

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE
FILOGENIAS: CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E
CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cadidja Coutinho

**Santa Maria, RS Brasil
2013**

**ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS:
CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS
LIVROS DIDÁTICOS**

Cadidja Coutinho

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação
Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Área de concentração em
Ensino de Ciências, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como
requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

COUTINHO, CADIDJA
ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS: CONCEPÇÕES
DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS /
CADIDJA COUTINHO.-2013.
91 p.; 30cm

Orientadora: MARLISE LADVOCAT BARTHOLOMEI-SANTOS
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2013

1. SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA 2. EVOLUÇÃO 3. LIVRO
DIDÁTICO 4. ENSINO DE CIÊNCIAS I. LADVOCAT BARTHOLOMEI-
SANTOS, MARLISE II. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Cadidja Coutinho. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte. Endereço: Rua Doze, n. 2010, Bairro da Luz, Santa Maria, RS. CEP: 97110-680 Fone (0XX) 55 32225678; Fax (0XX) 32251144; Email: ufesme@ct.ufsm.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde**

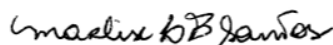
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação de Mestrado**

**ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS:
CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS
DIDÁTICOS**

elaborada por
Cadidja Coutinho

como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

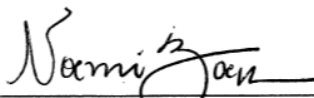
COMISSÃO EXAMINADORA:



Marlise Ladvoçat Bartholomei-Santos, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/ Orientadora)



Lenira Maria Nunes Sepel, Dr^a (UFSM)



Noemi Boef, Dr^a (UNIFRA)

Santa Maria, 29 de agosto de 2013.

Aos meus pais pela dedicação e pelo esforço na realização dos meus sonhos!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Valmor e Rosane, e meu irmão Ramon por todo o amor e dedicação na construção deste sonho;

Ao Guilherme pelo apoio e compreensão;

À minha orientadora, professora Marlise, pelo incentivo e oportunidade de realizar esta pesquisa;

Aos professores e colegas, por compartilhar conhecimentos e experiências comigo, em especial à Raquel Ruppenthal pelas leituras e discussões;

Aos amigos que estiveram presente e incentivaram a realização do meu trabalho; em especial à Marcia Melchior pelo carinho e ajuda em todos os momentos;

Aos professores da educação básica que se disponibilizaram em participar do trabalho;

Às professoras Lenira e Noemi por aceitarem o convite para banca de defesa.

À CAPES por financiar a pesquisa;

Enfim a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho se realizasse

Obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS: CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS

AUTORA: CADIDJA COUTINHO
ORIENTADORA: MARLISE LADVOCAT BARTHOLOMEI-SANTOS
Data e Local da Defesa: 29 de agosto de 2013, Santa Maria, RS, Brasil.

Como a evolução é considerada a linha unificadora para as Ciências Biológicas, o ensino de Biologia deveria ter uma perspectiva evolutiva em seus diversos conteúdos. Para promover um ensino e aprendizagem coerente em Biologia, em especial na área da sistemática e taxonomia dos seres vivos, é necessário entender a dinâmica da vida orientada pelo processo evolutivo. Uma possibilidade real de abordagem evolutiva é a utilização de cladogramas no ensino de tópicos como zoologia, botânica e fisiologia, entre outros. A Sistemática Filogenética é uma metodologia de classificação dos organismos que busca refletir a história evolutiva dos grupos e reuni-los com base no grau de parentesco filogenético. A importância da Sistemática Filogenética ser efetivamente trabalhada nas escolas de forma clara e precisa, fazendo a integração com diversos outros conhecimentos, apontou para a pertinência de diagnosticar diferentes noções que professores têm a respeito deste tema e a contribuição dos livros didáticos. Este estudo tem como objetivos: 1) investigar as concepções dos professores sobre conceitos e relevância da evolução biológica e da sistemática filogenética no ensino da diversidade animal; 2) analisar se a abordagem do tema em livros didáticos pode contribuir para o entendimento da evolução como um processo dinâmico e não linear, estimulando o desenvolvimento do “pensamento em árvore” (*tree thinking*) por parte do aluno; e 3) preparar um modelo de atividade sobre a temática para prática pedagógica dos professores. A pesquisa com professores utilizou uma abordagem quanti-qualitativa, tendo como instrumento de coleta um questionário aplicado a professores de Ciências e Biologia. Para a análise e interpretação dos dados foi utilizada a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo, sendo esta uma possibilidade de análise preliminar dos relatos dos sujeitos para selecionar as ideias centrais dos participantes. O questionário aplicado também continha questões relacionadas à interpretação de filogenias. Os resultados mostraram que a maioria dos professores utiliza a descrição das características morfológicas e fisiológicas no estudo dos animais, reconhece a importância de abordagem evolutiva através da sistemática filogenética, mas tem dificuldade de interpretação e uso dessa ferramenta. A análise dos livros didáticos mostrou que as obras apresentam aspectos relevantes, como descrição de acontecimentos e procedimentos para construção de cladogramas, podendo contribuir com o ensino do “pensamento em árvore”. O material didático elaborado em forma de jogo de tabuleiro pode representar uma ferramenta de apoio docente nas aulas sobre o assunto. Dessa forma, a análise das possibilidades de uso da sistemática filogenética como método de transposição didática para o ensino de Ciências, realizada pelo professor e pelo livro didático, pautado numa abordagem evolutiva, revelou a necessidade de contribuir para uma reflexão da prática pedagógica do professor. Além disso, a

imprescindibilidade de traçar novos caminhos no processo ensino e aprendizagem, compatíveis com o conhecimento científico atual.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemática filogenética. Evolução Biológica. Livro didático.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

TEACHING EVOLUTION THROUGH PHYLOGENIES: TEACHERS' CONCEPTIONS AND TEXTBOOKS' CONTRIBUTION

AUTHOR: CADIDJA COUTINHO

ADVISOR: MARLISE LADVOCAT BARTHOLOMEI-SANTOS

Date and Place of Defense: August 29, 2013, Santa Maria, RS, Brazil.

Since evolution is considered the unifying thread for the biological sciences, biology education should have an evolutionary perspective in its various contents. To promote a coherent teaching and learning in biology, especially in the field of systematics and taxonomy of living beings, it is necessary to understand the dynamics of life guided by the evolutionary process. A real possibility of evolutionary approach is the use of cladograms in teaching topics such as zoology, botany and physiology, among others. The Phylogenetic Systematics is a methodology for classification of organisms that seeks to reflect the evolutionary history of groups and bring them together based on the degree of phylogenetic relatedness. The importance of Phylogenetic Systematics be effectively worked in schools in a clear and precise way, making integration with several other knowledge, pointed to the relevance of diagnosing different notions that teachers have regarding this topic and the contribution of textbooks. This study aims: 1) to investigate teachers' conceptions about concepts and relevance of biological evolution and phylogenetic systematics in teaching animal diversity; 2) consider whether to approach the subject in textbooks may contribute to the understanding of evolution as a dynamic and non-linear process, stimulating development of the tree thinking by the student; and 3) to prepare a model of activity on the subject for pedagogical practice of teachers. A survey of teachers used a quantitative and qualitative approach, through the analysis of a questionnaire applied to teachers of science and biology. For the analysis and interpretation of the data we used the technique of the Discourse of the Collective Subject, which is a possibility of preliminary analysis of the reports of the subjects to select the participants' central ideas. The questionnaire also contained questions related to the interpretation of phylogenies. The results showed that most teachers use the description of the morphological and physiological characteristics of animals in classes, as well as they recognize the importance of approaching evolution through the phylogenetic systematics, but have difficulty in interpreting and using this tool. The analysis of the textbooks showed that the works have important aspects, such as description of events and procedures for construction of cladograms, and can contribute to the teaching of the "thinking tree". The didactic material prepared in the form of a board game can be a tool to support classes on the subject. Thus, the analysis of the possibilities of use of phylogenetic systematics as didactic transposition method for teaching science held by the teacher and the textbook, based on evolutionary approach, revealed the need to contribute to a reflection of the teacher's pedagogic practice. Furthermore, the indispensability of charting new paths in teaching and learning process, consistent with current scientific knowledge.

KEY WORDS: Phylogenetic Systematics. Evolutionary Biology. Textbook.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Dados da interpretação de filogenias pelos professores	34
--	----

ARTIGO 2

Tabela 1 – Tabela com o número total de páginas de cada livro, o número de páginas destinado aos Reinos e o número de páginas destinado à filogenética	57
---	----

Tabela 2 – Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (conceito e abordagem do conteúdo)	58
--	----

Tabela 3 – Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (abordagem do conteúdo e uso de imagens)	60
--	----

Tabela 4 – Presença de palavras-chave para o entendimento do “pensamento em árvore”	62
--	----

LISTA DE QUADROS

ARTIGO 2

Quadro 1 – Lista de livros de Biologia selecionados e analisados55

Quadro 2 – Ficha de avaliação com os critérios utilizados para elaboração do trabalho56

Quadro 3 – Palavras-chave para o desenvolvimento do “pensamento em árvore” e seus significados57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de uma árvore filogenética dos seres vivos24

Figura 2 – Representação genérica de um ancestral em um cladograma25

ARTIGO 2

Figura 1 – Exercício proposto pelo livro didático B361

LISTA DE ANEXOS

ARTIGO 1

Anexo 1 – Questionário.....48

ARTIGO 3

Anexo 1 - Representando uma árvore filogenética (cladograma ou filogenia) e 16 peças para montagem de animais hipotéticos.....76

Anexo 01 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....87

Anexo 02 – Termo De Confidencialidade.....90

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Filogenias e filosofia da Ciência	20
2.2 Árvores filogenéticas: ferramentas para transposição didática	21
2.3 O método da sistemática filogenética.....	23
3. METODOLOGIA E RESULTADOS	27
3.1 MANUSCRITO 01: Evolução Biológica e Filogenias na concepção de professores de Ciências e Biologia	27
Resumo	27
Abstract	27
Introdução.....	28
Referencial teórico.....	29
Metodologia.....	30
Resultados.....	31
Discussão.....	35
Considerações finais	41
Referências	42
Anexo	48
3.2 MANUSCRITO 02: Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de Ensino Médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de Biologia	51
Resumo	51
Abstract.....	51
Introdução.....	52
Referencial teórico.....	53
Metodologia.....	54
Resultados.....	57
Discussão.....	62
Considerações finais.....	64
Referências	65
3.3 MANUSCRITO 03: Quem é o ancestral?	72
Introdução.....	72
Função pedagógica	72
Objetivo	72
O jogo.....	73
Instruções para professores.....	72
Procedimentos para os estudantes	73
Entendendo a atividade.....	74
Considerações finais.....	74
Referências bibliográficas	75
Anexo	76
4. DISCUSSÃO	78
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

Os conceitos que envolvem a teoria da evolução são de ampla divulgação e explorados nos diferentes contextos no ensino de Ciências. Alguns autores afirmam que a evolução poderia ser considerada como um núcleo organizador do ensino de Biologia (MAYR, 1998; GOULD, 1997; FUTUYMA, 2002; GOEDERT, 2004; MEYER & EL-HANI, 2005).

No Brasil os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2002) para a Educação Básica sugerem que os conteúdos das aulas de Biologia sejam tratados como tópicos transdisciplinares fundamentados em explicações ecológicas e evolutivas.

As considerações acima sugerem uma articulação de conteúdos no eixo Ecologia-Evolução que, deve ser tratado historicamente, mostrando que distintos períodos e escolas de pensamento abrigaram diferentes ideias sobre o surgimento da vida na Terra (BRASIL, 1999, p. 16).

Para o estudo da diversidade de seres vivos, tradicionalmente da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida (BRASIL, 1999, p. 18).

Uma estratégia para atingir um ensino que vise a abordagem evolutiva na explicação da diversidade biológica, é o uso da sistemática filogenética. Este método foi criado em 1950 por Willi Henning (1913-1976), com o intuito de diminuir o caráter essencialista da classificação biológica.

A Sistemática é a ciência que busca formas de se interpretar a diversidade biológica e tem como principais problemas: a descrição da biodiversidade, a busca por padrões ou ordem na diversidade, a compreensão dos processos responsáveis pela formação da diversidade e apresentação de um sistema geral de classificação (AMORIM, 2002; ROMA & MOTOKANE, 2011). Segundo Santos e Klassa (2012):

Organizar os conteúdos tratados nas aulas sob a forma de árvores evolutivas é a chave para se tratar assuntos complexos como tempo geológico, homologias e a noção de evolução como mudança, e não como progresso do mais simples ao mais complexo. O raciocínio hierárquico parte da própria concepção de família que o aluno traz consigo – uma vez que evolução nada mais é que genealogia familiar tratada em um tempo muito dilatado. Essa abordagem facilita a defesa de que estamos todos conectados, independentemente da aparente distância entre nossa espécie e os demais organismos do planeta (SANTOS & KLASSA, 2012, p. 77).

Baseado em cladogramas ou filogenias, um modelo filogenético permite a descrição e a representação de uma grande quantidade de informação biológica em árvores evolutivas (por exemplo, MATIOLI, 2001). Além disso, segundo Santos & Calor (2008):

A abordagem filogenética lança luz sobre típicas concepções errôneas a respeito da evolução e conceitos relacionados, que afetam diretamente a compreensão dos estudantes sobre o processo evolutivo e sobre a estrutura hierárquica do mundo natural (SANTOS & CALOR, 2008, p. 200).

O método filogenético também é uma maneira de introduzir os estudantes a algumas das idiossincrasias filosóficas e científicas, dando-lhes a habilidade de entender conceitos como hipótese, teoria, paradigma e falseamento (SANTOS & CALOR, 2008, p. 209).

No entanto, trabalhar no ensino médio da educação básica esses conteúdos tem suas complicações, pois o ensino de Ciências e Biologia muitas vezes ainda está pautado na memorização de denominações e conceitos, além da reprodução de regras (BRASIL, 2008).

É preciso realizar um processo de remodelação de determinado conceito ou conteúdo de forma a facilitar seu entendimento. Um conteúdo de saber, que tenha sido definido como saber a ensinar, pode sofrer um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O “trabalho” que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática (CHEVALLARD, 1991).

Sabe-se que também que o livro didático é um dos principais recursos existentes nas salas de aula. Ou seja, é o livro didático quem define o que e de que forma os temas serão trabalhados na sala de aula. Segundo Ruppenthal (2013, p.74), “a análise da abordagem, presença ou ausência de conceitos nos livros didáticos, bem com os pressupostos pedagógicos traz informações importantes acerca das concepções dos alunos”.

Embora os cladogramas tenham surgido nos livros didáticos do ensino médio no início dos anos 90, poucas pesquisas examinaram a funcionalidade destes ou outros tipos de diagramas evolutivos na pedagogia das ciências da vida (CATLEY & NOVICK, 2008; RODRIGUES *et al.*, 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 a dos processos evolutivos.

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 *et al.*, 2005; CATLEY *et al.*, 2005, CATLEY, 2006; STAUB *et al.*, 2006; SANDVIK, 2008).

O desafio é o de permitir ao aluno perceber a dinâmica do universo biológico, a coesão e a ordem deste sistema por laços de consanguinidade e as transformações que geraram e geram a diversidade de seus componentes (LOPES *et al.*, 2007), desenvolvendo o “pensamento em árvore” (*tree thinking*) através de uma metodologia que possa facilitar o entendimento dos conceitos, usando filogenias.

