

## A evolução biológica nas aulas de biologia: concepções de estudantes da 3<sup>a</sup>. série do ensino médio de uma escola pública estadual de Avaré (SP)

Biological evolution in biology classes: conceptions of students from 3rd. high school grade in a public school of Avaré (SP)

*Tarsila Ferraz Frezza<sup>1</sup>, Igor Miras Thomé<sup>2</sup>*

### Resumo

Entendemos por Evolução Biológica o conjunto de processos de modificações de caracteres hereditários que tem transformado a vida na Terra, propiciando a diversidade de organismos existentes. Os PCN e a OCEM propõem um enfoque ecológico-evolutivo sobre os conteúdos em Biologia. Entretanto, isso nem sempre é contemplado de forma adequada. Este trabalho visou avaliar as concepções do tema de alunos da 3<sup>a</sup>. série do ensino médio em uma escola estadual para, depois, promover a difusão do conhecimento crítico-científico sobre a Evolução Biológica. Inicialmente, realizamos uma avaliação diagnóstica e, posteriormente, uma intervenção educativa. Após a intervenção, aplicamos outra atividade avaliativa; com esta última avaliação pudemos perceber que as respostas dadas foram mais baseadas no conhecimento crítico-científico. Finalmente, apontamos também, neste artigo, alguns desafios em se trabalhar esse assunto de forma integradora.

**Palavras-chave:** evolução biológica; ensino médio de biologia; livros didáticos.

### Abstract

We understand that the Biological Evolution is the set of processes of modifications in hereditary characters that has transformed the life on Earth, promoting the diversity of existing organisms. PCN and OCEM propose an ecological-evolutionary approach of the content in Biology. However, this is not adequately approached. This work aimed to evaluate the conceptions of 3<sup>rd</sup>. High School grade, in a public school, to promote the diffusion of critical-scientific knowledge about this theme. Educational intervention was carried out and, after this intervention, another activity was applied, and was possible to notice that the students answers were based more in the scientific knowledge. Finally, we identified some challenges about to work this knowledge with an integrative approach.

**Keywords:** biological evolution; high school biology; didactic books.

---

<sup>1</sup> Doutora em Parasitologia - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, SP - Brasil. Docente - Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Avaré, SP - Brasil. **E-mail:** [taferraz@gmail.com](mailto:taferraz@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestrado em andamento - Educação para a Ciência. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Bauru, SP - Brasil. Graduado em Ciências Biológicas. Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Avaré, SP - Brasil. **E-mail:** [rasmi.igor@gmail.com](mailto:rasmi.igor@gmail.com)

**Submetido em:** 29/02/2020 - **Aceito em:** 08/06/2020

## 1 Introdução

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN) e sua complementação (PCN+), bem como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), propõem um enfoque ecológico-evolutivo no que diz respeito à abordagem dos conteúdos no ensino de Biologia (BRASIL, 2000; BRASIL, 2006 a, b). De acordo com a OCEM:

O aluno precisa ser capaz de estabelecer relações que lhes permitam reconhecer que tais sistemas se perpetuam por meio da reprodução e se modificam no tempo em função do processo evolutivo, responsável pela enorme diversidade de organismos e das intrincadas relações estabelecidas pelos seres vivos entre si e com o ambiente (BRASIL, 2006b, p. 20).

O tema Evolução Biológica deveria ser, portanto, tratado como eixo central das Ciências Biológicas, com ligações claras aos conteúdos de Citologia, Genética, Ecologia, Zoologia, Botânica, Fisiologia no currículo do Ensino Médio (CAIRES-JUNIOR; ANDRADE, 2015). Entretanto, o tópico Evolução Biológica nem sempre é contemplado de forma adequada, uma vez que o tempo destinado para abordá-lo é pouco, geralmente é ensinado apenas no último ano (OLEQUES et al., 2011). Para Meyer e El-Hani (2005), tratar a Evolução Biológica como mais um conteúdo a ser passado não é apropriado, porque as ideias evolucionistas têm um papel central na organização do pensamento biológico.

O objetivo deste trabalho é avaliar as concepções acerca do tópico Evolução Biológica de estudantes da 3ª. série do Ensino Médio de uma escola pública estadual para, depois, promover a difusão do conhecimento crítico-científico sobre o assunto. O presente trabalho também se propõe a apontar os desafios existentes em trabalhar Evolução Biológica como eixo integrador da Biologia no Ensino Médio.

## 2 O tema Evolução Biológica e a importância de se superar o senso comum sobre o assunto

Entendemos por Evolução Biológica o conjunto de processos (aleatórios ou não aleatórios) de alteração e modificação de caracteres hereditários ao longo do tempo que tem transformado a vida na Terra desde seus primórdios, propiciando a diversidade de organismos existentes na atualidade (REECE et al., 2015). Trata-se de um fenômeno que pode dar origem a novas espécies ou extinguir as já existentes (CARVALHO, 2015). Consequentemente, a Teoria da Evolução é um conjunto de afirmações sobre os processos envolvidos na Evolução Biológica, causadores da história dos eventos evolutivos (FUTUYMA, 2009).

Durante um longo período, explicações religiosas foram utilizadas como respostas para a origem do Universo e da vida (SOARES, 1999). Segundo Linhares e Gewandsznajer (2004), até o século XVIII, era predominante a ideia de que cada espécie teria surgido por meio de uma criação divina, permanecendo com as mesmas características até os dias atuais. Em contrapartida, diversas teorias foram elaboradas para encontrar respostas científicas acerca da evolução, sendo principais as de Jean-Baptiste Lamarck, Charles Robert Darwin e a Teoria

Sintética da Evolução (que conciliou a teoria de Darwin com os fatos genéticos) (MAYR, 2005; CARVALHO, 2015). Embora essas teorias sejam disseminadas pelos livros de Ciências e Biologia, é importante pensar que os livros didáticos, por vezes, fornecem uma visão distorcida sobre diferentes aspectos da História da Ciência, como no que diz respeito à evolução, devido ao uso falho e superficial do conhecimento histórico (MARTINS, 1998).

Assim, é genericamente divulgado que, para o naturalista francês Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, o princípio da evolução estaria sustentado pela “Herança de características adquiridas” (ou “lamarckismo”): o uso extensivo de determinadas partes do corpo tornaria estas maiores e mais fortes, enquanto que o desuso de estruturas e órgãos fariam com que essas atrofiassem e, além disso, o ser vivo poderia transmitir essas modificações à sua prole (SOARES, 1999).

