

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

ALBERTO ROGÉLIO ORIOLI

**ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO
BIOLÓGICA DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Anápolis
2016

**ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
NO ESTADO DE GOIÁS**

ALBERTO ROGÉLIO ORIOLI

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* – Nível Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Magalhães de Almeida

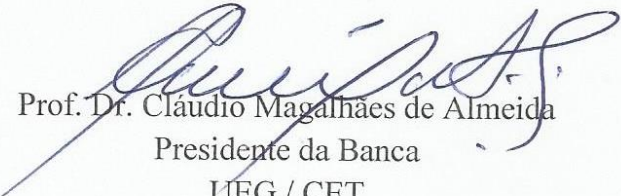
Coorientador: Prof. Dr. João Roberto Resende Ferreira

**Anápolis
2016**

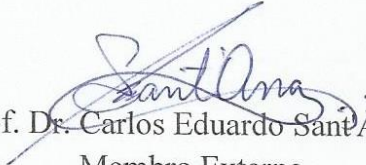
ALBERTO ROGÉLIO ORIOLI

**“ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NO
ESTADO DE GOIÁS.”**


Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* – Mestrado
Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás,
Para a obtenção do título de Mestre, aprovada em 24 de junho de 2016, pela
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Dr. Cláudio Magalhães de Almeida
Presidente da Banca
UEG / CET



Prof. Dr. Carlos Eduardo Sant'Anna
Membro Externo
UFG



Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós
Membro Interno
UFMS / UEG

*Aos meus pais, Nené e Pá, que me ensinaram o saber e o
“sabor” do envolvimento, da ética, do amor...*

*Às minhas filhas, Maria Clara e Sarah, com quem
vivencio a alegria de sonhar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram na realização deste trabalho:

ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (PPEC-UEG);

ao meu orientador, Prof. Dr. Cláudio Magalhães de Almeida;

ao meu coorientador, Prof. Dr. João Roberto Resende Ferreira;

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG);

a todos os professores e coordenação do PPEC-UEG;

à Bianne, secretária do PPEC-UEG;

aos componentes da Banca de Qualificação, Prof. Dr. Carlos Eduardo Ramos de Sant'Ana e Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós;

aos coordenadores e professores dos cursos de ciências biológicas da UEG, dos *campi* Henrique Santillo, Iporá, Itapuranga, Morrinhos, Palmeiras de Goiás, Porangatu e Quirinópolis;

aos licenciandos de ciências biológicas da UEG que se dispuseram a participar da pesquisa;

aos colegas da primeira turma do PPEC-UEG — Jäder, Marcelo, Mariana, Michelle, Nara, Ranib e Victor;

ao Prof. Dr. Clodoaldo Valverde;

ao Prof. Dr. José Carlos Libâneo;

à Prof.^a Dr.^a Sandra Valéria Limonta Rosa;

ao Prof. Dr. Cristiano Alexandre dos Santos;

à Prof.^a Dr.^a Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar;

ao Prof. Paulo Camilo;

aos gestores, professores, alunos e funcionários do Colégio Integrado Jaó;

aos meus pais, *Nené e Pá*;

às minhas filhas, Sarah e Maria Clara;

à Mariana Araguaia, apoio e carinho sempre presentes,

muito obrigado!

*Se soubermos compreender antes de condenar, estaremos
no caminho da humanização das relações humanas.*

Edgar Morin

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. Justificativa da pesquisa	17
2. Problema de pesquisa	21
3. Objetivos da pesquisa	22
CAPÍTULO I – PROCESSOS PEDAGÓGICOS, MEDIAÇÃO DIDÁTICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES	24
1.1 A teoria do ensino desenvolvimental e a pedagogia histórico-crítica	26
1.2 Formação inicial e continuada do professor	31
1.3 História, filosofia e sociologia da ciência na formação de professores	34
1.4 A qualificação do trabalho científico	37
1.5 A escola globalizada	41
1.6 O ensino e a aprendizagem da evolução biológica no Brasil	43
CAPÍTULO II – A TEORIA BIOLÓGICA DA EVOLUÇÃO COMO TEMA CENTRAL DA BIOLOGIA	50
2.1 Evolução biológica pré-darwiniana	53
2.2 Primeira revolução darwiniana	54
2.3 Segunda revolução darwiniana	55
CAPÍTULO III – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
3.1 Mapeamento das pesquisas existentes (I)	58
3.2 Mapa conceitual	61
3.3 Ação didática mediada	61
3.4 Mapeamento das pesquisas existentes (II)	66
3.5 As entrevistas	70
CAPÍTULO IV – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	73
4.1 Perfil social	73
4.2 Grau de apropriação de fatos científicos	74

4.3 Apropriação cognitiva do tema evolução biológica	75
4.3.1 Tendência ao aperfeiçoamento	75
4.3.2 Variabilidade e seleção natural	79
4.4 As aulas sobre evolução biológica	83
4.5 O planejamento das aulas	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
APÊNDICES	107
ANEXO	191

RESUMO

ORIOLI, Alberto Rogélio. ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS NO ESTADO DE GOIÁS

O presente estudo tem como objetivo investigar quais as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes do 4º ano do curso de licenciatura em ciências biológicas, em sete *campi* da Universidade Estadual de Goiás (UEG), a partir de pesquisa quanti-qualitativa. Realizado por meio de estudos teóricos e entrevistas com 91 licenciandos que cursaram a disciplina de evolução biológica no período de 2014 e 2015, buscou-se verificar o perfil de cada estudante, obter as suas impressões quanto ao conteúdo da aprendizagem sobre a teoria biológica da evolução, bem como a capacidade de integração do tema ao cotidiano e à prática pedagógica, para, subsidiado por tais elementos de pesquisa, elaborar uma sequência didática de evolução biológica, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, a qual se constitui no produto/proposição educacional do Mestrado em Ensino de Ciências. A biologia evolutiva se constitui num conteúdo teórico-científico que explica com coerência e clareza os princípios biológicos, a origem, diversidade e adaptação dos seres vivos. Dessa forma, propõe-se que, através de um bom embasamento teórico e de sugestões feitas a partir de pesquisas no campo educacional, o conceito de evolução biológica seja mediado nos processos de ensinar e de aprender como elemento integrador do ensino de ciências/biologia em um contexto sócio-histórico. A análise dos resultados da pesquisa indica que os conhecimentos dos estudantes acerca da biologia evolutiva são destituídos de significados cognitivos e desvinculados dos entendimentos que envolvem os fatos pertinentes à origem da vida e a sua continuada evolução, comprometendo a capacidade de utilizarem sua compreensão para analisarem cientificamente as questões biológicas e a reprodução teórica da realidade. Predominam a visão teleológica da natureza, a não integração dos conhecimentos relacionados à aleatoriedade da variabilidade genética; a convicção de um desígnio especial da natureza humana, desconsiderando a origem e evolução da espécie humana como produto da natureza e, como tal, submetida às mesmas leis que a governam. Entende-se que muitas dificuldades enfrentadas pelos estudantes residem na prevalente concepção positivista acerca do conhecimento científico. Não obstante, a postura indutivista e acrítica da ciência fomentam as distorções conceituais. Nesse sentido, promover a formação inicial e contínua dos estudantes e professores de ciências/biologia; rever a prática pedagógica; reorganizar o currículo tradicional de evolução biológica em um currículo de caráter transformador, voltado à interdisciplinaridade; incentivar a pesquisa em ensino e aprendizagem da biologia evolutiva; estimular estudos a respeito da história da ciência e do desenvolvimento do pensamento biológico são atitudes que contribuirão para o ensino crítico e a aprendizagem significativa da teoria biológica da evolução por meio da seleção natural. Na perspectiva de proporcionar subsídios teóricos e de ação para os professores de ciências/biologia atuantes na comunidade acadêmica e em geral, desenvolvemos uma sequência didática com os princípios fundantes da biologia evolutiva e seus conceitos nucleares a partir da pedagogia histórico-crítica, com ênfase na história, filosofia e sociologia da ciência.

Palavras-chave: Formação de professores. Ensino de biologia. Ensino de ciências. Evolução biológica. Biologia evolutiva.

ABSTRACT

ORIOLO, Alberto Rogélio. **BIOLOGICAL EVOLUTION CONCEPT OF GRADUATING IN BIOLOGICAL SCIENCES STUDENTS IN THE STATE OF GOIÁS CONCEPTION ANALYSIS**

The present study aims to investigate the conceptions of biological evolution concept of the 4th year of the bachelor's degree in biological sciences students, in seven campuses of the State University of Goiás (UEG), based on quantitative-qualitative research. This study was carried out by means of theoretical studies and interviews with 91 graduates who studied biological evolution in the period of 2014 and 2015. The aim was to verify the profile of each student, to obtain their impressions regarding the content of the learning about the biological theory of evolution, as well as the ability to integrate the theme into everyday life and pedagogical practice, to finance these elements of research, develop a didactic sequence of biological evolution, from the perspective of historical-critical pedagogy, which is constituted in the product/proposition of the Mastering in Science Teaching. Evolutionary biology is a theoretical-scientific content that explains coherently and clearly the biological principles, the origin, diversity and adaptation of living beings. Thus, it is proposed that, through a good theoretical foundation and suggestions made from research in the educational field, the concept of biological evolution be mediated in the processes of teaching and learning as an integrating element of science/biology in a socio-historical context. The analysis of the research results indicates that students' knowledge about evolutionary biology is deprived of cognitive meanings and detached from the understandings that involve the facts pertinent to the origin of life and its continuous evolution, compromising the capacity to use their understanding to analyze scientifically the biological issues and the theoretical reproduction of reality. Predominate the teleological vision of nature, the non-integration of knowledge related to the randomness of genetic variability; the conviction of a special purpose of human nature, disregarding the origin and evolution of the human species as a product of nature and, as such, submitted to the same laws that govern it. It is understood that many difficulties faced by students lie in the prevalent positivist conception of scientific knowledge. Nonetheless, the inductive and uncritical stance of science promotes conceptual distortions. In this sense, to promote the initial and continuous formation of students and professors of science/biology; reviewing pedagogical practice; reorganize the traditional curriculum of biological evolution into a transformative, interdisciplinary curriculum; to encourage research in teaching and learning in evolutionary biology; stimulating studies about the history of science and the development of biological thinking are attitudes that will contribute to critical teaching and meaningful learning of the biological theory of evolution through natural selection. In the perspective of providing theoretical and action grants for science/biology teachers working in the academic community and in general, we developed a didactic sequence with the founding principles of evolutionary biology and its nuclear concepts based on historical-critical pedagogy, with emphasis on history, philosophy and sociology of science.

Keywords: Teacher training. Biology teaching. Science teaching. Biological evolution. Evolutionary biology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Percentual das respostas referentes aos conhecimentos científicos relacionados à evolução biológica – Bloco (A)	74
Tabela 2	Percentual das respostas referentes à apropriação cognitiva da evolução biológica – Bloco (B): concepções lamarckistas	76
Tabela 3	Percentual das respostas referentes à apropriação cognitiva da Evolução Biológica – bloco (B): evolução darwiniana	79
Tabela 4	Percentual das respostas referentes às aulas sobre evolução biológica – bloco (C)	83
Tabela 5	Percentual das respostas referentes à elaboração de um plano de curso a ser ministrado – bloco (D)	86
Tabela 6	Percentual das respostas referentes à elaboração de um plano de curso sobre evolução biológica – bloco (E)	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa do Estado de Goiás – Cidades onde há cursos de ciências biológicas da UEG	18
Figura 2	Escala de atitudes Likert de 4 pontos	70
Figura 3	Materiais utilizados na atividade prática: pinças, frutos, sementes e bandejas	186
Figura 4	I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU	186
Figura 5	I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU	187
Figura 6	I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU	187
Figura 7	I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa	189
Figura 8	I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa	189
Figura 9	I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa	190
Figura 10	I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa.....	190

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A	Sequência didática	108
APÊNDICE B	Mapa conceitual	163
APÊNDICE C	Termo de consentimento livre e esclarecido	165
APÊNDICE D	Termo de consentimento da participação da pessoa como sujeito da pesquisa	167
APÊNDICE E	Entrevista aos discentes	169
APÊNDICE F	Tabelas – <i>Campus</i> UEG	176
APÊNDICE G	Atividade didática apresentada no minicurso do ELU	185
APÊNDICE H	Atividade didática apresentada na I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa	188

ANEXO

Anexo A	Transcrição de um fragmento da carta escrita por Charles Darwin à Asa Gray	192
---------	--	-----

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo analisar quais as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes do 4º ano do curso de licenciatura em ciências biológicas¹, em sete *campi* da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Realizado por meio de estudo teórico e entrevistas com os alunos que cursaram a disciplina de evolução biológica no período de 2014 e 2015, buscou-se verificar o perfil de cada estudante, obter as suas impressões quanto ao conteúdo da aprendizagem sobre a teoria biológica da evolução, bem como a capacidade de integração do tema ao cotidiano e à prática pedagógica, para, subsidiado por tais elementos de pesquisa, elaborar uma sequência didática de evolução biológica, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, a qual se constitui no produto/proposição educacional do mestrado em ensino de ciências.

Entende-se que a biologia é uma ciência evolutiva e que a teoria da evolução biológica por meio da seleção natural, originalmente proposta em conjunto por Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913), na Inglaterra do século XIX, mudou o pensamento científico a respeito do mundo vivo. Abalou conceitos há séculos estabelecidos e tidos como inquestionáveis ao afastar a necessidade da existência de um criador especial para a origem e o desenvolvimento das incontáveis formas de vida existentes na Terra, incluindo a espécie humana.

A análise do tema evolução biológica tem por base o fato de se constituir em teoria unificadora da biologia (FUTUYMA, 2002), uma vez que procura explicar todas as características dos seres vivos, ocupando por isso posição central nas ciências biológicas (MEYER; EL-HANI, 2005). A compreensão efetivada a respeito dela deve transpassar sua zona de conhecimento biológico, exigindo também um pensar disciplinar histórico, geográfico, geológico e psicológico (MOURA; SILVA-SANTANA, 2012).

O ensino da biologia evolutiva é o “eixo transversal que percorre todas as áreas das ciências biológicas, atingindo inclusive alguns segmentos das ciências exatas e humanidades”, pois “não só explica a diversidade da vida como também proporciona uma

¹ No presente trabalho, seguindo as disposições da base XIX do texto oficial do *Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa* (1990) – “Das minúsculas e maiúsculas, parágrafo 1º, a letra minúscula inicial é usada: [...] g) nos nomes que designam domínios do saber, cursos e disciplinas (opcionalmente, também com maiúscula [...])” –, optamos por utilizar a letra minúscula inicial, obedecendo a grafia presente nas citações.

excelente oportunidade para análises e reflexões que desenvolvem o espírito crítico daqueles que a estudam” (TIDON; VIEIRA, 2009, n.p.).

Diante de um tema com tal amplitude, inicialmente investigou-se o espectro da produção científica com enfoque no ensino de ciências/biologia/evolução biológica na atualidade. À proporção que a área de investigação vai adquirindo densidade, é necessário parar e olhar em volta para conhecer o que já foi feito, o que se pesquisou e para onde se deve ir (GOERGEN, 1998), sendo geralmente relevante uma análise qualitativa e pormenorizada. Isso porque, o crescimento quantitativo ou setorizado não pode ser tomado isoladamente como critério de avanço no campo de investigação, qualquer que seja ele. Aparece, então, inevitavelmente, a necessidade e a preocupação com a qualidade.

[...] da mesma forma que a ciência se vai construindo ao longo do tempo, privilegiando ora um aspecto ora outro, ora uma metodologia ora outra, ora um referencial teórico ora outro, também a análise, em pesquisas de “estado do conhecimento” produzidas ao longo do tempo, deve ir sendo paralelamente construída, identificando e explicitando os caminhos da ciência, para que se revele o processo de construção do conhecimento sobre determinado tema, para que se possa tentar a integração de resultados e também, identificar duplicações, contradições e, sobretudo, lacunas, isto é, aspectos não estudados ou ainda precariamente estudados, metodologias de pesquisa pouco exploradas (SOARES; MACIEL, 2000, p. 6, aspas das autoras).

Nesse sentido, procedeu-se a análise dos resumos de dissertações, teses e artigos com a temática evolução biológica publicados nos últimos dez anos. Essa análise resultou em trabalhos apresentados oralmente e publicados eletronicamente no I Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão da UEG², realizado na cidade de Pirenópolis, Goiás, de 14 a 16 de outubro de 2014 e no XII Encontro de Pesquisa em Educação do Centro-Oeste³ (ANPED-CO), da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED), realizado na PUC-GO, em Goiânia, de 19 a 22 de outubro de 2014.

A partir da análise dos resultados do levantamento bibliográfico, o movimento se deu no sentido de compreender as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes dos cursos de formação inicial de professores em ciências biológicas da UEG.

Tal propósito levou à busca pela compreensão dos aspectos conceituais da biologia evolutiva, assim como das relações nucleares que compõem a construção do conceito

² ORIOLI, A. et al. ANÁLISE DE ARTIGOS SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA EM REVISTAS QUALIS A: início da revisão de literatura. I Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2014, Pirenópolis, Goiás. Anais do I CEPE – UEG, 2014. v. 1.

³ ORIOLI, A. et al. A PESQUISA SOBRE A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NO BRASIL: um estado do conhecimento. XII Encontro de Pesquisa em Educação da Região Centro-Oeste, 2014, Goiânia, Goiás. Anais da ANPED, 2014.

de evolução biológica; à construção de um mapa conceitual para esse conceito; e à elaboração de um formulário de pesquisa para as entrevistas com os estudantes, futuros professores de ciências/biologia.

A identificação no mapa conceitual de alguns dos elementos que compõem o conceito de evolução biológica, e no sentido de se definir o roteiro da pesquisa/entrevistas com os licenciandos, desenvolveu-se uma atividade didática a ser ministrada para os licenciandos em ciências no I Encontro das Licenciaturas da UEG (I ELU) no dia 3 de dezembro de 2014, no *campus* Henrique Santillo, em Anápolis, Goiás.

A mesma atividade foi apresentada uma semana depois na I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa, em Senador Canedo, Goiás, no dia 10 de dezembro de 2014, para alunos do 6º ao 9º ano. A Feira se deu como atividade avaliativa da disciplina Ciência para o Ensino Fundamental, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC-UEG), organizada e realizada pelos alunos do mestrado que a estavam cursando⁴.

A partir dos estudos teóricos desenvolvidos nas disciplinas cursadas no mestrado em ensino de ciências do PPEC-UEG e na disciplina Didática Avançada, do Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO); bem como do mapeamentos das pesquisas existentes sobre o ensino da evolução biológica, do referencial teórico adotado, dos questionamentos da pesquisa, do mapa conceitual desenvolvido, aliados às atividades didáticas realizadas, o roteiro das entrevistas foi elaborado.

Justificativa da pesquisa

As entrevistas foram realizadas com os estudantes do 4º ano de licenciatura em ciências biológicas da UEG, que haviam cursado a disciplina curricular Evolução.

O universo da pesquisa justifica-se tanto pela relevância dessa Instituição de Ensino Superior (IES) no campo educacional no estado de Goiás quanto pela sua representatividade: criada no ano de 1999, a UEG possui 41 *campi* que desenvolvem projetos de ensino, pesquisa e extensão; 2032 docentes; 17145 estudantes matriculados na graduação, por modalidade; 9301 cursos de licenciatura; 5956 cursos de bacharelados; 1888 cursos

⁴ Mestrandos Alberto Rogélio Orioli, Eliane Pereira dos Santos e Mariana Araguaia de Castro Sá Lima; sob a orientação do Prof. Dr. Clodoaldo Valverde.

superiores de tecnologia, presenciais e não presenciais; 10 programas de mestrado (*stricto sensu*) e 15 cursos de pós-graduação *lato sensu*⁵. No ano de 2016, a UEG passou a contar também com o curso de doutoramento em recursos naturais do cerrado (RENAC).

Participaram das entrevistas discentes dos sete *campi* da UEG que oferecem o curso presencial de licenciatura em ciências biológicas no estado de Goiás, localizados nas cidades de Anápolis, Iporá, Itapuranga, Morrinhos, Palmeiras de Goiás, Porangatu e Quirinópolis, em destaques na figura 1.

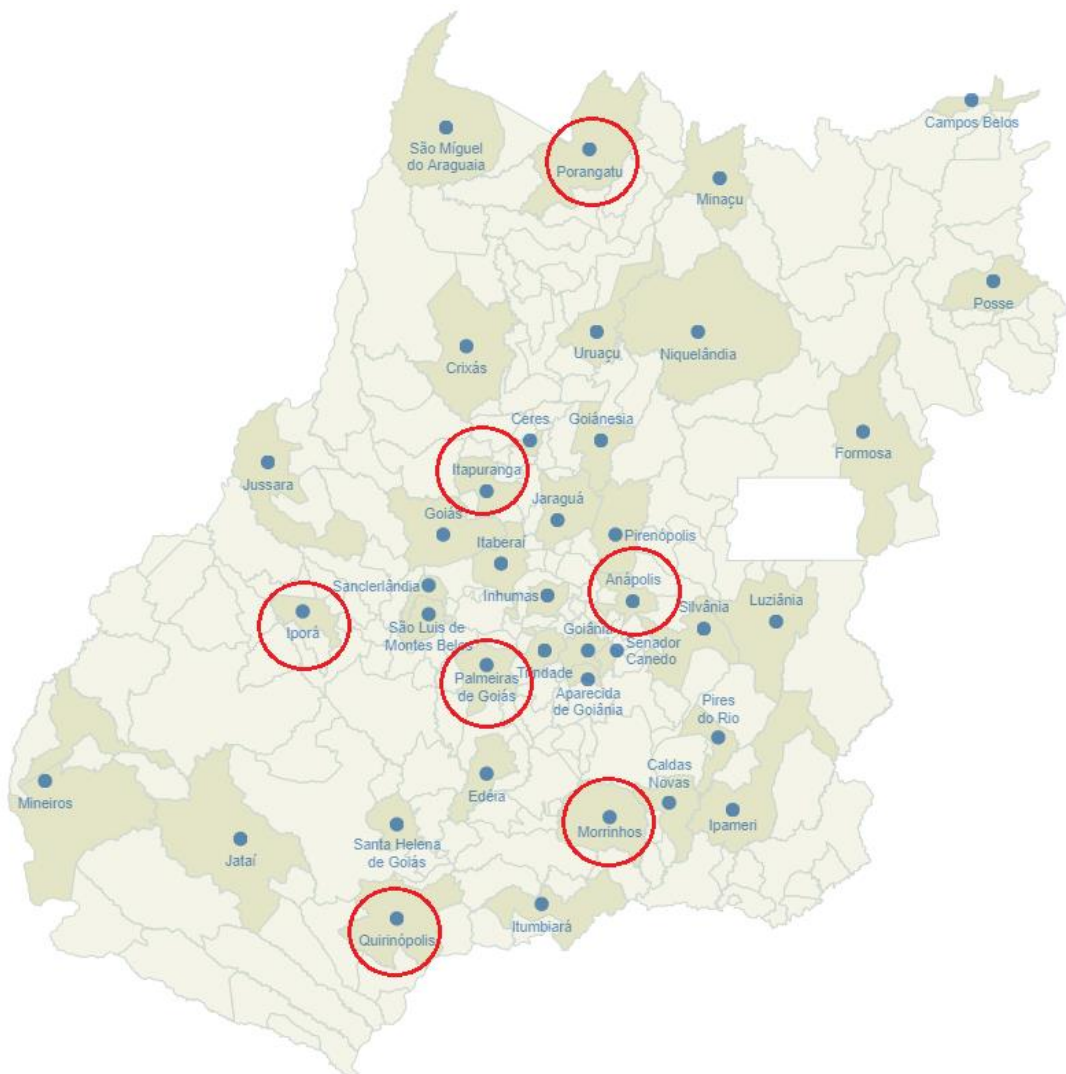


Figura 1 - Mapa do estado de Goiás com as cidades que possuem *campi* da UEG. Em destaque, circulado, os *campi* que oferecem o curso de licenciatura em ciências biológicas.

Fonte: Página da UEG na Internet. Disponível em: http://www.ueg.br/conteudo/632_ondexestamos. Acesso em: 7 fev. 2016.

⁵ Dados publicados em 01/12/2015 na página da UEG na Internet. Disponível em: <http://www.ueg.br/?aplicativo=revista&funcao=visualizar&variavel=22>. Acesso em: 7 fev. 2016.

Entende-se que a compreensão científica da formação e do funcionamento dos sistemas biológicos deve ser feita a partir dos fundamentos evolutivos, como tão bem expressou Dobzhansky (1973) ao publicar um artigo com o título *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution* [Nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução], e Mayr (2006, p. 105), quando complementa, “posso modificar isto dizendo... à luz da evolução darwiniana”.

Nesse contexto, temos a Resolução 7/2002 do Conselho Nacional da Educação e da Câmara de Educação Superior (Resolução CNE/CES 7/2002⁶) que resolve, em seu artigo 1º, que as diretrizes curriculares nacionais para os cursos de bacharelado e licenciatura em ciências biológicas, integrantes do Parecer CNE/CES 1.301/2001⁷, deverão orientar a formulação do projeto pedagógico do curso de ciências biológicas. Tais diretrizes propõem que

o estudo das ciências biológicas deve possibilitar a compreensão de que a vida se organizou através do tempo, **sob a ação de processos evolutivos, tendo resultado numa diversidade de formas sobre as quais continuam atuando as pressões seletivas. Esses organismos, incluindo os seres humanos**, não estão isolados, ao contrário, constituem sistemas que estabelecem complexas relações de interdependência (CNE/CES 1.301/2001, negrito nosso).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)⁸, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, em seu artigo 35, ao determinar as finalidades do ensino médio, destaca a ética, a autonomia intelectual e o pensamento crítico como elementos de aprimoramento do educando enquanto pessoa e necessários para a constituição de uma identidade autônoma.