Assim, o problema que norteou essa investigação é como a abordagem evolutiva no ensino da diversidade biológica é concebida pelos professores de Ciências e Biologia, usando a zoologia como exemplo, e qual a contribuição dos livros didáticos no desenvolvimento do pensamento não linear para surgimento dos seres vivos pelos alunos.

Este trabalho é resultado de uma reflexão teórica e da minha dificuldade como professora de Biologia em trabalhar as características vinculadas ao estudo dos Reinos, principalmente os Reinos Animalia e Plantae, com alunos da Educação Básica, sem tornar essa parte do conteúdo maçante e de caráter exclusivamente memorístico.

Dessa forma, os resultados que compõem esta dissertação estão apresentados sob a forma de manuscritos. No **REFERENCIAL TEÓRICO** apresenta-se a relação entre o tema e a filosofia da ciência, o ensino de sistemática filogenética como ferramenta de transposição didática, e o seu método. Após, em **METODOLOGIA E RESULTADOS**, os resultados e discussão estão apresentados na forma de manuscritos submetidos e a serem submetidos às revistas. Segue a **DISCUSSÃO** dos resultados obtidos no trabalho e a **CONCLUSÃO**. Nas **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** encontram-se as referências da dissertação, com exceção das referências indicadas nos manuscritos.

1.1 Justificativa

A sistemática é a ciência da diversidade e a filogenética tenta organizar essa diversidade a partir de um ponto de vista evolutivo, ou seja, mais do que a simples catalogação pela busca de semelhanças. A sistemática filogenética, ou cladística, busca as relações evolutivas entre os grupos de seres vivos.

Este estudo permitirá conhecer a visão de alguns professores sobre a importância de abordar a evolução no ensino de zoologia, sobre as principais dificuldades no ensino de evolução, assim como a familiaridade desses professores com filogenias. Com estas informações será possível contribuir para a proposta de medidas concretas, como o oferecimento de oficinas para professores, voltadas ao ensino de evolução e preparo de material didático auxiliar.

Dada a necessidade da compreensão correta do processo evolutivo, torna-se importante pesquisar se livros didáticos de Biologia estão trazendo informações sobre filogenética compatíveis com o conhecimento científico atual e em linguagem apropriada para auxiliar o estudante a desenvolver um “pensamento em árvore”. De posse do conhecimento de quais livros, entre os pesquisados, apresentam estas características, o professor poderá fazer sua escolha de forma consciente quanto a este aspecto.

A utilização da sistemática filogenética na educação básica pode contribuir para uma adequação do ensino às perspectivas propostas pelo PCN, fazendo com que o professor passe a utilizar aspectos da filosofia da ciência e estimule o seu aluno à criticidade diante das teorias científicas (SANTOS & CALOR, 2007b).

A utilização do “pensamento em árvore” poderá facilitar uma mudança conceitual, auxiliar o entendimento de conceitos básicos dos estudantes, além de representar uma possibilidade de reflexão do educador sobre sua prática pedagógica traçando novos caminhos para os processos de ensino e aprendizagem compatível com o conhecimento científico.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar as concepções dos professores sobre conceitos e relevância do tema e a colaboração dos textos didáticos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar as concepções de uma amostra de professores de Ciências e Biologia a respeito dos conceitos, ideias e importância do conhecimento da sistemática filogenética e da evolução biológica, usando como exemplo o ensino de Zoologia.
- Analisar se a abordagem da Sistemática Filogenética em livros didáticos de Biologia tem o potencial para contribuir para o desenvolvimento e interpretação de árvores filogenéticas por parte dos alunos.
- Elaborar material didático de apoio para a prática pedagógica do assunto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Filogenias e filosofia das Ciências

A utilização da sistemática filogenética em sala de aula pode contribuir para o estudo dos fundamentos filosóficos das Ciências. Segundo Calor & Santos (2004):

A importância da filosofia para o ensino de ciências tem sido há muito negligenciada. Muitas das discussões de pensadores como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend permitem sugerir modelos pedagógicos que rompam com o tradicional caráter linear e atemporal do ensino, substituindo-as por uma visão mais dinâmica do processo ensino-aprendizagem (CALOR & SANTOS, 2004, p. 59).

O campo da filosofia das Ciências estuda os pressupostos da Ciência relacionados com a epistemologia. Sua utilização no contexto escolar permite problematizar aspectos da natureza das afirmações e conceitos científicos; a forma como esses conhecimentos são produzidos; sua validação; a formulação e o uso do método científico; e as implicações dos métodos e modelos científicos para a sociedade e para as próprias ciências (SANTOS & CALOR, 2007b). Segundo Chalmers (1993):

(...) é essencial compreender a ciência como um corpo de conhecimento historicamente em expansão e que uma teoria só pode ser adequadamente avaliada se for prestada a devida atenção ao seu contexto histórico (CHALMERS, 1993, p. 62).

Conhecer algumas explicações sobre a diversidade das espécies, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas e em que foram substituídas ou complementadas e reformuladas, permite a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica (BRASIL, 1999).

Nesse sentido, as filogenias como um método científico, usam de hipóteses, alvos de validação e/ou refutação, para reconstruir a história evolutiva dos seres vivos e suas relações de parentesco, num cenário não conclusivo. Ao utilizar as filogenias em sala de aula, o professor pode mostrar um conhecimento científico mais dinâmico e estimular o espírito crítico dos alunos (Santos & Calor, 2007b).

2.2 Árvores filogenéticas: ferramenta para transposição didática no ensino dos seres vivos

Segundo Chevallard (1991 apud PINHO ALVES, 2000), a Transposição Didática é entendida como um processo no qual um conteúdo do saber que foi designado como saber a ensinar sofre um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino.

A Transposição Didática é um instrumento pelo qual analisamos o movimento do saber sábio, aquele que os cientistas descobrem, para o saber a ensinar, aquele que está nos livros didáticos e, por este, ao saber ensinado, aquele que realmente acontece em sala de aula (BATISTA FILHO *et al.*, 2011).

Em outras palavras, ela pode ser entendida como a passagem do saber científico ao saber ensinado. Para Dominguini (2008):

O conhecimento científico é organizado na forma de conteúdos escolares, didaticamente elaborados para permitir sua transmissão por parte do professor e uma possível assimilação por parte dos alunos. Os conteúdos são um conjunto de saberes que o contexto social vigente compreende como necessário a serem transmitidas às novas gerações (DOMINGUINI, 2008, p. 02).

A escola, enquanto instituição social tem um papel fundamental de repassar conhecimentos e habilidades necessários ao educando. Neste sentido, é que Moran (2000) compreende que “o conhecimento se dá fundamentalmente no processo de interação, de comunicação”. É necessária uma transformação do conhecimento, como um processo de decodificação do conhecimento científico em códigos que permitam a aprendizagem do aluno (MIGLIO & TERÁN, 2011).

Na construção de um saber, o desejo é que o ensino não se limite a fornecer ao aluno um procedimento ou um algoritmo cuja aplicação só lhe reste ser gerada, sem poder responder a todas as suas questões. O saber e o projeto de ensinar devem avançar sob uma máscara, não para esconder alguma coisa do aluno, mas para evitar que a explicação total do contrato didático (sistema constituído pelo docente, o aluno e o objeto de aprendizagem) conduza a um desabamento da tarefa intelectual, a partir de então, reduzida a seus aspectos mecânicos (ASTOLFI, 1990).

Durante o planejamento de aulas, o professor de Biologia frequentemente faz a si mesmo alguns questionamentos como, por exemplo, quais conteúdos devem ser priorizados,

quais os objetivos de aprendizagem a serem buscados e como atingi-los. Neste momento deverá ocorrer o trabalho de transposição didática, em que o professor, a partir do currículo, do livro didático e outras fontes de saber a ensinar, seleciona ou faz recortes, analisa e organiza o processo de ensino, buscando recursos didáticos que viabilizem formas de melhor compreensão e assimilação dos conteúdos por parte dos alunos (saber ensinado) (MIGLIO & TERÁN, 2011).

No ensino de Biologia, uma forma de realizar a transposição didática é através da sistemática filogenética, possibilitando a síntese de uma grande quantidade de informação (tais como características de morfologia externa, embriologia, fisiologia e comportamento) em árvores evolutivas, nas quais são dispostas as relações de parentesco entre grupos biológicos baseadas na modificação de seus atributos através do tempo (MATIOLI, 2001). Para Santos & Calor (2007a):

O fato dos cladogramas corresponderem às hipóteses sobre a evolução dos grupos, seu uso pode facilitar a introdução de conceitos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas, aproximando os estudantes da prática e da natureza da ciência biológica (SANTOS & CALOR, 2007a, p. 02).

O cladograma orienta o professor antes e durante as aulas e permite ao aluno visualizar os padrões hierárquicos entre as espécies sob a luz de uma estrutura conceitual evolutiva, assim como a transformação de estruturas ao longo do tempo. A adoção de aspectos da sistemática filogenética contraria a forma tradicional do ensino de biologia, baseada na segmentação de uma área do conhecimento em um grande número de disciplinas diferentes e aparentemente desconexas. Dividir a biologia em subtópicos prejudica o ensino e dificulta o aprendizado. A abordagem filogenética não considera a evolução como mais uma disciplina entre outras, celebrizada por figuras geniais e controversas como Lamarck e Darwin, mas como o princípio unificador do mundo natural biológico (SANTOS & CALOR, 2007a, p. 03).

Assim, como afirmam os autores, a sistemática filogenética tem importante papel na elaboração das hipóteses científicas e no entendimento do conhecimento científico como uma natureza transitória. Além disso, seu uso pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem, diminuindo a divisão do conteúdo em segmentos.

2.3 O método da sistemática filogenética

Com a identificação das características das espécies é possível estabelecer hierarquias para classificá-las e permitir uma melhor compreensão acerca do mundo vivo. Baseado nessa dinâmica, o médico sueco Carl Linnaeus (1707-1778), latinizado como Lineu, desenvolveu uma estratégia de classificação estabelecendo as bases da sistemática.

Seu método classificatório para as espécies teve início em 1735, resultando na publicação do livro *Systema Naturae*. O trabalho foi realizado a partir de uma análise anatômica comparada (a morfologia), tendo em vista que até essa época não existia qualquer forma lógica que propusesse critérios organizacionais para um coerente agrupamento dos organismos.

Lineu sugeriu que cada espécie fosse composta por dois nomes, propondo assim, uma nomenclatura binomial. O primeiro nome indicava o tipo genérico do organismo e o segundo designaria o tipo específico. Dessa forma, ao unir os dois nomes ele tinha uma maneira eficaz de identificar o indivíduo, tendo também informações sobre a sua forma e evitando confundir com outro ser vivo (BIZZO, 2011).

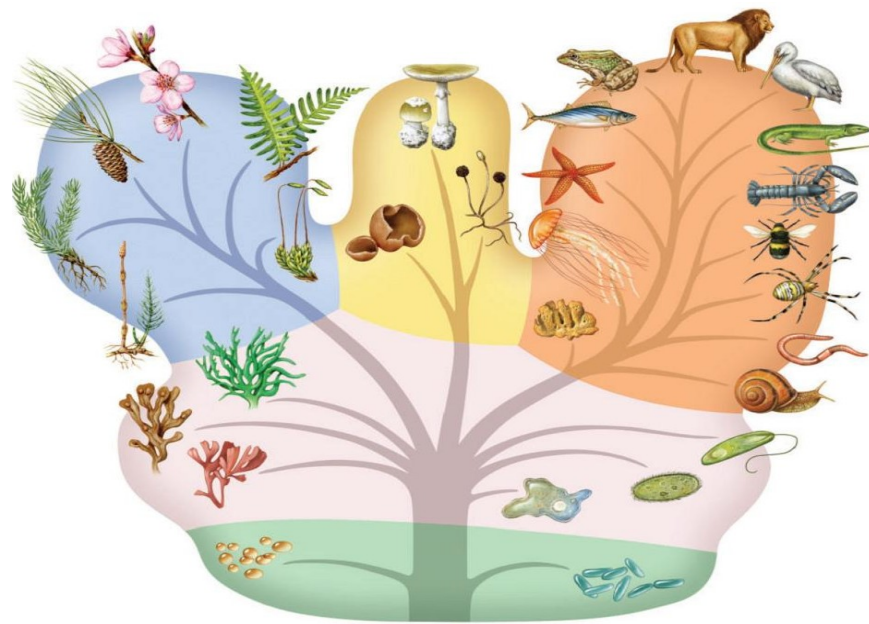
Lineu, como a maioria dos pesquisadores de sua época, era criacionista, ou seja, acreditava que o número de espécies era fixo e imutável. Os conhecimentos atuais, no entanto, sustentam a ideia de que a diversidade biológica é resultado de um processo evolutivo e que todas as espécies compartilham ancestrais comuns que viveram no passado, sendo as semelhanças entre elas reflexo de sua história evolutiva.

Em seu livro “A origem das espécies”, Charles Darwin (1809-1882) propõe a teoria evolutiva, sendo seu ponto central a ideia de que todos os seres vivos descendem, com modificação, de um ancestral comum (HARRISON, 2001 apud RIDLEY, 2006). Para comunicar esta ideia, Darwin desenvolveu a metáfora de “árvore da vida”, na qual as espécies atuais originam-se a partir de ancestrais comuns assim como os ramos separados de uma árvore originam-se a partir de um galho maior (BAUM *et al.*, 2005).

As genealogias imaginadas por Darwin são atualmente denominadas “árvores filogenéticas” ou filogenias (Figura 01). O entomólogo alemão Willi Hennig foi o primeiro a propor uma metodologia para se estabelecer as relações de parentesco entre os seres vivos baseado na teoria da evolução de Darwin e Wallace. Segundo Hennig (1966):

Provavelmente, é de grande significado histórico o fato de o próprio Darwin ter declarado que a possibilidade de ordenar os organismos em um sistema hierárquico só é explicável supondo uma relação filogenética entre eles: “o simples fato de que as espécies, tanto extintas quanto viventes, podem ser agrupadas em gêneros, famílias, ordens, etc. – uma divisão análoga àquela subjacente às variedades” seria o outro modo inexplicável, e parece não ter maior relevância para nós apenas porque é lugar comum (HENNIG, 1966, p. 20, tradução nossa).

Figura 01. Representação de uma árvore filogenética dos seres vivos.



Fonte: <http://www.darwinodi.com/el-di-y-los-mecanismos-iii/>

O objetivo da sistemática filogenética é descobrir as relações de parentesco entre os organismos através de uma ou mais característica comum. Santos & Calor (2007b) afirmam:

A reconstrução das relações de parentesco, para a sistemática filogenética, depende do levantamento e análise de características dos organismos consideradas *similaridades especiais*, os chamados caracteres derivados (modificados) ou apomorfias (SANTOS & CALOR, 2007b, p. 2).