Lamarck é mais lembrado pelo mecanismo de transmissão de características do que por sua visão pioneira em explicar mecanismos que teriam levado a uma progressão das espécies (MARTINS, 1993). Martins (1998) explica que, na verdade, a hipótese de herança do adquirido ocupou um lugar secundário na teoria de Lamarck, uma vez que sua obra é “muito mais ampla” e não resumida apenas ao que é genericamente chamado de “lamarckismo”. Vale salientar que a ideia de herança dos caracteres adquiridos já existia anteriormente à Lamarck; esta ideia também foi aceita, inclusive, por Charles Darwin ao admitir que algumas mudanças acidentais poderiam ser transmitidas aos descendentes (MARTINS, 1998).

Em 1859, Charles Darwin publicou um de seus livros mais importantes: “A origem das espécies”, contendo a teoria sobre a origem de todas as espécies a partir de ancestrais comuns e, distintamente de uma explicação transformacional (como a de Lamarck), Darwin estabeleceu uma teoria seletional (CAPONI, 2005; MAYR, 2005). Entre os conceitos centrais, discutidos por Darwin, estão os de “Descendência com modificação” e de “Seleção natural”, uma vez que os seres vivos enfrentariam com maior ou menor sucesso as mudanças no ambiente. As características de um organismo poderiam, portanto, influenciar não somente o seu próprio desempenho, mas também o quanto a sua prole conseguiria lidar com as condições adversas do ambiente (REECE et al., 2015; MAYR, 2005).

Uma das lacunas deixadas na teoria de Darwin diz respeito aos mecanismos pelos quais os caracteres são passados dos ancestrais aos descendentes (GASPAR; MATOS, 2014). Assim, a compreensão mais clara de como as diferenças entre os organismos seriam produzidas e transmitidas para gerações posteriores foi possível a partir da reconciliação entre o mendelismo e o darwinismo, no começo da década de 1920 (GOULD, 2001). A união das teorias de Darwin e Mendel resultou na Teoria Sintética da Evolução, que integra mudanças evolutivas graduais e estabilidade genética (FUTUYMA, 2009). De acordo com essa teoria, sob ação da seleção natural, as variantes genéticas que contribuem para vantagens adaptativas são incorporadas por indivíduos de uma população e repassadas aos seus descendentes (WAIZBORT, 2001). Basicamente, a teoria sintética é centrada na adaptação e trabalha principalmente com genes e mudanças em frequências alélicas dentro das populações, ocorrendo principalmente por meio

de fenômenos como a recombinação e mutação gênica, além da deriva genética e o efeito de fundador (FUTUYMA, 2009).

Apesar da imensa diversidade de organismos já extintos e viventes, muitas características são compartilhadas (REECE et al., 2015). Por meio da análise da filogenia e da anatomia dos seres vivos, se torna possível traçar parentescos e sequências evolutivas entre eles (CARVALHO, 2015). Para tal análise, existem três classificações para as características compartilhadas: órgãos homólogos, análogos e vestigiais (FUTUYMA, 2009).

Em síntese, as teorias da evolução são fruto do desenvolvimento do pensamento científico, na busca por explicações coerentes para os fatos observados na natureza (GASPAR; MATOS, 2014). Nesse sentido, a escola tem um papel fundamental, não apenas em relação à difusão do conhecimento, mas também em fornecer meios para que o aluno desenvolva um senso crítico do mundo à sua volta e supere o senso comum (GADOTTI, 2006).

Assim, conforme as OCEM (BRASIL, 2006b), o aluno precisa se reconhecer como um ser vivo que está sujeito aos mesmos processos e fenômenos que os demais. Por essa razão, compreender o conhecimento científico acerca das teorias evolutivas e adquirir conhecimento científico favorece o aluno na percepção de seu papel social como cidadão, sendo possível interagir com qualidade com o mundo e entender sua própria origem baseada em evidências (GASPAR; MATOS, 2014).

### 3 Metodologia

O presente trabalho baseou-se na metodologia de pesquisa-ação dividida, portanto, em três etapas: (i) Etapa 1: Observação (que consistiu na construção do esboço do problema a partir da coleta de dados, utilizando uma avaliação diagnóstica para este fim); (ii) Etapa 2: Análise e Intepretação dos Dados (por meio de análises de dados qualitativos e quantitativos); (iii) Etapa 3: Intervenção Educativa (que consistiu na etapa de solução do problema e de implementação de melhorias a partir dos dados obtidos) (TRIPP, 2005; CRESWELL, 2007). Além dessas, foi realizada uma quarta etapa (Etapa 4), por meio da aplicação de uma segunda avaliação, pós intervenção educativa, visando avaliar a qualidade da ação. Essa metodologia foi escolhida pois, segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação educacional é uma estratégia que permite aprimorar o ensino dos professores e, conseqüentemente, o aprendizado dos alunos, visto que é um processo que permite aprimorar a prática “pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela” (TRIPP, 2005, p. 445-446). Assim, “planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação” (TRIPP, 2005, p. 446).

*Etapa 1: Avaliação diagnóstica*

O projeto teve início com a realização de uma avaliação diagnóstica com três turmas da 3ª. série do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Avaré-SP, totalizando 58 alunos participantes. A avaliação diagnóstica visou realizar um levantamento das concepções dos alunos sobre o tema “Evolução Biológica”, antes da intervenção educativa. Dessa forma, o instrumento utilizado foi um questionário anônimo com perguntas abertas sobre o tema “Evolução Biológica”. A escolha por questões abertas baseou-se na problemática relatada por Gunther (2003), uma vez que, por se tratar de uma pesquisa inicial e exploratória, não havia o conhecimento acerca da variabilidade ou complexidade das possíveis respostas. Foram feitas as seguintes questões: (1) O que você entende por Evolução Biológica? (2) Todos os seres vivos (bactérias, vírus, plantas, homens e animais) têm parentesco entre si? Justifique. (3) Como o homem evoluiu? (4) Uma ave e um inseto com asas têm semelhanças entre si? Justifique. (5) Por que existem espécies diferentes?