No entanto, quando o tema é evolução, o discurso ético e o pensamento crítico frequentemente inexistem. O conteúdo de evolução biológica muitas vezes é concebido de forma equivocada ou impregnada de valores e ideologias que não constituem seu objeto de estudo (GOEDERT, 2004). A ideia corrente a respeito da evolução biológica é a de que os seres vivos progridem em direção a maior complexidade e perfeição.

Além da tendência de se pensar no caráter evolutivo como algo que acontece linearmente, progressivamente e com um propósito definido, existe grande incompreensão

⁶ CNE. Resolução CNE/CES 7/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de março de 2002, Seção 1, p. 12.

⁷ Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas. CNE/CES 1.301/2001. Diário Oficial da União de 7 de dezembro de 2001, Seção 1, p. 25.

⁸ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394/1996. Diário Oficial da União, Brasília, 20 de dezembro de 1996, p. 27833.

acerca do parentesco entre as espécies (GOEDERT, 2004) que dificultam a aceitação da teoria biológica da evolução.

Oliveira e Bizzo (2011) destacam as ideias confusas construídas pelos alunos acerca da natureza da ciência, quando estes afirmam que a evolução biológica não é comprovada cientificamente ao considerarem “teoria” como sinônimo de suposição, especulação. Corrêa et al. (2010) também destacam equívocos conceituais e históricos presentes nos livros didáticos como sendo outro fator que contribui para a dificuldade de compreensão e aceitação do conceito de evolução.

É frequente, também, a polarização que se faz entre as concepções de Lamarck e Darwin, sendo relevante pontuar que no âmbito escolar é comum Lamarck ser injustamente ridicularizado⁹ e que pouco se fala acerca de outros autores que contribuíram com a história do estudo evolutivo (MOTTOLA, 2011)¹⁰.

Para Ridley (2006), a história da biologia evolutiva começa em 1859, com a publicação da primeira edição de *On the origin of species by means of natural selection* [Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural], de Charles Darwin — no entanto, muitas das ideias por ele difundidas já haviam sido levantadas e questionadas no meio científico. Ridley (2006) afirma também — e entendemos da mesma forma — que o termo “evolução” sofre diretamente mudanças em seu significado, de acordo com o período histórico e contexto em que é utilizado.

Nesse sentido, as competências e habilidades cognitivas — percepção, representação, pensamento — necessárias para a interpretação e aplicação dos fundamentos evolutivos no enfrentamento de importantes questões biológicas da atualidade, às quais se incluem a remediação dos danos ao meio ambiente, a previsão das consequências das mudanças ambientais, o melhoramento das safras e produtos defensivos, a resistência de bactérias aos antibióticos, o investimento em créditos de carbono; a compreensão, prevenção

⁹ No segundo parágrafo de “*Um esboço histórico dos progressos de opinião sobre A origem das espécies antes da publicação da primeira edição desta obra*” (DARWIN, 1859:2014, p. 17-27), Charles Darwin escreve: “Lamarck foi o primeiro homem cujas conclusões despertaram um olhar mais atento sobre o assunto [evolução biológica]. Esse naturalista, tornado célebre por justiça, publicou suas opiniões pela primeira vez em 1801, desenvolveu-as em 1809 em sua obra *Philosophie Zoologique* [Filosofia zoológica], e, logo em seguida, em 1815, na introdução à sua *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres* [História natural dos animais invertebrados]. Nessas obras ele defende a doutrina de que todas as espécies, incluindo o próprio homem, descendem de outras espécies. Foi também o primeiro a prestar um eminente serviço ao meio científico quando aventou a probabilidade de que toda alteração no mundo orgânico, assim como inorgânico, é resultado de uma lei e não de uma intervenção miraculosa” (DARWIN, 1859:2014, p. 18).

¹⁰ Em nosso estudo consideramos vários autores contemporâneos, tais como Bizzo; Caldeira; Cicillini; Dawkins; Dobzhansky; El-Hani; Futuyama; Gould; Lewontin; Mayr; Meglhioratti; Meyer; Tidon, entre outros.

e combate às doenças; e muitos outros desafios (FUTUYMA, 2002; MEYER; EL-HANI, 2005) parecem se distanciar das atividades promovidas nas escolas de educação básica e nos cursos superiores de graduação em ciências biológicas.

Considerando-se que para lidar com a diversidade de fenômenos biológicos e ambientais do tempo presente é imperativo o desenvolvimento do pensamento teórico evolutivo, faz-se necessária uma análise crítica dos conceitos relacionados ao processo de evolução biológica ensinados/aprendidos nos cursos de licenciatura em ciências/biologia nas IES.

Problema de pesquisa

No contexto de se efetivar um estado do conhecimento, foi possível a identificação de contradições e lacunas ao buscar explicitar os caminhos do estudo dessa área do saber. Enquanto pesquisadores na área da educação e ensino de ciências, consideramos esse fato inquietante, justificando o foco desta dissertação e o incentivo à elaboração de estudos que visem à melhoria e à potencialização dos processos de ensino e aprendizagem na compreensão do conceito nuclear de evolução biológica.

Assim sendo, nos posicionamos a favor de que nos currículos elaborados pelas IES para a formação de professores de ciências/biologia se contemplem a necessária integração entre a formação disciplinar e a formação pedagógica. Para tal, buscamos o entendimento das relações que podem se estabelecer entre a maneira de se estruturar a epistemologia do conteúdo a ser ensinado/aprendido, as estratégias didático-pedagógicas e as práticas socioculturais, visando reconhecer processos de investigação, planejamento, construção de experiências e organização do ensino e aprendizagem da teoria da evolução biológica por meio da seleção natural.

A partir do estudo bibliográfico realizado, do referencial teórico adotado, do mapa conceitual elaborado, das atividades práticas e das considerações iniciais até aqui expostas, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: **quais as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes do curso de licenciatura em ciências biológicas de uma Instituição de Ensino Superior pública do estado de Goiás?**

Objetivos da pesquisa

A partir do referido problema de pesquisa, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes dos cursos de licenciatura em ciências biológicas da Universidade Estadual de Goiás.

Os objetivos específicos são:

- a) compreender as relações nucleares que compõem a construção do conceito de evolução biológica;
- b) investigar se os estudantes pesquisados apresentam dificuldades na apropriação de alguns dos princípios evolutivos fundamentais à compreensão da teoria biológica da evolução;
- c) buscar compreender as relações que podem resultar do não aprendizado dos conceitos nucleares da evolução biológica na ação didático-pedagógica dos futuros professores;
- d) elaborar uma sequência didática, na perspectiva da pedagogia histórico-crítica, para a fundamentação dos princípios gerais da teoria biológica da evolução.

O presente trabalho está organizado em seis sessões. A primeira, como *Introdução*, apresento as considerações iniciais sobre a pesquisa, a justificativa para desenvolvê-la, o problema e os objetivos geral e específicos que a nortearam.

A segunda sessão, como primeiro capítulo – *Processos Pedagógicos, Mediação Didática e Formação de Professores* –, discuto os procedimentos didáticos sob o referencial do materialismo histórico-dialético; a didática desenvolvimental, a teoria da atividade e a pedagogia histórico-crítica; o currículo de formação profissional de professores; a formação de conceitos – conceitos científicos e conceitos cotidianos –, generalizações e ascensão do pensamento abstrato ao pensamento concreto; a atividade de estudo; a escola atual. Considero o ensino e a aprendizagem da evolução biológica no Brasil; as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica; a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9.394/96); os Parâmetros Curriculares Nacionais e os demais programas educacionais governamentais; os procedimentos em ciência; didática, docência e a prática pedagógica em biologia evolutiva; a história, filosofia, e sociologia da ciência no ensino de ciências; os

conflitos de aprendizagem do processo evolutivo; o desenvolvimento profissional do professor e a autonomia docente.

Na terceira sessão, como segundo capítulo – *A Teoria Biológica da Evolução como Tema Central da Biologia* –, o objetivo é discutir o conceito de evolução biológica e destacar a posição central da teoria biológica da evolução por meio da seleção natural nas ciências biológicas; distinguir o processo de evolução da teoria evolutiva; considerar algumas dificuldades e equívocos na compreensão dos processos evolutivos como, por exemplo, a tendência progressista ao aperfeiçoamento dos seres vivos; e expor a evolução darwiniana e o atual posicionamento da biologia quanto às origens da variabilidade genética bem como o papel da seleção natural no contexto evolutivo.

Na quarta sessão, com terceiro capítulo – *Procedimentos Metodológicos* –, apresento os aspectos metodológicos adotados nesse estudo; os mapeamentos das pesquisas existentes com a temática evolução biológica; a elaboração de um mapa conceitual para o ensino-aprendizagem da evolução biológica; as ações mediadas como parte do projeto de pesquisa e as entrevistas com os estudantes que fundamentam as análises e interpretações quanto aos futuros professores de ciências/biologia em formação acadêmica.

Na quinta sessão, capítulo quarto – *Análise e Interpretação dos Resultados* –, analiso e discuto os dados obtidos com os licenciandos relacionados aos aspectos formativos, à prática pedagógica e ao ensino-aprendizagem da teoria biológica da evolução.

Nas *Considerações Finais*, sexta sessão deste trabalho, delinheiro algumas considerações a respeito das conclusões que a pesquisa possibilitou estabelecer, bem como as possibilidades de avanços nas formações inicial e continuada dos professores de ciências/biologia e suas ações docente. Por conseguinte, como proposição educacional desenvolvida nesse estudo, apresento a sequência didática *Ensino e pesquisa da evolução biológica na formação de professores: uma proposta didática na perspectiva da pedagogia histórico-crítica*.

CAPÍTULO I

PROCESSOS PEDAGÓGICOS, MEDIAÇÃO DIDÁTICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A didática é o componente da pedagogia que trata dos preceitos científicos que orientam a atividade educativa de modo a torná-la mais eficiente, ou seja: a didática formula as diretrizes do processo de ensino e aprendizagem, sendo o seu objetivo justamente orientar e assegurar “a unidade entre o aprender e o ensinar na relação com um saber” (LIBÂNEO, 2016, p. 384).

Nesse sentido, a didática, enquanto teoria epistemológica¹¹ dos processos de educação e ensino, organiza a atividade de estudo por meio do ensino dos conteúdos científicos visando promover a aprendizagem dos alunos. A atividade de estudo, por sua vez, é uma complexa sequência de atividades intencionalmente elaborada, que objetiva a internalização de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades que aprimoram capacidades cognitivas.

A organização da atividade de estudo por meio da atividade de ensino é a principal responsabilidade dos professores. [...] a atividade de estudo visa o desenvolvimento nos alunos da capacidade de pensar, de argumentar, de resolver problemas, por meio dos conteúdos, de forma que bom ensino é o que, por meio dessa atividade, promove e amplia o desenvolvimento humano (LIBÂNEO, 2016, p. 366).

Através do ensino, a aprendizagem — conceito nuclear da didática — visa promover mudanças qualitativas no desenvolvimento mental dos alunos, isto é, os ajuda a aprender, a formar o pensamento teórico-científico. Aprender é aprender a pensar e a atuar com conceitos.

Nesse sentido, a ação do professor é a mediação didática: assegurar os meios e as melhores condições possíveis para que ocorra o encontro formal do aluno com o objeto de

¹¹ Epistemologia – reflexão geral em torno da natureza, etapas e limites do conhecimento humano; estudo dos postulados, conclusões e métodos dos diferentes ramos do saber científico, ou das teorias e práticas em geral, avaliadas em sua validade cognitiva, ou descritas em suas trajetórias evolutivas, seus paradigmas estruturais ou suas relações com a sociedade e a história; teoria da ciência (Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0).

conhecimento, levando em conta aspectos cognitivos, éticos, estéticos, afetivos, socioculturais do indivíduo e da humanidade.

No entanto, a práxis educacional habitual é, geralmente, conduzida através de uma concepção tradicional, ingênua, passiva, na qual professores e alunos encontram-se inseridos em um processo pedagógico inerte, autoritário e excludente, marcado por situações de incertezas e de instabilidades, gerando angústias e conflitos. Cabe ao professor adotar como referencial educacional outra prática pedagógica na qual, de acordo com Brito (2006, p. 2), “o/a professor/a é motivado/a a envolver-se na análise e reflexão da sua prática, ensejando construir respostas aos desafios e conflitos vivenciados”.

O objeto de estudo da didática é a mediação das aprendizagens ou as relações entre a aprendizagem e o ensino, abrangendo estudos sistematizados no campo da didática propriamente dita, das didáticas específicas e das metodologias e práticas de ensino. Tem-se, pois, que a didática está intimamente relacionada a princípios epistemológicos (LIBÂNEO, 2009).

Na educação formal, o ensinar e o aprender são atividades unificadas, estabelecidas pela relação entre o sujeito mediador (professor) e o sujeito aprendiz (aluno). Dessa relação aspira-se o objetivo geral da educação enquanto processo de (re)construção e (re)organização de experiências, cujo propósito fundamental deve ser o de propiciar, através da ação didática, estímulos capazes de favorecer “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (LDB 9.394/96, Art. 2º).

Libâneo, citando Davidov e Vigotski¹² ao considerar o ensino e o desenvolvimento do pensamento, afirma que “a função de uma proposta pedagógica é melhorar o conteúdo e os métodos de ensino e de formação, de modo a exercer uma influência positiva sobre o desenvolvimento de suas [dos alunos] habilidades” (LIBÂNEO, 2004b, p. 15).

É imprescindível que o professor, com vontade e comprometimento, se muna de argumentos consistentes para que ele mesmo acredite naquilo que ensina, distinguindo os conhecimentos científicos dos filosóficos, culturais, religiosos e, principalmente, das armadilhas do indutivismo e do pseudocientificismo, articulando com segurança os

¹² Optamos, neste trabalho, pelas grafias Davidov e Vigotski para nos referirmos, respectivamente, aos psicólogos russos Vasily Vasilovich Davydov (1930-1998, Moscou) e Lev Semyonovich Vygotsky (1896-1934, Moscou), obedecendo, nas chamadas a esses autores, a grafia presente nas citações e obras referenciadas.

conhecimentos relacionados ao conteúdo da aprendizagem com as dificuldades e conflitos inerentes ao tema de estudo.

O conteúdo da aprendizagem é a base da teoria do ensino desenvolvimental: é o “conteúdo do conhecimento a ser assimilado” (LIBÂNEO, 2004b, p. 20) pela atividade de ensino, a qual se fundamenta no desenvolvimento mental dos alunos. Libâneo (idem) esclarece:

O conteúdo da aprendizagem, em outras palavras, é o conteúdo teórico (usando o termo para significar uma combinação unificada de abstração substancial, generalização e conceitos teóricos). Ainda conforme Davydov¹³, a base do ensino desenvolvimental é o seu conteúdo, do qual derivam os métodos (ou procedimentos) para organizar o ensino [...] Para que isto ocorra, faz-se necessária uma estrutura da atividade do aprender incluindo uma tarefa de aprendizagem, as ações de aprendizagem e ações de acompanhamento e avaliação, visando à compreensão do objeto de estudo em suas relações. O resultado disso é que os alunos aprendem como pensar teoricamente a respeito de um objeto de estudo e, com isso, formar um conceito teórico apropriado desse objeto para lidar praticamente com ele em situações concretas da vida.

Entende-se daí que as ações de aprendizagem visando à compreensão da teoria da evolução biológica devem se basear, inicialmente, no conteúdo teórico-científico evolutivo, do qual derivam os métodos para organizar o seu ensino.

1.1 – A teoria do ensino desenvolvimental e a pedagogia histórico-crítica

De tradição filosófica marxista, incorporando os conceitos soviéticos do materialismo histórico-dialético, base teórica da psicologia histórico-cultural (Vigotski, Leontiev e Luria) e da teoria da atividade (Leontiev, Galperin, Elkonin), Davidov desenvolveu uma teoria para o campo da didática: a teoria do ensino desenvolvimental, ou ensino capaz de impulsionar o desenvolvimento humano. No Brasil, os estudos dos preceitos de Vigotski e seus seguidores destacam-se na pedagogia histórico-crítica e no ensino desenvolvimental, com os trabalhos de Duarte, Freitas, Gasparin, Libâneo, Moura, Rosa, Saviani, Sforzi, entre outros.

¹³ DAVYDOV, V. V., (1988b). **Problems of developmental teaching, the experience of theoretical and experimental psychological research.** Parte II, cap. 5 – Learning activity in the younger school age period; cap. 6 – The mental development of younger school children in the process of learning activity. Soviet Education, New York, sep.

Trata-se de considerar que os processos de ensino e aprendizagem se dão, na educação formal, através da mediação intencional do professor na formação de processos mentais do aluno, objetivando, de acordo com Vigotski (1993, 2001, 2007), o desenvolvimento das funções psíquicas superiores — memória, percepção, pensamento, imaginação, capacidades de descrever e explicar algo —; isto é, promover e ampliar as capacidades cognitivas do aluno, atuando no desenvolvimento mental, na formação da personalidade e humanização (LIBÂNEO, 2004a, 2004b, 2009, 2013, 2015, 2016).

Nessa perspectiva, o desenvolvimento psíquico se dá por um processo de internalização, visto que a apropriação de conceitos ocorre em um movimento do social (intersíquico) para o individual (intrapíquico). Tem-se que a aprendizagem acontece na relação do sujeito com o meio físico e social, mediada por instrumentos e signos, entre eles a linguagem. No processo de ensino-aprendizagem, portanto, cabe ao professor a mediação didática e aos alunos, a atividade de estudo.

O objetivo da aprendizagem é o desenvolvimento das capacidades intelectuais por meio do conteúdo e das operações mentais que lhe correspondem. Desse modo, o conhecimento pedagógico do professor depende da sua interação com o conteúdo, das características do conhecimento disciplinar e investigativo que desenvolveu, além de considerar as características individuais e socioculturais do aluno (LIBÂNEO, 2016), suas condições física, afetiva e cognitiva, além dos motivos que possuem para interiorizar tais conceitos, seus conhecimentos prévios em relação ao conteúdo a ser mediado, e sua zona de desenvolvimento imediato ou próximo¹⁴. Para tal, o planejamento de ensino deve considerar a articulação dos conteúdos com as práticas socioculturais. A análise do conteúdo, portanto, corresponde ao percurso do método da reflexão dialética.

Na perspectiva da teoria histórico-cultural e, por conseguinte, no ensino desenvolvimental e na pedagogia histórico-crítica, a mediação didática visa ao desenvolvimento das relações do aluno com o objeto de conhecimento num contexto sociocultural definido. Nesse sentido, para o processo de ensino voltado para a apropriação de conhecimento e ao desenvolvimento das capacidades intelectuais superiores, o professor deve conjugar os conhecimentos do conteúdo teórico-científico (domínio do conteúdo) ao conhecimento pedagógico desse conteúdo (conhecimento epistemológico e didático —

¹⁴ A zona de desenvolvimento imediato ou próximo é um conceito criado por Vigotski para tratar de um estágio do processo de aprendizagem em que o aluno, num determinado momento, não consegue fazer algo sozinho, mas o faz com a ajuda de outros, inclusive e principalmente do professor. Para Vigotski, o único bom ensino é o que atua no âmbito da zona de desenvolvimento próximo.

domínio dos saberes e habilidades para ensinar esse conteúdo), nas circunstâncias histórico-social-cultural em que está inserido.

Ao abordar os conteúdos escolares, o professor atua na formação de conceitos, procedimentos lógicos do pensamento. Assim sendo, a atividade de ensino deve ser organizada no sentido de promover a formação de conceitos teórico-científicos, os quais são internalizados/apropriados em conhecimento, isto é, compreende-se a sua essência.

Considerando-se que o conhecimento científico é construído sócio-historicamente a partir da atividade humana, como tal, trata-se de uma produção coletiva e, portanto, controversa. Torna-se, então, necessário apropriar-se da sua historicidade, da gênese e desenvolvimento desse conhecimento.

À luz da teoria histórico-cultural enquanto epistemologia psicológica do ensino, a aprendizagem é um complexo processo de internalização do mundo (ROSA; SYLVIO, 2016) e, assim sendo, a mediação pedagógica implica em relações intersubjetivas, “primeiro ‘fora’, numa relação intersíquica com os objetos e com os outros, depois ‘dentro’, por meio de uma atividade mental intrapsíquica e individual” (idem, p. 423).

O trabalho docente, portanto, deve impulsionar o desenvolvimento da zona de desenvolvimento próximo a “novos e melhores processos psíquicos que, por sua vez, integrarão a zona de desenvolvimento real de futuras vivências escolares e não escolares, num movimento dinâmico e dialético” (idem, p. 427).

A experiência intersubjetiva no processo de ensino-aprendizagem da evolução biológica aliada aos conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência, que contextualiza a natureza da ciência e subsidia a superação do pensamento sincrético, é uma poderosa ferramenta a favor, por exemplo, da compreensão de que no desenvolvimento do pensamento evolutivo observam-se diversas conotações de progresso, desde o século XVIII até o tempo presente.

Discutiremos adiante que a teoria biológica da evolução por meio da seleção natural não possui em seus fundamentos componentes progressistas, no entanto, ressaltamos que a formação do conceito de evolução biológica, quando restrito à esfera do conhecimento cotidiano, é intrínseca ao desenvolvimento sociocultural do indivíduo.

Pesquisando a história do conceito de evolução biológica nas concepções de professores de biologia, Meghioratti et al. (2006, p. 108) destacam estudos que “indicam que os conceitos de progresso e evolução estiveram entrelaçados desde o surgimento do pensamento evolucionista até as discussões contemporâneas”, e concluem:

Tanto na construção histórica do conceito de evolução biológica quanto nas concepções apresentadas pelos professores de Biologia, podemos inferir a existência de componentes progressivos enraizados em valores sociais e na crescente especialização e complexidade. Algumas das concepções apresentadas pelos professores são semelhantes a ideias que apareceram ao longo da construção histórica do conceito de evolução biológica. Desse modo, uma análise histórica poderia permitir a reflexão dos professores sobre as suas práticas. O uso da História da Biologia no contexto da formação de professores poderia ajudar a demonstrar como as ideologias permeiam o conhecimento científico, destacando a não neutralidade da ciência (idem, p. 121).

A partir do entendimento pelo professor do percurso histórico contextualizado do conceito científico (sua historização) e da sua aproximação às zonas de desenvolvimento próximo dos alunos, aliado aos motivos de aprendizagem, as ideias vão se constituindo, sempre do geral, do todo — que, para Marx¹⁵, deve estar permanentemente presente em nossa representação — para o particular: é o caminho da abstração substantiva à generalização, que, por sua vez, leva à formação dos conceitos teóricos, em um movimento que vai do abstrato em direção ao concreto pensado.

Concordamos com Saviani (2013, p. 70), quando afirma que

não podemos confundir conteúdos *concretos* com conteúdos *empíricos*. Os conteúdos empíricos manifestam-se na experiência imediata. Os conteúdos concretos são captados em suas múltiplas relações, o que só pode ocorrer pela mediação do abstrato. Para chegar ao concreto, é preciso superar o empírico pela via do abstrato.

Rosa e Sylvio (2016), nos ajudam a entender:

Davidov (1982)¹⁶ articulou questões filosóficas e psicológicas em torno da direção do pensamento abstrato rumo ao concreto pensado, na tradição da lógica dialética, trazendo a questão da formação de conceitos científicos como conteúdo do pensamento teórico para o centro da discussão das questões educacionais de sua época. Partiu do que Marx escreveu sobre o movimento do conhecimento na lógica dialética: do concreto (empírico) para o abstrato e de volta ao concreto (pensado), considerando que este é também o movimento que deve ser reproduzido pelo pensamento individual: parte-se, no ensino escolar, do concreto-empírico, realizam-se as mediações da filosofia, da ciência e da arte, por meio de generalizações, e volta-se para o concreto-pensado, objetivando a transformação qualitativa tanto do pensamento quanto da realidade circundante. Para o autor, a lógica dialética é também lógica psicológica, método de conhecimento e método de pensamento, que o autor unifica e denomina de pensamento teórico (ROSA; SYLVIO, 2016, p. 430).

A interiorização dos conceitos científicos requer atividades de estudo. Atividades de estudo são tarefas de aprendizagem organizadas de forma que os alunos, através da

¹⁵ Carl Marx (1818, Prússia -1883, Inglaterra).

¹⁶ DAVYDOV, V.V. **Tipos de generalización en la enseñanza**. Havana: Pueblo y Educación, 1982.

resolução de problemas, possam percorrer o caminho que o pensamento científico de determinado conceito possui, desenvolvendo operações mentais. O conteúdo da atividade deve manter o conhecimento teórico que possa significar uma combinação unificada da (1) abstração substantiva, (2) processos de generalização e, por fim, (3) a formação dos conceitos teóricos.

Vigotski (2007, p. 94), sustenta que o aprendizado escolar “está voltado para a assimilação de fundamentos do conhecimento científico”. Assim, entendemos que a formação de conceitos científicos se dá através da mediação pedagógica, vinculada à epistemologia das ciências. Ela requer o amplo entendimento do contexto envolvido na sua formação, o conhecimento histórico desse conceito e das condições nas quais se desenvolveu.

Segundo o dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa, um conceito é a “representação mental de um objeto abstrato ou concreto, que se mostra como um instrumento fundamental do pensamento em sua tarefa de identificar, descrever e classificar os diferentes elementos e aspectos da realidade”.