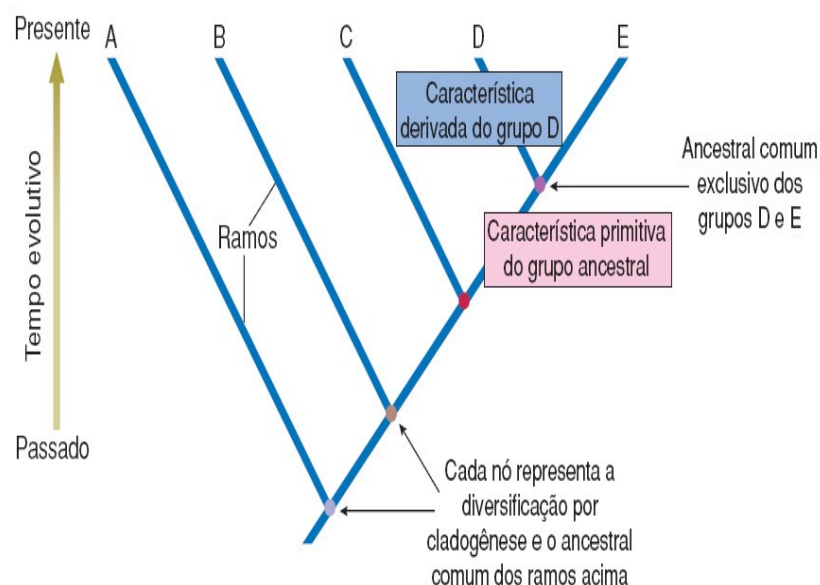
De acordo com Amorim (2002), a finalidade da Sistemática Filogenética é: descrever a biodiversidade; encontrar que tipo de ordem existe nessa diversidade; compreender os processos subjacentes; e apresentar um sistema geral de referência sobre a biodiversidade. Uma filogenia pode ser reconstruída somente com base em características derivadas compartilhadas (sinapomorfias), isto é, características diferentes da condição ancestral

(simplesiomorfias) (AMORIM, 2002). A Sistemática Filogenética reconhece como um grupo válido apenas os grupos monofiléticos (HENNIG, 1966; AMORIM, 2002). Para Ferreira e colaboradores (2008):

Na Sistemática Filogenética, os organismos são reunidos em grupos que compartilham uma ou mais sinapomorfias e que descendem do mesmo ancestral comum. Estes grupos são denominados de grupos monofiléticos. Outro conceito importante da Sistemática Filogenética é o conceito de grupos parafiléticos. Um grupo é parafilético se incluir o ancestral comum mais recente do grupo, mas não todos os descendentes desse ancestral (FERREIRA *et al.*, 2008, p. 59).

Para melhor compreensão do assunto, na Figura 02 está representada uma filogenia, com as relações de parentesco entre os grupos hipotéticos (A, B, C, D e E).

Figura 02. Representação genérica de um ancestral em um cladograma. Cada terminal de um ramo (A, B, C, D, E) representa um grupo ou espécie atual. Cada nó indica um ponto de diversificação e representa a cladogênese que deu origem aos grupos representados acima dele; representa, também, o ancestral comum exclusivo aos ramos acima. Características derivadas, ou apomorfias, são as “novidades evolutivas” apresentadas por um grupo em relação ao ancestral.



Fonte: AMABIS & MARTHO, 2006. Disponível em:
<http://www.trabalhoscolares.net/viewtopic.php?f=1&t=2523>.

Entretanto, o método da sistemática filogenética possui várias limitações, que no momento não podem ser contornadas. Uma dessas limitações, principalmente em paleontologia, refere-se às características utilizadas na análise. Para classificar organismos atuais, caracteres como cor, por exemplo, podem ser utilizados. Entretanto, nos fósseis, essas características não ficam preservadas, inviabilizando o uso das mesmas (VEGA & DIAS, 2009).

Mesmo assim, o uso desta ferramenta se generalizou, uma vez que preenche todos os requisitos necessários para ser considerado científico, permitindo inferir as relações de parentesco entre as espécies a partir de ancestrais comuns (BAUM *et al.*, 2005).

3 METODOLOGIA E RESULTADOS

3.1 MANUSCRITO 01: Evolução Biológica e Filogenias na concepção de professores de Ciências e Biologia, submetido à Revista Eletrônica de Pesquisa em Ciências da Educação, ISSN 1850 6666.

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E FILOGENIAS NA CONCEPÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA.

Coutinho, C. & Bartholomei-Santos, M. L.

RESUMO

Este trabalho avalia as concepções de professores de Ciências e Biologia sobre a inserção de uma abordagem evolutiva no ensino de zoologia, baseado na sistemática filogenética. A pesquisa foi desenvolvida com docentes da educação básica do município Santiago/ RS. Os dados foram coletados por meio de um questionário analisado através do método de discurso do sujeito coletivo, identificando as ideias centrais das respostas dos participantes e de questões relacionadas à interpretação de filogenias. Os discursos coletivos dos indivíduos analisados mostraram que o ensino do Reino Animalia constitui uma descrição da morfologia e fisiologia dos grupos. Embora a maior parte dos professores reconheça a importância do uso de aspectos evolutivos no ensino de zoologia, uma parcela significativa apresenta dificuldades para interpretar filogenias. O uso de uma metodologia de ensino envolvendo alguns aspectos da sistemática filogenética como a construção de filogenias, o qual poderia facilitar o processo de ensino e aprendizagem numa perspectiva evolutiva, requer a preparação dos professores para lidar com esses recursos.

Palavras-chave: Concepções. Discurso do sujeito coletivo. Sistemática filogenética.

ABSTRACT

This study evaluates the teachers' conceptions of science and biology on the inclusion of an evolutionary approach in teaching zoology, based on phylogenetic systematics. The research was conducted with teachers of basic education in the municipality Santiago / RS. Data were collected through a questionnaire analyzed by the method of collective subject discourse, identifying the central ideas of the participants' answers and questions related to the interpretation of phylogenies. The collective discourses of individuals analyzed showed that the teaching of the Kingdom Animalia is a description of the morphology and physiology of the groups. While most teachers recognize the importance of using evolutionary aspects in teaching zoology, a significant portion presents difficulties for interpreting phylogenies. The use of a teaching methodology involving some aspects of phylogenetic systematics as the construction of phylogenies, which could facilitate the process of teaching and learning in an evolutionary perspective, requires the preparation of teachers to deal with these features.

Key words: Conceptions. Collective subject discourse. Phylogenetic systematics.

INTRODUÇÃO

A diversidade e a complexidade de formas, comportamentos e relações existentes no mundo natural contribuíram desde muito para a formulação de algumas das grandes questões da humanidade: Como explicar a diversidade biológica do presente e do passado? (MORIN, 2008).

Diversos debates foram e ainda estão sendo travados sobre este assunto, tanto no campo das diferenças, como das semelhanças, sejam elas comportamentais ou morfológicas. Segundo Santos (2002) a teoria da evolução biológica é chave para a compreensão do processo de diversificação dos seres vivos. Sua relevância certamente ultrapassa os limites da escola e da comunidade científica.

Estudos têm mostrado que são vários os desafios encontrados pelos professores de Ciências e Biologia para o ensino da evolução (CARNEIRO, 2004; MEGLHIORATTI, 2004; GOEDERT, 2004; LICATTI, 2005). 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 *et al.*, 2005).

Apesar de normalmente aplicada a estudos específicos de classificação biológica, a sistemática filogenética pode ser utilizada para enfraquecer esse paradigma essencialista no ensino de Biologia, reforçando a ideia de que a melhor metáfora para a evolução é uma árvore da vida (SANTOS & CALOR, 2007).

A sistemática filogenética possibilita a síntese de uma grande quantidade de informação (tais como características de morfologia externa, embriologia, fisiologia e comportamento) em árvores evolutivas – os cladogramas, também chamados de filogenias, nas quais são dispostas as relações de parentesco entre grupos biológicos baseadas na modificação de seus atributos através do tempo (MATIOLI, 2001).

Diante dessas premissas, o presente trabalho tem como objetivo identificar a presença de diferentes concepções de professores de Ciências e/ou Biologia da educação básica do município de Santiago/RS a respeito dos conceitos, ideias e importância da evolução biológica e da sistemática filogenética, usando como modelo o ensino de zoologia. O estudo está organizado em quatro partes. Inicialmente apresentamos um referencial teórico sobre “pensamento em árvore” como forma de integrar conceitos evolutivos ao ensino de Ciências e Biologia; a seguir descrevemos o desenvolvimento metodológico do trabalho; na sequência

são apresentados os resultados e discussão dos participantes da pesquisa; e por último as considerações finais e suas implicações para o ensino de Ciências.

REFERENCIAL TEÓRICO

Em seu livro “A origem das espécies”, Charles Darwin propõe a teoria evolutiva, sendo seu ponto central a ideia de que todos os seres vivos descendem, com modificação, de um ancestral comum (HARRISON, 2001 apud RIDLEY, 2006). Para comunicar esta ideia, Darwin desenvolveu a metáfora de “árvore da vida”, na qual as espécies atuais originam-se a partir de ancestrais comuns assim como os ramos separados de uma árvore originam-se a partir de um galho maior (BAUM *et al.*, 2005).

A sistemática filogenética é uma ciência que usa uma metodologia baseada na presença ou ausência de compartilhamento de características que estariam presentes em um ancestral comum para a construção de hipóteses sobre as relações de parentesco entre os seres vivos, expressas na forma de filogenias ou árvores filogenéticas. A sistemática filogenética tem como objetivos: descrever a biodiversidade; encontrar que tipo de ordem existe nessa diversidade; compreender os processos subjacentes; e apresentar um sistema geral de referência sobre biodiversidade (AMORIM, 2002). As árvores filogenéticas incorporam a compreensão do princípio da descendência a partir de um ancestral e ajudam o aluno a organizar o conhecimento sobre a diversidade biológica (BAUM & OFFNER, 2008). A filogenia também pode ser um guia na biologia evolutiva para a compreensão da seleção natural (O’HARA, 1997).

Por meio da sistemática filogenética, como afirmam Santos & Calor (2007, p. 02) “a ideia da evolução orgânica pode ser alterada de uma narrativa sobre a história da vida para uma teoria científica que versa sobre a organização do mundo natural por meio de uma estrutura hierárquica particular”.

METODOLOGIA

O enfoque dessa pesquisa é de caráter quali-quantitativo. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário contendo questões referentes a dados sociodemográficos e questões referentes aos conceitos e a importância da Evolução Biológica e da Sistemática Filogenética, vinculados ao ensino de Zoologia (Anexo 01). O questionário também incluiu quatro questões fechadas apresentando filogenias que deveriam ser interpretadas pelos professores.

Participaram da pesquisa 08 professores de Ciências e/ou Biologia da educação básica, pertencentes a escolas públicas e particulares do município de Santiago, Rio Grande do Sul. O número de participantes foi determinado a partir da disponibilidade e do interesse dos professores em compartilhar da iniciativa. Além disso, o trabalho considerou que a maioria dos profissionais da área atua em mais de uma escola do município, respondendo assim, uma única vez ao questionário.

Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria em 13/09/2011, com o número do CAAE 0204.0.243.000-11. Os sujeitos da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, garantindo o sigilo das informações e o seu anonimato, conforme orientações da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2006).

Para a análise de dados dessa pesquisa escolhemos a técnica denominada Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), proposto por Lefèvre e Lefèvre (2003), formulada a partir do conceito de Representações Sociais e cujo objetivo é analisar quali-quantitativamente respostas discursivas. Trata-se de um método que, segundo os autores, se inspira na noção de sujeito coletivo de Durkheim (2003).

Os discursos individuais são organizados e reunidos de forma a expressarem o pensamento de uma coletividade. O processo de organização dos discursos perpassa pela análise preliminar dos relatos dos sujeitos para selecionar as ideias centrais e/ou ancoragens e as expressões-chave, chamadas de figuras metodológicas, conforme os autores. A partir de todos os depoimentos individuais são extraídas uma ou mais expressões-chave (ECH) que posteriormente são agrupadas de acordo com elementos comuns formando um discurso-síntese (DSC) nomeado ideia central (IC) (LEFÈVRE & LEFÈVRE, 2003 apud OLEQUES *et al.*, 2013).

RESULTADOS

As particularidades da amostra revelam que os participantes são do gênero feminino, cinco deles encontram-se na faixa etária de 30 a 39 anos, seguido de três que estão na faixa etária de 20 a 29 anos. O perfil dos professores analisados mostra que estes apresentam uma formação acadêmica qualificada, sendo que sete deles possuem curso de especialização.

Os oito entrevistados atuam em sala de aula, sendo cinco deles apenas em escola pública e três em escola pública e particular. Ainda constatamos que quatro lecionam em ensino fundamental apenas e quatro no ensino fundamental e médio

Quanto ao entendimento de questões relacionadas aos conceitos e a importância da Evolução Biológica e da Sistemática Filogenética, atrelados ao ensino da diversidade animal, apresentamos os discursos coletivos dos participantes. Estes discursos estão representados por meio de uma ideia central (IC) e respectivo número de adeptos. Em alguns casos, um mesmo participante aderiu a mais de uma IC ou não respondeu a questão.

Concepções dos professores quanto à abordagem de aspectos evolutivos no ensino de Zoologia:

Para a pergunta I: Quais os conteúdos devem ser abordados no ensino de zoologia?

IC I.1 - Anatomia e fisiologia comparada (5) – a zoologia serve para explicar as características morfológicas e fisiológicas dos grupos de animais.

IC I.2 - Reino Animalia e evolução dos filos (3) – o ensino de zoologia deve abordar os conteúdos referentes à evolução dos filos pertencentes aos invertebrados e vertebrados.

IC I.3 - Classificação taxonômica e interação ecológica (2) – o ensino de zoologia serve para distribuir os animais em grupos hierárquicos e mostrar as relações estabelecidas entre os grupos.

IC I.4 - Importância ecológica, econômica e científica (1) – a zoologia deve mostrar a relação entre os animais e sua contribuição para pesquisa e para obtenção de recursos financeiros; e a relação entre animais e a vivência do aluno.

DSC I – o ensino de Zoologia deve abordar as características morfológicas e fisiológicas de cada grupo animal, descrevendo as relações evolutivas e a relevância ecológica.

Para a pergunta II: Quais são os objetivos inclusos no ensino de zoologia?

IC II.1 - Conhecer o Reino Animalia (5)- O ensino de zoologia tem o papel de buscar explicações e responder perguntas para entender os diferentes grupos animais.

IC II.2 - Descrever a relação entre as espécies e a dinâmica ecológica (5) – ampliar os conhecimentos sobre a biodiversidade e tudo o que nos cerca.

IC II.3 - Classificar a diversidade animal (3) – desenvolver um sistema voltado a organizar e compreender os representantes de cada grupo animal.

IC II.4 - Compreender aspectos evolutivos (5) – descobrir as relações de parentesco evolutivo entre os grupos. Descrever estruturas herdadas e compartilhadas entre as espécies animais, principalmente com a espécie humana.

IC II.5 - Memorizar estruturas (1) – o ensino de zoologia tem como papel a identificação das estruturas corporais dos animais.

DSC II – os objetivos do ensino de zoologia devem envolver a compreensão do Reino Animalia, sua organização e relação evolutiva entre as espécies.

Para a pergunta III: Para você o que significa filogenia?

IC III.1 - Parentesco evolutivo entre os grupos (5)- designa as relações de parentesco evolutivo entre grupos de seres vivos, permitindo formular hipóteses explícitas e testáveis.

IC III.2 - Evolução das espécies (2) – fornece informações sobre os processos de evolução e adaptação dos seres vivos.