*Etapa 2: Análise/Interpretação dos dados da avaliação diagnóstica e escolha da turma participante*

O gabarito das questões da primeira pesquisa foi elaborado baseado nos conceitos existentes no “Caderno do Aluno” (referente ao 4º. bimestre do 3º. ano do Ensino Médio), fornecido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE, 2014). Esta decisão foi tomada devido à tradição do uso deste material didático na escola, buscando não distanciar o gabarito daquilo que os alunos aprenderam nas aulas de Biologia. Assim, esperávamos que os estudantes embasassem suas respostas em conhecimentos nas áreas de Ecologia, Citologia, Genética e Diversidade Biológica. As respostas foram transcritas, agrupadas conforme o completo ou incompleto atendimento ao gabarito e analisadas quali e quantitativamente.

Outra forma de analisar as respostas escritas pelos alunos foi por meio do instrumento “WordClouds” ou “Nuvem de Palavras”. Através deste instrumento, foi possível escolher a turma de alunos que participaria da intervenção educativa.

Entende-se por nuvem de palavras a visualização especial de textos ou frases em que as palavras com maior relevância são efetivamente destacadas, ocupando proeminência em uma representação visual. Assim, as palavras são correlacionadas à sua importância dentro de um conteúdo (MCNAUGHT; LAM, 2010).

Conforme proposto por Burch et al. (2013) e Heimerl et al. (2014), a formação de uma nuvem de palavras a partir de um texto pode servir de ponto inicial para análises mais profundas, resumindo textos e permitindo a compreensão sobre o número e quantidade de tópicos presentes. A listagem destes tópicos e temas abordados, por meio de uma compreensão da frequência geral de palavras, permite identificar principais pontos de vista (MCNAUGHT; LAM, 2010) e auxiliam no julgamento da relevância de palavras para atender à necessidade quanto a informação específica que se deseja encontrar (HEIMERL et al., 2014).

Para a criação desta “nuvem”, as respostas entregues em papel pelos alunos foram convertidas em formato eletrônico para uma planilha de Microsoft Excel<sup>®</sup> (do pacote de programas Microsoft Office<sup>®</sup>) e classificadas de três formas: (i) atende completamente; (ii) não atende completamente e (iii) respostas em branco. Para serem consideradas como: “atende completamente”, as respostas deveriam contemplar os aspectos pré-determinados pelo gabarito, com possíveis variações. Do contrário, foram classificadas como “não atende completamente”, ou seja, a questão estava parcialmente correta não contemplando todos os aspectos estipulados no gabarito. Foram consideradas “em branco” as perguntas que não apresentavam respostas. Em seguida, a ortografia de cada resposta foi verificada (a fim de padronizar palavras similares) e foram removidas as pontuações e preposições. Os dados foram adaptados para o site Word Clouds (<https://www.wordclouds.com/>), como proposto por Ramsden e Bate (2008), originando as nuvens de palavras.

### *Etapa 3: Intervenção educativa por meio de palestras e atividade lúdica*

A partir da análise das respostas, realizamos uma intervenção educativa por meio de palestra, retomada das questões diagnósticas e, em seguida, do jogo intitulado “Evolução: Seleção Natural” (jogo presente na Experimentoteca – elaborada pelo CDCC da USP – existente no Laboratório de Didática do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFSP-Avaré) para a turma II do 3º. ano (total de 30 alunos). Os estudantes foram divididos em grupos e cada grupo recebeu uma bandeja, dois potes de sementes, um alicate, uma tesoura, uma pinça e um prendedor de roupas. Cada grupo recebeu também um roteiro de atividade. As ferramentas descritas (alicate, tesoura, pinça e prendedor de roupa) representaram diferentes bicos de aves e foram utilizadas para a observação de quais sementes poderiam capturar em um determinado tempo.

### *Etapa 4: Segunda avaliação e análise/interpretação dos dados*

A atividade lúdica gerou um relatório contendo respostas para as perguntas (segunda pesquisa), seguindo a proposta da Experimentoteca: (1) Depois da aula de hoje, como você explicaria a existência de diferentes espécies? (2) Caso a área onde viviam estas aves fosse degradada, diminuindo a diversidade de espécies vegetais, quais pássaros teriam maior chance de sobreviver? Além disso, quais teriam menor chance de sobreviver? O que você considerou para chegar a essa conclusão? (3) De acordo com a aula de hoje, como você definiria este processo pelo qual a partir de uma mesma espécie (tentilhões) surgem diferentes tipos de bicos? (4) Os bicos dos tentilhões observados por Darwin são órgãos homólogos ou análogos? Justifique sua resposta. As respostas foram novamente analisadas quali e quantitativamente, permitindo avaliar se houve mudança conceitual sobre o tema Evolução Biológica.

## 4 Resultados e discussão

### *Etapas 1 e 2: Avaliação diagnóstica, Análise/Interpretação dos dados da avaliação diagnóstica e escolha da turma participante*

A questão 1: “o que você entende por evolução?”, tinha como resposta esperada “o processo no qual ocorrem mudanças e transformações nos seres vivos ao longo do tempo, dando origem a outras espécies” ou “o processo de descendência com modificação” e possíveis variações que atendessem ao padrão de resposta esperado. Essa questão, por estar relacionada diretamente ao tema do projeto, objetivava realizar uma sondagem das concepções dos alunos sobre a definição de evolução. As respostas dadas puderam ser agrupadas nas que (1) descreviam o surgimento de novas estruturas nos seres vivos como, forma de provar que houve “evolução” (por exemplo: “quando um animal ou planta desenvolve algo que não tem em seu corpo”; “como se um macaco desenvolvesse asas”); (2) abordavam o desenvolvimento embriológico do ser vivo (“desenvolvimento do ser vivo no útero ao longo da gestação”); (3) apontavam para mudanças, avanços ou crescimento como forma de mostrar que no processo de evolução sempre há algum tipo de melhoria (“quando algo muda para melhor”); (4) faziam algum tipo de relação com a evolução do *Homo sapiens* (“como exemplo temos o *Homo sapiens* que evoluiu no que somos hoje”) e (5) faziam relações com o avanço das pesquisas e do desenvolvimento tecnológico (“ocorre em todos os seres vivos e também em métodos tecnológicos” e “os smartphones, o iPhone 5 para o 7; isso é evolução”).

Um aluno respondeu que entendia por evolução as “Mudanças e transformações nos seres vivos dando origem a outras espécies”, aproximando-se bastante de uma definição satisfatória, mas que não atendia completamente à resposta esperada. Isso porque, percebeu-se que o fator tempo não foi levado em consideração pelos alunos o que indica uma falha na relação entre eras geológicas e a história da humanidade com o tema deste trabalho. De acordo com Almeida (2012), sabemos que a Evolução Biológica é um processo lento e por isso a não compreensão desta como um processo que ocorre lentamente, pode comprometer o entendimento sobre a evolução.