Conceitos são representações mentais, signos, que representam os objetos do conhecimento e se constituem em procedimentos lógicos do pensamento. O conceito é a expressão de algo abstrato em palavra. Entender algo significa expressá-lo em forma de conceito, saber reproduzir mentalmente o seu conteúdo, compreender a sua essência. A formação dos conceitos teóricos reflete os processos de desenvolvimento mental que, por meio do conteúdo do conhecimento, culmina na ascensão do pensamento abstrato, privado de desenvolvimento, primitivo, ao concreto pensado, desenvolvido, que possibilita a interpretação teórica da realidade.

Nessa perspectiva, ao abordar os conteúdos escolares, o professor atua na formação de conceitos. Libâneo (2009, p. 10) nos lembra que o ensino consiste em “ajudar os alunos a pensar como o modo próprio de pensar, de raciocinar e de atuar da ciência ensinada”. Isso significa aprender a pensar teoricamente, aprender a pensar cientificamente, formar conceitos. “A efetividade do ensino, portanto, se revela ao assegurar as condições e os modos de viabilizar o processo de conhecimento pelo aluno” (idem, p. 17).

Gasparin (2009, p. 7), destaca que a teorização possibilita “passar do senso comum particular, como única explicação da realidade, para os conceitos científicos e juízos universais que permitem a compreensão dessa realidade em todas as suas dimensões”. E complementa: “a teorização é um processo fundamental para a apropriação crítica da realidade, uma vez que ilumina e supera o conhecimento imediato e conduz à compreensão da totalidade social” (idem).

Pensar o objeto cientificamente é ser capaz, cada vez mais, de fazer generalizações — o conceito científico é uma supergeneralização pois compreende amplitude de generalizações, possui extensão e compreensão. O pensamento por conceitos desenvolve as funções psíquicas superiores.

Nesse sentido, entendemos que a mediação pedagógica leva à atividade de estudo, a qual estimula processos mentais propiciando a formação de conceitos, os quais são internalizados/apropriados em conhecimentos, culminando no desenvolvimento mental, afetivo e moral dos alunos.

1.2 – Formação inicial e continuada do professor

Considerando o desenvolvimento profissional dos professores, Libâneo e Pimenta (1999, p. 260) destacam a importância da “[...] formação inicial e contínua articulada a um processo de valorização identitária e profissional”; e concluem: “a docência constitui um campo específico de intervenção profissional na prática social — não é qualquer um que pode ser professor” (idem).

A justificativa para tal afirmação é feita a partir do reconhecimento da docência como campo de conhecimentos específicos configurados em conteúdos formativos a serem desenvolvidos pelo profissional da educação (SEVERINO et al., 1999).

Nesse sentido, o desenvolvimento profissional dos professores

exclui uma concepção de formação baseada na racionalidade técnica (em que os professores são considerados meros executores de decisões alheias) e assume a perspectiva de considerá-los em sua capacidade de decidir e de rever suas práticas e as teorias que as informam, pelo confronto de suas ações cotidianas com as produções teóricas, pela pesquisa da prática e a produção de novos conhecimentos para a teoria e a prática de ensinar. Considera, assim, que as transformações das práticas docentes só se efetivam na medida em que o professor *amplia sua consciência sobre a própria prática*, a da sala de aula e a da escola como um todo, o que pressupõe conhecimentos teóricos e críticos sobre a realidade (LIBÂNEO; PIMENTA, 1999, p. 260-261, itálico dos autores).

Para a qualificação profissional desejada na carreira docente, os cursos de licenciatura devem assumir a formação inicial dos licenciandos/futuros professores e a formação continuada dos docentes como “compromisso integrante do projeto social, político e ético, local e nacional, que contribui para a consolidação de uma nação soberana,

democrática, justa, inclusiva e capaz de promover a emancipação dos indivíduos e grupos sociais” (BRASIL, 2013, p. 58).

Nessa complexa capacitação docente, exige-se do profissional em educação o domínio de múltiplas atribuições que requerem, além do domínio do conhecimento específico do seu curso de formação, o desenvolvimento de aprendizagem de ordem pessoal, social, cultural, política, ética, estética, moral, ambiental. É necessário saber interpretar, reconstruir e mediar o conhecimento numa perspectiva sócio-histórica; escolher a metodologia que provoque a curiosidade nos estudantes, despertando-lhes, através da mediação lógico-histórica do conteúdo, desejos e motivos de aprender, atuando sobre suas personalidades no sentido de atender aos interesses da comunidade.

O Parecer CNE/CEB nº 7/2010, ao discorrer a respeito da formação inicial e continuada de docentes, assim se expressa:

ao selecionar e organizar o conhecimento específico que o habilite para atuar em uma ou mais etapas da Educação Básica, é fundamental que se considere que o egresso dos cursos de formação de professores deverá ter a oportunidade de reconhecer o conhecimento (conceitos, teorias, habilidades, procedimentos, valores) como base para a formação integral do estudante, uma vez que esta exige a capacidade para análise, síntese, comprovação, comparação, valoração, explicação, resolução de problemas, formulação de hipóteses, elaboração, execução e avaliação de projetos, entre outras, destinadas à organização e realização de atividades de aprendizagens (BRASIL, 2013, p. 59).

Esse documento considera, ainda, que

[...] hoje, exige-se do professor mais do que um conjunto de habilidades cognitivas, sobretudo se ainda for considerada a lógica própria do mundo digital e das mídias em geral, o que pressupõe lidar com os nativos digitais. Além disso, lhe é exigida, como pré-requisito para o exercício da docência, a capacidade de trabalhar cooperativamente em equipe, e de compreender, interpretar e aplicar a linguagem e os instrumentos produzidos ao longo da evolução tecnológica, econômica e organizativa. Isso, sem dúvida, lhe exige utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos, em detrimento da sua experiência em regência, isto é, *exige habilidades que o curso que o titulou, na sua maioria, não desenvolveu* (idem, negrito do autor, itálico nosso).

Tal proposição implica o redimensionamento dos cursos de licenciatura e de formação continuada da atividade profissional dos professores. Concordamos com Libâneo (2004, p. 115) quando afirma que “as mudanças nas formas de aprender afetam as formas de ensinar [...]. Sendo assim, o que se espera da aprendizagem dos alunos também deverá ser esperado de um programa de formação dos próprios professores”.

Se às IES cabe, no exercício de sua autonomia assegurada pelo artigo 53 da LDB 9.394/96, as atribuições de fixar os currículos de seus programas; estabelecer planos,

programas e projetos de pesquisa científica e das atividades de extensão; elaborar e reformar seus estatutos e regimentos em consonância com as normas gerais atinentes; criar, expandir, modificar e extinguir cursos; questionamo-nos por que, no entendimento do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica, os cursos de licenciatura titulam discentes que não desenvolveram os conhecimentos científicos e tecnológicos necessários à prática docente.

A despeito das necessidades e atribuições impostas ao exercício da docência, destacamos a dimensão estritamente instrumental da educação, pautada na ação reprodutiva prática-utilitária dos saberes conquistado pela humanidade (QUEIRÓS et al., 2013); na pedagogia das competências, na qual o saber fazer se sobrepõe a qualquer outra forma de saber, posto como mercadoria a ser vendida e consumida (MARTINS, 2010).

A contradição aqui está no fato de que tais imposições buscam atender as demandas sociais atuais centradas no que Saviani (2007) denomina neoprodutivismo, caracterizado na perspectiva da lógica mercantil e do capital, associado a políticas educacionais vinculadas aos organismos internacionais¹⁷ que quantificam e qualificam o produto do trabalho educativo alinhado aos princípios e normas empresariais “a exemplo dos programas de ‘qualidade total’, cumprimento de metas quantitativistas, sistemáticas de avaliação do produto em detrimento do processo etc.” (MARTINS, 2010, p. 18).

Nessa direção, discorrendo a respeito da autonomia docente entendida como qualidade educativa (e não meramente profissional), Contreras (2002) admite o conceito de “profissionalidade docente” (e não de profissionalismo) no sentido de que a autonomia docente, a partir da formação intelectual crítica, ascenda à emancipação. Emancipação intrínseca à personalidade do professor que, enquanto portador de independência intelectual e política, é capaz de superar e questionar criticamente as concepções de ensino, das demandas sociais e do trabalho.

Segundo esses autores, o modelo pedagógico em curso está intimamente associado aos princípios positivistas contrapondo-se à dialética, uma vez que a formação atual do professor ocorre a partir de pressupostos da racionalidade técnica e especializada, e da prática profissional desprovida de orientação ou dirigida segundo valores e princípios vigentes

¹⁷ Banco Mundial, BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), BIRD (Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento – Instituição do Banco Mundial), FMI (Fundo Monetário Internacional), UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura), UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância), OIT (Organização Internacional do Trabalho), entre outros.

na sociedade na qual predominam a alienação, o individualismo e os valores econômicos do mercado.

Em mesmo sentido, Martins (2010, p. 19-20) argumenta que a ideologia fundamentada na pedagogia das competências e na valorização do saber fazer “a ser consumido, até mesmo, sob o emblemático *slogan* do ‘aprender a aprender’, quiçá próprio de quem nunca pode aprender efetivamente”, não possibilita ao sujeito “a conquista da própria autonomia intelectual”, e propõe um modelo de formação alternativo “que se contraponha à formação de indivíduos centrada nos ideais de eficácia e otimização das *performances*, voltada para o desempenho pragmático e quantificável”, posto que este deve, como já apontamos, promover e ampliar processos mentais, desenvolver as funções psíquicas superiores, atuar na formação da personalidade e na humanização dos indivíduos.

Na consideração crítica do processo de formação de professores, assim como a atividade profissional que a permeia, vamos ao encontro de Libâneo (2004a, p. 140-141) quando expressa:

Pensar é mais do que explicar e para isso, as instituições precisam formar sujeitos pensantes, capazes de um pensar epistêmico, ou seja, sujeitos que desenvolvam capacidades básicas em instrumentação conceitual que lhes permitam, mais do que saber coisas, mais do que receber uma informação, colocar-se frente à realidade, apropriar-se do momento histórico de modo a pensar historicamente essa realidade e reagir a ela.

1.3 – História, filosofia e sociologia da ciência na formação de professores

É comum, no ensino de ciências, a ideia de que a construção do conhecimento científico se dá a partir de um “método científico” único e infalível, constituído de um conjunto de regras fixas a serem empregues, destacando o tratamento quantitativo, rigoroso e dogmático dos resultados obtidos a partir dos processos de experimentação bem definidos e controlados.

A despeito da importância do método, o fazer ciência não se resume a uma metodologia, visto que a preocupação dos professores e cientistas com o rigor metodológico científico pode distanciá-los do objetivo mais fundamental da ciência, que é de aumentar o nosso autoentendimento e o do mundo em que vivemos (MAYR, 1998).

Tal rigor metodológico está presente nas escolas quando os conhecimentos científicos são ensinados como produtos prontos e infalíveis, oriundos de ideias brilhantes

formuladas e testadas por meio de procedimentos rigorosos, desconsiderando os aspectos sociais, políticos, econômicos, históricos, filosóficos e culturais que os cercam. Tratados de modo mecanizado pelos professores e materiais didáticos, esses conhecimentos são apropriados de forma alienada, como meros produtos, limitando o indivíduo no entendimento dos seus processos de desenvolvimento e construção. (QUEIRÓS et al., 2013).

Não obstante, entre os estudantes dos cursos de graduação, pós-graduação e formação de professores em ciências, predominam a visão racionalista bem como a postura empírico-indutivista, atórica e neutra da ciência, muito distantes da maneira como se produz os conhecimentos científicos (PÉREZ et al., 2001; QUEIRÓS, 2012).

Essa é a imagem ingênua e popular da ciência, vinculada a um método científico tido como infalível, que conduz à verdade absoluta e, portanto, inquestionável, limitando ainda mais possíveis aproximações às características fundamentais da atividade científica e à natureza da ciência.

Nesse sentido, recorreremos novamente a Mayr:

A nova teoria da ciência, baseada numa interpretação probabilística das conclusões científicas, admite que é impróprio falar de verdade, ou de prova, como algo absoluto. Isso traz consequências maiores em alguns ramos da biologia do que em outros. Todo evolucionista que entrou em discussão com indivíduos leigos defrontou-se com esta pergunta: ‘A evolução foi comprovada?’ [...] É o momento em que ele se obriga a discutir primeiramente a natureza da prova científica (MAYR, 1998, p. 43).

Em artigo seminal, Pérez et al. (2001) discorrem a natureza e as características essenciais do trabalho científico. Ao evidenciarem extensamente as concepções equivocadas dos estudantes e professores (e de muitos cientistas) a respeito da natureza da ciência, tecem considerações que nos estimulam a repensar as características e a natureza do trabalho científico, bem como as implicações para educação em ciências.

Ao qualificarem o trabalho científico, esses autores destacam — como fazemos aqui — a recusa da ideia de um método científico “como um conjunto de regras perfeitamente definidas a aplicar de uma forma mecânica e independentemente do domínio investigado” (idem, p. 136). Recusam também as concepções empírico-indutivistas da ciência, amplamente difundidas entre os professores, “que Piaget (1970)^[18] denomina ‘*o mito da origem sensorial dos conhecimentos científicos*’, isto é, **a recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de ‘dados puros’**”(idem, itálico e negrito dos autores).

¹⁸ PIAGET, J. *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo. 1970.

Para Chalmers (1993), no raciocínio indutivo as generalizações podem ser feitas, desde que (a) o número de proposições de observação que forma a base de uma generalização seja grande; (b) as observações sejam repetidas sob uma ampla variedade de condições; (c) nenhuma proposição de observação entre em conflito com a lei universal derivada.

De fato, para um indutivista, quanto maior o número de observações feitas e variedade de circunstâncias analisadas, maior a probabilidade de se deduzir uma generalização verdadeira. No entanto, por maior que seja o número de observações, ele é finito. A crítica ao indutivismo se revela aqui na falta de clareza ao que seria, de fato, um grande número de observações, e uma ampla variedade de circunstâncias.

Tais deformações, concordamos, se afastam da construção do conhecimento científico, no entanto são consolidadas e aceitas pela própria educação científica, que destaca a neutralidade do pesquisador, da observação, da experimentação, pondo à margem as hipóteses — reais orientadoras das investigações —, bem como os conhecimentos teóricos já estabelecidos e disponíveis.

A visão da ciência como neutra, refratária aos elementos socioculturais nos quais o cientista está imerso, caracteriza o denominado método hipotético-dedutivo, muitas vezes tratado como sinônimo de método científico. O referido método é bem conhecido na ciência (MAYR, 1998).

Segundo o procedimento hipotético-dedutivo, as hipóteses elaboradas são submetidas a testes experimentais para confirmá-las ou falseá-las, o que constitui ações de dedução. As críticas a esse método decorrem do entendimento de que “pode haver mais a ser dito sobre a descoberta do que ela somente envolver um pico criativo” ou especulativo e, da mesma forma, “pode haver mais a respeito do teste experimental do que somente a dedução direta” (FRENCH, 2009, p. 21).

Para o raciocínio dedutivo, que constitui a disciplina da lógica, Chalmers (1993, p. 25) argumenta que “se as premissas de uma dedução logicamente válida são verdadeiras, então a conclusão deve ser verdadeira”. Entretanto, se uma premissa não é verdadeira, ainda assim a dedução pode ser lógica, mas incorreta. Assim, a lógica dedutiva sozinha não funciona como uma fonte de afirmações verdadeiras sobre o mundo, mas está relacionada com a derivação de afirmações de outras afirmações dadas.

A falseabilidade de uma hipótese, proposta pelo filósofo austríaco Carl Popper (1902-1994) como solução para o problema da indução, não se constitui em tentativas de provar a hipótese, o que seria uma forma de indução e, portanto, destituída de lógica, mas sim,

tentativas de refutá-la. Um único evento de refutação para determinada hipótese é suficiente para negá-la.

A fundamentação popperiana a respeito das hipóteses formuladas, ou proposições de observação, “é de que sua aceitabilidade se dá pela sua capacidade de sobreviver a testes” (CHALMERS, 1993, p. 93). A possibilidade de falsear uma teoria submetendo-a a testes de validade norteia, de certa forma, a conduta científica moderna, distinguindo-a da não-científica. Mayr (1998, p. 42) argumenta que “segundo essa posição, é aceita aquela teoria que resistiu com sucesso ao maior número e variedade de tentativas de refutação”.

Tal método, também conhecido como falseacionismo, combina com a visão romântica da ciência ao insistir que ela funciona fazendo avançar hipóteses de algum modo criativo e, então, justificando essas hipóteses ao testar as suas consequências experimentais.

1.4 – A qualificação do trabalho científico

No sentido de nos aproximarmos de uma imagem mais ajustada da construção do conhecimento e da natureza do trabalho científico, bem como da educação em ciências, recorreremos novamente a Pérez et al. (2001), que estabelecem alguns princípios epistemológicos fundamentais a serem considerados na qualificação do trabalho científico, a saber: necessidade de se “**compreender o caráter social do desenvolvimento científico**”; estar à “**procura de coerência global com o corpo de conhecimentos vigentes**”; recusar a ideia de um método científico a ser aplicado mecanicamente, bem como a da inferência indutiva do empirismo e valorizar o “**pluralismo metodológico**” e, finalmente, “**destacar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente**”, isto é, raciocinar em termos de hipóteses como possíveis respostas a serem submetidas à prova (idem, p. 136-137, negrito dos autores).

No entanto, destacam que:

Embora a obtenção da evidência experimental em condições bem definidas e controladas ocupe um lugar central na investigação científica, é preciso relativizar o seu papel, pois só tem sentido, insistimos, em relação às hipóteses a comprovar ou a refutar e aos dispositivos concebidos para tal efeito. Nas palavras de Hempel (1976)¹⁹, *‘não se chega ao conhecimento científico aplicando um procedimento indutivo deduzido de dados recolhidos anteriormente, mas sim mediante o chamado*

¹⁹ HEMPEL, C. G. **Filosofía de la ciencia natural**. Madrid: Alianza. 1976.

método das hipóteses como tentativas de resposta a um problema em estudo e submetendo estas a prova. São, pois, as hipóteses que orientam a procura de dados. Hipóteses que, por sua vez, nos remetem para o paradigma conceptual de partida, pondo de novo em evidencia o *erro* subjacente às concepções empírico-indutivistas (PÉREZ et al., 2001, p. 136-137, itálico dos autores).

As posturas dogmática, rígida, aproblemática e ahistórica da ciência não consideram as dificuldades encontradas no percurso do trabalho do cientista, suas limitações e as referentes ao conhecimento científico do tempo presente, a origem do questionamento e o contexto histórico, político, social e cultural em que o pesquisador está inserido. Essa é a visão exclusivamente analítica, limitada e deformada da ciência, que não considera a unificação dos conhecimentos prévios e como foram construídos, ignorando o trabalho em equipe e corporativo. É a visão ingênua e romântica do pesquisador enquanto mito, que trabalha sem hesitações ou erros, proporcionando a imagem descontextualizada de uma ciência socialmente neutra. Desconsidera-se, desse modo, que o conhecimento desenvolvido e assimilado a partir de um contexto sócio-histórico-cultural tem relevância significativa nas descobertas científicas.

O progresso nas Ciências Biológicas não se caracteriza tanto pelas descobertas individuais, por importantes que sejam, ou pelas proposições de teorias novas, mas muito mais pelo gradual e decisivo desenvolvimento de novos conceitos, e pelo abandono dos que antes eram dominantes. Na maioria dos casos, o desenvolvimento dos conceitos novos mais importantes não foi devido a descobertas individuais, mas muito mais à integração nova de fatos anteriormente estabelecidos. A teoria darwiniana da descendência com modificações, por meio da seleção natural, representa boa ilustração desse princípio (MAYR, 1998, p. 954-955).

Nesse sentido, o professor, a partir do referencial da pedagogia histórico-crítica, munindo-se dos conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência, pode contribuir para a superação de um ensino de ciências prático-utilitário, desmistificando a visão mítica de como os cientistas atuam na construção do conhecimento ao incorporar a essa construção, caracterizada por situações de fracassos e de sucessos, os complexos valores de natureza social, histórica, cultural, inerentes às relações humanas (QUEIRÓS et al., 2013, p. 34).

Os mesmos autores destacam que

o ensino de Ciências deve se voltar para a formação de um indivíduo crítico que saiba assumir os seus deveres, cobrar os seus direitos, intervir de forma consciente nas decisões políticas dentro de uma sociedade, entendendo que as relações sociais, inclusive o conhecimento científico, são uma construção histórico-social. Assim, é necessário que esse indivíduo se reconheça parte desta história e que ele é mais do que um simples objeto alienado no sistema capitalista, mas que pode expressar uma força capaz de mudar essas relações, com o intuito de buscar a sua humanização (QUEIRÓS et al., 2013, p. 31-32).

Discorrendo acerca da aprendizagem e o ensino de ciências, Pozo e Crespo (2009) destacam o fato de se continuar ensinando nas salas de aula a concepção positivista do conhecimento científico, “baseado na aplicação rigorosa do ‘método científico’, que deve começar pela observação dos fatos, do qual devem ser extraídas as leis e os princípios” (idem, p. 20). E afirmam: “nem sequer o velho clichê da ciência empírica, dedicada a descobrir as leis que governam a natureza por meio da realização de experimentos, é verdadeiro hoje em dia” (idem, p. 21).

Frente a isso, os mesmos autores enumeram algumas atitudes e crenças desapropriadas mantidas pelos alunos com respeito à natureza da ciência e sua aprendizagem, que se desviam daqueles que caberia numa instrução científica adequada, e os aproxima das formas de conhecimento “pouco compatíveis com o discurso científico” (idem, p. 17), como as pseudociências. Dentre alguns problemas citados, destacamos:

- Para aprender ciência é melhor não encontrar suas próprias respostas, mas aceitar o que o professor e o livro didático dizem, porque isso está baseado no conhecimento científico.
- O conhecimento científico é muito útil para trabalhar no laboratório, para pesquisar e inventar coisas novas, mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana.
- A ciência proporciona um conhecimento verdadeiro e aceito por todos.
- O conhecimento científico é sempre neutro e objetivo (idem, p. 18).

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 36) destacam que no processo educativo “busca-se que o aluno compreenda as ciências e as tecnologias como um conjunto de conhecimentos produzidos coletivamente pela humanidade”.

O próprio Charles Darwin, no “*Esboço histórico*” (DARWIN, 1859:2014, p. 17-27), considera diversos autores e produções científicas que o antecederam nas opiniões referentes à origem das espécies. Diz ele:

Devo acrescentar que, dentre os trinta e quatro autores mencionados neste esboço histórico, que admitem a modificação das espécies, ou pelo menos descreem de atos isolados da criação, vinte e sete escreveram artigos sobre história natural e geologia (idem, p. 26).

Entre tais autores, Darwin cita Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), Lamarck (1744-1829), conde de Buffon (1707-1788), seu avô, Erasmus Darwin (1731-1802), Goethe (1749-1832), Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) e Wallace (1823-1913).

Pluralista quanto às metodologias que utilizava, Darwin levantava hipóteses de forma diferente da dos cientistas fundamentalistas da sua época.

O método de Darwin poderia ser resumido da seguinte maneira: apresentar evidências para fundamentar inferências, e usar essas inferências para sustentar conjecturas. Quanto maiores o número e a variedade de evidências que ele poderia apresentar, mais convincentes seriam as suas inferências. [...] a maciça citação de fatos não se encerrava em si, eram evidências e documentação para as suas inferências. Tais inferências não serviam apenas para sustentar suas conjecturas, mas também revelavam algumas das ideias mais fundamentais de Darwin. [...] E o que é mais importante, a aceitação da maioria das teorias de Darwin não resultou da vitória da sua metodologia, mas sim dos fatos adicionais e da gradual refutação das teorias adversárias (MAYR, 2006, p. 104-105).

A principal tese de Darwin foi que a mudança evolutiva é devido à produção de variação numa população e a sobrevivência e o sucesso reprodutivo para algumas dessas variantes. Ele estava convicto de que na natureza havia um imenso reservatório de variação, sempre disponível como matéria-prima para a seleção; entretanto, a origem desta variação confundiu-o durante toda a sua vida, levando-o, por vezes, a cair em contradição.

Os capítulos um, dois e cinco de *A origem das espécies*, publicado por Darwin em 1859²⁰ — intitulados, respectivamente, *Varição no estado doméstico*, *Varição na natureza*, e *As leis da variação* —, revelam sua indecisão quanto à origem da variação e à natureza da herança, conjecturando a possibilidade de o ambiente ser capaz de induzir as variações orgânicas, os efeitos do uso e do não uso de estruturas corporais e que os caracteres adquiridos pudessem ser herdados — princípios tradicionalmente aceitos, formalizados em 1809 pelas hipóteses evolutivas desenvolvidas por Lamarck, publicadas no *Philosophie Zoologique*. A despeito da sua indecisão quanto à natureza das variações, Darwin sempre as considerou, juntamente com a seleção natural, os principais mecanismos da evolução biológica. E nisso, podemos hoje dizer, ele estava correto.

Apesar de Gregor Mendel ter publicado suas descobertas sobre a herança genética em 1866, suas ideias foram ignoradas até 1900, quando seus estudos se tornaram conhecidos, e, só então, capazes de serem compreendidas.

O não entendimento sobre os mecanismos da herança levou os estudiosos, até o início do século XX, a concepções errôneas, chegando a considerarem a variação genética como “a nova fronteira da biologia evolutiva” (MAYR, 2006, p. 110).