IC III.3 - Processo de sucessão (2) – reconstrói a história evolutiva de uma estrutura biológica, determinando as condições mais antigas e as mais recentes.

DSC III – As filogenias designam o processo evolutivo das espécies, as relações de parentesco e o compartilhamento de características entre os grupos.

Para a pergunta IV: Para você qual a importância da sistemática filogenética?

IC IV.1 - Permitir a compreensão do processo evolutivo (5) – seleção e adaptação dos organismos.

IC IV.2 - Permitir a determinação das relações de parentesco (3) – fornece informações sobre a ancestralidade dos indivíduos.

IC IV.3 - Fornecer um processo de classificação (2) – categorizar os indivíduos conforme uma hierarquia.

IC IV.4 - Conhecer a diversidade biológica (1) – descrição dos grupos de seres vivos existentes.

DSC IV – A sistemática filogenética possibilita a descrição dos grupos de seres vivos, estabelecendo a história evolutiva dos indivíduos.

Para a pergunta V: Para você o que é Evolução Biológica?

IC V. 1 - Processo de sucessão/etapas/mudanças (8) – alteração de características dos seres vivos através do tempo refletindo o grau de parentesco entre os grupos.

DSC V – Evolução Biológica define o processo de reconstrução da história dos seres vivos através do compartilhamento de características e ancestralidade comum.

Para a pergunta VI: Como você faz a conciliação entre zoologia e evolução em sala de aula?

IC VI. 1 - Caracterizando os filós (2) – informações sobre caracteres que permanecem ou se modificam ao longo do tempo.

IC VI. 2 - Recursos audiovisuais (2) – reconstruir a história evolutiva através de imagens, documentários e relatos.

IC VI. 3 - Seguindo uma ordem (1) – do organismo mais simples ao mais complexo.

IC VI.4 - Utilizando cladogramas (1) – representações gráficas em forma de árvore nas quais são mostradas as relações entre os grupos de seres vivos considerados.

DSC VI – a ligação entre zoologia e Evolução Biológica pode ser realizada durante a caracterização dos grupos, estabelecendo uma ordem ou utilizando os cladogramas, diagramas que ilustram as relações de parentesco entre os indivíduos.

Para a pergunta VII: Quais as dificuldades encontradas?

IC VII.1 - Falta de material didático disponível (5) – textos e atividades sobre o assunto nos livros didáticos e *sites* especializados.

IC VII.2 - Dificuldade de interpretação dos alunos sobre os caracteres presentes nos grupos animais (morfoanatômicos, fisiológicos, etc.) e sua relação com os aspectos evolutivos (3) – o conteúdo não é significativamente compreendida pelos alunos.

IC VII.3 - Dificuldade de interpretação e de explanação das relações evolutivas entre os grupos animais pelos professores (1) – o professor apresenta lacunas no conhecimento a respeito do tema, não possui o embasamento teórico e prático para contextualizar o assunto.

IC VII.4 - Disponibilidade de tempo (hora/aula) (1) – a extensa grade de conteúdos não permite explorar o assunto.

DSC VII – Para conciliar zoologia e evolução é preciso ultrapassar alguns aspectos como a falta de material didático, falta de carga horária disponível para a disciplina, a formação deficitária do professor e a dificuldade de aprendizado do aluno.

O Discurso do Sujeito Coletivo (DSC) do estudo advém do conjunto de respostas cedidas pela amostra de professores entrevistados. Segundo os docentes, o objetivo da zoologia está em ensinar as características externas e internas dos grupos, descrevendo as relações entre as espécies. O parentesco evolutivo e as alterações através do tempo podem ser apresentados como uso da sistemática filogenética. Porém, existem poucos materiais sobre o assunto e a maioria dos professores, tem dificuldade em interpretar essas informações e transmiti-las de forma satisfatória para os alunos.

As respostas das questões que exigiam dos professores a interpretação de filogenias (Anexo 1) estão organizadas na Tabela 01.

Tabela 01. Dados da interpretação de filogenias pelos professores.

QUESTÃO	ALTERNATIVAS	RESPOSTAS CORRETAS	ADEPTOS
08	a) Os quatro grupos tiveram um ancestral comum.	V	06
	b) O homem evoluiu a partir do chimpanzé.	F	07
	c) O chimpanzé é mais próximo (evolutivamente) do homem que do gorila.	V	04
	d) O chimpanzé é mais próximo (evolutivamente) do homem que do orangotango.	V	07
09	a) Ancestral comum de A e B.	01	07
	b) Ancestral comum de A e C.	03	07
	c) Ancestral comum de B e C.	03	08
	d) Ancestral comum de D e E.	02	08
	e) Ancestral comum de A, B, C, D e E.	04	08
10	a) Ancestral comum de A e B.	01	08
	b) Ancestral comum de A e C.	03	05
	c) Ancestral comum de B e C.	03	04
	d) Ancestral comum de D e E.	02	08
	e) Ancestral comum de A, B, C, D e E.	04	08
11	A informação contida no cladograma 1 é diferente da informação do cladograma 2.	F	04
	A e C ocupam a mesma posição em 1 e 2.	V	03
	C e D ocupam a mesma posição em 1 e 2.	V	05

Fonte: Dados da pesquisa

Ao se apresentar a mesma relação de parentesco entre 05 táxons em dois diferentes cladogramas (questões 09, 10 e 11), as interpretações foram diferentes. Apenas quatro dos oito professores reconheceram ser a mesma informação contida nas duas figuras. Esses quatro professores acertaram as questões 09 e 10.

Na questão 09, três dos cinco itens solicitando a identificação do ancestral comum mais recente entre dois táxons tiveram 100% de acerto, enquanto as outras duas tiveram apenas uma resposta errada cada.

Na questão 10, três dos cinco itens apresentaram 100% de acerto, enquanto os outros dois itens tiveram quatro e cinco acertos. Interessantemente, um dos itens que foram errados não foi o mesmo nas duas questões. Enquanto na questão 09 houve uma identificação errada do ancestral comum mais recente entre A e B, e entre A e C, na questão 10 foram feitas três identificações incorretas do ancestral comum mais recente entre A e C e quatro identificações incorretas do ancestral comum mais recente entre B e C. Podemos identificar novamente, nestas questões, o desconhecimento a respeito de que a posição dos táxons na filogenia não é determinante das suas relações de parentesco, e sim, o padrão de ramificação. Nota-se, também, que há dificuldade de identificar o ancestral comum quando estão envolvidos mais de 02 táxons em uma ramificação (como A, B e C).

DISCUSSÃO

A análise dos resultados, que emergiu da leitura dos questionários aplicados aos professores, apresentada através de discursos coletivos dos participantes sobre a abordagem de aspectos evolutivos no ensino de Zoologia, mostrou as ideias centrais sobre o assunto.

Quanto aos conteúdos que devem ser abordados no ensino de zoologia, a maioria dos professores investigados considerou o estudo dos animais como uma forma de descrever caracteres morfológicos e fisiológicos dos grupos pertencentes ao Reino Animalia e pontuar a evolução dessas características nos diferentes grupos, resultados semelhantes aos encontrados em outros estudos (STORER, 2003; SADAVA, 2009). É interessante notar, nas respostas às questões I e II, que apenas duas ICs (IC I.2 - Reino Animalia e evolução dos filos; e IC II.4 - Compreender aspectos evolutivos), cada um com 3 participantes, envolvem diretamente a

evolução, apesar de outras ICs incluírem o tema de forma indireta. Apenas um participante (IC II.5 - Memorizar estruturas) apresenta a visão de zoologia como um processo mecânico de descrição de características.

A zoologia é uma disciplina de grande relevância para as Ciências da Vida, que lida com uma enorme diversidade de formas e, certamente é uma das partes mais extensas, dentre os conteúdos da Biologia abordados no ensino fundamental e médio (ARAÚJO-DE-ALMEIDA *et al.*, 2007). Pode ser dividida em dois grupos: Invertebrados e Vertebrados. O primeiro apresenta maior biodiversidade, e por consequência o maior aporte de informações a serem assimiladas pelos alunos. O segundo, que é relacionado a uma quantidade menor de conteúdos que o primeiro, trata dos animais com os quais o homem tem maior vivência (MENDES *et al.*, 2001).

Quando entrevistados sobre os assuntos e objetivos do ensino de zoologia, a maioria das respostas inclui a caracterização morfológica e fisiológicas dos grupos, necessitando o professor (re)pensar estratégias para não restringir os conteúdos e articular aspectos ecológicos e evolutivos (BRASIL, 2002). Dessa forma, como visualizado na IC I.2 (Reino Animalia e evolução dos filos) e na IC I.4 (Importância ecológica, econômica e científica), o processo de aprendizagem da diversidade animal deve possibilitar aos alunos maior aproximação, vivência e aplicação dos conceitos aprendidos (relações filogenéticas, importância ecológica, habitat, nicho, interações com o homem, etc.), contribuindo para que possam formar um painel amplo e interessante sobre a vida na Terra (BRASIL, 1998). Além disso, a apresentação das adaptações dos animais ao ambiente em que vivem e sua relação com o homem, permitem a aproximação e a contextualização com os conhecimentos prévios do aluno; também dá sentido às informações sobre anatomia e fisiologia, podendo evitar assim a aprendizagem mecânica do assunto. Sabe-se que a aprendizagem é significativa quando o sujeito incorpora novos conhecimentos à estrutura cognitiva, relacionando novos conhecimentos com os antigos (AUSUBEL, NOVAK & HANESIAN, 1980). Ou seja, a significação da aprendizagem está relacionada à utilização de situações relacionadas ao contexto do aluno (RUPPENTHAL, 2013).

Em relação à visão dos professores sobre o significado e a relevância das filogenias, as ideias centrais dos discursos estão relacionadas ao conceito de parentesco entre os grupos, determinado por uma história evolutiva e sucessão de características. Entretanto, apenas a IC III.4, com 2 participantes, descreve filogenias como hipóteses de relações evolutivas. Esta percepção é importante, pois está indiretamente relacionada à compreensão da natureza da ciência (LEDERMAN, 1992; HARRES, 1999; PRAIA *et al.*, 2007; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001 e

2008; OLEQUES *et al.*, 2013). O fato de apenas 25% dos professores deste estudo perceberem as filogenias como hipóteses indica uma possível falta de familiaridade com o tema.

Quando pensamos na percepção do professor sobre as Ciências, também temos que considerar que ela envolve não só suas concepções imaginárias, mas também o processo sócio-histórico e ideológico de sua formação. Sua percepção, a forma como valoriza, se interessa e age em relação às questões de Ciências e suas tecnologias se explicitam no seu discurso em sala de aula e nas suas práticas pedagógicas (ROCHA *et al.*, 2012; BIZZO, 1998). Santos & Calor (2007) afirmam que:

A concepção dos professores precisa estar aliada à ideia de que as filogenias não representam cenários conclusivos sobre a história evolutiva dos organismos estudados, e sim hipóteses transitórias sobre as relações de parentesco, baseadas em conjuntos particulares de dados. Ao apresentar o conhecimento científico como dinâmico e não hermético, a abordagem filogenética pode trazer a discussão sobre a filosofia das ciências para a sala de aula, especialmente sobre conceitos relacionados à natureza transitória das teorias e a importância do espírito crítico em relação a métodos e hipóteses (SANTOS & CALOR, 2007, p. 01).

Dessa forma, um cladograma dos animais, como afirma uma parcela dos investigados, auxilia na exposição do que muda e do que se mantém conservado na embriologia desses organismos ou na sua estrutura morfológica geral. Todos os principais caracteres derivados, que são em um primeiro momento, evidências para a construção das filogenias usadas nas aulas, podem ser utilizados para a compreensão da evolução (DE PINNA, 2001; AMORIM, 2002; MELLO & RUSSO, 2011). Assim, a “árvore da vida” funciona como um guia para a preparação e apresentação dos conteúdos, associando o reconhecimento da diversidade biológica ao processo evolutivo que afeta todos os aspectos do mundo natural (BAUM *et al.*, 2005; SANTOS & CALOR, 2007).

Além disso, a filogenia pode orientar o professor antes e durante as aulas e permitir ao aluno visualizar as relações entre as espécies sob a luz de uma estrutura conceitual evolutiva, assim como a transformação de estruturas ao longo do tempo (SANTOS & CALOR, 2007). A adoção de aspectos da sistemática filogenética contraria a forma tradicional do ensino de Biologia, baseada na segmentação de uma área do conhecimento em um grande número de disciplinas diferentes e aparentemente desconexas. Dividir a Biologia em subtópicos prejudica o ensino e dificulta o aprendizado. A abordagem filogenética não considera a evolução como mais uma disciplina entre outras, mas como o princípio unificador do mundo natural

biológico (SANTOS & CALOR, 2007; GOEDERT, 2004; FUTUYMA 2002; MAYR, 1998, GOULD, 1997; MEYER & EL-HANI, 2005).

Ao questionar o significado de evolução biológica, a IC permite supor uma definição baseada em ideias de transformação e/ou modificação de características. Deve-se salientar que nas respostas nenhum dos professores associou a evolução à genética, o que pode ser um reflexo de uma visão não integrada da Biologia.

Alguns autores que pesquisaram as concepções dos professores sobre evolucionismo (CHAVES, 1993; CICILLINI, 1997; OLEQUES *et al.*, 2011) e a construção desse conhecimento em sala de aula (CICILLINI, 1997) indicam que o ensino de Biologia realizado na educação básica ocorre de maneira fragmentada e que o conceito de evolução biológica é visto como um “*capítulo à parte*” do conhecimento biológico. Em relação ao conteúdo histórico da Biologia, e particularmente ao conceito de evolução biológica, algumas pesquisas (BIZZO, 1991; CICILLINI, 1997) demonstram que o conceito de evolução fica restrito ao pensamento de Darwin e Lamarck.

Outro aspecto que pode ser inferido, e que tem relação com a utilização de contextos evolutivos, é a percepção dos professores sobre a conciliação entre zoologia e evolução. Foi possível observar que uma parcela significativa dos professores afirma seguir uma ordem ou utilizar um método de caracterização dos grupos (ICs VI.1 - Caracterizando os filos, e VI.3 - Seguindo uma ordem), e um participante baseia-se no método de sistemática filogenética (IC VI.4 - Utilizando cladogramas).

No entanto, esses dados não condizem com as reflexões apresentadas pelos mesmos professores quando questionados sobre quais conteúdos devem ser abordados no ensino de zoologia. Também não estão de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) que afirmam que a história dos seres vivos deve ser abordada com o intuito de permitir aos estudantes o entendimento das relações de parentesco entre os organismos e que estes, por sua vez, são produto de um longo processo de evolução.

A principal dificuldade apontada pelos participantes para o ensino de zoologia sob a luz da evolução é a falta de material didático para apoio e utilização nas aulas (IC VII.1 - Falta de material didático disponível). Atualmente, com o grande crescimento da pesquisa em ensino de Ciências no Brasil, muitas publicações com sugestões de metodologias para o ensino de evolução estão disponíveis (SANTOS & GRECA, 2008). Entretanto, parece que conhecimento produzido nas universidades muitas vezes não alcança o seu público alvo (KRASILCHIK, 2000; MOREIRA, 2012; NARDI, 2012). Uma possível explicação é a falta de conhecimento por parte dos professores da existência dessas publicações ou de como

acessá-las. Vários sites confiáveis sobre esses temas também estão disponíveis, entretanto quase todos em língua inglesa, o que pode dificultar o acesso de alguns professores.