As respostas dadas para esta questão orientaram na escolha do material utilizado na intervenção educativa, visando inserir o tempo como fator importante no processo evolutivo, além de desconstruir a ideia de que a evolução seria um processo de desenvolvimento de melhorias nos seres vivos.

A questão 2 “todos os seres vivos (bactérias, vírus, plantas, homem e animais) têm parentesco entre si? Justifique”, tinha como pré-requisitos os conteúdos específicos de “Organização celular como característica fundamental de todas as formas vivas” (trabalhados no 2º ano do Ensino Médio durante 1º bimestre) dentro do tema “Identidade dos seres vivos”, subtema “Organização celular e funções vitais básicas” e dentro do conteúdo geral de “Organização celular da vida”, em relação à proposta curricular do estado de São Paulo (SEE, 2008), PCN (BRASIL, 2006a) e Caderno do Aluno (SEE, 2014). Neste caso, a resposta

esperada era “sim, os seres vivos têm parentesco entre si, uma vez que possuem a célula como unidade básica da vida” ou “sim, pois possuem material genético e derivam de um ancestral”, dentre possíveis variações.

Essa questão teve um total de 13 respostas “sim”, enquanto que apenas 4 alunos responderam “não”. Entretanto, a maioria das justificativas (tanto para respostas positivas quanto para negativas) mostrou-se superficial, por exemplo: “*sim, pois todos têm uma semelhança ‘em comum’*”; “*eles têm, como filhos, mães, tios e primos*” ou “*porque todos são seres vivos*”. Por duas vezes a resposta dada foi “*sim, pois eles podem derivar de outras espécies*”, que se destacou em meio às justificativas mais superficiais. Também, por duas vezes, surgiram respostas fazendo relação entre as semelhanças que certos seres vivos possuem, aparecendo o exemplo clássico (e incorreto) de que o homem teria “*vindo do macaco*”. Não houve resposta que buscasse relacionar os seres vivos com a existência de material genético (DNA ou RNA).

De acordo com Waizbort (2001), embora na história da biologia tenha ocorrido uma oposição entre darwinistas e mendelianos, o aprofundamento nos estudos sobre genética e a descoberta do código genético no século XX, atrelaram uma teoria à outra e, dessa forma, enquanto a teoria de Darwin explicava a evolução e a mudança dos seres vivos, a teoria de Mendel explicava a permanência, ou seja, como uma característica podia reaparecer na geração seguinte. A fragilidade nesse conhecimento mostrou que os alunos tiveram dificuldade em estabelecer relações com os conceitos sobre a organização celular (característica fundamental de todas as formas vivas), vistos com maior enfoque no 1º. bimestre na 2ª. série do Ensino Médio, além de “o parentesco entre os seres vivos” e “os fundamentos da hereditariedade”, vistos no 2º. bimestre, também na 2ª. série (SEE, 2008). Esses conceitos seriam pré-requisitos importantes para o entendimento da Biologia Evolutiva como eixo integrador dos conteúdos curriculares de Biologia. Conforme a Proposta Curricular do Estado de São Paulo, no 1º. bimestre da 3ª. série do Ensino Médio, deve-se abordar o tema “Classificação Biológica”, seguido de “A Biologia das Plantas” e “A Biologia dos Animais” no 2º. bimestre, para então, nos 3º. e 4º. bimestres tratar do tema evolução. Esse distanciamento cronológico entre os temas pré-requisitos pode ter propiciado uma fragilidade neste conhecimento.

A questão 3 “como o homem evoluiu?”, que também se relacionava diretamente ao tema do projeto, visava identificar concepções baseadas no senso comum, como ideias de que o homem teria evoluído diretamente dos macacos e que essa evolução teria acontecido de forma linear. Além disso, buscava identificar o conhecimento dos alunos com enfoque na Evolução Biológica do homem ao longo da história. A resposta esperada era “o homem evoluiu a partir de um ancestral comum aos primatas, se diferenciando pelo bipedalismo e o cérebro complexo” ou apontando também características como “capacidade de confeccionar ferramentas e de se comunicar por meio da linguagem”, dentre outras variações.

Assim como na questão 2, as respostas dos alunos foram dadas de forma superficial. As respostas não traziam informações acerca do berço da humanidade (continente africano, há cerca de 300 mil anos) ou da existência de um ancestral comum entre humanos e primatas. Não houve resposta que abordasse o hábito originalmente coletor da espécie humana, o domínio do fogo, a capacidade de comunicação, a produção de ferramentas, o bipedalismo ou o grande e complexo cérebro humano, com seu volume aumentado devido a dieta rica em proteínas (MEYER; EL-HANI, 2005). Por cinco vezes a frase “*o homem evoluiu do macaco*” apareceu nas respostas. Percebemos que associar a origem do homem a partir do macaco é talvez mais simples que compreender que ambos têm um ancestral em comum, o que exigiria maior conhecimento sobre os processos evolutivos (CARNEIRO, 2004).

Concepções darwinistas também foram identificadas em respostas como “*ele foi se desenvolvendo de acordo com o ambiente em que viveu para se adaptar melhor*”. As demais respostas envolveram a associação da evolução do homem com a “*capacidade de reprodução*”, “*capacidade de ficar mais esperto*”, “*capacidade de desenvolver estudos e conhecimentos aprofundados e avançados sobre outros seres*”, “*seu jeito de pensar e viver*”, “*evoluiu por necessidade*” e “*por meio de descobertas e tecnologia*”.

A questão 4 “*uma ave e um inseto com asas possuem semelhanças entre si? Justifique*”, tinha como pré-requisito o conhecimento sobre conteúdos pertencentes ao 2º bimestre do 3º ano do Ensino Médio (Tema: Diversidade da vida; Subtema: A biologia dos seres vivos; Conteúdo geral: A biologia dos animais), além de conhecimentos das áreas da Ecologia e da Citologia. A resposta esperada era: “*sim, uma ave e um inseto com asas teriam em comum o fato de que podem voar, possuem sistemas, células, DNA e são integrantes do Reino Animalia*”, bem como possíveis variações. Seria interessante que o aluno também apontasse que o inseto é um invertebrado e a ave é um vertebrado e que suas asas são estruturas análogas (sem ancestralidade comum, mas com a mesma função).