No documento *Evolução, Ciência e Sociedade* (FUTUYMA, 2002), que trata das orientações da pesquisa científica básica e aplicada e pela elaboração de currículos educacionais americanos para todos os níveis, em edição brasileira, produzida pela Sociedade

²⁰ Tomamos como referência a 1ª edição em língua portuguesa de *A origem das espécies*, publicada pela editora paulista Martin Claret, em 2014, com tradução do original da 6ª edição em inglês, publicada em 1859, de Carlos Duarte e Anna Duarte, com prefácio de Nélio Bizzo.

Brasileira de Genética, voltada para as políticas educacionais nacionais, a temática principal inclui a evolução biológica. Nele são relatadas inúmeras dificuldades aparentes nos processos de ensino-aprendizagem da teoria evolutiva, motivadoras de preocupações e, portanto, sinalizadoras de desafios a serem superados.

Dentre as dificuldades relatadas no documento, destacam-se: a preparação inadequada dos estudantes da educação básica quando se afirma que “o nível de compreensão da evolução e de assuntos correlatos, como a genética, é particularmente precário”; o pouco empenho dos órgãos responsáveis pela educação continuada dos professores em biologia evolutiva, visto que muitos professores “não conseguem se manter atualizados com uma parte dos mais importantes progressos na área e, conseqüentemente, cobrem o tema de maneira inadequada” e o despreparo dos estudantes para compreenderem a relevância dos conceitos evolutivos, visto que “[...] para a maioria dos formados em Biologia, o contato com a Evolução pode ter se limitado a pouco mais do que algumas semanas (ou menos)” (FUTUYMA, 2002, p. 58-59).

Nesse sentido, aproximar os licenciandos em ciências da natureza da epistemologia crítica contemporânea, explicitar a historização referente aos conceitos científicos estudados, seus contextos filosóficos e sociais, podem superar distorções conceituais, bem como a visão alienante do empirismo.

1.5 – A escola globalizada

O elemento nuclear da escola é a atividade de aprendizagem, embasada no pensamento teórico do conteúdo, associada aos motivos dos alunos de estarem ali. Para a formação das funções mentais superiores dos indivíduos, a aprendizagem constitui-se na articulação de processos internos e externos e visa a internalização de signos culturais.

Nessa perspectiva, questionam-se as políticas educacionais oficiais da Educação no Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), quando visam a formação dos indivíduos para as necessidades do mundo do trabalho, submetendo-se a imposições do sistema capitalista.

Os programas educacionais do governo, a partir das orientações neoliberais, conduzem a escola ao atendimento dos objetivos da globalização, reduzidos à condição de mercadoria e serviço, dentro da lógica economicista: “preparar trabalhadores empregáveis,

flexíveis, adaptáveis, competitivos” (LIBÂNEO, 2013, p. 59), ficando de lado as necessidades dos alunos, os motivos, o contexto histórico-cultural.

Para que ocorra desenvolvimento, a ação do professor deve ser intencional: considerar os motivos dos alunos e ter clareza das mudanças que deseja promover na mente destes ao encaminhar a formação do pensamento teórico-conceitual do conteúdo abordado, de modo contextualizado e, assim, “desenvolver uma nova perspectiva: a de observar sua realidade, compreendê-la e, o que é muito importante, enxergar possibilidades de mudança” (BRASIL, 2006, p. 35).

Para tal, o professor deve ser capaz de traduzir os conteúdos de aprendizagem em procedimentos de pensamento, isto é, colocar os alunos em uma atividade mental, em uma sequência de operações mentais, para que possam operar com conceitos. Nesse sentido, entendemos que, no processo formal de educação, a ação didática deve ocorrer nas escolas.

Escola e ensino existem para promover e ampliar o desenvolvimento das capacidades cognitivas e a formação da personalidade. Formar capacidades cognitivas é formar o pensamento teórico-científico por meio de abstrações e generalizações, que levam às categorias e aos conceitos, que são procedimentos mentais para nos relacionarmos com o mundo. Desse modo, a atividade pedagógica somente é pedagógica se ela mobiliza as ações mentais dos sujeitos, visando a ampliação de suas capacidades cognitivas e a formação de sua personalidade global. Essa formação de ações mentais ou novos usos de uma ação mental requer, por parte dos alunos, uma atividade reflexiva, e, da parte dos professores, a mediação didática, precisamente a intervenção intencional na formação de processos mentais do aluno (LIBÂNEO, 2013, p. 75).

A partir dos documentos e órgãos oficiais que norteiam a educação nacional — a LDB, os PCN; os Pareceres e Resoluções do Ministério da Educação, do Conselho Nacional de Educação, da Câmara de Educação Superior, da Secretaria de Educação Médio e Tecnológica, da Câmara de Educação Básica, da Secretaria da Educação Básica, da Associação Nacional pela Formação dos Profissionais da Educação —; e das exigências da população brasileira para uma prática educativa formal que contribua para a qualidade da formação da pessoa enquanto cidadão, destacamos que:

- a) a LDB, lei nº 9.394 que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, entrou em vigor em 20 de dezembro de 1996, há quase 20 anos, portanto;
- b) as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio, resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998, há 18 anos;
- c) os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, publicado no ano de 1999, há 17 anos;

- d) o Documento Norteador para a Elaboração das Diretrizes Curriculares para os Cursos de Formação de Professores, de 15 de outubro de 1999, há quase 17 anos também;
- e) o Parecer CNE/CES 1.301/2001, que estabelece as diretrizes curriculares para os cursos de ciências biológicas, publicado no Diário Oficial da União em 07 de dezembro de 2001, Seção 1, p. 25, há mais de 14 anos;
- f) a Resolução CNE/CES nº 7/2002, que estabelece as diretrizes curriculares nacionais para os cursos de bacharelado e licenciatura em ciências biológicas, publicada no Diário Oficial da União em 26 de março de 2002, Seção 1, p.13, há pouco mais de 14 anos;
- g) as orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+, 2002), há 14 anos;
- h) as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, de 2004 e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, de 2006, há 12 e 10 anos, respectivamente;
- i) as propostas oficiais de educação atendem às exigências da globalização, priorizando as políticas do Banco Mundial e políticas educacionais internacionais a partir de um currículo instrumental, de resultados imediatos, o qual deve promover a inserção dos indivíduos na economia de mercado local e global, colocando em segundo plano o conhecimento científico;
- j) o conhecimento pedagógico-didático subordina-se ao conhecimento dos conteúdos.

Portanto, após mais de uma década (quase duas) de publicações de pareceres, resoluções, orientações, documentos e leis educacionais, consideramos necessidade imperativa verificar a estrutura e organização curricular do conteúdo de biologia evolutiva dos cursos de formação básica e superior quanto a um dos pilares fundamentais da educação nacional: a formação teórica e interdisciplinar de qualidade na formação específica e aos componentes curriculares de formação pedagógica, explicitados na base comum nacional.

1.6 – O ensino e a aprendizagem da evolução biológica no Brasil

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio, complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 1999), em “Carta ao Professor”, considera que

a qualidade da escola é condição essencial de inclusão e democratização das oportunidades no Brasil, e o desafio de oferecer uma educação básica de qualidade para a inserção do aluno, o desenvolvimento do país e a consolidação da cidadania é tarefa de todos (BRASIL, 2006, p. 5).

Nesse sentido, o documento critica o ensino de biologia no ensino médio das últimas décadas, cujo conteúdo e metodologia estão “voltados, quase que exclusivamente, para a preparação do aluno para os exames vestibulares” (idem, p. 15), destacando o distanciamento entre o ensino idealizado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – DCNEM (BRASIL, 2013) e o ensino praticado nas escolas.

Tais diretrizes estabelecem a interdisciplinaridade²¹ e a contextualização²² como princípios condutores da organização curricular das escolas, além das competências e habilidades referenciais para as propostas pedagógicas articuladas em três áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999), complementares às DCNEM, referem-se às disciplinas vinculadas às três áreas do conhecimento, integrando-as e apresentando os objetivos específicos de cada área. No entanto, quanto à biologia, Nélio Bizzo (BRASIL, 2006, p. 16) enfatiza em tal documento que “o texto enveredou por um caminho de frases feitas no qual os professores de biologia podem encontrar pouca ou nenhuma contribuição para zelar pela aprendizagem de seus alunos”.

²¹ O Parecer CNE/CEB nº 7/2010, propõe a interdisciplinaridade como forma de organização curricular, entendendo-a como “abordagem teórico-metodológica em que a ênfase incide sobre o trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento, um real trabalho de cooperação e troca, aberto ao diálogo e planejamento” (BRASIL, 2013, p. 28). A interdisciplinaridade se refere à abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento, “constituindo-se em caminhos facilitadores da integração do processo formativo dos estudantes” (idem, p.29).

²² Os documentos curriculares oficiais apresentam diferentes concepções de contextualização do ensino. Kato e Kawasaki (2011), a partir de pesquisa sobre concepções de contextualização em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências, identificaram 11 concepções de contextualização do ensino: realidade, vida, vivência, mundo, cotidiano, trabalho, cidadania, contexto social, contexto histórico e cultural, conhecimentos prévios do aluno e disciplinas escolares; as quais foram organizadas em 3 grupos: a) concepções relacionadas ao cotidiano do aluno; b) as concepções relacionadas à(s) disciplina(s) escolar(es), e c) as concepções relacionadas a contextos histórico, social e cultural. Concluem que diversas podem ser as mediações didáticas que o professor poderá encontrar, sendo estas apenas algumas delas, e que o professor, estando atenta a elas, assuma, de fato, o papel de mediador dos processos de ensino e aprendizagem.

No sentido de minorar o distanciamento das ideias propostas pelos PCNEM e sua operacionalização, se elaboram os PCN+ (BRASIL, 2002), como orientações complementares aos PCNEM, reafirmando, em diálogo direto com os educadores, “a necessidade de se articularem as competências gerais com os conhecimentos disciplinares e organizar de forma mais sistemática muitas das propostas pretendidas pelos PCNEM” (BRASIL, 2006, p. 17).

Neste sentido, o texto dos PCN+ representou um avanço, pois propõe sugestões de organização de cursos e de aulas, além de múltiplas abordagens sobre os temas das disciplinas. O documento apresenta aos professores exemplos de aplicação das propostas previstas nos Parâmetros, além de permitir a criação de novas possibilidades, segundo o perfil do aluno, a realidade de cada escola e de seu projeto político-pedagógico (idem).

Os PCN+, no que se refere ao ensino de biologia, organizam as principais áreas de interesse do conhecimento biológico em seis temas estruturadores, a saber:

- Tema estruturador 1 – Interação entre os seres vivos;
- Tema estruturador 2 – Qualidade de vida das populações humanas;
- Tema estruturador 3 – Identidade dos seres vivos;
- Tema estruturador 4 – Diversidade da vida;
- Tema estruturador 5 – Transmissão da vida, ética e manipulação gênica;
- Tema estruturador 6 – Origem e evolução da vida.

Cada tema estruturador está subdividido em quatro unidades temáticas. Como a nossa investigação volta-se ao ensino da evolução biológica, destacamos o tema estruturador 6 – Origem e evolução da vida, apresentado com as seguintes unidades temáticas:

- Unidade temática 1 – Hipóteses sobre a origem da vida e a vida primitiva;
- Unidade temática 2 – Ideias evolucionistas e evolução biológica;
- Unidade temática 3 – A origem do ser humano e a evolução cultural;
- Unidade temática 4 – A evolução sob a intervenção humana.

Quanto à organização dos conteúdos, os PCN+ propõem que os seis temas estruturadores, apresentados como sugestões de eixos temáticos em biologia, sejam desenvolvidos nas três séries do ensino médio, um para cada semestre.

Numa primeira organização sequencial (sequência 1, p. 52), o tema estruturador 6 é tratado no segundo semestre da terceira série do ensino médio.

No último semestre do ensino médio, quando os alunos já desfrutam de uma visão biológica do mundo vivo, é oportuno dedicar-se à discussão de conteúdos com

grande significado científico e, sobretudo, filosófico: as várias interpretações sobre a história da vida, como, por exemplo, se resultou de um projeto elaborado por uma força superior, da evolução de moléculas não-vivas ou teve origem extraterrestre. Como eram os primeiros seres vivos, qual o impacto da produção e de consumo de oxigênio para a atmosfera primitiva. Qual a história da ancestralidade da espécie humana. O papel da evolução cultural, do desenvolvimento da inteligência e da aprendizagem para a sobrevivência da espécie humana. E, para encerrar o curso de Biologia no ensino médio, uma reflexão sobre o papel do ser humano na transformação do ambiente, na evolução de sua espécie e das demais espécies que habitam o planeta (BRASIL, 1999, p. 53).

Há, também, uma segunda organização sequencial proposta (sequência 2, p. 53), na qual o mesmo tema é tratado no primeiro semestre da primeira série do ensino médio, destacando que, para essa abordagem, “o grande desafio do professor seria a utilização de estratégias adequadas para que os alunos pudessem, de fato, compreender as abstrações que fazem parte dos temas iniciais dessa organização de curso” (idem).

Entendemos que as duas organizações sequenciais mantêm a problemática curricular no sentido de que a evolução biológica é tratada apenas no último semestre do ensino médio ou, em outro extremo, no primeiro semestre da primeira série, o que constitui, segundo o próprio documento, grande desafio para o professor.

No sentido de ampliar a visão do professor de biologia sobre a própria prática, destacamos que os objetivos globalizantes do curso de evolução biológica são os de (1) identificar as principais evidências da evolução biológica, *reconhecendo-a como um evento natural* e, a partir daí, como o conceito central da biologia; e (2) compreender os fundamentos da biologia evolutiva nos seus princípios, *entendendo-a como a teoria unificadora da biologia*, devendo, portanto, transpassar a educação básica e, porventura, os cursos de formação inicial e continuada em ciências/biologia, do primeiro ao último semestre.

No estudo da bibliografia referente à biologia evolutiva se identifica a grande importância e a ampla abrangência do tema, destacadas por diversos autores, posição ilustrada pelo seguinte fragmento do resumo de artigo publicado por Tidon e Vieira (2009, n.p.):

Os cientistas costumam dizer que a biologia evolutiva é o eixo transversal que percorre todas as áreas das ciências biológicas, atingindo inclusive alguns segmentos das ciências exatas e humanidades. A teoria da evolução, acrescida das atualizações e desdobramentos ocorridos nos últimos 150 anos, não só explica a diversidade da vida como também proporciona uma excelente oportunidade para análises e reflexões que desenvolvem o espírito crítico daqueles que a estudam. Por essas razões, o ensino dessa disciplina contribui para formar uma cidadania informada, capaz de tomar decisões pensadas e de se adaptar a mudanças, como destacado no documento *Evolução, Ciência e Sociedade* (2002), elaborado por oito sociedades científicas americanas e editado pelo biólogo evolucionista Douglas Futuyma. Apesar do exposto, entretanto, o ensino da biologia evolutiva é ainda problemático em muitos países do mundo, incluindo o Brasil.

No entanto, lembramos que, como discutido anteriormente, alguns fundamentos evolutivos têm sido frequentemente mal interpretados, quando, por exemplo, não se distingue “evolução biológica” da “teoria evolucionista”, ou quando “evolução” é igualada a “progresso”. Abreu (2007) salienta que sem abordar convenientemente a evolução, é impossível um professor fazer compreender parte substancial dos fenômenos da vida.

Tidon e Lewontin (2004) consideram que a evolução é um tema essencial, pois amplia as perspectivas de entendimento dos fenômenos naturais e da própria natureza da ciência; no entanto, afirmam que pesquisas em diferentes partes do mundo mostram de forma consistente que os resultados do processo de ensino-aprendizagem das teorias evolutivas geralmente não são positivos.

Examinando aspectos do ensino da biologia evolutiva em Brasília (DF), os referidos autores apontam algumas dificuldades relatadas por professores do ensino médio, tais como a falta de preparo para ensinar evolução; a falta de material didático; a falta de tempo para esse conteúdo no currículo; os conceitos alternativos prévios dos alunos e dos próprios professores, uma vez que parte deles expressa equívocos biológicos como a ideia da adaptação ativa, frequentemente associada a um ideal de progresso; concepções lamarckistas da evolução biológica; dentre outros.

Em outra publicação sobre o ensino da evolução biológica, Tidon e Vieira (2009) se referem ao artigo supracitado e, considerando as dificuldades dos professores que trabalham conteúdos de evolução biológica no ensino médio em Brasília (DF), afirmam:

Quando indagados sobre padrões e processos evolutivos, quase a metade dos professores entrevistados demonstrou concepções lamarckistas, ao afirmar que a evolução biológica é direcional, progressista, e que ocorre em indivíduos (ao invés de populações). Essas concepções equivocadas, que simplificam a complexidade da natureza, são muito difundidas em várias partes do mundo, provavelmente porque elas parecem lógicas e fáceis de compreender (Tidon; Vieira, 2009, n.p.).

Concordamos com Carneiro (2004) e Goedert (2004), quando as autoras consideram imperativo no ensino da evolução biológica definir com clareza os conceitos científicos, contrapondo-os às concepções cotidianas — conceitos espontâneos —, cuidando para que os termos complexos, tais como *adaptação*, *seleção natural* ou mesmo *evolução*, sejam devidamente esclarecidos, “pois, caso não haja uma compreensão mais profunda e clara dos conceitos evolutivos, pode-se estar favorecendo a formação de ideias distorcidas que tendem a ficar enraizadas e permanentes” (CARNEIRO, 2004, p. 64), comprometendo toda a compreensão sobre esse tema, como, por exemplo, a visão ainda fortemente presente na mente dos estudantes da tendência para a perfeição dos seres vivos.

Entendo que a Evolução Biológica, por ser um tema gerador de controvérsias e por deter um caráter fundamental no conhecimento biológico, requer que o seu ensino seja contemplado de maneira clara e integrada durante a formação inicial de professores de Biologia, a fim de minimizar possíveis distorções e dificuldades no entendimento desse tema. Esse aspecto, possivelmente contribuiria para que os professores egressos apresentassem uma maior compreensão dos conteúdos relacionados à Evolução Biológica, bem como se sentissem mais preparados para lidar com situações controversas envolvendo o seu ensino (GOEDERT, 2004, p. 59).

A mediação didática em evolução biológica requer do professor estimular em seus alunos o desenvolvimento da capacidade de articularem concretamente os conhecimentos adquiridos de modo integrado, não excluindo a espécie humana dos processos evolutivos. Entendemos, portanto, que os docentes de ciências/biologia se sensibilizem com esse fato e atribuam às suas aulas tempo e material suficientes para considerações acerca da origem e evolução da vida em geral e, especificamente, da espécie humana como sendo produto da natureza e, como tal, submetida às mesmas leis que a governam.

A partir das nossas práxis, em consonância com a bibliografia pesquisada, entendemos que o distanciamento evolutivo da natureza humana está vinculado, principalmente, a dogmas religiosos presentes nas sociedades em geral — à convicção em uma criação especial, na origem divina do ser humano — e ao fato de que o professor, muitas vezes, também submetido a crenças ou não, se sentir desconfortável diante de tal argumentação.

Verifica-se, assim, que fatores externos, como influências socioculturais, políticas, ideológicas ou religiosas, interferem nas atividades científicas, bem como nos processos de ensino e aprendizagem. Nessa direção, se entende também como “as descobertas e as teorias do biólogo estão quase sempre em conflito com os valores tradicionais da nossa sociedade” (MAYR, 1998, p. 99), dada as atividades científicas, enquanto prática humana, não estarem dissociadas de tais valores.

Posto isso, reforçamos a necessidade de que o docente de ciências/biologia reveja sua prática pedagógica, integrando a didática específica do conteúdo, através de formação teórico-científica contínua, com a didática geral dos processos de ensino e aprendizagem, associadas aos contextos socioculturais, tendo clareza em distinguir as proposições científicas das experiências cotidianas dos alunos.

Diante de tais considerações, novamente concordamos com Libâneo (2004a, p. 141), quando admite

[...] conceber a atividade profissional dos professores como o desenvolvimento simultâneo de três aspectos: o primeiro, a apropriação teórico-crítica dos objetos de conhecimento, mediante o pensamento teórico e considerando os contextos

concretos da ação docente; o segundo, a apropriação de metodologias de ação e de formas de agir, a partir da explicitação da atividade de ensinar; o terceiro, a consideração dos contextos sociais, políticos, institucionais – práticas contextualizadas – na configuração das práticas escolares.

CAPÍTULO II

A TEORIA BIOLÓGICA DA EVOLUÇÃO COMO TEMA CENTRAL DA BIOLOGIA

A teoria biológica da evolução evolui dois processos essencialmente independentes: transformação e diversificação das populações biológicas. A transformação é de caráter genético e aleatório, cuja origem reside nos cromossomos, que são moléculas de ácidos nucleicos presentes em todas as células de todos os seres vivos, e também nos vírus (organismos acelulares). Nos cromossomos estão os genes, unidades genéticas complexas que contêm as informações primárias que fazem um ser vivo ser o que ele é.

As moléculas de ácidos nucleicos sofrem variações fortuitas, denominadas mutações, que podem alterar as informações contidas no gene e, conseqüentemente, alterar a característica determinada por ele. Através das mutações surgem novos genes, assim como as diversas formas que este pode ter — formas alélicas, ou alelos —, determinando a diversificação nos seres vivos (variabilidade genética). Em última análise, as mutações representam o “combustível” da evolução, visto que por intermédio delas surgem novas características e, portanto, novas variações²³.

Como as variações genéticas originadas pelas mutações são aleatórias, sem direcionamento ou finalidade, suas conseqüências são imprevisíveis. Mutações nocivas, que conduzem a uma diminuição da capacidade de sobrevivência ou mesmo inviabiliza seu portador, tendem a ser eliminadas. Mutações indiferentes, cujo efeito não altera a característica já existente, não possuem, a princípio, significado evolutivo. Mutações que

²³ A título de exemplo da variabilidade genética, consideremos o Sistema ABO de grupos sanguíneos em humanos. Na população, existem três formas alélicas para o gene que determina (ou não) a produção de substâncias de natureza proteica presentes nas membranas celulares das hemácias, células sanguíneas vermelhas que transportam o gás oxigênio para as demais células do corpo. Os genes são representados por letras e a diferenciação entre as diferentes formas originadas por mutações, denominadas alelos, por escrita maiúscula/minúscula, com ou sem expoente: I^A , I^B e i . Os alelos I^A e I^B sempre se expressam quando presentes no indivíduo (alelos dominantes), determinando, respectivamente, a produção das proteínas A e B na membrana das hemácias. O alelo i (recessivo) não determina a produção dessas proteínas. Como cada indivíduo possui dois alelos, um proveniente do pai e outro da mãe, formam-se, na população, seis combinações genotípicas distintas: $I^A I^A$, $I^A i$, $I^B I^B$, $I^B i$, $I^A I^B$ e ii , as quais determinam os quatro tipos sanguíneos do Sistema ABO: tipo A ($I^A I^A$ e $I^A i$), tipo B ($I^B I^B$ e $I^B i$), tipo AB ($I^A I^B$) e tipo O, ou zero, (ii). As diferentes formas alélicas representam a variabilidade genotípica existente na população, e os tipos sanguíneos, a variabilidade fenotípica expressa em cada indivíduo.

proporcionam características favoráveis, aptidões aperfeiçoadas, trazem maior competência adaptativa ao indivíduo e, conseqüentemente, maior oportunidade de sobrevivência.

Ao processo de eliminação dos indivíduos com menor competência adaptativa ao ambiente em que vivem e à tendência a manutenção das características favoráveis — ou pelo menos não-desfavoráveis — numa população, Charles Darwin denominou seleção natural, conceito nuclear do nosso estudo.

Darwin assim se posiciona no capítulo 4 de *A origem das espécies – A seleção natural ou a sobrevivência do mais apto*:

“É preciso também não esquecer como as relações mútuas de todos os seres orgânicos, e entre estes e suas condições físicas de vida, são de uma complexidade infinita e bem ajustada; e, em consequência, quantas e quão variadas diversidades de estrutura devem ser usadas por cada ser em condições alteradas de vida. Podemos considerar improvável, uma vez que já ocorreram variações úteis ao homem, que outras variações de alguma forma úteis a cada ser na grande e complexa luta pela vida venham a ocorrer no curso de várias gerações sucessivas? Se isso acontecer, podemos duvidar (lembrando que nasce um número maior de indivíduos do que aqueles que sobrevivem) que os indivíduos com alguma vantagem sobre outros, mesmo pequena, teriam a melhor chance de sobreviver e de procriar? Por outro lado, podemos estar certos de que qualquer variação, por menos prejudicial que seja, seria destruída por completo. **A essa preservação das diferenças individuais favoráveis e das variações e à destruição daquelas que são prejudiciais dei o nome de Seleção Natural ou Sobrevivência dos Mais Aptos.** As variações que não são nem úteis nem prejudiciais não seriam afetadas pela seleção natural e seriam deixadas como um elemento flutuante [...] ou então terminariam por se tornar fixas, pela natureza do organismo e pela natureza das condições” (DARWIN, 1859:2014, p. 110, negrito nosso).

À proporção que a seleção natural, em consonância com as condições ambientais, atua nos indivíduos eliminando-os quando portadores de características desfavoráveis e mantendo os que possuem características favoráveis/não-desfavoráveis, num processo dinâmico e incessante — pois sempre se tem mutações que podem gerar novos genes, novos alelos e novas características —, ocorre a diversificação das populações biológicas.

A seleção natural encarrega-se de fazer com que certas características de uma população casualmente variada sejam favorecidas, tendo como consequência, ao longo do tempo, por meio dos processos reprodutivos, mudanças na população toda. Esse pensamento levou Darwin a explicar a evolução biológica como a “descendência com modificação” e a afirmar que a natureza é capaz, por consequência, de produzir novas espécies²⁴.