O grande número de animais descritos e todas as suas características são difíceis de serem assimilados e compreendidos, por docentes e discentes, como o observado na IC VII.2 (Dificuldade de interpretação dos alunos sobre os caracteres presentes nos grupos animais e sua relação com os aspectos evolutivos) e na IC VII.3 (Dificuldade de interpretação e de explanação das relações evolutivas entre os grupos animais pelos professores). No entanto, apesar das dificuldades apontadas, as questões que envolviam a compreensão de filogenias mostraram que alguns professores fazem a leitura das informações contidas nos diferentes modelos de cladogramas. A sistemática filogenética pode ser uma forma de articular uma gama de informações e contextualizar a diversidade biológica numa perspectiva evolutiva.

Nas questões de interpretação de filogenias, algumas concepções errôneas comuns puderam ser identificadas. Na questão 08, apresentando as relações de parentesco entre alguns primatas, dois professores não conseguiram visualizar um ancestral comum na figura para todo o grupo. É possível que estes professores apresentem alguma pré-concepção, alguma dificuldade de aceitação sobre o parentesco entre humanos e outros primatas, ou não compreendem a representação ou a lógica do sistema.

Ao apresentar uma afirmação de que seres humanos teriam evoluído a partir de chimpanzés, apenas um professor a considerou verdadeira. Isso pode refletir uma visão linear deste professor, talvez influenciada pela famosa iconografia na qual primatas são colocados em fila indiana e “culminam” no ser humano (SANTOS & KLASSA, 2012). Ou ainda, a visão de que os organismos conectados por menos pontos de ramificação em direção à raiz são os ancestrais dos outros, seguindo a ordem de ramificação (por exemplo, orangotango → gorila → chimpanzé → homem, na figura apresentada). O fato de sete professores acertarem a questão, por outro lado, não significa que todos eles interpretaram a figura corretamente. A dificuldade de aceitação sobre o parentesco entre humanos e primatas pode ter induzido alguns professores a assinalarem a resposta correta, pois os dois indivíduos que erraram a primeira questão, acertaram a segunda.

Uma concepção errônea comum na interpretação de filogenias é a que táxons que são adjacentes nas extremidades da filogenia são mais próximos entre si do que eles são em relação aos táxons mais distantes na figura. Em uma filogenia, o padrão de ramificação determina o grau de parentesco entre os táxons e não a ordem dos táxons na árvore. Este erro de interpretação pode ser verificado tanto nas respostas dadas à questão 08, itens c e d, quanto às questões 9 e 10. Apenas quatro professores conseguiram identificar o chimpanzé como

mais próximo evolutivamente do homem do que do gorila, enquanto sete identificaram o chimpanzé como mais próximo do homem do que do orangotango. Esta diferença na proporção de acertos possivelmente se deve à localização mais distante do orangotango na árvore do que o gorila, em relação ao homem e ao chimpanzé. Organismos mais proximamente relacionados são aqueles que compartilham um ancestral comum mais recente entre eles, ou seja, compartilham um ponto de ramificação na filogenia (por exemplo, humanos e chimpanzés na figura apresentada). Organismos conectados por pontos mais próximos da raiz da árvore são mais distantemente relacionados (por exemplo, orangotangos e chimpanzés ou orangotangos e humanos). Deve-se notar também que humanos e chimpanzés são igualmente distantes do orangotango na filogenia apresentada.

As filogenias continuam a ser mal interpretadas, até mesmo por profissionais, e exemplos de tais erros são comuns não só nos meios de comunicação populares, mas também em revistas e artigos de jornal. O problema é que estamos mais acostumados a interpretar diagramas de árvore em termos de semelhança, ao invés de buscar uma história comum (TREE THINKING GROUP, 2004; BAUM *et al.*, 2005; CRISP & COOK, 2005; BAUM & OFFNER, 2008; GREGORY, 2008; OMLAND *et al.*, 2008; SANDVIK, 2008).

Instrumentos quantitativos avaliam a leitura de árvores filogenéticas pelos alunos (BAUM *et al.*, 2005; MEIR *et al.*, 2007; GREGORY, 2008), mas poucos estudos têm se centrado no raciocínio fundamental de porque os alunos interpretam árvores com dificuldades ou como esses equívocos podem interferir na abordagem e resolução de problemas. Essas dificuldades podem estar associadas às deficiências apresentadas pelos professores, que afirmam ter pouco conhecimento na área, ou não encontrar material disponível para utilização do método.

De uma forma geral, 50 % dos professores participantes da pesquisa (04) conseguiram interpretar corretamente uma filogenia. Isso mostra que ainda há a necessidade de investir na educação para o “pensamento em árvore” para o professor, para que ele possa auxiliar no desenvolvimento deste tipo de pensamento em seus alunos. A capacidade de utilizar representações, tais como árvores filogenéticas, afeta vários aspectos da aprendizagem das ciências, incluindo o raciocínio e a compreensão de problemas e fenômenos e uma maior criatividade (PETERSON, 1994).

É relevante também considerar a influência dos livros didáticos neste processo, já que representam um dos principais recursos existentes nas salas de aula. O livro precisa estar atualizado com o conhecimento recente na área e auxiliar o professor como uma “*fonte viva*”

de sabedoria” (NÚÑES *et al.*, 2003) buscando reduzir, ou mesmo eliminar, o abismo entre Ciência e cidadania (LORETO & SEPEL, 2003).

Acredita-se que ao ensinar Zoologia num enfoque filogenético, seja possível diminuir a memorização, mostrando ao estudante que algumas características dos animais se modificaram e esses grupos compartilham caracteres. A partir disso, o aluno poderá reconstruir as relações de parentesco entre os invertebrados e vertebrados, por meio da elaboração de filogenias, as quais podem ser definidas como uma representação do conhecimento atual das relações de parentesco de um grupo, obtido utilizando o método de análise filogenética (AMORIM, 2002).

Porém, no cenário atual da escola brasileira, citam-se alguns problemas relacionados ao professor que interferem na qualidade do ensino. Entre eles estão a prevalência de ideias criacionistas e concepções religiosas que se misturam com os conhecimentos científicos; a formação inicial deficitária do professorado que não fornece suporte adequado para trabalhar o assunto; o desinteresse na socialização de conhecimentos científicos; o ensino livresco; além da desvalorização profissional reforçada pelos baixos salários, pelo número elevado de estudantes em sala de aula e pela carga horária excessiva (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Mesmo com os problemas citados, existe uma possibilidade de ensinar Ciências e Biologia na escola fundamental e média numa visão evolutiva. O trabalho na educação básica na perspectiva filogenética pode abrir caminhos para uma discussão mais aprofundada, reflexão e formação crítica dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como finalidade identificar as concepções de professores de Ciências e Biologia em relação aos conceitos e relevância da evolução biológica e da sistemática filogenética, usando como parâmetro o ensino de zoologia. Os dados coletados nos mostram que maioria dos professores realiza o processo de descrição sobre anatomia e fisiologia no ensino dos grupos animais, mas reconhece a importância de abordagem evolutiva, para 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. Além disso, alguns dos professores interpretam os itens necessários para compreensão dos cladogramas em diferentes modelos, o que pode favorecer na sua utilização no contexto escolar. No entanto, uma parcela

significativa dos professores ainda possui um conhecimento deficiente, em graus diferentes, sobre o assunto, necessitando de esclarecimentos, de aprofundamento e provavelmente de capacitação (formação continuada) para uso dos aspectos evolutivos através da sistemática filogenética em suas aulas. O uso de uma nova abordagem de ensino para alunos de ensino fundamental e médio, a sistemática filogenética, tem muito a contribuir nesse sentido, mas é necessário primeiramente investir na educação do professor para o “pensamento em árvore”.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. S. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2002.

ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. **A sistemática Zoológica ensinada sem o uso das categorias taxonômicas**. Araújo-de-Almeida, E. (org.) Ensino se zoologia: Ensaio Didáticos. João Pessoa, RN: Editora Universitária, 2007.

AUSUBEL, D. ; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAUM, D.A.; SMITH, S.D.-W.; DONOVAN, S.S.S.The tree thinking challenge.**Science**, v. 310, p. 979-980, 2005.

BAUM, D. A. & OFFNER, S. Phylogenies and tree-thinking. **American Biology Teacher**, 70, 222-229, 2008.

BIZZO, N. M. V. **Metodologia do ensino de ciências: a aproximação do estudante de magistério das aulas de ciências no 1º grau**. In: PICONEZ, S. B. A prática de ensino e o estágio supervisionado. Campinas: Papirus, 1991.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil**. Ed. Ática, São Paulo, SP, 1998.

BRASIL.Ministério da Educação do Brasil. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998, 1998.

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.

CARNEIRO, A. P. N. **A Evolução Biológica aos olhos de professores não licenciados**. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CHAVES, S. N. **Evolução de ideias e ideias de evolução: A evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de Biologia do ensino secundário**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP, 1993.

CICILLINI, Graça Aparecida. **A Produção do Conhecimento Biológico no Contexto da Cultura Escolar do Ensino Médio: A Teoria da Evolução como Exemplo**. Tese (Doutorado em Educação). 283f. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1997.

CRISP, M.D. & COOK, L.G. “Do early branching lineages signify ancestral traits?” **Trends Ecology Evolution**, v. 20, p. 122-8, 2005.

DE PINNA, M.C. Conrad Gesner e a sistemática biológica. **Ciência Hoje**, v.178, p. 82-84, 2001.

DURKHEIM, E. **As formas elementares da vida religiosa**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

FUTUYMA, D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade**. São Paulo: Editora de livros da Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I.F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A. E J. PRAIA. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, 7, 2, 125-153, 2001.

GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. E C. FERREIRA-GAUCHÍA. **Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education**. 2008. Em: <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>. Acesso em: 10 jan. 2013.

GREGORY, R.T. “Understanding evolutionary trees.” **Evo Edu Outreach**, v. 1, p. 121-37, 2008.

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. ‘**Nonoverlapping magisteria**’. In: *Natural History*. 106: 16-22, 1997.

HARRES, J.B.S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, 4, 3, 197-211, 1999.

HARRISON, R.G. Book review. **Nature**, v. 411, p. 635–636, 2001.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v.14(1), p. 85-93, 2000.

LEDERMAN, N.G. Students’ and Teachers’ Conceptions of the Nature of Science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29(4), p. 331-359, 1992.

LEFÈVRE, F. & LEFÈVRE, A. M. C. **O discurso do sujeito coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (desdobramentos)**. Caxias do Sul: EDUSC, 2003.

LICATTI, F. **O ensino de Evolução Biológica no nível Médio: Investigando concepções de professores de Biologia**. 2005. 240f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru. Bauru. 2005.

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.

MATIOLI, S. R. (Ed.). **Biologia molecular e evolução**. Ribeirão Preto: Editora Holos. 2001.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

MEGHLIORATTI, F. A.; BRANDO, F. R.; ANDRADE, M. A. B.; CALDEIRA, A. M. A. A integração conceitual no ensino de Biologia uma proposta hierárquica de organização do conhecimento biológico. In: Caldeira, A. M. A.; Araujo, E. S. N. N. (Org.) *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo. **Escrituras Editora**, p. 187-205, 2009.

MELLO, B. & RUSSO, C. A. M. Informação biológica, sistemática, filogenias e previsibilidade. **Revista Genética na Escola**, v. 06 (01), p. 42-44, 2011.

MENDES, L. H. C.; ELOI, F. J.; OLIVEIRA, C. A.; PEIXOTO, R. A. S. E KAMAGAWA, A. I. A aplicação de metodologias práticas no ensino de zoologia para alunos de escolas públicas do município de João Pessoa – PB. **XII Encontro de Iniciação à Docência**. UFPB-PRG, 2001.

MEYER, D. & EL-HANI, C.N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Editora Unesp, 2005.

MEIR, E., PERRY, J., HERRON, J. C., & KINGSOLVER, J. College student's misconceptions about evolutionary trees. **American Biology Teacher**, 69, 71-76, 2007.

MOREIRA, M. A. Ensino de Ciências e de Matemática: resenhas e reflexões. **Revista Brasileira Estudos pedagógicos**, Brasília, v. 93, n. 234, [número especial], p. 486-501, 2012.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Tradução Eloá Jacobina. 14. Ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2008.

NARDI, R. A pós-graduação em ensino de ciências e matemática no Brasil, o ensino de ciências e as licenciaturas na área: encontros e desencontros. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30, p. 53–67, 2011.

OLEQUES, L. C.; BARTHOLOMEI– SANTOS, M. L.; BOER, N. Evolução Biológica: percepção de professores de biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.

OLEQUES, L. C.; BARTHOLOMEI– SANTOS, M. L.; BOER, N. Reflexões acerca das diferentes visões sobre a natureza da ciência e crenças de alunos de um curso de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12(1), p. 110-125, 2013.

OLIVEIRA, D. B. G. DE; SOUZA, L. B. M. L. DE; LUZ, C. F. S.; SOUZA, A. L. S.; BITENCOURT, I. M.; SANTOS, M. C. dos. O Ensino de Zoologia numa perspectiva evolutiva: análise de uma ação educativa desenvolvida com uma turma do Ensino Fundamental. **Associação Brasileira de pesquisa e educação em ciências – ABRAPEC**, 2011.

Disponível em: adaltech.com.br/testes/abrapec/resumos/R0083-1.pdf. Acesso em: 29 out 2012.

O'HARA, R. J. Population thinking and tree thinking in systematics. **ZoologicaScripta**, v. 26, p. 323–329, 1997.

OMLAND, K.E., COOK, L.G. & CRISP. M.D. “Tree thinking for all biology: the problem with reading phylogenies as ladders of progress.” **BioEssays**, v. 30, p. 854-67, 2008.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. E A. VILCHES. O Papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v.13(2), p. 141-156, 2007.

PETERSON, M. P. Cognitive issues in cartographic visualization. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds.), **Visualization in modern cartography** (pp. 27 – 43). Oxford, England: Pergamon. 1994.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ROCHA, J. N.; COSTA, T. M. L.; ALMEIDA, R. A. F. A percepção da ciência dos professores da educação básica. **Anais do II Seminário Hispano Brasileiro- CTS**, p. 139-151, 2012.

RUPPENTHAL, R. O ensino do sistema respiratório através da contextualização e de atividades práticas. 2013. 104p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

SADAVA, D. **Vida: a ciência da biologia**. 8.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANDVIK, H. Tree thinking cannot be taken for granted: challenges for teaching phylogenetics.” **Theor Biosci**, v. 127, p. 45-51, 2008.

SANTOS, S. **Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano da sala de aula**. Annablume, 2002. Disponível em: http://books.google.com/books?id=Krf4c6Fb90YC&pg=PA9&lr=lang_pt&hl=ptBR&source=gbs_toc_r&cad=0_0#PPA7,M1 Acesso em: 14 ago 2012.

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, 2007.

SANTOS, F. M. T DOS. & GRECA, I. M. **A Pesquisa Em Ensino de Ciências no Brasil e Suas Metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, p.432, 2008.

SANTOS, C.M.D. & KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: Teoria e Prática**, v.22, p. 62-81, 2012.

STORER, T. I. **Zoologia Geral**. 6. ed. São Paulo: Companhia Nacional, 2003.