Doze respostas foram adequadas quanto às semelhanças entre uma ave e um inseto com asas, enquanto que duas respostas foram inadequadas. As respostas possibilitaram identificar dificuldades relacionadas ao conteúdo da biologia dos seres vivos, demonstradas pelos seguintes exemplos: “*todas as aves têm asas, os insetos não, mas a galinha contém asas e não voa*” e “*semelhanças: os dois voam, mas um é animal e o outro é um inseto*”. Respostas rasas também foram encontradas, caracterizadas por frases como “*sim, as asas, mas nem todas as aves voam e nem todos os insetos têm asas*” e “*sim, os dois voam*” (ambas aparecendo por três vezes), “*sim, uma delas é a asa*”, também em respostas inadequadas tais como “*não, porque a ave come peixes, insetos e minhocas, enquanto os insetos que voam comem outros tipos de coisas, a única semelhança entre eles é que eles voam*” e “*não, eles têm características muito diferentes*.” Houve uma resposta em que um aluno utilizou de conhecimentos de Citologia e Ecologia, dizendo que “*sim, as asas; esses animais são pluricelulares e heterótrofos*.” Além dessa, houve duas respostas que relacionaram aves e insetos com asas pela presença de células e de asas.

Vale salientar que caracteres homólogos são os que estão presentes em dois ou mais táxons, mas filogenética e ontogeneticamente indicam que constituem o mesmo caráter no ancestral comum destes táxons (BRUSCA; BRUSCA, 2015). As estruturas análogas, por sua vez, compartilham funções similares, mas não ancestrais comuns. Embora organismos com parentesco próximo compartilhem características em consequência da descendência comum, organismos de parentesco distante podem ter estruturas semelhantes por uma razão distinta: a evolução convergente (REECE et al., 2015). Por meio deste fenômeno, estruturas aparentemente semelhantes podem evoluir em táxons completamente sem relação, de modos diferenciados, uma vez que decorrem de demandas ecológico-funcionais semelhantes (BRUSCA; BRUSCA, 2015). Em contrapartida, é possível que indivíduos de uma espécie sofram diferenciação progressiva quando populações são isoladas em decorrência da distribuição geográfica, promovendo um fenômeno conhecido por irradiação adaptativa (CARVALHO, 2015). As irradiações adaptativas são, portanto, divergências múltiplas a partir de um ancestral comum que resulta em mais do que duas linhagens de descendentes (BRUSCA; BRUSCA, 2015). Dessa forma, o maior problema em apontar as asas como características semelhantes em aves e insetos alados é o fato de que, embora ambos tenham capacidade vôo, suas asas não são iguais. As respostas propiciaram que a intervenção educativa abordasse conceitos de homologia, analogia e processos como convergência evolutiva e irradiação adaptativa.

A resposta “*semelhanças: os dois voam, mas um é animal e o outro é um inseto*” é preocupante, uma vez que mesmo que um seja um vertebrado (ave) e o outro um invertebrado (inseto com asas), ambos são pertencentes ao Reino Animalia, ou seja, são animais. A resposta “*sim: as asas; esses animais são pluricelulares e heterótrofos*” demonstrou uma boa capacidade de argumentar baseado em conceitos aprendidos nos anos anteriores, apesar de não atender completamente à resposta esperada.

Na questão 5 “Por que existem espécies diferentes?”, o pré-requisito fazia referência aos 2º e 3º bimestres do 2º ano do Ensino Médio, com os subtemas “Variabilidade genética e hereditariedade” e “DNA: a receita da vida e seu código”; conteúdos gerais de “Mecanismos de variabilidade genética”, “Os fundamentos da hereditariedade” e “O DNA em ação: estrutura e atuação” além de conteúdos específicos de concepções pré-mendelianas e as leis de Mendel, a teoria cromossômica da herança, o código genético e a fabricação de proteínas. A resposta esperada era “*porque houve transformações e alterações diferentes em seus genes, transmitidos de forma hereditária, permitindo a sobrevivência em diferentes ambientes e a formação de novas espécies*”, dentre possíveis variações. Seria, portanto, considerada como satisfatória (atende completamente) a resposta que trabalhasse com os conceitos genéticos de mutação e recombinação associados ao processo de formação de novas espécies.

Apenas dois alunos apontaram a existência de diferentes espécies devido às mudanças genéticas. Os alunos apontaram a existência de diversas espécies a partir de diferentes concepções: (1) houve respostas que relacionaram as diferentes espécies à evolução (“*porque*

*existe a evolução dos seres vivos*”; *“porque eles evoluem*”; *“porque existe a evolução dos seres vivos e com o tempo ocorre as mudanças*” e *“porque foram evoluções diferentes*”); (2) respostas que justificavam existência de espécies diferentes em decorrência da indução do ambiente habitado por estas (*“pois elas vão se desenvolvendo de acordo com o ambiente em que vivem para se adaptar a ele*”; *“porque vão se desenvolvendo de acordo com o ambiente em que vivem*” e *“existem espécies diferentes pois cada espécie diferente habita em ambientes diferentes conforme o seu corpo funciona melhor*”); outras respostas apresentavam uma visão mais lamarckista (*“pois elas vão se desenvolvendo de acordo com o ambiente em que vivem para se adaptar a ele*”); respostas que relacionavam a existência de diferentes espécies à interdependência da vida (tema da área da Ecologia) tais como *“porque as espécies precisam umas das outras para sobreviver*”; *“porque cada animal come o outro como uma cadeia alimentar*”; *“porque existiu várias espécies em necessidade da outra*” e, por fim, respostas que partiam do fato de que existem características diferentes entre um animal e outro, ou planta entre outros seres vivos.

A fragilidade na associação de conceitos genéticos à formação de novas espécies mostrou-se um ponto importante a ser trabalhado durante a intervenção, de forma a retomar brevemente os processos de replicação, transcrição e tradução, além da relação entre o código genético, formação de proteínas e fenótipo (decorrente da produção de proteínas). A associação de diferentes espécies a um tipo de “necessidade” para a trama trófica, embora não compusesse uma resposta satisfatória, demonstrou que os alunos carregam estes conhecimentos aprendidos no 1º ano do Ensino Médio e sabem da importância de se atentar para as relações ecológicas a fim de compreender o processo evolutivo. Assim como na questão 2, foi identificada a dificuldade em relacionar conteúdos abstratos (microscópicos) com os conteúdos menos abstratos (macroscópicos). As Tabelas 1, 2 e 3 mostram, de forma quantitativa, a relação entre questões e respostas esperadas.