²⁴ A título de documentação bem como para maior aproximação a Charles Darwin e a sua teoria, transcrevemos o fragmento de sua carta (Anexo A) escrita para Asa Gray – naturalista, eminente professor de botânica em Harvard e principal defensor do darwinismo na América do Norte, em 5 de setembro de 1857, dois anos antes da publicação de *A origem das espécies*. Nela, Darwin descreve as linhas gerais da sua teoria da seleção natural.

Em mesmo sentido, Futuyma (2002, p. 9) considera que “a Evolução é a descendência, com modificações, de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns”, e que, portanto, “a evolução biológica consiste nas mudanças das características hereditárias de grupos de organismos ao longo das gerações”. Em um contexto mais simples, Mayr (2009, p. 326) define evolução como “processo gradual, por meio do qual o mundo orgânico vai se desenvolvendo desde a origem da vida”.

Cabe, aqui, distinguir *evolução biológica* da *teoria da evolução biológica*, pois a não distinção clara desses termos reside em um ponto inicial de dificuldade de compreensão do tema evolução biológica. A definição de evolução biológica envolve processos de modificações e transformações e, como o mundo não é estático, assim como todos os seres vivos estão constantemente submetidos às mudanças, tem-se que o processo de evolução biológica é um evento natural.

Daí a importância de se fazer uma nítida distinção entre a aceitação do processo da evolução e a adoção de uma particular teoria explicativa do seu mecanismo. Isso é decisivamente necessário, na medida em que, a partir do século XVIII, nos deparamos com numerosas tentativas de explicações científicas da evolução biológica, desde os tempos de Lamarck até a síntese evolucionista²⁵.

Aceitar algo como fato, significa admitir sua existência a despeito do que sabemos ou compreendemos (GOULD, 2001; FUTUYMA, 2002; GOEDERT, 2004). Portanto, do ponto de vista da biologia contemporânea, não se discute se o processo evolutivo ocorreu, está ocorrendo ou não, ele é tido como um evento natural, assim como a Terra é redonda, e gira sobre si mesma e ao redor do Sol.

Por outro lado, a teoria da evolução biológica por meio da seleção natural não é um evento natural, é uma teoria. Em ciência, teoria “[...] é uma hipótese que foi confirmada ou estabelecida por observação ou por experimentação e é proposta ou aceita como justificativa dos fatos conhecidos [...]” (FUTUYMA, 2002, p. 66). Isto quer dizer que, como todas as teorias, a seu respeito cabem especulações e pode se mostrar vulnerável à rejeição parcial ou total caso seja falseada.

²⁵ Na década de 1940, designou-se síntese evolucionista a combinação da percepção da imensa possibilidade da ocorrência de variação genética nas populações naturais com a crescente aceitação da seleção natural.

2.1 – Evolução biológica pré-darwiniana

Em biologia há casos em que teorias evolutivas foram refutadas. Em 1809, o naturalista francês Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) publicou em *Philosophie zoologique* [Filosofia zoológica] uma teoria que explicava como os seres vivos evoluíam e se adaptavam ao ambiente em que viviam. Baseado nos princípios da necessidade (uso e não uso) e da transmissão das características adquiridas, os seres vivos, segundo Lamarck, progrediriam em direção a maior complexidade e perfeição configurando um processo de adaptação ativa²⁶.

Como na natureza não se observam tendências ao aperfeiçoamento (CARNEIRO, 2004; FUTUYMA, 1993; 2002; GOEDERT, 2004; GOULD, 2001; MAYR, 1998; 2005; 2006; 2009; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2006; OLIVEIRA, G., 2009; 2011; OLIVEIRA, M. 2011; SEPULVEDA; EL-HANI, 2007; TIDON; VIEIRA, 2009), a evolução lamarckiana é hoje hipótese refutada.

A evolução natural seria “o máximo” se a hereditariedade trabalhasse dessa maneira. Mas, infelizmente, ela não trabalha. A herança é mendeliana, não lamarckiana. Um organismo pode lutar para “se aperfeiçoar” durante a vida [...], mas esses vantajosos “caracteres adquiridos” não podem ser transmitidos para os descendentes porque eles não alteram o material genético que construirá a próxima geração. É uma pena, mas assim são as coisas (GOULD, 2001, p. 305-306, aspas do autor).

O progresso e a tendência ao aperfeiçoamento estão presentes na mente e no cotidiano das pessoas que, em geral, buscam melhorar, progredir em diversos aspectos da vida pessoal e assim percebem também a natureza, como se nela houvesse a intenção de estar sempre em direção a causas finais, rumo à eficiência pré-determinada que nenhuma evolução darwiniana possui. Assim defrontamo-nos com outro equívoco na compreensão do tema evolução biológica: a tendência ao aperfeiçoamento.

Um dos méritos atribuídos a Darwin é o de propor uma elegante explicação para o processo de evolução biológica, com sólida estrutura conceitual. Conhecida como darwinismo, essa teoria é fundamentada nos princípios cientificamente aceitos da variação e

²⁶ O conceito de adaptação ativa é adotado aqui se referindo ao inevitável produto final dos processos orgânicos requeridos pelas necessidades de os organismos fazerem face às mudanças do ambiente em que vivem. Produto de um processo de evolução lamarckiana, a adaptação ativa equivocadamente considera a aquisição de novos órgãos, de novas estruturas, de novas competências como respostas às necessidades de sobrevivência impostas pelo ambiente. É o indivíduo se adaptando ao meio, ativamente, no sentido de superar as dificuldades inatas de exploração através do efeito do uso e/ou desuso de determinadas estruturas corpóreas combinado à herança dos caracteres adquiridos, se capacitando numa crescente perfeição evolutiva. Atualmente, tais hipóteses de J. B. Lamarck se revelam cientificamente imprecisas.

da seleção natural, propondo que o principal mecanismo da evolução é o da seleção natural das variações hereditárias (FUTUYMA, 1993).

2.2 – Primeira revolução darwiniana

O progresso científico se caracteriza pela melhoria da compreensão de fenômenos anteriormente enigmáticos e pelo estabelecimento de conexões causais entre fenômenos anteriormente desconexos; substitui paradigmas; modifica drasticamente conceitos; promove revoluções.

Ao publicar *A origem das espécies*, em 1859, Darwin propôs (1) a evolução biológica como um evento natural e (2) a teoria da origem comum dos seres vivos – isto é, a descendência com modificação a partir de ancestrais comuns –, sendo a seleção natural sobre a variação individual o principal agente de modificação (DARWIN, 1859:2014)²⁷.

À época de Darwin, porém, os mecanismos biológicos geradores das modificações individuais não eram conhecidos. No capítulo 1 da *Origem – Variação no estado doméstico* –, Darwin afirma e se questiona:

As leis que governam a herança são, em sua maior parte, desconhecidas; ninguém pode dizer por que a mesma peculiaridade em indivíduos diferentes da mesma espécie ou em espécies diferentes é algumas vezes herdada, e, outras, não; e por que a criança algumas vezes reverte certas características de seu avô ou sua avó ou de algum ancestral ainda mais afastado; ou por que alguma peculiaridade é em geral transmitida de um sexo para ambos os sexos, ou somente para um, com mais frequência, mas não com exclusividade, apenas para o sexo semelhante. Um fato que tem certa importância para nós é que as particularidades que se apresentam nos machos de nossas raças domésticas são transmitidas de maneira exclusiva ou em um grau maior, apenas para descendentes machos [...] (DARWIN, 1859:2014, p. 43).

²⁷ A primeira edição de *A origem das espécies* teve seus 1250 exemplares esgotados no mesmo dia da publicação, em 24 de novembro de 1859. Essa edição inglesa foi impressa com o título *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life* [Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação das raças favorecidas na luta pela vida]. A segunda edição foi publicada em janeiro de 1860 e, durante a vida de Darwin, teve um total de seis edições, sendo que nesta última, a intitulou apenas *The origin of species* [A origem das espécies]. Foi um livro importante no tempo de Darwin e continua sendo importante hoje, pois a teoria da evolução é a pedra fundamental da biologia moderna e o livro de Darwin, o alicerce dessa teoria. Nesse sentido, Mayr (2009, p. 314) considera este momento como sendo a “primeira revolução darwiniana”.

2.3 – Segunda revolução darwiniana

A segunda revolução darwiniana foi possível na década de 1940, quando geneticistas, paleontólogos, sistematas e evolucionistas chegam a um amplo consenso: a síntese evolutiva, ou síntese moderna. Nesse momento, a partir da síntese dos conhecimentos desenvolvidos pelos estudos dos naturalistas em geral, da genética moderna (pós-mendeliana), paleontologia, macroevolução e sistemática, desenvolveu-se o darwinismo moderno, quando, então, se consegue compreender que a imensa variabilidade exibida pelos seres vivos fundamentava a premissa darwiniana.

Conhecida também como teoria sintética da evolução, ou neodarwinismo, essa teoria incorpora ao darwinismo os conhecimentos da genética moderna e os da biologia molecular. Dessa forma, se podem explicar os mecanismos geradores da variabilidade dos seres vivos, privilegiar a seleção natural como principal fator evolutivo e, ao mesmo tempo, negar definitivamente a herança das características adquiridas proposta por Lamarck. “Foi a segunda revolução darwiniana” (MAYR, 2009, p. 314).

Qual é a fonte da variabilidade? De onde vem? Como é mantida de uma geração para a outra? Darwin se preocupou muito com essas questões, mas não conseguiu encontrar uma explicação que o satisfizesse. Apenas no século XX, com os progressos da genética e da biologia molecular, tornou-se possível entender onde está a origem da variabilidade. É impossível compreender perfeitamente o processo da evolução a não ser que se conheçam os mecanismos básicos da hereditariedade, que explicam as variações. Assim, o estudo da genética é parte importante do estudo da evolução (MAYR, 2009, p. 116-17).

Corroborando com a consideração acima, identificamos mais um distanciamento da compreensão do tema evolução biológica: para a internalização dos processos evolutivos, que na perspectiva da teoria histórico-cultural constitui o concreto pensado, são necessários conhecimentos teóricos relacionados aos conteúdos de genética, biologia molecular, bem como, acrescentamos, de ecologia.

Em breve descrição, podemos admitir que a síntese evolutiva postula que as variações que os organismos sofrem têm origem nos mecanismos genéticos, sendo aleatoriamente produzidas basicamente por mutações gênicas, mudanças na estrutura ou no número dos cromossomos característicos da espécie, fluxo gênico e processos de recombinação genética que ocorrem na formação dos gametas e na fecundação.

É importante ressaltar que todos esses processos são estritamente casuais, e que o amplo conjunto genético de variações individuais presentes nas populações está sujeito à

seleção natural. Esta, que não é aleatória nem provoca mutações ou recombinação, permite (ou não), entre as combinações disponíveis, chance maior de sobrevivência e reprodução dos indivíduos mais bem-adaptados ao ambiente em que vivem. Mayr (2005, p. 47) enfatiza que a seleção natural é, antes de tudo, um processo de eliminação – “[...] são os indivíduos menos adaptados os primeiros a ser eliminados a cada geração [...]”.

Nesse sentido, o conceito de evolução darwiniana considera que em todas as gerações de todas as populações ocorrem grande quantidade de modificações geradas pela imensa produção de variações genéticas e que, pela ação da seleção natural, apenas uma pequena parcela de indivíduos variantes sobrevivem, os quais são responsáveis pela descendência das próximas gerações que, gradualmente, vão se modificando.

Conceitos complementares à evolução variacional ou gradual existem e, entre eles chama a atenção um proposto pelos paleontólogos Gould e Eldredge, em 1972, designado equilíbrio pontuado. Tal teoria se apoia no fato de que o registro fóssil muitas vezes não apresenta formas graduais de variações entre os organismos e, por isso, considera a existência de momentos de “explosões” variacionais em um curto período de tempo seguidas de um evento de especiação. Assim, a partir da origem súbita de um novo tipo variante bem-sucedido, se desenvolve um novo grupo de indivíduos adaptados ao ambiente em que vivem. É a evolução saltacional produzindo um registro fóssil consistente a um padrão pontuado.

CAPÍTULO III

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica desse estudo considera os métodos qualitativo e quantitativo de pesquisa. A abordagem qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos a partir do contato direto do pesquisador com a situação estudada em seu ambiente natural, tendo como material primordial a qualidade da palavra que expressa a fala cotidiana, reveladora de representações do grupo estudado, enfatizando, assim, mais o processo do que o produto. O modelo qualitativo descreve, compreende e explica subjetivamente o objeto de estudo (MINAYO, 1993).

Por outro lado, a abordagem quantitativa trata os dados objetivamente, apresentando aos sentidos indicadores e tendências observáveis, afastadas o quanto possível da interferência subjetiva do pesquisador. A obtenção dos dados é estruturada, objetiva e clara, o que permite apontar numericamente a frequência e a intensidade de comportamentos/atitudes dos indivíduos de uma determinada população ou grupo.

Entendemos que apesar de as abordagens qualitativas e quantitativas serem de naturezas diferentes, a relação entre subjetividade e objetividade, respectivamente, não representa oposição contraditória, ao contrário, acabam se complementando, constituindo-se em instrumentos que nos servem para maior aproximação da realidade observada (idem).

Consideramos como referencial teórico a historização do conceito de evolução biológica em seu percurso lógico-histórico, a formação de conceitos, a aprendizagem por conceitos, o ensino com pesquisa, a formação de competências cognitivas, e os principais conceitos componentes da teoria biológica da evolução, segundo, inicialmente, os autores: Bizzo (1991); Bizzo e El-Hani (2009); Carneiro (2004); Corrêa et al. (2010); Darwin (1982, 2014 [1859]); Davidov (1988, 1999); Dobzhansky (1973); Duarte (2001, 2002); Freitas (2009, 2013); Futuyama (1993, 2002); Gasparin (2009); Goedert (2004); Gould (2001); Hedegaard (2002, 2004); Hedegaard e Chaiklin (2005); Libâneo (2004a, 2004b, 2009, 2013); Libâneo e Freitas (2011); Martins e Duarte (2010); Mayr (1998, 2005, 2006, 2009); Meghioratti et al. (2006); Meyer e El-Hani (2005); Oliveira (2009); Oliveira, G. e Bizzo

(2011); Oliveira, M. (2011); Saviani (2007, 2013); Sepulveda e El-Hani (2007); Sforzi (2004); Tidon e Lewontin (2004); Tidon e Vieira (2009); Vigotski (1993, 2001, 2007).

3.1 – Mapeamento das pesquisas existentes (I)²⁸

No período de maio a julho de 2014 realizou-se a seleção das teses e dissertações com a temática evolução biológica a serem analisadas, disponibilizadas no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o levantamento de artigos científicos nas seguintes revistas Qualis A em ensino: *Ciência & Educação* (UNESP-Bauru), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC) e *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências* (UFMG).

Como citado na Introdução, essa análise resultou em dois trabalhos apresentados oralmente e publicados eletronicamente no I Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão da UEG e no XII Encontro de Pesquisa em Educação do Centro-Oeste (ANPED-CO), ambos realizados em outubro de 2014 (vide as notas de rodapé 1 e 2).

A seleção dos trabalhos analisados nos espaços supracitados se deu por meio da combinação das seguintes palavras-chave: evolução; evolução biológica; biologia evolutiva; darwinismo; adaptação evolutiva; seleção natural e ensino de evolução.

Identificou-se 28 trabalhos: 17 teses e dissertações (T&D) e 11 artigos. Das 17 T&D levantadas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, nove estão vinculadas à área de ensino de ciências e matemática (AGNOLETTI, 2011; ALMEIDA, 2012; OLIVEIRA, M., 2011; OLIVEIRA, R., 2011; PINTO, 2011; ROMA, 2011; SILVA, 2011; SILVA, 2012; VALENÇA, 2011); seis vinculadas à área de educação (CARMO, 2011; COSTA, 2011; MOTTOLA, 2011; PALCHA, 2012; ROQUETTE, 2011; TEIXEIRA, 2012); uma está cadastrada na área de psicologia (LEÃO, 2012) e outra, na área de filosofia (PINTO, 2012).

Dos 11 artigos encontrados em revistas brasileiras de educação em ciências, seis foram publicados na revista *Ciência & Educação* (ALMEIDA, 2012; ALMEIDA; FALCÃO, 2010; BATISTA; LUCAS, 2013; BIZZO; MOLINA, 2004; CALDEIRA; SILVEIRA, 1998;

²⁸ No decorrer da pesquisa, realizou-se dois mapeamentos: o primeiro, no período de maio a julho de 2014, no início dos estudos e, posteriormente, no sentido de ampliar e atualizar tais referências, o segundo, nos meses de maio e junho de 2016.

COSTA; MELO; TEIXEIRA, 2011), quatro na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (KEMPER; ZIMMERMANN, 2010; NICOLINI; WAIZBORT, 2013; OLIVEIRA; BIZZO, 2011; VARGENS; EL-HANI, 2011) e um na revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (SANTOS; EL-HANI, 2013).

As T&D tiveram seus resumos tabulados e analisados por meio dos seguintes descritores: a) título; b) ano do trabalho; c) área do programa; d) orientador(a); e) forma de apresentação; f) palavras-chave; g) autores; h) instituição; i) sujeitos da pesquisa; j) metodologia; k) procedimentos de coletas de dados; l) formas de registro de sistematização de dados; m) problema de pesquisa; n) objetivo geral; o) principais resultados; p) principal conclusão; q) referencial teórico. Seguindo o mesmo padrão, fez-se a tabulação e análise dos artigos disponíveis nas revistas supracitadas, com as devidas adequações.

A análise dos resultados evidenciou a centralização das teses e dissertações publicadas no Brasil na região Sudeste, seguida pelas regiões Nordeste e Sul. Teixeira e Neto (2006), afirmam que a produção acadêmica com enfoque no ensino de ciências/biologia está bastante concentrada nas regiões Sul e Sudeste. Os autores atestam, ainda, que a baixa concentração de programas de pesquisas no Centro-Oeste, Norte, e Nordeste restringe o desenvolvimento das pesquisas educacionais nessas três regiões. Todavia, há de se notar que a política de expansão de cursos de pós-graduação em instituições dessas regiões poderá, em médio prazo, alterar tal cenário, tendência observada pelo presente estudo quanto à região Nordeste, no qual se constata que a publicação de artigos já é superior à da região Sul.

Observou-se também a tendência ao crescimento do número de publicações a partir do ano de 2010, apesar de ainda acanhado considerando a relevância do tema enquanto eixo organizador das ciências biológicas. Tratando-se das T&D, estas se concentram nos anos de 2011 e 2012.

Quanto às palavras-chave, ao se considerar o tema evolução biológica como organizador do conhecimento biológico, surpreende o fato de expressões como evolução biológica, seleção natural, darwinismo, biologia evolutiva e adaptação evolutiva terem pouca representatividade nos trabalhos analisados.

Fica evidente que grande parte das pesquisas está dirigida aos estudantes de ensino médio e aos livros didáticos de biologia. Nenhum artigo elencado, relacionado ao ensino e aprendizagem do conceito de evolução biológica, visou pesquisar estudantes de graduação em ciências biológicas ou em formação continuada. Nas T&D, observamos escassa produção voltada aos professores do ensino superior ou em formação.

Percebeu-se, ainda, dificuldades no ensino e aprendizagem sobre o conteúdo evolutivo advindas da formação inicial recebida dos professores, seja pela visão reducionista dos conceitos científicos, seja pela abordagem fragmentada da biologia, com distorções conceituais, teleológicas e antropocêntricas, quando entendem que o processo evolutivo leva ao progresso; negam a ocorrência do acaso e o atribui a um destino, uma finalidade. As mesmas considerações são observadas nas pesquisas feitas com estudantes de ensino médio, nos livros didáticos e nas revistas de divulgação científica.

Nos livros didáticos destinados à educação básica, o principal conceito referenciado quanto à teoria de Darwin é o da seleção natural, sendo que para Lamarck é o da herança dos caracteres adquiridos. Observa-se, no entanto, a recontextualização dos conteúdos vinculados ao pluralismo de processos, ainda que em fase inicial e, em estágio mais avançado nos livros de biologia evolutiva com foco na educação superior.

No que tange à visão dos alunos, observou-se a predominância da concepção criacionista, em sua interpretação literal. A visão evolucionista tendeu a ser mais significativa quando aplicada às espécies não humanas. Um dos trabalhos analisados afirma que 72,7% dos licenciandos têm dificuldade em abordar o tema evolução em sala de aula, e que esses não sabem lidar com as crenças particulares dos estudantes.

O material bibliográfico pesquisado demonstrou que não só a biologia está interessada em questões relacionadas à evolução, mas também a filosofia e a psicologia, com trabalhos desenvolvidos nessas áreas do conhecimento.

Quanto às conclusões dos trabalhos analisados se destacam: prejuízo na compreensão das ideias das obras de Lamarck e Darwin, acarretando limitação no entendimento do conceito de evolução; falta de orientação dos professores para trabalharem origem da vida e evolução biológica, pela própria carência de metodologia e materiais de qualidade; necessidade de intervenções educativas para minimizar a predominância da concepção criacionista; necessidade de se discutir fatores como o tempo dedicado aos conteúdos de evolução e o preparo dos docentes.

É relevante o fato de serem obtidos poucos esclarecimentos a partir da leitura dos resumos das teses, dissertações e artigos elencados a respeito do problema de pesquisa, do referencial teórico e da metodologia adotada, dificultando a investigação e o desenvolvimento dos estudos sobre os modos de aprender e ensinar a teoria biológica da evolução.

3.2 – Mapa conceitual

A partir do estudo das pesquisas existentes, efetivou-se a construção de um mapa conceitual para o conceito de evolução biológica com apresentação de seus componentes nucleares.

Conceitos são representações mentais que elaboramos para uma palavra, signo, objeto abstrato ou concreto. Um conceito é dinâmico, não é uma definição, é uma ferramenta mental que expressa um conhecimento. O mapa de conceitos, portanto, se constitui em ferramenta gráfica que identifica, representa e organiza um determinado conhecimento, tornando claras as ideias-chave que devem ser focalizadas na atividade de ensino-aprendizagem. Dessa forma, os mapas contribuem para aumentar a precisão, qualidade e eficiência do trabalho pedagógico, sendo o mapa conceitual sobre a teoria biológica da evolução um dos produtos do presente estudo.

3.3 – Ação didática mediada

Criado como uma das ações do Laboratório Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciências (LIPEC), o I Encontro de Licenciaturas da UnUCET da UEG (ELU), ocorreu em dezembro de 2014, no *campus* Henrique Santillo, em Anápolis, Goiás. Com o tema “Licenciatura em foco: desafios e possibilidades”, o encontro teve como objetivo promover a integração dos cursos de licenciatura, com discussões que permeassem a universidade, as licenciaturas e a educação básica. O evento teve como foco discussões relacionadas à formação de professores e ao ensino de ciências, envolvendo os cursos de biologia, física, matemática e química.

Como docentes participantes do evento, elaboramos uma atividade didática, complementar à teórica, para apresentação no minicurso “A paleontologia como ferramenta na prática pedagógica”, mediada pelos professores Dr. Cláudio Magalhães de Almeida (PPEC/UEG), Dr. Pedro Oliveira Paulo (UEG) e por mim, mestrando Alberto Rogélio Orioli (PPEC/UEG).

No planejamento dessa atividade elegeu-se um importante fato histórico relacionado à Darwin e à construção do pensamento evolutivo que, associado a outros,

culminou no desenvolvimento da ideia da seleção natural, conceito nuclear da evolução darwiniana.

Concordamos com Souza e Prestes (2012; 2015) quando consideram que a história da ciência constitui estratégias de motivação e facilitação para o ensino e a aprendizagem de ciências e da biologia. Nesse sentido, como metodologia, nos pautamos no referencial sócio-histórico a partir de um episódio da viagem que Darwin teve a oportunidade de fazer ao redor do mundo a bordo do *H. M. S. Beagle*²⁹, nos anos de 1831 a 1836.

Tal atividade consistiu em uma ação teórica e prática com os participantes, alunos em formação inicial dos cursos de licenciatura em ciências, a qual simula o processo de seleção natural em aves em um determinado ambiente.

Assim, partindo do pressuposto de que os licenciandos, por se inscreverem no minicurso, possuem condição afetiva, desejos, objetivos e razões para se envolverem na atividade de aprendizagem, consideramos os seguintes princípios da pedagogia histórico-cultural: mediação didática, mediação cognitiva e práticas sociais.

Nesse contexto, no sentido de ampliar o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos participantes, levamos em conta as suas concepções prévias a respeito do tema; as interações sociais colaborativas; o percurso contextual e os métodos de investigação no desenvolvimento do pensamento evolutivo; o desenvolvimento de operações mentais quanto aos processos de abstração, generalização, formação do conceito de evolução e consequente reprodução teórica do processo evolutivo.

Objetivamos, igualmente, a promoção do desenvolvimento cognitivo dos conceitos nucleares e princípios que fundamentam a teoria biológica da evolução por meio da seleção natural, quais sejam: variabilidade genética de uma população, seleção natural, competição intraespecífica, sobrevivência, alterações nas frequências dos genótipos e fenótipos em uma população, e adaptação populacional.

Consideramos também a convicção de Cachapuz (2012, p. 13), fruto de suas experiências e reflexões profissionais (e pessoais) da educação em ciências, quando se refere ao “laço estreito entre o exercício da cidadania participativa e o progresso do conhecimento científico”. Destaca também que “a essência do conhecimento científico é a capacidade de examinar problemas de diferentes perspectivas e procurar explicações para diferentes fenômenos com um sentido de análise crítica” (idem). O mesmo autor, ao justificar o porquê de o ensino das ciências ser importante, afirma: “a ciência [...] necessita de liberdade e

²⁹ *Her/His Majesty's Ship*, Navio de Sua Majestade. O *H. M. S. Beagle* foi um navio hidrográfico de exploração a serviço da Real Marinha Britânica.

pensamento crítico, precisamente duas condições necessárias para as sociedades democráticas” (idem).