TREE THINKING GROUP. Tree-thinking 2004. Disponível em: <http://www.tree-thinking.org/>. Acesso: 20 abr 2013.

ANEXO 01**QUESTIONÁRIO 1 - Questões Iniciais para apresentação do grupo****I – Gênero:**

M F

II – Idade :

de 20 a 29 anos

de 30 a 39 anos

de 40 a 49 anos

mais de 50 anos

III – Formação profissional:

Graduação apenas

Especialização

Mestrado

Doutorado

IV – Escola de atuação:

Escola pública apenas

Escola particular apenas

Escola pública e particular

Escola(s) onde atua: _____

V – Atuação:

Ensino Fundamental apenas

Ensino Médio apenas

Ensino Fundamental e Médio

Séries em que atua: _____

QUESTIONÁRIO 2: Questões referentes ao ensino

- 1) Quais os conteúdos devem ser abordados no ensino de zoologia?
- 2) Quais são os objetivos inclusos no ensino de Zoologia?
- 3) Para você o que significa filogenia?
- 4) Para você qual a importância da sistemática filogenética?
- 5) Para você o que é Evolução Biológica?
- 6) Como você faz a conciliação entre zoologia e evolução em sala de aula?
- 7) Quais as dificuldades encontradas?
- 8)*A figura a seguir mostra a filogenia de alguns grupos de primatas. Qual (is) a(s) afirmativa(s) é (são) correta (s)??

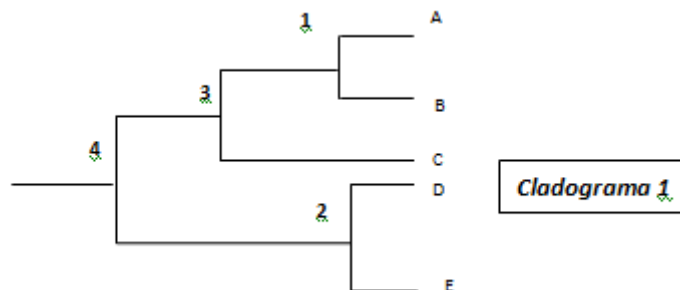


Baseado na figura acima, responda qual (is) a(s) afirmativa(s) são corretas?

- a) Os quatro grupos tiveram um ancestral comum.
- b) O homem evoluiu a partir do chimpanzé.
- c) O chimpanzé é mais próximo (evolutivamente) do homem que do gorila.
- d) O chimpanzé é mais próximo (evolutivamente) do homem que do orangotango

9)* Identifique o número correspondente dos seguintes itens:

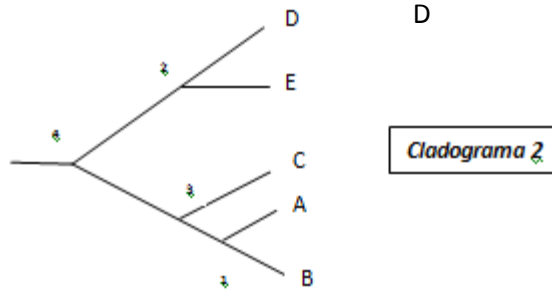
- a) ancestral comum mais recente de A e B.
- b) ancestral comum mais recente de A e C.
- c) ancestral comum mais recente de B e C.
- d) ancestral comum mais recente de D e E.
- e) ancestral mais recente de A, B, C, D e E



Cladograma 1

10) *Identifique o número correspondente dos seguintes itens:

- a) ancestral comum mais recente de A e B.
 b) ancestral comum mais recente de A e C.
 c) ancestral comum mais recente de B e C.
 d) ancestral comum mais recente de D e E.
 e) ancestral mais recente de A, B, C, D e E.



- 11) * Considere as hipóteses filogenéticas dos cladogramas 1 e 2 e responda **V** ou **F**:
- () a informação contida no cladograma 1 é diferente da informação do cladograma 2.
 () A e C ocupam a mesma posição em 1 e 2.
 () C e D ocupam a mesma posição em 1 e 2.

*Os entrevistados poderiam optar por mais de uma categoria /alternativas nas respostas.

3.2 MANUSCRITO 02: Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de Ensino Médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de Biologia, para ser submetido à Revista Ciência & Educação, ISSN-L 1516-7313.

ESTIMULANDO O “PENSAMENTO EM ÁRVORE” EM ALUNOS DE ENSINO MÉDIO: POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA.

Coutinho, C. & Bartholomei-Santos, M. L.

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 the 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 "thinking tree" by the students, based on the phylogenetic systematics. The research found six books available in the library of a public school in Santa Maria / RS. Data were collected by analyzing the content of books, through the method of Pigel. All books submitted to phylogenetic systematics as a mechanism of biological classification in order to stimulate thinking nonlinear emergence of species and contributing to the development of teaching phylogenetic trees according to recent research in the area, making the textbook a facilitator the process of teaching / learning in an evolutionary perspective.

KEY WORDS: Textbook. Tree thinking. Phylogenetic systematics.

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 geram e geraram 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 tem 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 *et al.*, 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 (FRANCALANZA, AMARAL & GOUVEIA, 1986; CARLINI-COTRIM & ROSEMBERG, 1991; GAYÁN & GARCIA, 1997; XAVIER *et al.*, 2006), e para alunos na retomada e complementação dos assuntos trabalhados em aula (FREITAS & 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 (NÚÑES *et al.*, 2003), e ao mesmo tempo deve ter papel decisivo para reduzir , ou mesmo eliminar, o abismo entre Ciência e cidadania (LORETO & 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 discussão dos livros pesquisados; e por último as considerações finais e suas implicações para o ensino de Biologia.

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 & NOVICK, 2008). Recentemente, tem aumentado o número de incentivos para que educadores de Biologia passem a incorporar o “pensamento em árvore” na escola e nos currículos universitários (BAUM *et al.*, 2005; CATLEY, 2006; GOLDSMITH, 2003).

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 *et al.*, 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 & 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 *et al.*, 2011).

Embora as filogenias tenham surgido nos livros didáticos do Ensino Médio no início dos anos 90, poucas pesquisas examinaram a funcionalidade destes e outros tipos de diagramas evolutivos na pedagogia das Ciências da Vida (CATLEY & NOVICK, 2008; RODRIGUES *et al.*, 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 a dos processos evolutivos.

Pensar em evolução como um diagrama ramificado, uma árvore, é conectar ancestrais e descendentes. Nessas árvores, 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 filogenéticas, também é possível começar a trabalhar conceitos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas (SANTOS & 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 *et al.*, 2005; CATLEY *et al.*, 2005; CATLEY, 2006; STAUB *et al.*, 2006; SANDVIK, 2008).

METODOLOGIA

Realizou-se a análise de seis livros didáticos de Biologia de Ensino Médio, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), disponíveis na biblioteca de uma escola pública, localizada na cidade de Santa Maria, RS, Brasil, para consulta e estudo dos

professores. Os autores e obras são referidos neste trabalho por um código de acordo com o Quadro 01.

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

Quadro 01: Lista de livros de Biologia selecionados e analisados.

O desenvolvimento da pesquisa de cunho quanti-qualitativo 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 (Quadro 02).

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		

Quadro 02. Ficha de avaliação com os critérios utilizados para elaboração do trabalho. Adaptado de Catley & Novick (2008); Rodrigues *et al.* (2011).

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 no Quadro 03.

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.

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

RESULTADOS

Todos os livros analisados apresentam uma parte dedicada à apresentação dos mecanismos de classificação biológica através da sistemática filogenética (Tabela 01), seja num capítulo específico (livros B1, B2, B3 e B6) ou 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.

Tabela 01. - Tabela com o número total de páginas de cada livro, número de páginas destinado aos Reinos e o número de páginas destinado à filogenética *.

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

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

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados quanto à presença do conceito de sistemática, a abordagem do conteúdo e as representações de árvores filogenéticas, estão representados nas Tabelas 02 e 03.

Tabela 02. Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (conceito e abordagem do conteúdo).

Código	Conteúdo teórico						
	Conceito de sistemática		Abordagem do conteúdo				
			Contextualização				
	Taxonomia	Relações evolutivas	Texto faz ligação com as pesquisas recentes 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
B3	X	X	X		X	X	X
B4	X	X					
B5		X			X	X	
B6	X		X		X	X	X

Fonte: Dados da pesquisa

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

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 & GEWANDSNAJDER, 2011, p. 165).

(...) utilizando técnicas de sequenciamento de ácidos nucleicos e de comparações detalhadas da estrutura celular, os sistematas 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 & MARTHO, 2006, p. 243).

A identificação de personagens importantes para a sistemática filogenética pode ser explicada 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 geralmente relacionam as ideias de classificação apenas ao médico e professor sueco Karl von Linné (1707-1778), e alguns citam a influência de Charles Robert Darwin (1809-1882) (como os livros B3 e B4).

Os acontecimentos e questões relevantes sobre o tema 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 & 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 & 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 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 verificar se já há o antídoto para o veneno de espécies próximas (LOPES, 2008).

Tabela 03. Análise dos livros de Biologia quanto à presença de itens relacionados ao estudo da sistemática (abordagem do conteúdo e uso de imagens).

Código	Conteúdo teórico			Imagens			
	Abordagem do conteúdo			Uso de imagens			
	Problematização						
	Texto incentiva a investigação crítica por parte do aluno	Texto incentiva a memorização 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

Fonte: Dados da pesquisa

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 memorização 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 âmnio. (...) 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 01).

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

Figura 01. Exercício proposto pelo livro didático B3.

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

Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.*, 2011.

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 & 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 Tabela 04.

Tabela 04: Presença de palavras-chave para o entendimento do “pensamento em árvore”.

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	

Fonte: Dados da pesquisa

DISCUSSÃO

As pesquisas sobre o livro didático vêm sendo exploradas por diferentes autores (HÖFFLING, 2000; MARTINS & GUIMARÃES, 2002; VASCONCELOS & SOUTO, 2003; NETO & FRACALANZA, 2003; CARNEIRO *et al.*, 2005; SANDRI *et al.*, 2005; FRANÇA *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 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 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 & BRUZZO, 1999; BELMIRO, 2000; MARTINS & GOUVÊA, 2005).

Segundo Freitas & 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 também apresentar outros temas que evidenciem a dinâmica da construção do conhecimento científico e possibilitem o desenvolvimento de atitudes e valores relacionados à cidadania (SANTOS & SCHNETZLER, 1997; SANTOS & MORTIMER, 2000).

Outro fator a considerar nos livros didáticos é a presença de exercícios que possibilitam a aprendizagem e compreensão do assunto de forma significativa. Nas obras analisadas, a maioria dos livros, ao final e no decorrer dos capítulos, apresentam 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 & 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 & 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 & 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.

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 que 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.; STOUGIE, 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.

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.

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 Gewandsznajder**. 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 congresso, 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.

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.

PINGEL, F. UNESCO Guidebook on Textbook Research and Textbook Revision, pp.9-11, Hannover, **Verlag Hahnsche Buchhandlung**. 1999.

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.” **Theor Biosci**, 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 em educação 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.

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 Biology Teacher**, 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.

3.3 MANUSCRITO 03: Quem é o ancestral? Uma proposta lúdica no ensino de evolução, submetido à Revista GENÉTICA NA ESCOLA, Ref.: GE-MS2013-011.

QUEM É O ANCESTRAL? UMA PROPOSTA LÚDICA NO ENSINO DE EVOLUÇÃO

A evolução biológica pode ser definida como a teoria que busca respostas acerca do surgimento das espécies ao longo do tempo, as semelhanças entre elas e as adaptações destas ao meio em que vivem, e os laços de ancestralidade comum, além de as transformações que geraram e geram a diversidade de seus componentes. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo propor um jogo didático como alternativa para compreensão da Evolução Biológica como um processo não linear, através da elaboração de hipóteses de relações de parentescos entre animais hipotéticos, estimulando o desenvolvimento do “pensamento em árvore”. O jogo consiste num tabuleiro e peças para montagem de árvores filogenéticas de animais hipotéticos. A construção de uma filogenia é uma forma lúdica, eficiente e de baixo custo para a introdução de conceitos filogenéticos no ensino médio.

Palavras-chave: Evolução Biológica, Sistemática Filogenética, Cladograma.

Seção: Material didático

INTRODUÇÃO

A utilização de aspectos da sistemática filogenética ainda é pouco adotada na sala de aula, pois se diferencia da forma tradicional do ensino de Biologia, a qual é baseada na segmentação de uma área do conhecimento em um grande número de disciplinas diferentes e aparentemente desconexas, o que prejudica o ensino e dificulta o aprendizado.

A construção de uma filogenia utilizando um tabuleiro com um cladograma e cartas com animais hipotéticos é uma forma lúdica, eficiente e de baixo custo para a introdução de conceitos filogenéticos no ensino médio. A proposta não apenas facilita o entendimento da evolução como um processo não linear que gera diversidade biológica, mas também pode facilitar o ensino de diferentes conteúdos da Biologia, muitas vezes consideradas como sendo apenas de memorização, como a zoologia. A atividade pode ser seguida pela construção de filogenias usando grupos existentes, como os vertebrados, o que reforça a compreensão dos conceitos envolvidos no assunto.

FUNÇÃO PEDAGÓGICA

A principal função da atividade proposta é auxiliar o aluno a compreender a Evolução Biológica como um processo dinâmico e não linear, estimulando o desenvolvimento do “pensamento em árvore” (*tree thinking*). Para tanto, torna-se necessário 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. A determinação de ancestralidade pode ser realizada de uma maneira simples, utilizando os princípios da sistemática filogenética, com base nas filogenias, nas quais são dispostas as relações de parentesco entre grupos biológicos baseadas na modificação de seus atributos através do tempo (MATIOLI, 2001).

OBJETIVO

O objetivo da atividade é entender que, devido à evolução biológica, os organismos originam-se a partir de ancestrais comuns e estão submetidos às forças da seleção natural e aos processos adaptativos. Portanto, estimular dessa forma a compreensão da evolução como um processo não linear, através da elaboração de hipóteses de relações de parentescos entre animais hipotéticos com base na sucessão de características.

O JOGO

INSTRUÇÕES PARA O PROFESSOR

1. Esta atividade pode ser aplicada para estudantes de Ensino Médio ou Superior, dependendo do nível de detalhamento teórico escolhido pelo professor. Poderá ser realizada individualmente ou em grupos de alunos de, no máximo, quatro pessoas.

2. Cada grupo deverá receber 01 folha tabuleiro representando uma árvore filogenética (cladograma ou filogenia) e 16 peças para montagem de animais hipotéticos, conforme os modelos (Anexo 01).

3. Indicamos ao professor imprimir o tabuleiro em papel tamanho A3 e cobri-lo com plástico transparente adesivo para maior durabilidade. O professor pode também adaptar o tabuleiro, se achar conveniente, para incluir mais espécies na atividade. Neste caso, seria necessário aumentar o número de peças.

4. É recomendável que o professor aplique esta atividade em turmas que já tiveram contato prévio com os conceitos de evolução biológica, classificação biológica e sistemática filogenética.

