Evolutionary Context. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 429-444.