Antes de efetuarmos a atividade no minicurso, realizamos, como projeto piloto, a ação mediada com o professor titular e dois alunos da disciplina Ciência para o Ensino Fundamental, do PPEC-UEG. Cabe notar que apenas um aluno pertence à área das ciências biológicas; o professor é da área das ciências físicas, e o outro aluno, da matemática. Os procedimentos e resultados obtidos nesse projeto piloto nos permitiram avançar com segurança para a ação mediada no minicurso com os licenciandos em ciências.

A ação mediada teve início com uma conversa informal com os participantes a respeito de como os seres vivos em geral estão adaptados aos ambientes em que vivem. Foram abordadas questões de como se dá essa adaptação e por que só se encontram leões no continente africano, tartarugas gigantes no arquipélago de Galápagos, cangurus na Austrália e lobos-guará no cerrado. As diferenças intraespecíficas também foram abordadas no sentido de se identificar suas origens. Nesse momento, inevitavelmente, o senso comum prevalece com os equívocos conceituais e históricos já relatados — a ideia de que os seres vivos progredem em direção a maior complexidade e perfeição, num processo de adaptação ativa e teleológica.

Geralmente, os estudantes desconsideram os conhecimentos acadêmicos relacionados à genética e à biologia molecular e celular; que as variações nas características dos organismos de uma população surgem por meio de mutações aleatórias³⁰ de sequências de DNA que afetam aquelas características, e é aumentada pela recombinação gênica que ocorre fortuitamente no processo de meiose durante a produção de gametas nos animais e de esporos nas plantas, na reprodução sexuada e pelo fluxo gênico.

À medida em que nos aproximamos da zona de desenvolvimento próximo dos participantes, com as abstrações e generalizações desenvolvidas na discussão, introduzimos a ideia de que a evolução biológica envolve processos de modificações e transformações e, como o mundo não é estático, assim como todos os seres vivos estão constantemente submetidos aos processos de mudanças, tem-se que a evolução biológica é um evento natural, não uma teoria. Nesse momento, os participantes encontravam-se atentos e nitidamente reconhecendo as inter-relações do conteúdo formal aprendido, mas que até então não os associavam à natureza do processo evolutivo.

³⁰ Mutações são processos de alterações na estrutura do material genético. As mutações são aleatórias posto que dependem de ocorrências imprevisíveis quanto a vantagens ou prejuízos, isto é, “sem levar em conta suas possíveis consequências na sobrevivência ou na reprodução dos organismos” (FUTUYMA, 2002, p. 9). Discorremos a respeito das mutações no capítulo II deste trabalho.

Seguiu-se a apresentação com *slides* da historicidade do desenvolvimento do pensamento evolutivo, seus principais colaboradores e com a viagem de Darwin, a qual culminou com o desenvolvimento dos princípios da teoria da evolução biológica: variabilidade, seleção natural e adaptação.

Com o conceito de evolução apropriado e ampliado cognitivamente, iniciamos a atividade prática. Tomamos como base para essa atividade o artigo *Os Tentilhões de Galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram*, de Mori et al. (2006), do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), o qual descreve uma ação didática de simulação do processo de seleção natural em aves em um determinado ambiente. Segundo as autoras, “trata-se de uma atividade que pode ser aplicada no ensino médio ou em cursos de graduação em Ciências Biológicas” (idem, p.1).

No sentido de compreender que o ambiente determina as direções da seleção (e não o surgimento das características adaptativas), as autoras desenvolveram uma situação que “simula o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas que possibilitam a utilização destes recursos” (idem). A atividade proposta permite que os participantes compreendam como a seleção natural atua sobre uma população. Elas explicam:

O clima de Galápagos flutua bastante, assim como a quantidade e a variedade dos frutos e sementes que são o alimento principal dos tentilhões, resultando na sobrevivência de diferentes fenótipos em diferentes condições [...]. O objetivo da discussão deste trabalho são os dados obtidos com a população de *Geospiza fortis* da ilha de Dafne Menor. Como o número de indivíduos nessa pequena ilha é reduzido, todos são capturados todos os anos, recebem anel com identificação individual e várias medidas morfológicas são tomadas. Entre as descobertas dos Grants, destacam-se três: 1) pequenas variações nas medidas do bico podem resultar na capacidade ou não de comer determinado tipo de semente; 2) aves com bicos menores gastam mais tempo manipulando sementes duras do que aves com bicos maiores, pois essa manipulação está diretamente correlacionada com a força do bico; 3) as dimensões dos bicos são herdadas [...] (MORI et al., 2006, p.1).

Em nossa prática, utilizamos diversas pinças de tamanhos diferentes, as quais representaram os bicos das aves (pinças de tirar sobancelha, pinças cirúrgicas, prendedores de roupa, pegadores de alimentos de tamanho médio e grande); e diversas sementes e frutos de tamanhos, texturas, formas e durezas diferentes (nozes, castanha de caju, grãos-de-milho, lentilha, feijão e arroz, uvas-passas), dispostas em bandejas, que representaram a variedade e quantidade de alimentos disponíveis no ambiente (Figura 3).

A atividade teve início dispondo-se as bandejas contendo as sementes para os grupos de participantes e distribuindo-se aleatoriamente uma pinça para cada participante, que deveria coletar e manter separadas as sementes/frutos em tempos determinados. A distribuição aleatória das pinças representa a situação natural de que os seres vivos nascem com determinadas características, neste caso, um determinado tipo de bico, não existindo a opção da escolha. Nesse momento, entende-se a casualidade das variações genéticas, distanciando os participantes da visão teleológica da natureza.

Ao final de cada tempo verificamos quais sementes/frutos sobraram nas bandejas, quais foram coletados e por quais pinças. Se o participante não tivesse conseguido pegar semente/fruto algum nesse intervalo de tempo, compreendia que tal situação representava a eliminação da ave pela incapacidade de obter alimento. Vivencia-se, nesse momento, a pressão seletiva que o ambiente exerce sobre os seres vivos, que “lutam pela vida” (DARWIN, 1859:2014, p. 110). É a ação da seleção natural.

A seguir, mudamos a disponibilidade de sementes/frutos nas bandejas, situação que simula as variações da oferta ambiental dos alimentos no tempo de uma estação do ano, um ano completo ou uma geração das aves, e iniciamos uma nova rodada. Novamente, a dificuldade em obter o alimento com a pinça disponibilizada, ou não obter alimento algum, retratou a impossibilidade de a ave se manter viva. Os alunos puderam notar também que alguns deles que obtiveram sucesso no tempo anterior não o obtiveram nesta variação — vivenciaram-se aqui as reais situações da inexistência, na natureza, de fenótipo predestinadamente bem-sucedido para explorar o ambiente, mas sim aquele que é adaptado (ou não) ao meio no qual interage, bem como a falaciosa ideia a respeito dos processos ativos de adaptação.

Como já apontado na Introdução do presente trabalho, a mesma proposta didática foi apresentada uma semana após o ELU–UEG na I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa, na cidade de Senador Canedo (Goiás), em dezembro de 2014, para alunos do 6º ao 9º ano.

Os resultados obtidos na Feira foram semelhantes aos do ELU, constatados no que se refere ao caráter cognitivo e às interações sociais colaborativas entre os estudantes e docentes. A participação na atividade é estimulante, os alunos se sentem à vontade, motivados, interagem constantemente, ‘brincam’, dialogam e, ao final, ficam com a prazerosa sensação de que realmente vivenciaram o processo evolutivo (Figuras 4 a 10).

A realização dessa atividade nos mostrou que os princípios gerais do processo evolutivo foram bem entendidos pelos alunos participantes, tanto pelos do ensino superior

quanto pelos do ensino fundamental, pois quando os visualizam claramente, a apropriação desse conhecimento é naturalmente favorecida, promovendo o desenvolvimento de operações mentais quanto aos processos de abstração, generalização, formação de conceitos e consequente reprodução teórica do processo evolutivo. Trata-se da ascensão do pensamento abstrato ao pensamento concreto.

Nesse sentido, vamos ao encontro de Sforzi (2004, p. 13) quando — em estudo desenvolvido “no campo da interação entre a psicologia e a didática, procurando elementos que fundamentam os modos de ação na atividade de ensino”, analisa a prática educativa e os princípios de organização do ensino visando a apropriação dos conceitos científicos — afirma:

Na organização da atividade educativa, é fundamental ter clareza quanto à intencionalidade e aos instrumentos adequados para alcançar os objetivos, mas garantindo flexibilidade suficiente para permitir mudanças de rumos conforme as necessidades surgidas na interação entre alunos e professores e o novo objeto de aprendizagem (idem, p. 185).

Deste modo, nos inclinamos a perceber que o processo evolutivo, em suas linhas gerais, pode ser internalizado por estudantes de qualquer nível de escolarização, do ensino fundamental ao superior, desde que o professor/mediador possua organização metodológica, domínio teórico, sensibilidade e convicção: porque, para que, para quem o está fazendo e, ainda, com quais propósitos.

3.4 – Mapeamento das pesquisas existentes (II)

No primeiro semestre de 2016, nos meses de maio e junho, realizou-se novo mapeamento das pesquisas existentes no sentido de ampliar e atualizar o anterior, realizado no primeiro semestre de 2014. Definiu-se pela pesquisa de artigos publicados nos últimos 10 anos, de 2006 a 2016, em revistas Qualis A1, A2 e B1 em ensino, obtidas do sítio WebQualis, na Plataforma Sucupira³¹.

Além dos periódicos já citados no primeiro levantamento, *Ciência & Educação* (UNESP-Bauru), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC) e

³¹ Disponível em:
<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Acesso em: 20 maio 2016.

Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (UFMG), fizeram parte deste segundo mapeamento as revistas: Investigações em Ensino de Ciências (UFRGS), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (Espanha), Alexandria (UFSC) Ciência & Ensino (IFSP-Unicamp), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (UTFPR) e Revista de Educación en Biología (Argentina).

A pesquisa para o segundo mapeamento se deu pela combinação das seguintes palavras-chave: evolução biológica; biologia evolutiva; darwinismo; neodarwinismo; síntese evolutiva; adaptação; seleção natural e ensino de evolução.

A partir de tais parâmetros e excluindo-se os 11 artigos identificados anteriormente, selecionou-se 22 publicações (totalizando 50 trabalhos investigados: 17 T&D e 33 artigos), cujos resumos foram tabulados e analisados seguindo os mesmos descritores do primeiro levantamento. Identificou-se, também, três artigos relacionados ao ensino de biologia evolutiva que foram desconsiderados: dois, publicados em 2007, por não terem seus resumos disponibilizados, e um, publicado em 2009, por apresentar em seu resumo apenas 4 questionamentos, sem nenhuma referência quanto ao conteúdo do trabalho publicado.

Dos 22 artigos encontrados, três foram publicados na revista Ciência & Educação (GALLI; MEINARDI, 2015; MORENO, 2013; TEIXEIRA; ANDRADE, 2014;), um artigo na Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (DALAPICOLLA; SILVA; GARCIA, 2015), dois na Investigações em Ensino de Ciências (OLIVEIRA; BIZZO, 2015; SOUZA; ROCHA, 2015), quatro na Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (GRIMES; SCHROEDER, 2013; OLEQUES; BARTHOLOMEI-SANTOS; BOER, 2013; OLEQUES; BOER; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2011; VALENÇA; FALCÃO, 2012;), dois artigos na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ARAÚJO; ROSA, 2015; PALCHA; OLIVEIRA, 2014;), cinco artigos na revista Alexandria (CARLETTI; MASSARANI, 2011; SANTOS; FALCÃO; CERQUEIRA, 2016; SILVA; COSTA, 2015; SOUZA; ROCHA, 2015; VIEIRA; FALCÃO, 2012), um artigo na Ciência & Ensino (BERTATO, 2015), dois na Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (CAIRES-JUNIOR; ANDRADE, 2015; FALCÃO; TRIGO, 2015) e, por fim, dois artigos publicados na Revista de Educación en Biología (CAIRES-JUNIOR; CEZARE; ANDRADE, 2015; SOUZA; KAMENSKY, 2015).

Chama à atenção o crescimento do número de publicações a partir do ano de 2010, tendência observada no levantamento bibliográfico anterior, pois todos os artigos selecionados foram publicados entre os anos de 2011 e 2016.

O público alvo das publicações relacionadas à compreensão/aceitação da teoria biológica da evolução continua sendo os estudantes de ensino médio (sete artigos). No

entanto, observa-se aumento no interesse em se pesquisar professores, tanto do ensino médio quanto do ensino superior (três artigos), bem como graduandos em ciências biológicas (dois artigos). No mapeamento anterior, não houve artigos publicados relacionados aos licenciandos em ciências biológicas.

Quando o foco da pesquisa realizada com os alunos e professores é o processo de ensino-aprendizado da evolução biológica e a natureza da ciência, encontram-se as recorrentes dificuldades: visão teleológica, confusões e equívocos teórico-conceituais, dificuldade de interpretação de conceitos genéticos e evolutivos, sobreposição de ideias científicas com aspectos sociais, religiosos e epistemológicos, visões de natureza da ciência próximas de uma visão popular e influenciada por crenças.

Como propostas para superação de tais dificuldades, os artigos propõem a necessidade de integração do conteúdo genético ao de evolução, aprofundar discussões nos cursos de ciências biológicas quanto às questões relacionadas ao ensino por conceitos e sobre a laicidade no âmbito do ensino básico, pensar e praticar ciência nas escolas como o caminho educacional apropriado para o ensino e aprendizagem da origem da vida e evolução.

Os livros didáticos e os textos de divulgação científica também recebem considerável atenção das pesquisas (cinco artigos). Tendo como referencial o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) — que prevê a universalização e a avaliação dos livros e ainda orienta que os conteúdos de biologia sejam pautados tendo a evolução como eixo integrador do conhecimento —, um artigo, com o objetivo de verificar a abordagem de conceitos evolutivos, nota que os livros didáticos utilizam conceitos evolutivos de forma descritiva, escassa e superficial. Outro, tendo em vista os estudantes superarem dificuldades sobre eventos e processos evolutivos, apresenta algumas sugestões em consonância com os pressupostos epistemológicos e as práticas de construção do conhecimento próprias da biologia evolutiva.

Dois artigos elencados consideram os textos de divulgação científica, inseridos ou não em livros didáticos, importantes recursos pedagógicos, mas observam a importância do papel mediador do professor no sentido de esclarecê-los em sala de aula.

Analisando os conhecimentos presentes na literatura científica sobre evolução biológica e os presentes nos livros didáticos, um artigo indica a necessidade de novas pesquisas e discussões relacionadas tanto ao ensino de evolução quanto à inserção de conhecimentos recentes construídos, dada a sua carência nos livros, para que se possam propor ações que incrementem o ensino da evolução biológica na educação básica.

Dobzhansky, Popper, Mayr e Fritz Müller são considerados em três artigos relacionados à natureza dos conhecimentos biológicos e à história e filosofia da ciência. Um refrata a ideia de se considerar dogmas em biologia; outro considera que a maioria das filosofias da ciência são construídas com base nas ciências físicas, não contemplando as particularidades da biologia, uma ciência permeada de conceitos; um terceiro destaca a importância de se considerar, através de uma visão contemporânea, a historiografia da ciência como importante ferramenta para o ensino da biologia.

Um artigo discute as possíveis utilizações pedagógicas das histórias em quadrinhos da revista nacional *Níquel Náusea*, de autoria e edição de Fernando Gonsales, em cujas tirinhas estão presentes vários temas de interesse biológico como, por exemplo, evolução e genética.

Por último, um artigo investigou as percepções das crianças de 10 anos de idade sobre temas relacionados à teoria da evolução. Através de grupos focais e desenhos em grupo, os autores relatam que as crianças pesquisadas conhecem algumas teorias científicas, com a do *big bang*, a da deriva continental e a da queda do meteoro que extinguiu os dinossauros; e parecem ter boa noção de que os animais podem sofrer modificações ao longo do tempo, conhecem a palavra evolução, mas parecem não compreender o seu significado, assim como demonstram dificuldades em definir tempo geológico. Os autores concluem sugerindo estudos que podem dar subsídios para o desenvolvimento de produtos de divulgação científica que atendam ao público infantil, uma vez que as crianças demonstraram interesse pelos conteúdos relacionados à evolução — tal como constatado na nossa ação didática na Feira de Ciência e Tecnologia realizada com os alunos do ensino fundamental da Escola Municipal José Botelho Pessoa.

As publicações mapeadas demonstram que há grande interesse em se investigar o processo de ensino-aprendizagem dos mecanismos evolutivos se considerando os conhecimentos da filosofia, história e natureza da ciência. Preocupações relacionadas ao conteúdo teórico-científico da biologia, sua contextualização e às atualizações dos materiais didáticos utilizados pelos alunos também são evidenciadas.

Ao contrário da experiência relatada no mapeamento das pesquisas realizado anteriormente, quanto à leitura dos resumos dos artigos selecionados, consideramos satisfatórios os esclarecimentos obtidos neste a respeito dos títulos, dos problemas de pesquisa, dos objetivos, metodologias e resultados obtidos. No entanto, a maior parte dos resumos carece de informações quanto aos referenciais teóricos adotados nas pesquisas realizadas, fato que limita a sua compreensão objetiva.

3.5 – As entrevistas

Para a compreensão das concepções do conceito de evolução biológica dos licenciandos em ciências biológicas procedeu-se a pesquisa empírica, realizada ao longo do ano de 2015 e do primeiro semestre de 2016.

Após o convite a participarem da pesquisa, os acadêmicos que aceitaram serem sujeitos desta assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido –TCLE – (Apêndice C) e o Termo de consentimento da participação da pessoa como sujeito da pesquisa (Apêndice D), elaborados para esse fim.

Pautada em entrevistas semiestruturadas a partir de situações/problemas particulares desenvolvidos, a pesquisa consta de questionário com escala Likert de respostas, observações *in loco* e anotações em diário de campo. Os resultados obtidos foram incorporados à primeira versão do mapa conceitual, que teve a versão final elaborada a partir das conclusões deste estudo. O mapa conceitual encontra-se apresentado no Apêndice B.

A escala Likert, desenvolvida pelo professor e diretor do Instituto de Pesquisas Sociais de Michigan (Estados Unidos), Rensis Likert (1903-1981), é utilizada para medir atitudes a partir do grau de concordância ou discordância de uma afirmação e não de perguntas. Há vários níveis de atitudes propostas e definiu-se a escala de 4 níveis como sendo a mais adequada ao presente estudo, visto que esta limita o sujeito inquirido a uma posição negativa ou positiva diante da afirmação proposta, não existindo a opção indiferente ou de indecisão. A ordenação da escala de atitudes foi apresentada para todas as afirmações em uma direção positiva, da discordância total à concordância total, de maneira que o sujeito respondente opta por uma das posições a seguir:

(1) Discordo totalmente
(2) Discordo
(3) Concordo
(4) Concordo totalmente

Figura 2 - Escala de atitudes Likert de 4 pontos.
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Efetuada a ordenação das respostas obtidas no questionário, iniciou-se a triangulação dos dados e a explicação para buscar responder as questões problema deste trabalho. Nesse sentido, buscou-se compreender:

- 1) Como se dão as relações que compõem o modelo nuclear do conceito de evolução biológica?
- 2) Quais princípios evolutivos constituem os conteúdos apropriados pelos estudantes participantes?
- 3) Quais os obstáculos na apropriação de alguns dos princípios evolutivos fundamentais pelos estudantes participantes?
- 4) Quais as relações que podem resultar do não aprendizado dos principais conceitos de evolução biológica na ação didático-pedagógica dos futuros professores?

Da mesma forma que no ROSE³² e em Oliveira (2009), considerou-se atitude de rejeição ou de distanciamento da afirmação proposta a partir do nível de discordância dos estudantes. O nível de discordância foi obtido a partir dos percentuais das respostas *discordo totalmente* e *discordo*. Considerou-se, da mesma forma, a atitude de aceitação ou de proximidade a afirmação feita a partir do nível de concordância, dado pelos percentuais das respostas *concordo* e *concordo totalmente*.

Os dados coletados foram tabulados, somados e organizados em tabelas simples de distribuição de frequências nos programas Office Word® e Office Excel®. Considerou-se, inicialmente, a análise quantitativa univariada, isto é, a descrição das variáveis independentemente da ocorrência de outras.

Os resultados estão apresentados em tabelas que seguem ao seguinte padrão: percentuais referentes à atitude de discordância – discordo totalmente (DT) e discordo (D); percentuais referentes à atitude de concordância – concordo (C) e concordo totalmente (CT).

Para o cálculo da frequência relativa na identificação da atitude de discordância ou de concordância para cada afirmação adotou-se o procedimento estatístico (SOUZA; PRESTES, 2015) no tratamento dos dados: $F_R = R_E/T_A$, em que F_R = frequência relativa, expressa em porcentagem; R_E = respostas efetivas dadas para cada afirmação; T_A = total de alunos que responderam a afirmação.

³² O ROSE – *The Relevance of Science Education* (Relevância sobre a Educação em Ciências), desenvolvido pela Faculdade de Educação da Universidade de Oslo, Noruega, analisa extensos dados quanto à importância, motivação e perspectivas do aprendizado de conteúdos relacionados à Ciência e Tecnologia obtidos de milhares de estudantes da educação básica de 42 países, incluindo o Brasil.

Os níveis de discordância e de concordância, quando claramente identificados, estão destacados com sombreamento do plano de fundo atrás do valor percentual em negrito. Consideramos claramente identificados valores abaixo de 45,0% (atitude de discordância) e acima de 55,0% (atitude de concordância). Percentuais mantidos entre 45,0 e 55,0 foram considerados não claramente identificados por não nos permitirem distinguir o posicionamento de discordância ou de concordância frente à afirmação proposta. As tabelas individualizadas com os dados tabulados e tratados de cada *campus* em que foi feita a pesquisa estão apresentadas no Apêndice F.

Como não houve diferenças significativas entre as respostas dos licenciandos dos *campi* em que realizamos as entrevistas e não é a nossa intenção neste estudo avaliar os *campi* pesquisados e sim a concepção dos licenciandos em ciências biológicas a respeito do conceito de evolução biológica, optamos por apresentar a análise dos dados coletivamente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo descreve analiticamente os dados obtidos na pesquisa com base no questionário respondido pelos alunos, futuros professores de ciências e de biologia, do curso de licenciatura em ciências biológicas dos *campi* da UEG localizados nas cidades de Anápolis, Iporá, Itapuranga, Morrinhos, Palmeiras de Goiás, Porangatu e Quirinópolis. Os aspectos metodológicos da pesquisa foram apresentados no capítulo III do presente trabalho.

4.1 – Perfil social

Dos 91 estudantes que participaram das entrevistas, 70 são do gênero feminino (77%) e 21 são do gênero masculino (23%). As idades variam entre 19 a 49 anos, sendo que 88% estão com idade entre 19 e 24 anos; 5,5% entre 25 e 30 anos; 3,3% entre 30 e 40 anos; e 3,3% entre 40 e 49 anos.

A grande maioria dos licenciandos, 93,4%, concluiu os níveis fundamental e médio do ensino básico em escola pública e apenas 6,6% em escola privada.

Quanto à participação em projetos de pesquisa, 36 alunos (39,6%) relataram não participarem de nenhum deles. Os 55 alunos (60,4%) que participam citaram monitoria (20 citações), projetos de extensão (16 citações) PIBID (13 citações), e pró-licenciatura (10 citações), totalizando 90 participações em projetos de pesquisa.

Dos licenciandos respondentes, 35 (38,5%) disseram ter experiência docente, e 56 estudantes (61,5%) relataram não a ter. A experiência docente aqui se refere à condição de se ter estado em atividade como professor(a), excluídas as ações participativas dos projetos acima citados e do Estágio Curricular Supervisionado.

4.2 – Grau de apropriação de fatos científicos

Na sequência do questionário, inicia-se o bloco (A) de afirmações que avaliam os conhecimentos relacionados direta e/ou indiretamente à estrutura teórico-científica pertinente à origem e evolução biológica.

Entende-se por fatos científicos dados ou informações comprovadas através de procedimentos especializados segundo critérios científicos, caracterizando conhecimentos com os quais se permitem inferir hipóteses.

Entendemos que o conhecimento dos fatos científicos, propostos por afirmações na forma de itens, configura parte importante do conhecimento relativo ao aprendizado do tema origem da vida, sua diversidade e contínua evolução e que, por essa razão, os estudantes de ciências biológicas devem ter se apropriado significativamente.

As respostas aos itens do bloco (A) foram dadas a partir do questionamento: *Até que ponto você concorda com as seguintes afirmações?*

A tabela 1 mostra os oito itens avaliados e os percentuais das respostas obtidas.