5. Após a aplicação do jogo sugerimos que o professor realize um momento de reflexão/avaliação com os alunos, sobre o assunto tratado na atividade, por exemplo, com os questionamentos de quais foram os critérios adotados no posicionamento das imagens; qual a relação estabelecida entre as figuras; como relacionam a atividade com a evolução biológica; que aspectos evolutivos foram relevantes; entre outras. Também sugerimos a construção de filogenias no ensino animais ou plantas, possibilitando a síntese de uma grande quantidade de informação (tais como características de morfologia externa, embriologia, fisiologia e comportamento) em árvores evolutivas, expondo as mudanças e os caracteres conservados.

PROCEDIMENTO PARA OS ESTUDANTES

1. Recortar as peças no local indicado para obter os dezesseis exemplares.
2. Separar as partes superior e inferior do corpo dos animais fictícios.
3. Observar as características expressas nas figuras e fazer uma triagem conforme as semelhanças e as diferenças.
4. Montar os animais hipotéticos escolhendo duas peças (parte superior e inferior) ao acaso. Cada animal hipotético representa uma espécie diferente na árvore.

5. Posicionar dois animais hipotéticos nas extremidades da árvore filogenética e reconstruir os ancestrais conforme a ordem de sucessão das características estabelecida pelo aluno ou grupo.

ENTENDENDO A ATIVIDADE

Após uma aplicação prévia do jogo em sala de aula, com alunos de Ensino Médio, foi possível estabelecer algumas considerações para o melhor entendimento da atividade proposta.

A divisão em etapas permite ao educando elaborar hipóteses sobre o assunto e compreender alguns aspectos do processo evolutivo como a herança das características e as relações de parentesco ao longo da atividade. Quando instigado a fazer a triagem e a montagem das figuras, o aluno pode determinar as características mais expressivas, como a cor ou o formato dos pés, avaliando as diferenças e as semelhanças entre as peças hipotéticas.

O posicionamento das imagens deve iniciar pela extremidade do cladograma (espécies atuais) para fazer a reconstrução dos prováveis ancestrais, com base nas características compartilhadas entre os descendentes, até o ancestral comum de todo o grupo. Dessa forma, o aluno reconstrói o processo de sucessão das características e monta a história evolutiva daqueles indivíduos, ao mesmo tempo em que entende como ocorrem as relações de parentesco e como a diversidade biológica é gerada a partir de um ancestral comum. O aluno deve compreender que os ancestrais estão extintos e que suas supostas características são hipóteses, podendo ou não estar presentes em todos os grupos que derivaram a partir dele, assim como as relações de parentesco entre as espécies atuais.

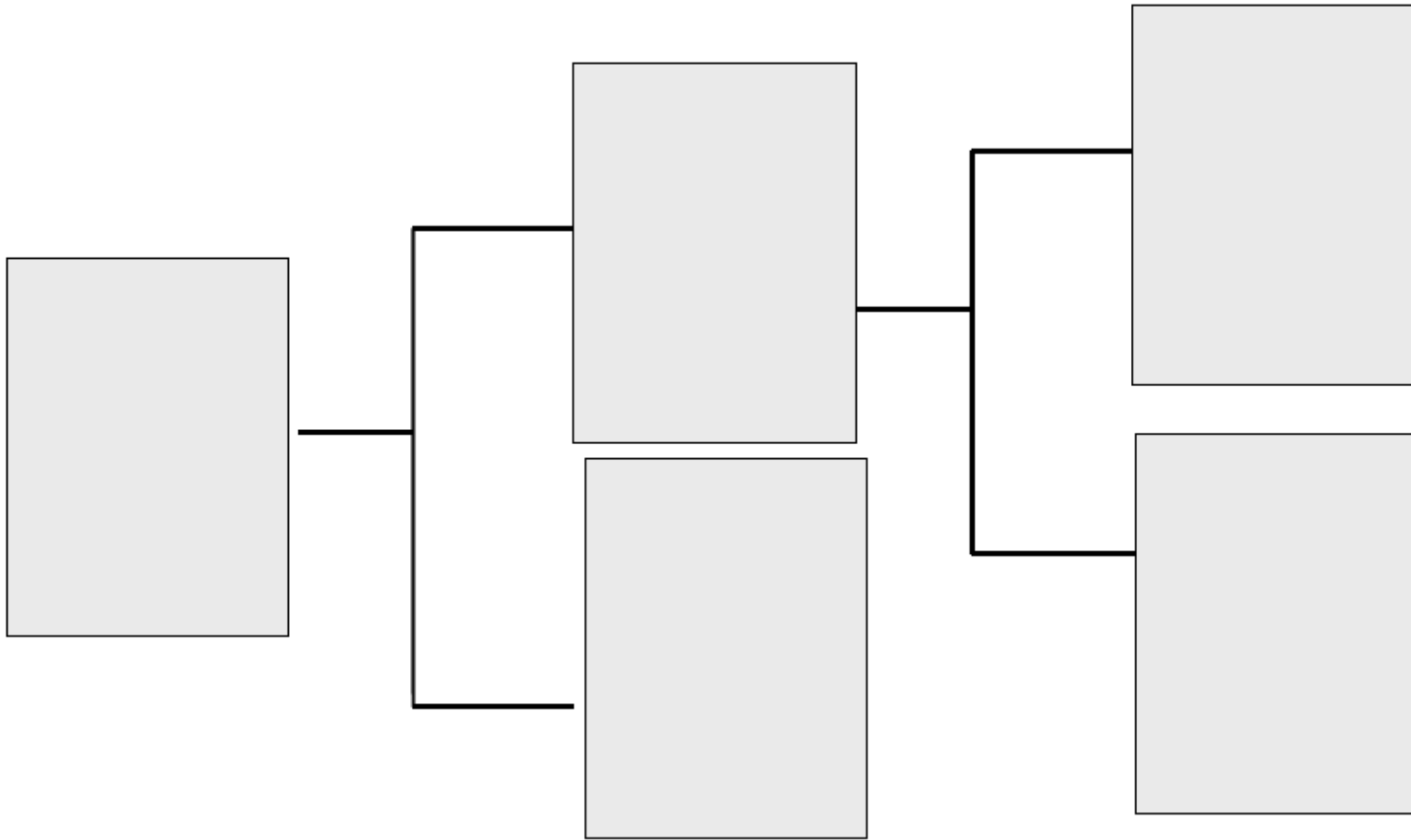
Ensinar Biologia através de uma abordagem filogenética não significa utilizar o método e seus algoritmos na sala de aula. A utilização de filogenias deve auxiliar na compreensão do processo evolutivo de forma que em aulas seguintes o professor possa relacionar o conteúdo estudado à evolução e o aluno possa perceber claramente esta relação. O “pensamento em árvore” deve ser estimulado durante toda a apresentação do conteúdo biológico. O cladograma deve orientar o professor antes e durante as aulas, permitindo ao aluno visualizar os padrões hierárquicos entre as espécies sob a luz de uma estrutura conceitual evolutiva, assim como a transformação de estruturas ao longo do tempo (LOPES, 2004). O jogo “Quem é o ancestral?” é uma forma simples de auxiliar no alcance destes objetivos.

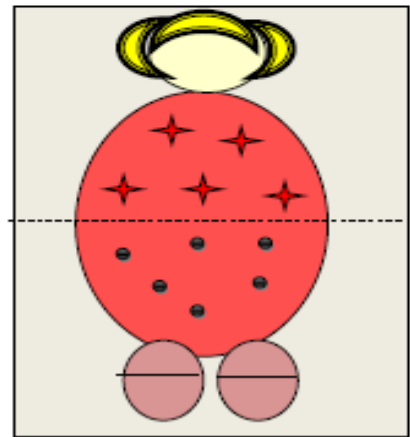
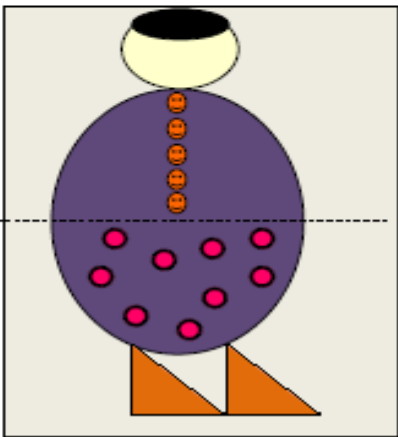
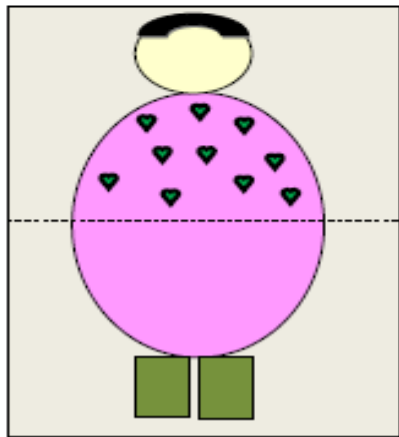
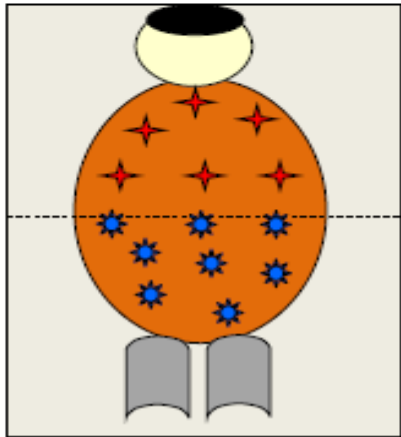
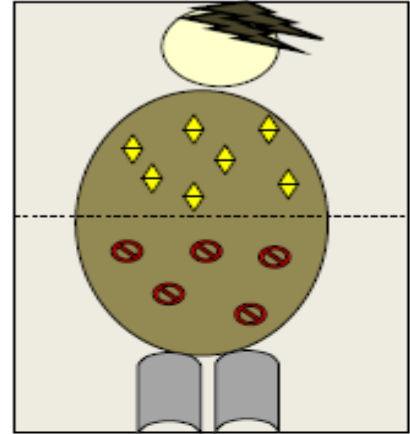
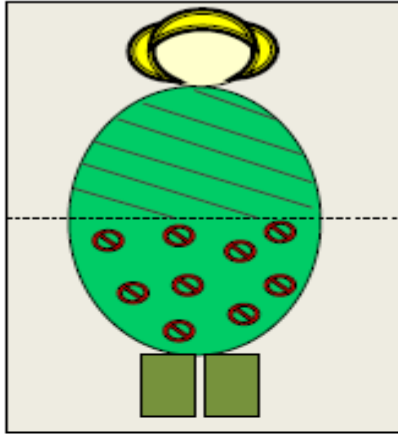
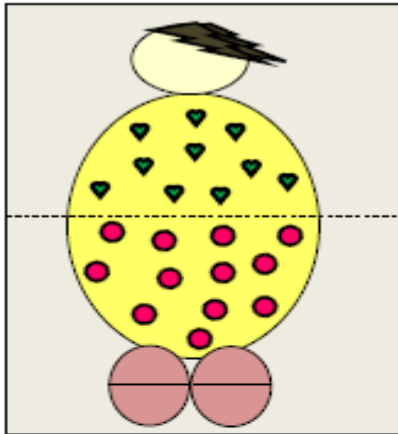
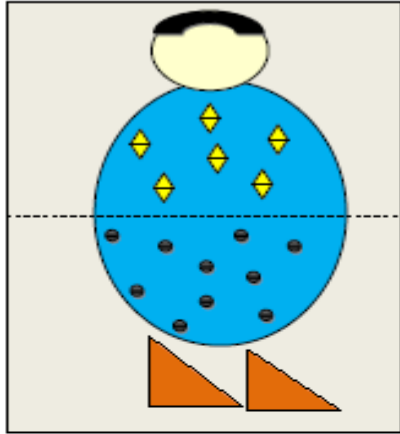
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOPES, W. R. Filogenia dos Animais: uma proposta para o ensino de zoologia no Ensino Fundamental. Resumos XXV Congresso Brasileiro de Zoologia. Brasília, p. 458, 2004.

MATIOLI, S. R. (Ed.). Biologia molecular e evolução. Ribeirão Preto, Editora Holos, 2001.

ANEXO 01. Folha tabuleiro representando uma árvore filogenética (cladograma ou filogenia) e 16 peças para montagem de animais hipotéticos.





4 DISCUSSÃO

Os biólogos evolucionistas veem a Biologia através da perspectiva filogenética, ou história evolutiva, isto é, eles consideram as entidades biológicas em termos de ramificação de estruturas e de relações de parentesco entre as espécies (BAUM & OFFNER, 2008; BAUM *et al.*, 2005; COOPER, 2002). Na sistemática filogenética, a informação biológica é organizada usando as filogenias, árvores evolutivas, que servem não apenas como ferramentas para pesquisadores de diversas áreas, mas também como quadro principal no qual a evidência evolutiva é avaliada (BAUM *et al.*, 2005). Dessa forma, assim como cada geógrafo precisa saber interpretar um mapa, cada biólogo precisa saber interpretar uma árvore evolutiva, ou árvore filogenética (O'HARA, 1998).

O mecanismo para a compreensão da evolução tem como parte fundamental para a alfabetização biológica "O desafio do pensamento em árvore" (BAUM *et al.*, 2005). A importância do raciocínio filogenético é permitir expandir, a partir da classificação evolutiva da vida, novas áreas, tais como biogenômica, avaliação ecológica e medicina evolutiva (HALVERSON *et al.*, 2011).

No Brasil, algumas tentativas de introduzir a abordagem evolutiva através do ensino de Sistemática Filogenética na Educação Básica têm ocorrido no Ensino Médio (AMORIM, 2005; AMORIM *et al.*, 2001; LOPES *et al.*, 2007) e fundamental (SCHUCH & SOARES, 2003) com boas perspectivas de ensino, quando utilizadas como eixo centralizador da discussão da biodiversidade.

No entanto, a abordagem tradicional nas escolas brasileiras muitas vezes não trata os temas evolutivos de maneira adequada, especialmente quando restringe seus conteúdos a uma visão limitada e descontextualizada tanto em termos históricos quanto conceituais (ROQUE, 2003).

Apesar da centralidade da Biologia evolutiva em relação às demais ciências da vida, ela ainda não representa, nos currículos educacionais, uma prioridade à altura de sua relevância intelectual e de seu potencial para contribuir com as necessidades da sociedade e na efetivação das propostas pedagógicas no cotidiano escolar (FUTUYMA, 2002). Concordando com Santos & Calor (2007a):

Ao tratarem da teoria da evolução, algumas das maiores dificuldades dos professores e dos alunos relacionam-se à (1) assimilação da dimensão temporal das mudanças

evolutivas, (2) reconhecimento da importância do pensamento populacional, (3) impossibilidade de se descobrir os verdadeiros grupos ancestrais dos organismos, (4) ideia de progresso na evolução e (5) relações genealógicas entre o homem e os demais animais. Essa lista converge com falsas concepções divulgadas pela mídia, as quais ecoam no ensino de biologia, dando origem a um ciclo sem fim de más interpretações (SANTOS & CALOR, 2007a, p. 01).

A sistemática filogenética precisa envolver a compreensão de mecanismos evolutivos (por exemplo, especiação e macroevolução), herança (por exemplo, genética e genômica), e utilizar ferramentas filogenéticas para organizar e representar relações evolutivas (HALVERSON *et al.*, 2011). No entanto, o “pensamento em árvore filogenética” de alguns biólogos parece impreciso quanto aos grupos de seres vivos e suas relações evolutivas (COBERN, GIBSON, & UNDERWOOD, 1999), assim como de muitos professores atuantes na educação básica.