**Tabela 1:** Relação das questões/respostas que atendem ou não atendem à resposta esperada (3º. ano do Ensino Médio – Turma I).

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
<b>Total (= n)*</b>	18	18	18	18	18
<b>Atende (%)</b>	0	0	0	11,11	0
<b>Não atende (%)</b>	100	100	94,45	77,8	94,45
<b>Branco (%)</b>	0	0	5,55	11,11	5,55

\*Total de alunos que participaram do questionário. Total de respostas: 86. Total esperado de respostas: 90.

**Tabela 2:** Relação das questões/respostas que atendem ou não atendem à resposta esperada (3º. ano do Ensino Médio – Turma II).

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
<b>Total (=n)*</b>	17	17	17	17	17
<b>Atende (%)</b>	5,88	0	0	0	0
<b>Não atende (%)</b>	94,12	100	94,12	88,89	94,12
<b>Branco (%)</b>	0	0	5,88	11,76	5,88

\* Total de alunos que participaram do questionário. Total de respostas: 81. Total esperado de respostas: 85.

**Tabela 3:** Relação das questões/respostas que atendem ou não atendem à resposta esperada (3º. ano do Ensino Médio – Turma III).

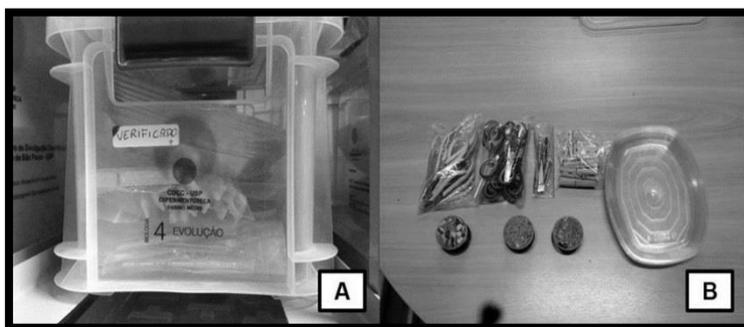
	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
<b>Total (=n)*</b>	23	23	23	23	23
<b>Atende (%)</b>	4,34	0	0	0	0
<b>Não atende (%)</b>	95,66	100	95,66	100	86,96
<b>Branco (%)</b>	0	0	4,34	0	13,04

\* Total de alunos que participaram do questionário. Total de respostas: 111. Total esperado de respostas: 115.



*Etapas 3 e 4: Intervenção educativa sobre a Evolução Biológica e análise/interpretação dos dados da segunda avaliação.*

A intervenção educativa foi realizada com a turma II do 3º. ano do Ensino Médio. O critério de seleção da turma que participaria da intervenção foi baseado nos dados qualitativos de padrão de resposta, também ilustrado na Figura 2. A intervenção educativa foi inicialmente realizada por meio de palestras sobre Evolução Biológica, visando discutir os dados coletados por meio da pesquisa inicial. Abordamos assuntos como especiação (alopátrica, peripátrica, parapátrica e simpátrica), evidências evolutivas (órgãos vestigiais, evidências moleculares e fósseis), homologia e analogia, convergência evolutiva e irradiação adaptativa. Tentamos desmistificar a ideia de que “o homem veio do macaco” e que a evolução do homem foi linear. Após as palestras, houve a retomada da avaliação da pesquisa inicial, em que as perguntas e respostas (dadas e esperadas) foram discutidas. Em seguida, realizamos a atividade lúdica em grupo por meio do jogo “Evolução: Seleção Natural” (Figura 3).



**Figura 3:** Kit de jogo da Experimentoteca com materiais disponíveis para a execução da atividade. A: Kit pertencente ao tema Evolução. B: Materiais presentes no kit.

Para o início do jogo, os alunos foram avisados sobre o tempo de duração de cada rodada (1 minuto) e orientados a coletar o maior número de sementes possível com os instrumentos disponíveis no kit. Ao término da rodada, os alunos deveriam trocar de ferramentas entre si e, a cada troca, anotar as informações obtidas (nome do aluno, ferramenta utilizada, quantidade de sementes capturadas e observações quanto ao tamanho destas) em uma tabela.

Cada grupo teve a possibilidade de jogar duas rodadas. Após o término do jogo e da tabulação de dados, os alunos responderam quatro perguntas. Os integrantes do grupo 1 entregaram a tabela contendo os dados solicitados, no entanto só responderam até a segunda questão. Embora não tenham terminado, as duas respostas estavam corretas. Os integrantes do grupo 2 entregaram a tabela de forma correta e responderam todas as perguntas solicitadas, acertando as perguntas de número 1, 2 e 4, e errando a questão número 3. Os integrantes do grupo 3, por sua vez, entregaram os dados tabelados e também entregaram todas as questões acertando as questões 1, 2 e 4. Assim como o grupo 3, os integrantes do grupo 4 erraram a questão número 3. A Tabela 4 mostra a relação entre respostas dadas e esperadas, de forma quantitativa.

**Tabela 4:** Relação das questões/respostas que atendem ou não atendem à resposta esperada da segunda pesquisa (3º. ano do Ensino Médio – Turma II).

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4
<b>Total (=n)*</b>	4	4	4	4
<b>Atende (%)</b>	100	100	0	75
<b>Não atende (%)</b>	0	0	75	0
<b>Branco (%)</b>	0	0	25	25

\* Total de grupos que participaram do questionário. Total de respostas: 14. Total esperado de respostas: 16.

A questão número 1 retomou a questão da avaliação diagnóstica (“*depois da aula de hoje, como você explicaria a existência de diferentes espécies?*”) visando obter informações que demonstrassem o aprendizado. Em comparação com as respostas da pesquisa inicial, as respostas dadas para esta questão foram elaboradas com uma visão mais aprimorada do processo de formação de novas espécies. Todos os grupos apontaram o processo de especiação, modificações genéticas e adaptação, indicando compreensão dos fundamentos em comparação às respostas dadas na primeira pesquisa diagnóstica. Em especial, uma das respostas apresentou mudança quanto a fragilidade apontada anteriormente em relação ao fator tempo na evolução: “(...)também por mutações genéticas no decorrer de um longo período”.