Tabela 1 – Percentual das respostas referentes aos conhecimentos científicos relacionados à evolução biológica – Bloco (A)

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
1. O planeta Terra se formou a cerca de 4,5 bilhões de anos.	0,0	6,7	83,0	10,3	6,7	93,3
2. Os fósseis revelam espécies de seres vivos que viveram no passado e que estão extintas no tempo presente.	0,6	9,2	52,7	37,5	9,8	90,2
3. As espécies atuais de animais e plantas se originaram de outras espécies do passado.	0,0	3,7	61,8	34,5	3,7	96,3
4. As formas bem-sucedidas reprodutivamente têm muitos descendentes e transmitem as características vantajosas às novas gerações, que se modificam gradualmente.	0,8	11,5	60,8	26,8	12,4	87,6
5. As condições da Terra primitiva favoreceram a ocorrência de reações químicas que transformavam compostos inorgânicos em compostos orgânicos que acabaram gerando vida.	0,8	21,0	63,5	14,6	21,9	78,1
6. A espécie humana habita a Terra há mais de 50.000 anos.	1,8	41,2	51,1	6,0	43,0	57,0
7. Os primeiros humanos viveram no ambiente africano.	2,4	29,6	47,6	20,4	32,0	68,0
8. Diferentes espécies de seres vivos podem possuir a mesma espécie ancestral.	0,6	13,7	59,0	26,7	14,3	85,7

1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância
6-Total de concordância

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Os altos índices de concordância aos itens referentes aos conhecimentos científicos relacionados à teoria evolutiva denotam aproximação dos estudantes respondentes aos conhecimentos aprendidos. A partir desses resultados pode-se inferir que os licenciandos conhecem importantes saberes atualmente aceitos pela ciência e que, portanto, houve relação positiva entre o conteúdo ensinado e o conteúdo aprendido.

No entanto, o simples saber dos fatos científicos não nos permite afirmar que tais conhecimentos servirão de recursos utilizados pelos estudantes na análise coerente de situações biológicas. A questão que agora se pondera é se tais fatos foram cognitivamente apreendidos, isto é, se o futuro professor adquiriu procedimentos mentais capazes de aplicar um conceito geral para situações particulares. Nesta pesquisa, o bloco (B) de afirmações tem o propósito de evidenciar essa consideração.

4.3 – Apropriação cognitiva do tema evolução biológica

O bloco (B) tem como objetivo avaliar a apropriação cognitiva ao tema de pesquisa dos estudantes respondentes. Composto de 13 itens, as afirmações se referem a conceitos evolutivos aceitos pela teoria da seleção natural, bem como a conceitos lamarckianos comumente (e equivocadamente) interpretados como evolutivamente corretos.

As respostas aos itens do bloco (B) foram dadas a partir do questionamento: *Qual é o seu nível de aceitação das seguintes afirmações?*

As tabelas 2 e 3 mostram os 13 itens avaliados e os percentuais das respostas obtidas.

4.3.1 – Tendência ao aperfeiçoamento

No presente trabalho destacamos alguns equívocos frequentes que permeiam o tema “origem e evolução da vida” e interferem negativamente na compreensão da biologia evolutiva, dificultando seus processos de ensino e de aprendizagem. Um deles é a ideia de caráter lamarckista da tendência ao aperfeiçoamento dos seres vivos.

A tabela 2 evidencia resultados que confirmam as preocupações teórico-científica e didática as quais estamos inseridos. As respostas foram dadas a partir do seguinte questionamento: *Qual é o seu nível de aceitação das seguintes afirmações?*

Para evitar tendências, tanto do pesquisador quanto dos sujeitos respondentes, as afirmações deste bloco do questionário foram aleatoriamente sequenciadas. Dos 13 itens selecionados para a pesquisa e inseridos no bloco (B), seis são afirmações de conotação lamarckiana (itens 1, 3, 4, 6, 9 e 10 – tabela 2), que remetem as ideias equivocadas do aperfeiçoamento, tendência ao progresso, uso e desuso e transmissão de características adquiridas. Os demais (itens 2, 5, 7, 8, 11, 12 e 13 – tabela 3) se referem aos conceitos darwinianos aceitos pela síntese evolutiva.

Tabela 2 – Percentual das respostas referentes à apropriação cognitiva da evolução biológica – Bloco (B): concepções lamarckistas

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
1. A evolução biológica sempre faz os seres vivos se aperfeiçoarem, progredirem, melhorarem.	16,3	19,1	53,6	11,0	35,4	64,6
3. Uma baleia é mais evoluída do que uma bactéria.	28,4	51,5	17,4	2,7	79,8	20,2
4. A evolução biológica sempre tem uma direção: a do aperfeiçoamento dos seres vivos.	14,9	48,1	26,9	10,0	63,0	36,9
6. Os seres vivos evoluem em resposta à necessidade de se adaptarem conforme as alterações do meio ambiente.	3,5	2,5	61,8	32,2	6,0	94,0
9. As modificações nos organismos ocorrem em resposta a alguma necessidade.	4,3	8,3	70,9	16,4	12,6	87,3
10. O uso frequente de antibióticos induz nas bactérias o aparecimento da capacidade de resistência.	3,4	3,5	51,7	41,5	6,8	93,2

1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância

6-Total de concordância

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Os dados obtidos sustentam a nossa preocupação em relação à ideia dos estudantes considerarem que a evolução dos seres vivos ocorre em direção ao aperfeiçoamento.

Considerando a importância científica e pedagógica desse equívoco, na elaboração do questionário decidiu-se por inserir itens que abordassem a mesma ideia — a tendência lamarckista dos seres vivos ao progresso — porém, de diferentes formas, tais como, diretamente, nos itens 1: *A evolução biológica sempre faz os seres vivos se aperfeiçoarem, progredirem, melhorarem*; e 4: *A evolução biológica sempre tem uma direção: a do*

aperfeiçoamento dos seres vivos; e, indiretamente, nos itens 3: *Uma baleia é mais evoluída do que uma bactéria*; 6: *Os seres vivos evoluem em resposta à necessidade de se adaptarem conforme as alterações do meio ambiente*; 9: *As modificações nos organismos ocorrem em resposta a alguma necessidade*; e 10: *O uso frequente de antibióticos induz nas bactérias o aparecimento da capacidade de resistência*.

Exceção feita aos itens 3 e 4, respectivamente: *Uma baleia é mais evoluída do que uma bactéria* e *A evolução biológica sempre tem uma direção: a do aperfeiçoamento dos seres vivos*, os demais itens revelam elevado índice de concordância ao sentido do conhecimento popular de que a evolução biológica está associada à tendência ao progresso e ao constante aperfeiçoamento dos seres vivos.

Entendemos que a discordância ao item 3 se deve ao fato de que nas aulas de biologia é frequente e explícita a consideração de que baleias, elefantes e orquídeas, por exemplo, não são mais evoluídos do que as bactérias e sim possuem maior grau de complexidade.

Quanto ao adequado índice de discordância da afirmação do item 4, causa-nos estranhamento quando a analisamos em um contexto mais amplo, em conjunto às demais afirmações desse grupo, visto que a afirmação: *A evolução biológica sempre tem uma direção: a do aperfeiçoamento dos seres vivos* possui a mesma estrutura semântica, o mesmo significado evolutivo, da afirmação do item 1: *A evolução biológica sempre faz os seres vivos se aperfeiçoarem, progredirem, melhorarem*, ao qual constatamos maior índice de concordância entre os licenciandos.

Como já discutimos no presente trabalho, aprender é adquirir procedimentos mentais que nos possibilitem aplicar um conceito geral para situações particulares. Isto é conhecimento teórico-científico. Nesse sentido, ao considerarmos o conjunto de respostas do bloco (B), inferimos que a discordância dos licenciandos diante da afirmação *A evolução biológica sempre tem uma direção: a do aperfeiçoamento dos seres vivos* é destituída de significado cognitivo, dificultando, assim, a utilização, pelos estudantes/futuros professores, de recursos lógicos e investigativos próprios da biologia evolutiva para resoluções adequadas às questões relacionadas à natureza dos seres vivos.

A elevada posição de concordância aos vários itens de conotação lamarckista, bem como a inconsistência teórico-científica dos resultados obtidos nas afirmações acima descritas justificam o objetivo geral desta investigação: identificar o grau de apropriação cognitiva dos processos evolutivos em alunos do curso de graduação em ciências biológicas.

Estamos em acordo com Gould (2001) quando inferimos que a tendência de se considerar a evolução biológica como um processo que dirige os seres vivos rumo à maior complexidade faz parte da nossa cultura:

Acho que os estudantes da história da vida mais perspicazes sempre perceberam que o registro fóssil não pode fornecer o mais desejado ingrediente de satisfação para o mundo ocidental: um sinal claro de progresso, assinalado pelo constante aumento da complexidade de toda a vida ao longo do tempo. As evidências básicas não conseguem apoiar este ponto de vista, pois as formas mais simples [as bactérias] ainda predominam na maior parte dos ambientes, como sempre o fizeram (GOULD, 2001, p. 229).

Historicamente, a palavra evolução tem seu significado atribuído a progresso, avanço, melhoria, desenvolvimento, aperfeiçoamento, aumento de complexidade, e não o sentido atual que se atribui no contexto biológico. O próprio Darwin se resguardava nesse sentido, preferindo utilizar o termo “descendência com modificação”, uma vez que a conotação progressista, de aperfeiçoamento, para explicar a diversidade dos seres vivos, se remete às hipóteses lamarckianas (MEGLHIORATTI et al., 2006; BATISTA; LUCAS, 2013).

Em defesa de que o aumento da complexidade como progresso nos seres vivos é enganoso, Meghioratti et al. (2006) citam Gould (2001) quando considera a própria origem da vida na Terra, há cerca de 4 bilhões de anos, como a barreira de simplicidade possível. A vida, a partir desse momento inicial, só poderia manter-se no mesmo grau de simplicidade ou tornar-se mais complexa. Tornar-se mais simples do que o maior grau de simplicidade já existente não permitiria reunir as condições necessárias para a manifestação de vida no planeta tal como a conhecemos hoje.

[...] não podemos encarar o progresso como um impulso central e uma tendência definidora – pois a vida começou na forma de bactéria junto à parede esquerda de complexidade mínima; e agora [...] a vida conserva a mesma forma, na mesma posição. A mais complexa das criaturas pode aumentar em sofisticação ao longo do tempo, mas [...] dificilmente se qualifica como uma condição essencial da vida como um todo (GOULD, 2001, p. 205).

É fundamental nos prepararmos, enquanto docentes, no sentido de transpor obstáculos epistemológicos históricos, (re)pensando a tradicional prática pedagógica do ensino das ciências biológicas, transformando-a numa prática inovadora através da continuada (in)formação que culmine no desenvolvimento de habilidades, competências e metodologias significativas necessárias a elaboração de diretrizes para uma ação didática eficiente.

Os professores devem considerar — no sentido de evitar — essa importante característica histórico-cultural citada por Gould (2001) e evidenciada no presente estudo: a

de que os estudantes (e as pessoas em geral) aceitam naturalmente a ideia de que a evolução biológica tende ao progresso, ao aperfeiçoamento dos seres vivos, direcionando-os, necessariamente, a um maior grau de complexidade.

Nas formações inicial e continuada, os recursos curriculares da história e filosofia da ciência apoiam enormemente tais estudos, ampliando e dando sentido aos conhecimentos teórico-científicos, pois quando se entende o desenvolvimento histórico, social, político, cultural de um determinado objeto de estudo, evidencia-se a aplicação de procedimentos lógicos e investigativos próprios do campo de estudo desse objeto.

4.3.2 – Variabilidade e seleção natural

Nesta sessão, continuamos a analisar o grau de discordância ou de concordância dos licenciandos em ciências biológicas para as afirmações do bloco (B), itens 2, 5, 7, 8, 11, 12 e 13, os quais se referem aos conceitos darwinianos aceitos pela síntese evolutiva, expostos na tabela 3.

Tabela 3 – Percentual das respostas referentes à apropriação cognitiva da evolução biológica – bloco (B): evolução darwiniana

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
2. O ser humano se originou da mesma forma como as demais espécies biológicas.	4,6	45,9	36,1	13,4	50,5	49,5
5. Eu não acredito na evolução das espécies – tudo isso é apenas teoria.	46,5	38,2	12,6	2,6	84,7	15,2
7. A variabilidade existente entre os seres vivos é resultante das mudanças casuais e aleatórias que sofrem.	0,0	15,7	70,0	14,3	15,7	84,3
8. Dinossauros e humanos viveram no mesmo período de tempo.	54,1	40,5	5,4	0,0	94,6	5,4
11. Os seres vivos vão se modificando ao longo do tempo, com novas espécies surgindo a partir de espécies ancestrais.	0,9	5,0	64,0	30,1	5,9	94,1
12. As semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas entre as espécies são evidências da evolução biológica.	0,8	6,7	74,7	17,8	7,5	92,5
13. A evolução biológica é, atualmente, a única explicação coerente para o conjunto de fatos sobre a origem e diversidade dos seres vivos na Terra.	8,2	38,6	38,4	15,0	46,8	53,4

1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância
6-Total de concordância

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Em ação didática, é frequente observamos a dificuldade que os estudantes apresentam no entendimento quanto à natureza e à origem evolutiva do ser humano. Tal dificuldade está confirmada nas respostas obtidas para a afirmação do item 2 do bloco (B): *O ser humano se originou da mesma forma como as demais espécies biológicas*.

Os resultados obtidos não revelam tendência de discordância ou de concordância, evidenciando que os licenciandos se mostram divididos quanto à questão da origem e da evolução da espécie humana.

Em concordância com diversos autores – Batista e Lucas (2013); Carneiro (2004); Futuyma (1993; 2002); Goedert (2004); Gould (2001); Mayr (1998; 2005; 2006; 2009); Oliveira (2009); Oliveira, G. e Bizzo (2011; 2015); Oliveira, T. e Caldeira (2015) –, nossa prática pedagógica nos permite também admitir, como destaca Goedert (2004, p. 51), que “a evolução biológica muitas vezes é concebida de forma equivocada ou impregnada de valores e ideologias [...] especialmente no que diz respeito à natureza e às origens humanas”.

Oliveira (2009), em sua dissertação de mestrado intitulada “Aceitação/rejeição da evolução biológica: atitude de alunos da educação básica”, destaca pesquisas de outros autores a respeito do tema, com resultados equivalentes a esse contexto:

Ao verificar alguns trabalhos publicados anteriormente com alunos recém-ingressos em cursos de Ciências Biológicas, os dados obtidos concordam com os da presente investigação, pois os respondentes frequentemente aceitam parte das evidências da teoria evolutiva e rejeitam particularmente o que tange ao ser humano [...] (OLIVEIRA, 2009, p. 110).

No entanto, os licenciandos pesquisados aqui demonstram aceitar o processo de evolução biológica quando discordam da afirmação do item 5: *Eu não acredito na evolução das espécies – tudo isso é apenas teoria*.

Tais dados nos inquietam. Como é possível os estudantes aceitarem a evolução das espécies e não terem um posicionamento concordante quanto à origem e evolução do ser humano?

Ao analisar as ideias conflitantes que permeiam as discussões sobre a origem humana, Futuyma (2002, p. 67) destaca que, nos Estados Unidos, o descaso dos sistemas de ensino público em relação à educação em ciência evolutiva, contribuiu para um “amplo analfabetismo científico”.

Mais da metade dos norte-americanos acreditam que o ser humano foi criado em sua forma atual cerca de 10.000 anos atrás, embora já faça quase um século que a realidade da evolução — incluindo a evolução humana — não gera controvérsias sérias entre os cientistas (idem).

Neste mesmo contexto, o próprio Darwin preconiza a dificuldade de a mente humana “conceber este maravilhoso universo, incluindo o homem” como resultado de processos evolutivos, não submetido ao desígnio divino — “[...] a mente se recusa a olhar para este universo, sendo o que for, caso ele não tenha sido designado” (DARWIN apud MAYR, 2006, p. 59).

A análise dos dados relativos ao item 7 (*A variabilidade existente entre os seres vivos é resultante das mudanças casuais e aleatórias que sofrem*) juntamente com os da tabela 2, que demonstram a tendência de os licenciandos considerarem que a evolução dos seres vivos tende ao aperfeiçoamento, acentua nosso inquietamento. Como os estudantes consideram as origens casuais e aleatórias da variabilidade e, ao mesmo tempo, acreditam na tendência ao aperfeiçoamento, isto é, em mudanças dirigidas rumo à adaptação ativa, ao progresso, ao aumento de complexidade?

Mais uma vez nos deparamos com informações teórico-científicas assimiladas pelos estudantes, porém, destituídas de significados. Sabe-se que as causas da variabilidade têm origem genética e são determinadas pela ocorrência casual e aleatória das mutações e dos mecanismos de recombinação gênica.

Recorremos, novamente, a Futuyama (2002), que esclarece as origens da variação genética:

A variação nas características dos organismos de uma população surge por meio de mutação aleatória de sequências de DNA (genes) que afetam aquelas características. Aqui, “aleatório” significa que as mutações ocorrem sem levar em conta suas possíveis consequências na sobrevivência ou na reprodução. Formas variantes de um gene surgidas por mutação são frequentemente chamadas alelos. A variação genética é aumentada pela recombinação durante a reprodução sexuada, que resulta em novas combinações de genes. A variação também é aumentada pelo fluxo gênico, o aporte de novos genes de outras populações. (FUTUYMA, 2002, p. 9, itálico do autor).

É importante que o professor entenda que para a perfeita compreensão dos eventos geradores de variabilidade é necessário que os alunos conheçam os conceitos nucleares da genética, bem como os da biologia molecular e celular.

Em Miyaki et al. (2002), encontramos essa revelação quando os autores consideram que

os conhecimentos relacionados à Genética e aos mecanismos de herança são essenciais para que os alunos compreendam que cada ser vivo é produto da interação de seus genes com o ambiente. Os conceitos vinculados a esse tema constituem fundamentos para a compreensão do processo evolutivo, especialmente no que se refere aos mecanismos geradores de variabilidade. No mundo todo, as pesquisas educacionais têm demonstrado que há muita dificuldade em atribuir significado biológico aos algoritmos que resolvem os clássicos problemas de Genética; além

disso, confirmam que parte dessa dificuldade reside no enfoque desvinculado dos processos de divisão celular e da segregação de alelos (MIYAKI et al., 2002, p. 9).

A análise dos dados obtidos dos licenciandos pesquisados para a afirmação do item 5 (*Eu não acredito na evolução das espécies – tudo isso é apenas teoria*), demonstra elevado grau de discordância. Entendemos, assim, que a maior parte dos alunos pesquisados reconhece a evolução biológica como uma ocorrência natural.

A mesma análise é feita quanto às respostas das afirmações 11 (*Os seres vivos vão se modificando ao longo do tempo, com novas espécies surgindo a partir de espécies ancestrais*) e 12 (*As semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas entre as espécies são evidências da evolução biológica*), com elevado índice de concordância.

Tais resultados nos permitem pensar que os estudantes pesquisados apresentam elevado posicionamento de aceitação às evidências do processo evolutivo, concordando com a teoria biológica da evolução.

Entretanto, os mesmos estudantes não revelam posição de concordância evidente à afirmação do item 13 (*A evolução biológica é, atualmente, a única explicação coerente para o conjunto de fatos sobre a origem e diversidade dos seres vivos na Terra*).

Vemo-nos, assim, diante de contrassensos: se os licenciandos em ciências biológicas demonstram elevado grau de concordância quanto à evolução das espécies; aceitam o surgimento de novas espécies a partir de espécies ancestrais; consideram as semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas entre as espécies evidências do processo evolutivo; qual a razão de hesitarem em considerar a evolução biológica a única explicação coerente para os fatos evolutivos? Por que os estudantes se mostram divididos quanto à origem e diversidade dos seres vivos e, especificamente, do ser humano?

Novamente, aqui, nos deparamos com mais uma situação didaticamente inquietante: os conhecimentos assimilados pelos alunos são fragmentados e, portanto, desvinculados dos entendimentos que envolvem os conhecimentos teórico-científicos que dizem respeito à origem da vida e sua continuada evolução, bem como os conceitos de variabilidade, seleção natural e adaptação. Tal situação compromete a aplicação de procedimentos investigativos e lógicos próprios do campo de estudo da biologia evolutiva, reduzindo a capacidade de utilizarem sua compreensão para analisarem cientificamente as questões biológicas.

O alto grau de discordância em relação à afirmação do item 8 (*Dinossauros e humanos viveram no mesmo período de tempo*) demonstra apropriado entendimento de um

fato relacionado ao fenômeno evolutivo que envolve a complexa dimensão do tempo geológico.

Entendemos que na ação didática os professores devem estar cientes da controvérsia de que a evolução biológica pode ser percebida como ameaça a certos valores tradicionais da sociedade (FUTUYMA, 2002; GOEDERT, 2004; BATISTA; LUCAS, 2013), e que, por isso, tenham atenção redobrada no sentido de se fixarem aos conceitos teórico-científicos relacionados à teoria biológica da evolução, estimulando os estudantes a (re)avaliarem suas próprias convicções, porém, agora, com a possibilidade de considerarem os fundamentos e conceitos nucleares da biologia evolutiva.

4.4 – As aulas sobre evolução biológica

Os dados obtidos a partir do bloco (C) de afirmações nos mostram que os estudantes possuem atitude positiva em relação às aulas de evolução biológica que receberam na formação inicial, tanto em relação aos docentes que as ministraram quanto ao estímulo para a continuidade e aprofundamento dos estudos em biologia evolutiva e a compreensão geral do tema.

Os percentuais das respostas referentes às aulas sobre evolução biológica estão representados na tabela 4.

Tabela 4 – Percentual das respostas referentes às aulas sobre evolução biológica – bloco (C)

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
1. O professor foi claro ao expor o conteúdo.	7,1	11,1	42,6	39,1	18,2	81,8
2. O professor demonstrou domínio do conteúdo.	0,0	17,5	36,2	46,3	17,5	82,5
3. O professor debateu a respeito de doutrinas religiosas.	17,2	40,7	31,1	11,0	57,9	42,0
4. Entrei em conflito ao me deparar com as ideias evolutivas.	16,9	54,5	23,1	5,6	71,4	28,6
5. Senti-me estimulado(a) a aprofundar meus estudos sobre a teoria evolutiva.	10,4	27,1	36,5	26,0	37,4	62,6
6. Passei a apresentar uma consistente visão evolutiva dos processos biológicos.	4,8	23,3	46,8	25,1	28,1	71,9
7. Posso uma atitude positiva com relação à teoria evolutiva.	3,2	13,5	60,1	23,2	16,7	83,3

8. Aceito a evolução biológica como princípio para a compreensão do mundo vivo.	9,2	14,4	51,1	25,4	23,6	76,4
---	-----	------	------	------	------	-------------

**1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância
6-Total de concordância**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Os respondentes manifestaram elevado grau de concordância quando inquiridos sobre a ação didática do professor de evolução biológica, representada pelos itens 1 (*O professor foi claro ao expor o conteúdo*) e 2 (*O professor demonstrou domínio do conteúdo*).

Nas aulas de evolução é comum surgirem questionamentos a respeito das crenças religiosas. Futuyama (2002, p. 67) afirma que a “a teoria da evolução é controversa porque é percebida por algumas pessoas como sendo incompatível com crenças religiosas, especialmente no que diz respeito à natureza e às origens humanas”. Nesse contexto, inserimos o item 3 no bloco (C) do questionário (*O professor debateu a respeito de doutrinas religiosas*), diante do qual os alunos se posicionaram discretamente discordantes.

Apesar de não acentuada, tal discordância pode indicar que o debate de doutrinas religiosas nas aulas de ciências não se mostra relevante, pelo menos no que tange ao ensino superior. Concordamos com Futuyama (2002) quando afirma que

a maioria dos biólogos que estudam a Evolução concorda que as questões referentes à crença espiritual não podem ser decididas pela Ciência, que, pela sua natureza, é limitada a determinar causas naturais observáveis, não pode pronunciar-se a respeito de assuntos sobrenaturais e não pode dar respostas a perguntas filosóficas ou éticas fundamentais (FUTUYMA, 2002, p. 67).

Quanto ao sentimento de conflito que muitas pessoas revelam ter quando entram em contato com os princípios evolutivos, os licenciandos respondentes se mostraram discordantes (item 4: *Você se sentiu em conflito ao se deparar com as ideias evolutivas*), e se sentiram estimulados a aprofundarem seus estudos em evolução (item 5: *Você se sentiu estimulado a aprofundar seus estudos sobre a teoria evolutiva*).

O estímulo para estudar evolução biológica pode explicar o elevado grau de concordância ao sentimento de que os alunos revelaram ter quando responderam que apresentam consistente visão evolutiva dos processos biológicos (item 6: *Você passou a apresentar uma consistente visão evolutiva dos processos biológicos*) e possuem atitude positiva com relação à teoria evolutiva (item 7: *Você, hoje, possui uma atitude positiva com relação à teoria evolutiva*).

Retomamos, nesse momento, as considerações de Davidov e a teoria da atividade para o campo da didática que visam promover e ampliar as capacidades cognitivas do aluno: a

formação de conceitos segue o caminho da abstração à generalização, em um movimento que parte do abstrato em direção ao concreto. Nesse sentido, a formação dos conceitos teóricos reflete os processos de desenvolvimento mental que, por meio do conteúdo do conhecimento, culmina na ascensão do pensamento primitivo, privado de desenvolvimento, ao pensamento concreto, desenvolvido.

O fato de a maioria dos estudantes não se sentirem em conflito ao entrarem em contato com as ideias evolutivas nos permite inferir, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do ensino desenvolvimental, que no processo de ensino e aprendizagem da evolução biológica, por alguma razão, pode não ter havido, inicialmente, acesso à zona de desenvolvimento próximo da maioria dos estudantes pesquisados, o que limitaria os caminhos mentais da abstração e comprometeria os processos de generalização e de formação de conceitos. Tal fato resultaria no não desenvolvimento das funções psíquicas superiores relacionadas à teoria biológica da evolução e, conseqüentemente, na não internalização dos conceitos evolutivos.

Sob essa perspectiva, podemos entender a dificuldade de os estudantes superarem o pensamento relativo ao conhecimento cotidiano, e, portanto, sincrético, a respeito do processo evolutivo, quando consideram argumentos teleológicos ou do desígnio divino para explicar a evolução biológica. Tal subjetividade, parcial, acrítica, impregnada de valores pré-concebidos, restringe o desenvolvimento do pensamento concreto, comprometendo o processo de construção mental do conhecimento científico, a reprodução teórica da realidade e, porventura, o trabalho docente dos futuros professores.