Assim, a presente investigação buscou verificar as concepções dos professores sobre evolução biológica e sistemática filogenética no ensino; analisar se a abordagem do tema em livros didáticos pode contribuir para a construção de um pensamento não linear por parte do aluno; e propor um material didático para auxiliar o ensino de construção de filogenias.

As representações são essenciais para comunicar conceitos científicos abstratos (GILBERT, 2005). Na ciência, representações visuais (por exemplo, gráficos, mapas e árvores filogenéticas) são usadas para exibir dados, organizar informações complexas, e promover um entendimento comum dos fenômenos científicos (PALMER, 1978). Essas representações, como os cladogramas, são muitas vezes utilizada para apresentar múltiplas relações e processos que são difíceis de observar ou descrever, podendo ser consideradas um mecanismo para a transposição didática do conhecimento acadêmico/científico produzido nessa área. Compreender a natureza e o papel das representações visuais no assunto é importante quando se pensa em questões relativas à aprendizagem (HALVERSON *et al.*, 2011).

Embora a filogenia seja uma ferramenta central na Biologia, pouco se sabe sobre como os alunos a compreendem, usam e aprendem com esta ferramenta. No entanto, é claro que a maioria dos alunos não interpretam árvores da mesma maneira como os biólogos evolucionistas (BAUM *et al.*, 2005; MEIR *et al.*, 2007; GREGORY, 2008). Os alunos têm dificuldade em fazer sentido de árvores filogenéticas, porque eles se concentram em uma "leitura através das pontas" e em interpretar mais nós intermediários para significar que táxon está mais distantemente relacionado (BAUM *et al.*, 2005; MEIR *et al.*, 2007; GREGORY, 2008).

É preciso deixar claro que a ferramenta aqui proposta exige do professor um conhecimento adequado das bases da sistemática filogenética e das suas implicações – informações a esse respeito podem ser encontradas na internet ² ou em livros-textos de ampla circulação. Como em qualquer área do conhecimento, leitura e atualização constantes, incluindo consultas a obras, artigos e sites confiáveis sobre os tópicos estudados, são de grande importância para que os professores tornem-se cada vez mais refinados na sua argumentação e na sua prática pedagógica. Nesse sentido, o jogo didático, elaborado para desenvolver o “pensamento em árvore” por parte dos alunos, pode auxiliar como material de apoio nas aulas de introdução e caracterização da diversidade biológica.

Em relação à transposição didática da sistemática filogenética para os livros didáticos, constatou-se que o assunto é descrito e exemplificado para a introdução do estudo dos seres vivos, buscando estimular no aluno a ideia de relações de parentesco entre as espécies. Apesar disso, nos capítulos específicos ao ensino de cada reino, a abordagem evolutiva nem sempre é (re)vista e explorada.

²Filogenias:

http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19390/bdsv_filogenia1.swf?sequence=1

Jogo da evolução - Escale a árvore da vida, simule a seleção natural e teste seus conhecimentos sobre a origem e a evolução das espécies: <http://www.estadao.com.br/especiais/jogos-da-evolucao,47450.htm>

História evolutiva da vida: <http://www.timetree.org/>

Marco Evolutivo: <http://lablogatorios.com.br/marcoevolutivo>

Evolução da mente/ Rainha Vermelha: <http://lablogatorios.com.br/rainha/category/evolucao>

Understanding Evolution: <http://evolution.berkeley.edu/>

Um longo argumento: <http://charlesmorphy.blogspot.com.br/>

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs um estudo acerca das concepções de uma amostra de professores de Ciências e Biologia sobre a importância da evolução e da sistemática filogenética no ensino da diversidade biológica. Usando como exemplo o ensino de zoologia, os professores consideraram relevante a integração dos aspectos evolutivos aos grupos de animais, mas a maioria não aplica tais pressupostos por desconhecer ou ter um conhecimento superficial sobre o método da sistemática filogenética.

Nessa perspectiva, foi realizada a análise do conteúdo presente em alguns livros didáticos de Biologia, verificando que boa parte dos livros analisados possui potencial para contribuir no desenvolvimento do “pensamento em árvore” por parte dos alunos, além de tornar a sistemática filogenética uma ferramenta pedagógica para o cumprimento de alguns dos objetivos educacionais, tendo a evolução como eixo integrador do ensino de Biologia.

Entretanto, apesar dos livros apresentarem os assuntos relacionados às filogenias, os docentes precisam desenvolver as habilidades necessárias para poder trabalhar os conceitos evolutivos vinculados ao ensino da diversidade biológica, seja através de formação continuada, ou mesmo, na escolha do material didático que lhe dará apoio na transposição do conteúdo. Como sugestão de atividade o trabalho oferece um jogo didático que pode auxiliar na introdução à classificação biológica e na elaboração de hipóteses pelos alunos.

A sistemática filogenética pode ser uma alternativa para estimular a participação do aluno no processo de ensino e aprendizagem, desenvolver o espírito crítico e a argumentação em relação às teorias e métodos científicos, criar os meios para a interação com hipóteses, e auxiliar o professor a esclarecer dúvidas em relação à biodiversidade, minimizando a disseminação de conceitos errôneos.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. **Fundamentos da Biologia Moderna: volume único/ José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho**. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2006.

AMORIM, D. S. **Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino de zoologia e botânica no 2º grau**. In: Barbieri, M.R.; Sicca, N.A.L.; Carvalho, C.P. (Orgs). Título do livro. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2001.

AMORIM, D. S. Fundamentos de sistemática filogenética. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2002.

AMORIM, D. S. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2005.

ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas, SP: Papyrus, 1990.

BATISTA FILHO, A. R.; GOMES, E. B.; TERÁN, A. F. Transposição didática no ensino de ciências na escola do campo. **XX Encontro de Pesquisa Educacional Norte Nordeste (XX EPENN)**, Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus-AM, 2011.

BAUM, D. A. & OFFNER, S. Phylogenies and tree-thinking. **American Biology Teacher**, 70, p. 222-229, 2008.

BAUM, D.A.; SMITH, S.D.-W.; DONOVAN, S.S.S. The tree thinking challenge. **Science**, v. 310, p. 979-980, 2005.

BIZZO, N. **Novas bases da Biologia**. 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2008.

CALOR, A.R. & SANTOS, C.M.D. Filosofia e ensino de ciências: uma convergência necessária. **Ciência Hoje**, v. 210 (35), p. 59-61, 2004.

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.

CHALMERS, A. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Argentina: Aique, 1991.

COBERN, W. W., GIBSON, A. T., & UNDERWOOD, S. A. Conceptualizations of nature: An interpretive study of 16 ninth graders' everyday thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, 36, 541 – 564, 1999.

COOPER, R. A. Scientific knowledge of the past is possible: Confronting myths about evolution and scientific methods. **American Biology Teacher**, 64, 427 – 432, 2002.

DOMINGUINI, Lucas. A transposição didática como intermediadora do conhecimento científico e do conhecimento escolar. **Revista Eletrônica de Ciências da Educação**. Campo Largo, v. 7, n. 2, 2008.

FERREIRA, F. S.; BRITO, S. V.; RIBEIRO, S. C.; SALES, D. L.; ALMEIDA, W. O. A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. **Caderno Cultural Ciências**, v.2, n. 1, p.58-66, 2008.

FUTUYMA, D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade**. São Paulo: Editora de livros da Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualizations in science education**. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 2005.

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. ‘**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.

GREGORY, R.T. “Understanding evolutionary trees.” **Evo Edu Outreach**, v. 1, p. 121-37, 2008.

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e evolução no ensino de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 233f, 2005.

HALVERSON, K. L.; PIRES, C. J.; ABELL, S. K. Exploring the Complexity of Tree Thinking Expertise in an Undergraduate Systematics Course. **Science Education**. 2011.

HARRISON, R.G. Book review. **Nature**, v. 411, p. 635–636, 2001.

HENNIG W. **Phylogenetic Systematics**. Urbana: University of Illinois Press. 1966.

LOPES, W. R.; FERREIRA, M. J. M. & STEVAUX, M. N. Proposta pedagógica para o Ensino Médio: filogenia de animais. **Revista Solta a Voz**, v.18(2), 2007.

MATIOLI, S. R. (Ed.). 2001. **Biologia molecular e evolução**. Ribeirão Preto: Editora Holos.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

MEIR, E.; PERRY, J.; HERRON, J. C.; KINGSOLVER, J. College students’ misconceptions about evolutionary trees. **American Biology Teacher**, 7, 71 – 76, 2007.

MEYER, D. & EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Editora Unesp, 2005.

MIGLIO, M. A. & TERÁN, A. F. Concepções de professores sobre transposição didática em escolas da rede pública de ensino da cidade de Manaus. **XX Encontro de Pesquisa Educacional Norte Nordeste (XX EPENN)**, Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus-AM: 2011.

MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.

O'HARA, R. J. (1998). Population thinking and tree thinking in systematics. **Zoologica Scripta**, v. 26, p. 323 – 329, 1998.

PALMER, S. E. Fundamental aspects of cognitive representation. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 259 – 303). Hillsdale, NJ: Erlbaum.1978

PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17. n. 2, Pp. 174-188, 2000.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

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.

ROMA, V. N. & MOTOKANE, M. T. **Classificação biológica nos livros didáticos de biologia do ensino médio**. 2012. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/73372193/Texto-2-Classificacao-Biologica-Ensino-Medio-Livros-Didaticos>>. Acesso em: 12 abr 2012.

ROQUE, I. R. Girafas, mariposas e anacronismos didáticos. **Ciência Hoje**, v.34, p. 64-67, 2003.

RUPPENTHAL, R. O ensino do sistema respiratório através da contextualização e de atividades práticas. 2013. 104p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013

SANDVIK, H. Tree thinking cannot be taken for granted: challenges for teaching phylogenetics.” **Theor Biosci**, v. 127, p. 45-51, 2008.

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, C.M.D. & CALOR, A.R. Using the logical basis of phylogenetics as the framework for teaching biology. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 48, 199-211, 2008.

SANTOS, C.M.D. & KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: Teoria e Prática**, v.22, p. 62-81, 2012.

SCHUCH, L. M. M. & SOARES, M. B. Oficina de classificação: de pokemons e inoartropodos à sistemática filogenética. **Cadernos de Aplicação**, UFRGS, Porto Alegre, v.16, p. 9-18, 2003.

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 Biology Teacher**, v. 68, p. 149 – 151, 2006.

VEGA, C. S. & DIAS, E. V. **Taxonomia e Sistemática**. Livro Digital de Paleontologia: a paleontologia na sala de aula. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/paleodigital/Taxonomia.html>. Acesso em: 15 jun 2013.

ANEXOS

ANEXO 01. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do projeto: ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS:
CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS
DIDÁTICOS**

Pesquisador (a): Cadidja Coutinho

e-mail: cadidjabio@gmail.com

Orientador (a): Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

e-mail: marliselbs@gmail.com

Telefone para contato: (55) 3220 - 8465 ramal 25

Caro colega, você está sendo convidado para participar como voluntário, em uma pesquisa de doutorado do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Antes de concordar em participar é importante que você entenda as informações e instruções contidas neste documento.

Objetivo da pesquisa:

Para Professores: levantar as dificuldades na prática pedagógica de professores de Biologia de escolas estaduais e particulares de Santa Maria, RS referentes aos temas Evolução Biológica e Sistemática Filogenética, contribuindo para o entendimento dos problemas que permeiam a abordagem deste assunto.

Procedimentos para a execução da pesquisa: A pesquisa é de abordagem quali- quantitativa e os participantes serão professores de Ciências e Biologia do ensino fundamental e médio de escolas públicas e particulares de Santiago/RS. Para a coleta de dados será utilizado um questionário, e para análise das informações será utilizada a técnica de Análise Discurso do Sujeito Coletivo, proposto por Lefèvre e Lefèvre (2003).

Enfatizamos que os dados obtidos com a aplicação do instrumento investigativo, serão objetos de tratamento em conjunto, logo, será desnecessária a identificação do respondente (professores e alunos), e do nome de sua respectiva instituição (professores).

Tendo em vista as limitações do cronograma de trabalho, solicitamos que a devolução do questionário preenchido ocorra na data marcada para a aplicação dos questionários.

Os pesquisadores concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Biologia em um armário chaveado, na sala 1140-I do prédio 17, por um período de 2 anos sob a responsabilidade da Orientadora Prof. Dra. Marlise Ladvoat Bartholomei-Santos. Após este período, os dados serão destruídos.

Fui informado (a) ainda:

- Dos **benefícios** do presente estudo, assim como da garantia de receber respostas a qualquer pergunta e esclarecimentos a qualquer dúvida acerca da metodologia, benefícios e outros aspectos relacionados à pesquisa em desenvolvimento. Em caso de **possíveis desconfortos** em relação ao teor das perguntas, poderei recusar em respondê-las. Os benefícios esperados possibilitam um melhor entendimento dos problemas que permeiam a abordagem deste tema, contribuindo para uma reflexão da prática pedagógica do professor traçando novos caminhos no processo ensino e aprendizagem compatíveis com o conhecimento científico. Os **riscos** estão relacionados a haver constrangimento por parte dos professores ao não conseguirem responder às questões, o que poderá gerar ansiedade.
- Do sigilo que assegura a privacidade dos dados coletados no questionário e da **liberdade** ou não de participar da pesquisa, tendo assegurado esta liberdade sem quaisquer represálias atuais ou futuras, podendo retirar meu consentimento em qualquer etapa do estudo sem nenhum tipo de penalização ou prejuízo.
- Da **segurança** de que não serei identificado (a), e de que se manterá o caráter confidencial de informações relacionadas à minha privacidade, a proteção de minha imagem e a não estigmatização.
- Da garantia de que as informações **não** serão utilizadas em meu **prejuízo**;
- Da liberdade de acesso aos dados do estudo em qualquer etapa da pesquisa;
- De que não terei nenhum tipo de despesas econômicas, bem como, não receberei nenhuma indenização pela minha participação na pesquisa.

Nestes termos e considerando-me livre e esclarecido (a), consinto em participar da pesquisa proposta, resguardando à autora do projeto, propriedade intelectual das informações geradas e expressando concordância com a divulgação pública dos resultados, sem qualquer identificação dos sujeitos participantes.

O presente documento está em conformidade com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Será assinado em duas vias, de teor igual, ficando uma em poder do participante da pesquisa e outra em poder das pesquisadoras.

Eu.....RG n°

CPF n°instituição.....

concordo em participar do estudo. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador.

Local e data

Nome e assinatura

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP-UFSM

Av. Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria – 7º andar – Campus Universitário – 97105-900 –

Santa Maria-RS - tel.: (55) 32209362 - email: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

Anexo 02. TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: ENSINANDO EVOLUÇÃO ATRAVÉS DE FILOGENIAS: CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES E CONTRIBUIÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS

Pesquisador responsável: Cadidja Coutinho

Instituição/Departamento: UFSM/ Biologia

Telefone para contato: (55) 3220 – 8465 ramal 25

Local da coleta de dados: Escolas de Santiago

Os pesquisadores do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos participantes cujos dados serão coletados através de questionários. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Biologia por um período de 2 anos sob a responsabilidade da Prof. Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos. Após este período, os dados serão destruídos. Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM em 13/09/2011, com o número do CAAE 0204.0.243.000-11.

Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos

RG 20.130.126 SSP/SP