A questão número 2 trazia uma reflexão sobre a especificidade dos bicos dos tentilhões quanto ao tipo de alimentação (“*caso a área onde viviam estas aves fosse degradada, diminuindo a diversidade de espécies vegetais, quais pássaros teriam maior chance de sobreviver? Além disso, quais teriam menor chance de sobreviver? O que você considerou para chegar a essa conclusão?*”). Nas respostas, os três grupos buscaram justificar suas hipóteses com base na predominância de um tipo de bico (“*as aves que tiverem o bico menor, porque possibilitaria pegar diversos tipos e tamanhos de sementes*”, “*os pássaros de bico grande passariam a ter mais chance de sobreviver e os pequenos passariam a ter mais dificuldade*” e “*as aves que comem alpiste teriam mais chance de sobreviver, as que comem sementes maiores teriam menos chance*”, “*todas as aves conseguem comer de todas as sementes; a mais difícil de pegar é a de alpiste, e acaba sobrando muita semente, facilitando para as aves que conseguem comer este tipo*”).

A análise dessas respostas permitiu observar que os alunos partiram de um pressuposto correto (algum tipo de bico deve se sobressair em casos de alteração ambiental) mas chegaram a conclusões diferentes. Pode ser que, devido à pouca quantidade de rodadas (2 rodadas), não tenha sido possível que todos os grupos observassem claramente que os pássaros com maior chance de sobreviver são os que se alimentaram de uma maior variedade de sementes. Analisando a tabela feita pelos alunos, o pássaro que conseguiu coletar menos alimento teria maior chance de extinção. No entanto, a resposta que mais se aproximou do que seria

considerado correta foi o grupo 2: “os pássaros de bico grande passariam a ter mais chance de sobreviver e os pequenos passariam a ter mais dificuldade”.

Na questão número 3 (“de acordo com a aula de hoje, como você definiria este processo pelo qual a partir de uma mesma espécie – tentilhões - surgem diferentes tipos de bicos?”), um dos grupos deixou a resposta em branco e os outros dois não responderam de forma completamente correta. As respostas tentavam descrever o processo pelo qual os bicos se diferenciaram (“através dos tipos de alimentos disponíveis no habitat, se for grande o alimento o bico maior e caso pequeno o alimento o bico menor” e “na especiação ocorre a formação de novas espécies de seres vivos a partir de uma espécie preexistente, as mutações ocorrem para que os seres vivos possam se adaptar ao seu habitat ou a sua alimentação”) sem buscar, contudo, uma definição para ele.

Trabalhada em conjunto com a questão número 4, esta questão tinha por resposta esperada o fenômeno de Irradiação Adaptativa. A falta de definição por parte dos alunos pode ter ocorrido pela dificuldade de assimilação dos processos de Convergência Evolutiva e Irradiação Adaptativa, os quais, de fato, são conteúdos complexos e que muitas vezes são apenas memorizados.

A última questão (“os bicos dos tentilhões observados por Darwin são órgãos homólogos ou análogos? Justifique sua resposta”) solicitava dizer se os bicos eram estruturas análogas ou homólogas. Mais uma vez, um dos grupos não respondeu à questão; os demais grupos responderam corretamente, definindo os bicos dos tentilhões como estruturas homólogas (de mesma origem embriológica, mas que podem ser diferentes). Este entendimento pode estar relacionado à estratégia adotada durante a intervenção: após a definição de homologia e analogia, os slides da palestra traziam figuras ilustrando exemplos de estruturas morfológica ou funcionalmente parecidas, a fim de estimular os alunos a definirem tais estruturas como homólogas ou análogas.

## 5 Considerações Finais

Com o desenvolvimento deste trabalho percebemos fragilidades acerca das explicações de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual ao tratarem sobre o tema Evolução Biológica. Isso parece indicar que este assunto não tem sido explorado de maneira integradora, como propõe os documentos orientadores para ensino médio.

Na primeira etapa de investigação (Etapa 1) mostramos a importância da coleta de dados diagnósticos, pois foi possível a identificação de conceitos que se apresentavam fragilizados e a orientação quanto à escolha da intervenção educativa. De acordo com Fonseca (2004), conhecer as concepções dos alunos sobre temas a serem estudados é sempre importante, pois auxilia o professor na escolha da melhor estratégia didática.

Por meio das intervenções educativas, concluímos que a Biologia Evolutiva necessita ser trabalhada como eixo integrador de diferentes conteúdos no ensino de Biologia, uma vez que está relacionada a conceitos de todas as áreas deste componente curricular tais como Citologia e Genética (por exemplo: ocorrência de mutação e recombinação), Taxonomia e Sistemática (por exemplo: estudo das adaptações dos seres vivos a ambientes diferentes, possuindo uma ancestralidade comum ou não; convergência e irradiação; analogia e homologia), Geologia e Paleontologia (por exemplo: estudo de fósseis), Ecologia (por exemplo: do entendimento das interações ecológicas) e outras.

Através das respostas obtidas com a segunda avaliação (feita após intervenção educativa) notamos que, embora nem todas tenham atendido completamente o esperado, houve uma melhora na compreensão sobre o fenômeno da Evolução Biológica e que as ideias de senso comum (que apareceram na etapa de sondagem) não apareceram novamente. As respostas foram, desta vez, mais embasadas em conceitos científicos.

Apesar dos PCN, PCN+ e OCEM enfatizarem a importância do tema, vários estudos mostram as dificuldades que os professores possuem em ensiná-lo (CARNEIRO, 2004). As dificuldades se devem às inadequadas formações inicial e continuada, problemas relacionados ao uso do material didático e o fato de as explicações evolutivas conflitarem com as crenças dos estudantes (CRUZ et al., 2015).

Além desses fatores, avaliamos que, de acordo com os PCN+ de Ciências Naturais, duas sequências de organização curricular para a Biologia no Ensino Médio são sugeridas, considerando o perfil de “amadurecimento” dos alunos (BRASIL, 2006a). Dessa forma, a “Sequência 1” contempla, na 1ª. série do Ensino Médio, a “Interação entre os seres vivos” e a “Qualidade de vida das populações humanas”, nos 1º e 2º semestres, respectivamente. Na 2ª. série, os PCN+ sugerem que sejam tratados os temas: “Identidade dos seres vivos” (1º semestre) e “A diversidade da vida” (2º semestre). Finalmente, na 3ª. série, sugerem trabalhar com a “Transmissão da vida, manipulação gênica e ética”, no 1º semestre, e “Origem e evolução da vida”, no 2º semestre. Contudo, é possível optar pela Sequência 2, iniciando o curso de Biologia com assuntos mais conceituais e abstratos. Assim, na 1ª. série do Ensino Médio podem ser abordadas a “Origem e evolução da vida”, no 1º semestre e, no 2º semestre, a “Identidade dos seres vivos”. Na 2ª. série os temas “A diversidade da vida” e “Transmissão da vida, manipulação gênica e ética”, nos 1º e 2º semestres, respectivamente. Os temas “Interação entre os seres vivos” e “Qualidade da vida das populações humanas” poderiam ser abordados, respectivamente nos 1º e 2º semestres, durante o 3º. ano.

Essas sequências, apesar de objetivarem facilitar a elaboração dos planos de ensino e de aula dos professores, podem fragmentar a visão das Ciências Biológicas e contraporem-se ao enfoque ecológico-evolutivo que é sugerido pelos documentos orientadores do currículo do Ensino Médio. Considerando que a Proposta Curricular do Estado de São Paulo (SEE, 2008) teve que se basear nos documentos orientadores para sua elaboração, a sequência seguida neste

Estado é a denominada Sequência 1 pelos PCN+, que deixa a Evolução Biológica para ser abordada ao final do curso.

É possível concluir que trabalhar a Evolução Biológica de forma integradora é um desafio sob diferentes aspectos: a estrutura curricular, disponibilidade e manuseio de materiais didáticos e preparo dos professores. Assim, os objetivos de permitir que o aluno se perceba como um ser vivo que está sujeito aos mesmos fenômenos e processos que os outros seres (capaz, inclusive, de interferir nesses processos) e de permitir a reflexão sobre seu papel ecológico, social e ambiental (tendo que, para isso, compreender a própria origem) ficam comprometidos. Além disso, este trabalho revelou a importância da intervenção pedagógica diante das barreiras enfrentadas pelo aluno nos processos de aprendizagem, de modo a ampliar as estratégias de ensino e, assim, as possibilidades para aprender. Entretanto, além de identificar dificuldades de aprendizagem, é preciso que o professor esteja empenhado em construir relações positivas com seus alunos e planejar o ensino de forma integradora e significativa.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, D. F. Concepções de alunos do ensino médio sobre a origem das espécies. **Ciência e Educação**, v. 18, n. 1, p. 143-154, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio):** parte III – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: Secretaria da Educação Básica, 2000. 58 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais +**. Brasília, DF: Secretaria da Educação Básica, 2006a. 144 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Brasília, DF: Secretaria da Educação Básica, 2006b. 135 p.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. 1012 p.

BURCH, M.; LOHMANN, S.; POMPE, D.; WEIKSPROF, D. Prefix tag clouds. In: INTERNATIONAL CONFERENCE INFORMATION VISUALISATION, 17<sup>th</sup>, 2013. **Proceedings...** London, United Kingdom: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2013.

CAIRES-JUNIOR, F. P. C.; ANDRADE, M. A. B. A relação entre os conhecimentos presentes na literatura científica e nos livros didáticos de biologia sobre evolução biológica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 60-83, 2015.

CAPONI, G. O darwinismo e seu outro, a teoria transformacional da evolução. **Scientiae studia**, v. 3, n. 2, p. 233-412, 2005.

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

CARVALHO, N. R. **Desembaralhando a evolução**: um jogo para o ensino dos conceitos evolutivos. 2015. 34f. Monografia (Especialização em Genética) - Universidade Federal do Paraná, Apucarana, 2015.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2007. 248 p.

CRUZ, E. A. L.; SENA-SILVA, J. W.; GRACIELE-SILVA, C.; SOUZA, H. M. L.; SILVA-NUNES, J. R. O ensino de biologia no ensino médio em uma escola periférica no município de Tangará da Serra - MT. **Educere**, v. 15, n. 2, p. 355-368, 2015.

FONSECA, L. C. S. **Religião popular**: o que a escola tem a ver com isso? - pistas para repensar o ensino de ciências. 2004. 246f. Trabalho acadêmico (Requisito parcial para aprovação em disciplina do programa de pós-graduação em Educação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 3. ed. Rio Grande do Norte: FUNPEC, 2009. 631 p.

GADOTTI, M. **Escola cidadã**. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2006. 120 p.

GASPAR, C. G.; MATOS, W. R. Teorias evolucionistas e sua aprendizagem após 150 anos de “A origem das espécies”. **Magistro**, v. 9, n. 1, p. 132-151, 2014.

GOULD, S. J. **Lance de dados**: a ideia de Evolução de Platão a Darwin. Rio de Janeiro: Record, 2001. 336 p.

GUNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília, DF: Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003.

HEIMERL, F.; LOHMAN, S.; LANGE, S.; ERTL, T. Word Cloud Explorer: Text analytics based on word clouds. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE, 47<sup>th</sup>., 2014. **Proceedings...** Waikoloa, Havaí: University of Bath, 2014.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**: genética, evolução, ecologia. 11.ed. São Paulo: Ática, 2004. 424 p.

- MARTINS, R. A. Abordagens, métodos e historiografia da história da ciência. In: MARTINS, A. M. **O tempo e o cotidiano na história**. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993. pp. 73-78.
- MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Jornal Semestral do gepCE**, n.5, p. 18-21. 1998.
- MAYR, E. **Biologia: ciência única**. Rio de Janeiro: Companhia das Letras, 2005. 228 p.
- MCNAUGHT, C.; LAMP, P. Using Wordle as a Supplementary Research Tool. **The Qualitative Report**, v. 15, n. 3, p. 630-643. 2010.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: UNESP, 2005. 136 p.
- OLEQUES, L. C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M.; BOER, N. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. **Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.
- RAMSDEN, A.; BATE, A. Using Word Clouds in Teaching and Learning. 2008. **University of Bath**. Disponível em: <http://opus.bath.ac.uk/474/1/using%2520word%2520clouds%2520in%2520teaching%2520and%2520learning.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2018.
- REECE, J. B.; URRY, L. A.; CAIN, M. L.; WASSERMANN, P. V. M.; MINORSKY, P. V.; JACKSON, R. B. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. 1488 p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação do Estado. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: biologia**. 22. ed. São Paulo: SEE, 2008. 56 p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação do Estado. **Caderno do aluno: biologia, ensino médio, 3ª série, v. 2**. São Paulo: SEE, 2014. 106 p.
- SOARES, J. L. **Biologia no terceiro milênio: seres vivos, evolução e ecologia**. São Paulo: UNESP, 1999. 504 p.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p.443-466, 2005.
- WAIZBORT, R. Teoria social e biologia: perspectivas e problemas da introdução do conceito de história nas ciências biológicas. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 8, n. 3, p.633-653, 2001.