4.5 – O planejamento das aulas

Para que as aulas tenham êxito, o professor necessita prepará-las. A preparação das aulas requer planejamento, que consiste na organização mental dos objetivos e das ações para que estes sejam alcançados. Assim, o planejamento é um instrumento para que a aprendizagem se realize. A materialização das ações pensadas no planejamento constitui um plano de aulas (ou de curso) que orienta professores e alunos aos propósitos definidos (INFORSATO; ROBSON, 2011).

No sentido de conhecer o que os licenciando/futuros professores entendem sobre a própria prática educativa, elaboramos os blocos (D) e (E) de afirmações referentes a planos de cursos.

Os percentuais das respostas referentes à elaboração de planos de cursos estão representados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Percentual das respostas referentes à elaboração de um plano de curso a ser ministrado – bloco (D)

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
1. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for 'ecologia'.	2,1	19,3	57,6	21,0	21,4	78,6
2. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for 'genética'.	5,1	31,5	44,5	18,9	36,6	63,4
3. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for 'evolução biológica'.	3,3	23,5	56,6	16,6	26,9	73,1
4. Considero que o conhecimento científico é influenciado por fatores externos à ciência, por ideologias presentes na sociedade, tais como convicções políticas, sociais, filosóficas, religiosas, crenças, mitos e tradições.	5,2	26,3	54,4	14,2	31,4	68,6
5. Considero que o procedimento científico nos leva sempre à respostas certas.	11,7	50,2	23,7	14,3	62,0	38,0

**1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância
6-Total de concordância**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

As afirmações do bloco (D) se seguem a partir da seguinte situação: *Ao elaborar um plano de curso a ser ministrado, (assinale com um X apenas uma opção).*

Optamos por inserir na pesquisa as disciplinas de ecologia e genética devido às relações epistemológicas que mantém com a evolução biológica. A genética nos leva a compreensão sobre a diversidade dos seres vivos e a ecologia, por ser a ciência que estuda as relações dos seres vivos entre si e com o meio no qual vivem, evidencia a ação da seleção natural. Como variabilidade e seleção natural são conceitos nucleares da biologia evolutiva, genética, ecologia e evolução biológica são áreas integradas e complementares.

Os dados obtidos nos mostram que a maior parte dos estudantes respondentes se sentem preparados para elaborar planos de curso das disciplinas ecologia e evolução biológica, e em menor proporção, mas ainda em maioria concordante, de genética (itens 1, 2 e 3). Contudo, no espaço destinado aos estudantes se manifestarem livremente quanto aos temas

que consideram importantes em cursos de formação e de atualização de professores, a genética e a evolução foram largamente citados.

Diante disso, indagamo-nos: por que os estudantes expressam a necessidade de cursos de genética e de evolução se estas são disciplinas curriculares e, estando eles no 4º ano da graduação, já as cursaram? Como, assumindo a necessidade de tais cursos, se sentem preparados para elaborar os respectivos planos de estudo?

Segue, abaixo, parte de três entrevistas analisadas que ilustram o posicionamento dos estudantes referente ao tema. O estudante A diz:

“Acredito que alguns conceitos biológicos dentro da evolução deveriam ser mais explorados no conteúdo escolar, os professores ficam muito presos e/ou não sabem abordar corretamente, em outras vezes até deixam de lado. Na graduação tenho dificuldade de abordar a genética, tenho pouca base teórica (...)” [como no original].

Em sentido semelhante, o estudante B relata:

“Pesquisas nessa área de educação de biologia são muito necessárias. Ainda existem bastante equívocos, principalmente em genética e evolução, de alguns alunos, futuros professores e ainda professores já formados (...)” [como no original].

Já, o licenciando C revela:

“Ao iniciar um curso de licenciatura ficamos com a expectativa de sairmos totalmente preparados para lecionar e muitos de nossos docentes se esforçam para isso, fazendo despertar em nós nossa curiosidade, vontade de aprender mais, amor à profissão docente. Mas é com pesar que relato meu despreparo em relação à evolução, pois pode-se dizer que não aprendi nada (...)” [como no original].

Tais posicionamentos expressam a nossa preocupação com as formações inicial e continuada dos professores de ciências e de biologia. Entretanto, conscientes de que a problemática posta ultrapassa os limites do presente estudo, destacam a importância das políticas educacionais, baseadas no conhecimento das necessidades discentes e docentes, analisarem a importância da elaboração de propostas de ações voltadas para a real função das IES dos cursos de licenciatura, pautadas na formação humanista e no desenvolvimento da autonomia e profissionalidade docente, que atendam às exigências da sociedade democrática contemporânea. Nos capítulos I e II expusemos nossas considerações acerca dessa importante questão.

No sentido de conhecer algumas das convicções dos estudantes quanto à natureza da ciência, inserimos os itens 4 e 5 no bloco (D) e o item 3 no bloco (E). Consideramos fundamental que os estudantes/futuros professores de ciências/biologia recebam uma

instrução científica adequada e desenvolvam um conhecimento esclarecedor a respeito da natureza da ciência, uma vez que, formados nessa área, será necessário distinguir o que é ou não é conhecimento científico, conhecer os seus princípios, entender que a sua construção é permeada por elementos sociais, históricos e culturais, desmitificando, assim, a visão ingênua do cientista imparcial, neutro, que não erra, pois segue rigorosamente “um método científico”. Discorreremos a esse respeito na subseção 1.3 do presente trabalho.

As respostas referentes aos itens 4 e 5 do bloco (D), retratam um aparente entendimento dos licenciandos a respeito da natureza do procedimento científico, pois houve a maioria de concordância à afirmação 4 (*Considero que o conhecimento científico é influenciado por fatores externos à ciência, por ideologias presentes na sociedade, tais como convicções políticas, sociais, filosóficas, religiosas, crenças, mitos e tradições*); e discordância à afirmação 5 (*Considero que o conhecimento científico nos leva sempre a respostas certas*).

Entretanto, os estudantes denotam contradição ao entendimento da natureza da ciência quando a grande maioria deles é concordante à afirmação do item 3 do bloco (E) – tabela 6 – (*Considero que a importância do método científico é a de garantir neutralidade, objetividade e veracidade às pesquisas*).

Se o conhecimento científico, como todo conhecimento, é influenciado por fatores externos, por ideologias, convicções políticas, sociais, filosóficas, crenças, mitos, tradições, como pode garantir neutralidade e veracidade?

A tabela 6 representa o sentimento de discordância/concordância dos licenciandos pesquisados frente aos itens relacionados à elaboração de um plano de curso sobre evolução biológica. As afirmações do bloco (E) se seguem a partir da seguinte situação: *Ao elaborar um plano de curso sobre evolução biológica, (assinale com um X apenas uma opção)*.

Tabela 6 – Percentual das respostas referentes à elaboração de um plano de curso sobre evolução biológica – bloco (E)

ITENS	%					
	DT ¹	D ²	C ³	CT ⁴	TD ⁵	TC ⁶
1. Início as aulas cronologicamente, considerando primeiro as ideias de Lamarck.	4,3	24,4	62,0	9,3	28,7	71,3
2. Considero os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo.	0,0	5,6	73,1	21,3	5,6	94,4
3. Considero que a importância do método científico é a de garantir neutralidade, objetividade e veracidade às pesquisas.	0,8	9,6	64,8	24,8	10,4	89,6

4.	Considero que o contexto histórico-cultural de um conteúdo não tem relevância para a sua aprendizagem.	25,5	57,3	17,1	0,0	82,9	17,1
5.	Considero que Darwin tinha convicção de que na natureza havia imensa produção de formas variantes.	0,0	6,5	71,8	21,6	6,5	93,5
6.	Considero a variação e a seleção natural os principais mecanismos da evolução biológica.	0,0	6,5	78,9	14,6	6,5	93,5
7.	Desperto nos alunos as necessidades e os motivos de aprendizagem da evolução biológica.	0,0	2,1	78,4	19,5	2,1	97,9
8.	Trato a evolução biológica como uma teoria, tal qual ela é, não um evento natural.	12,8	43,7	35,4	8,1	56,5	43,5
10.	Considero a evolução biológica um processo de melhoria dos seres vivos, levando-os à perfeição progressiva, tal como perfeita é a natureza.	16,1	25,2	48,8	9,9	41,3	58,7
11.	Início as aulas de evolução com os conceitos atuais sobre o processo evolutivo para que, somente depois de apreendidos, tratar dos demais aspectos (cronológicos, históricos, posições divergentes).	8,1	21,0	60,7	10,2	29,1	70,9

**1-Discordo totalmente 2-Discordo 3-Concordo 4-Concordo totalmente 5-Total de discordância
6-Total de concordância**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Referente à análise das respostas das afirmações 2 (*Considero o conhecimento prévio dos alunos em relação ao conteúdo*) – grande maioria concordante; 4 (*Considero que o contexto histórico-cultural de um conteúdo não tem relevância para a sua aprendizagem*) – grande maioria discordante; e 7 (*Desperto nos alunos as necessidades e os motivos de aprendizagem da evolução biológica*) – grande maioria concordante, os estudantes respondentes se mostram predispostos a alguns dos preceitos da pedagogia histórico-crítica e da teoria da atividade, quais sejam: através da mediação intencional, o professor promove a interação do conteúdo teórico científico às características individuais e socioculturais do seu aluno, suas condições afetiva e cognitiva, seus conhecimentos prévios e a sua zona de desenvolvimento próximo, bem como a necessidade e os motivos para interiorizar tal conteúdo.

Por outro lado, o fato dos licenciandos se mostrarem predispostos a alguns dos preceitos da pedagogia histórico-crítica e da teoria da atividade não significa que estão conscientes de tal predisposição. No entanto, sinalizam, a nosso ver, mesmo que de forma intuitiva, consideração às características individuais dos alunos e a importância de motivá-los ao entendimento da biologia evolutiva. Destacamos, assim, a importância das IES planejarem e investirem nas formações inicial e continuada dos professores para que desenvolvam as

estratégias de ensino que lhes são familiares, complementando e ampliando as suas capacidades cognitivas.

Relativo às afirmações 1 (*Início as aulas cronologicamente, considerando primeiro as ideias de Lamarck*) e 11 (*Início as aulas de evolução com os conceitos atuais sobre o processo evolutivo para que, somente depois de apreendidos, tratar dos demais aspectos – cronológicos, históricos, posições divergentes*), a maioria dos estudantes pesquisados se mostra contraditoriamente concordantes.

Ao iniciar as aulas de evolução se considerando os conceitos atuais a respeito da biologia evolutiva (estratégia mais interessante, a nosso ver), não se considera a perspectiva cronológica (Lamarck nasceu no século XVIII, em 1744). Interpretamos tal concordância conflitante dos licenciandos entre as duas possibilidades citadas para iniciar as aulas de evolução biológica como uma ação pedagógica inercial, que atende ao tradicional conteúdo cronológico apresentado na maioria dos materiais didáticos de evolução e, conseqüentemente, à falta de percepção ao ato de planejar.

Acerca da importância do planejamento, recorremos a Inforsato e Robson (2011):

Na intenção de recuperarmos o valor do planejamento, reiteramos que ele é uma ação de pensamento profundo sobre o que se quer da educação dos alunos, quais objetivos que se quer alcançar, quais conteúdos abordar e quais práticas metodológicas devem ser colocadas em ação para que o processo de aprendizagem efetivamente se desenvolva com sucesso. Os planos decorrentes do planejamento são guias valiosos de orientação para professores e alunos terem propósito e direcionamento naquilo que fazem, para que não haja desperdício de energia e de tempo nas atividades escolares. Por isso, antes de preenchermos formulários, devemos esgotar as possibilidades e discussões acerca dos objetivos e demais elementos que farão parte desses planos [...]. A atividade mental deve ser valorizada e respeitada como etapa fundamental para atingirmos os objetivos com atividades coerentes, realmente organizadas antes de as colocarmos em prática. A realização das atividades de ensino sem o devido planejamento, feitas às cegas ou de maneira estritamente irrefletida, afeta significativamente a qualidade dos resultados (INFORSATO; ROBSON, 2011, p. 87-88).

Relativo aos itens 5 (*Considero que Darwin tinha convicção de que na natureza havia imensa produção de formas variantes*) e 6 (*Considero a variação e a seleção natural os principais mecanismos da evolução biológica*), a maioria absoluta dos alunos respondentes estão de acordo. Tal concordância sugere que os licenciandos reconhecem algumas das ideias de Darwin expressas em suas obras, largamente difundidas através dos materiais didáticos que versam sobre evolução.

As respostas dadas para a afirmação 8 (*Trato a evolução biológica como uma teoria, tal qual ela é, e não um evento natural*), revela discreta discordância, manifestando a

tendência de que os estudantes pesquisados consideram o processo evolutivo um evento natural. Discordância maior observamos na resposta do bloco (B), anteriormente analisado, para a afirmação 5 (*Eu não acredito na evolução das espécies – tudo isso é apenas teoria*).

Ambas as afirmações relacionam a evolução biológica à teoria, no entanto, a intensidade das discordâncias é nitidamente diferente. Quando surge a possibilidade expressa de a evolução ser um “evento natural”, o grau de incerteza dos alunos aumenta. Parece-nos que há certa confusão na significação, para os alunos, de teoria e evento natural, no sentido de que, para eles, a evolução biológica é mais uma teoria do que um fato biológico.

Como já apontamos, o processo evolutivo é um fato inerente ao fenômeno da vida no planeta e, portanto, um evento natural. A teoria da evolução biológica é uma construção mental que permite compreender e explicar tal fato.

Da mesma forma, novamente analisando a afirmação 8 do bloco (E) junto ao bloco (B), os estudantes ficaram indecisos, não se destacando grau de discordância ou concordância para a afirmação 13 (*A evolução biológica é, atualmente, a única explicação coerente para o conjunto de fatos sobre a origem e diversidade dos seres vivos na Terra*). Nesse contexto, é provável que o caráter incisivo da afirmação interfira realmente no grau de certeza ou de incerteza dos alunos, visto, neles, a carência conceitual dos fundamentos evolutivos no pensamento concreto.

No sentido de termos um posicionamento dos licenciandos quanto ao interesse pela busca de aprofundamento nos estudos sobre a teoria evolutiva (lembramos que 62,6% dos estudantes pesquisados se mostraram concordantes quanto a afirmação 5 do bloco (C) – *Você se sentiu estimulado a aprofundar seus estudos sobre a teoria evolutiva*), inserimos, no bloco (E), o item 9 (*Estudei/estudo/considero as ideias científicas apresentadas pelos autores contemporâneos abaixo citados*), apresentando alguns autores de divulgação científica conhecidos na área de biologia evolutiva com a orientação de que os estudantes poderiam se manifestar com mais de uma assertiva.

O autor mais citado (45 estudantes; 29,6%) — e também o mais conhecido popularmente — foi Richard Dawkins. Entre suas obras, estão *O Gene Egoísta*; *O relojoeiro cego* e *Deus, um delírio*.

Ernst Mayr foi o segundo autor mais citado (22 estudantes; 14,5%). Várias vezes mencionado e citado no presente estudo, Mayr representa um dos principais autores evolucionistas do século XX. Falecido no ano de 2005, com 100 anos de idade, deixou vastíssima obra, das quais destacamos: *O desenvolvimento do pensamento biológico* (livro com 1.107 páginas); *Uma ampla discussão*; *Biologia, ciência única* e *O que é a evolução*.

Os demais autores citados pelos estudantes pesquisados são: Douglas Futuyma (19 estudantes; 12,5%); Carl Sagan (18 estudantes; 11,8%); Nélio Bizzo (17 estudantes; 11,2%); Theodosius Dobzhansky (16 estudantes; 10,5%); Stephen Jay Gould (12 estudantes; 7,9% e, por fim, Charbel Niño El-Hani (3 estudantes; 2%). Dos 91 licenciandos participantes da pesquisa, 24 (26,4%) indicaram não ter lido nenhum dos autores listados.

A análise das respostas dadas para a afirmação 10 (*Considero a evolução biológica um processo de melhoria dos seres vivos, levando-os à perfeição progressiva, tal como perfeita é a natureza*) bloco (E) revela, por parte dos licenciandos entrevistados, significativa concordância.

Discutimos extensivamente neste estudo a tendência de se considerar o processo evolutivo da vida rumo ao progresso e à perfeição constante. Pesquisadores aqui citados indicam ser este o pensamento que predomina na maioria dos estudantes (e nas pessoas, de modo geral), sendo que superá-lo é uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos professores nas suas aulas. A nossa pesquisa também revela tal tendência.

Por várias vezes e em momentos distintos, os licenciandos entrevistados atribuíram a expansão bem-sucedida da vida à tendência ao progresso determinado, desconsiderando, dessa forma, os processos estocásticos que geram as variações das características nos seres vivos a partir da ocorrência das mutações e das recombinações gênicas que ocorrem de forma espontânea, sem a menor propensão para a perfeição progressiva da natureza.

A despeito de tais considerações, compreendemos que quando os conceitos nucleares de um determinado conhecimento escolar são internalizados — aqui, se tratando especificamente da teoria biológica da evolução — a aprendizagem consciente e crítica do conteúdo relacionado a esse conhecimento se estabelece, favorecendo a reconstrução mental e epistemológica desse conhecimento, principais objetivos da educação escolar. Organizam-se, assim, o pensamento teórico e os modos de investigar e de atuar próprios da ciência ensinada/apreendida, que assume novos e ampliados significados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do questionamento “quais as concepções do conceito de evolução biológica dos estudantes do curso de licenciatura em ciências biológicas de uma IES pública do estado de Goiás?”, o qual se constitui no problema de pesquisa do presente estudo, foram investigadas e analisadas as concepções do conceito de evolução biológica de 91 estudantes dos cursos de licenciatura em ciências biológicas da Universidade Estadual de Goiás, oferecidos em 7 *campi*, localizados nas cidades de Anápolis, Iporá, Itapuranga, Morrinhos, Palmeiras de Goiás, Porangatu e Quirinópolis.

Nessa pesquisa acerca dos aspectos conceituais da biologia evolutiva — área de concentração: ensino de ciências; linha de pesquisa: formação de professores em ensino de ciências —, buscou-se compreender as relações nucleares que compõem a construção do conceito de evolução biológica; investigar se os estudantes/futuros professores pesquisados apresentam dificuldades na apropriação de alguns dos princípios evolutivos fundamentais à compreensão da teoria biológica da evolução; entender as relações que poderiam resultar do não aprendizado dos conceitos nucleares da evolução biológica na ação didático-pedagógica dos futuros professores, visando desenvolver uma sequência didática, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, para a fundamentação dos princípios gerais da teoria biológica da evolução.

O percurso do presente estudo, a partir do qual pôde-se vislumbrar, de modo geral, um amplo panorama da educação em ciências e do ensino da teoria biológica da evolução no estado de Goiás, estabeleceu-se através de mapeamentos das pesquisas existentes sobre o ensino da evolução biológica no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e de artigos publicados em periódicos classificados no sistema Qualis de avaliação, também da CAPES; de estudos das relações pertinentes aos processos de ensino e aprendizagem em geral, das ciências e, em particular, da evolução biológica; de ações didático-pedagógicas enquanto professor regente de biologia no ensino médio; da participação das aulas nas disciplinas cursadas no mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC-UEG), elaboração de resenhas, apresentações em seminários; da produção de capítulo de livro e de artigos submetidos a periódicos; do aprofundamento no entendimento da teoria histórico-cultural, da pedagogia histórico-crítica e do ensino desenvolvimental, proporcionado através da participação no

Programa de Pós-Graduação em Educação (PUC-GO); de minicurso elaborado e ministrado aos licenciandos em ciências da UEG; da organização e execução de Feira de Ciência e Tecnologia; da participação em encontros de estudos e pesquisa, seminários, congressos e simpósios nos estados de Goiás e de São Paulo — alguns como ouvinte, outros em comunicação oral, outros ainda como ministrante —; de pesquisa quanti-qualitativa realizada por meio de entrevistas e questionários respondidos por licenciandos em ciências biológicas.

Ao se verificar nos licenciandos, futuros professores, o domínio do conhecimento teórico evolutivo, a apropriação cognitiva dos conceitos nucleares da teoria da evolução, suas dificuldades de entendimento, bem como a sua aceitação, espera-se identificar elementos que possam aprimorar significativamente o processo de ensino e de aprendizagem da evolução biológica na educação escolar – básica, superior e continuada.

A interpretação e análise dos resultados da pesquisa aqui expostos revelam que os estudantes entrevistados acreditam possuir consistente visão evolutiva dos processos biológicos; denotam atitude positiva em relação à teoria biológica da evolução; se mostram concordantes com o desenvolvimento de novas espécies de seres vivos a partir de espécies ancestrais; demonstram elevada aceitação das evidências do processo evolutivo, se sentem estimulados a aprofundar os estudos sobre a teoria evolutiva, a aceitando como princípio para a compreensão do mundo vivo.

No entanto, contraditoriamente, os licenciandos consideram, com elevado índice de concordância, que a evolução está associada à tendência ao aumento da complexidade como progresso nos seres vivos e ao constante aperfeiçoamento das suas características. Esse posicionamento revela dificuldades na integração dos conhecimentos relacionados à aleatoriedade dos processos de variabilidade genética – mutações, recombinações, fluxo gênico –, sobre as quais atua a seleção natural, principais responsáveis pela imensa biodiversidade no planeta.

Tais dificuldades se expressam quando, apesar de os estudantes se considerarem preparados para elaborarem planos de curso de ecologia, genética e evolução biológica, áreas integradas e complementares, relatam possuírem pouca base teórica e equívocos conceituais relacionados à genética e evolução, admitindo a necessidade de cursos de formação/complementação, mesmo já tendo cursado essas disciplinas na graduação.

Associada (ou não) à prevalente visão teleológica manifesta, característica do pensamento sincrético, parte dos estudantes expressa a convicção de um desígnio especial da natureza humana ao desconsiderarem a origem e evolução da nossa espécie como produto de processos naturais. Tais elementos refletem a permanência cognitiva na órbita do

conhecimento cotidiano, destituído de significado teórico-científico, os quais se evidenciam em penosa superação.

Nesse sentido, os resultados apresentados apontam dificuldades dos licenciandos entrevistados em desenvolverem operações mentais pertinentes aos processos de abstração, generalização e de formação dos conceitos teórico-científicos relativos à origem e à evolução da vida na Terra. Essas dificuldades privam a internalização/apropriação dos conhecimentos evolutivos, restringem o desenvolvimento e a ascensão do pensamento abstrato ao pensamento concreto, comprometem a capacidade cognitiva intervindo na construção do pensamento científico, na reprodução teórica da realidade e, conseqüentemente, na capacidade de enfrentamento de modo competente e científico às questões biológicas atuais e futuras, bem como nas ações didático-pedagógicas enquanto docentes.

Muitas dificuldades enfrentadas pelos estudantes residem na prevalente concepção positivista acerca do conhecimento científico ao apregoar um rigoroso método como garantia de neutralidade e veracidade, distante da maneira como se constroem os conhecimentos. Não obstante, a postura indutivista e acrítica da natureza da ciência fomentam distorções conceituais, as quais, quanto à teoria biológica da evolução, os licenciandos entrevistados evidenciaram em nossa pesquisa ao demonstrarem, por exemplo, certa confusão na significação de teoria científica e evento natural.

Por tais motivos, defendemos que o ensino da evolução biológica esteja integrado às epistemologias das ciências, das ciências biológicas, bem como aos processos pedagógicos, beneficiando-se dos conhecimentos da história, filosofia e sociologia das ciências para a superação do pensamento sincrético que compromete a formação dos conceitos teóricos e das dificuldades de aprendizagem características de um ensino prático-utilitário.

Em um contexto que se apresenta desfavorável ao processo de internalização dos componentes nucleares para o conceito de evolução biológica, destacamos a relevância de se compreender melhor o trabalho do professor de ciências/biologia quanto às suas atividades de ensino e de aprendizagem para que as instituições responsáveis pelas formações inicial e continuada agreguem elementos de desenvolvimento da autonomia e profissionalidade docente. Tais formações devem permitir aos licenciandos, assim como aos professores em serviço, acesso aos avanços dos conhecimentos no campo da sua disciplina e no campo do ensino, tanto aos conteúdos quanto aos métodos.

Entendemos, como demonstrado em nossa pesquisa, que, a partir de ações planejadas e mediadas com a intencionalidade de articularem os processos de apropriação da cultura e o desenvolvimento do pensamento teórico, os princípios gerais do processo

evolutivo por meio da seleção natural podem ser internalizados cognitivamente por alunos de diferentes níveis de escolaridade, do ensino fundamental ao superior.

Assim sendo, desenvolvemos uma sequência didática para a mediação do processo de evolução biológica visando o conceito nuclear “seleção natural”, sob o referencial da pedagogia histórico-crítica com o aporte de conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência.

Apresentamos a sequência didática no Apêndice A. Tomamos como referência a mediação em um curso de formação inicial de licenciatura em ciências biológicas visando possibilitar ao futuro professor a aquisição de procedimentos mentais capazes de empregar um conceito teórico-científico geral às situações particulares e concretas na sua ação docente.

Sem a pretensão de esgotar o assunto e respeitando a autonomia docente, destacamos, no entanto, que esta sequência pode ser trabalhada, com as adequações que se julgarem pertinentes, tanto na educação básica quanto nos cursos de pós-graduação e nos de formação continuada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS³³

ABREU, H. **O ensino da evolução no presente; uma análise crítica.** 2007. Disponível em http://cfcul.fc.ul.pt/biblioteca/online/pdf/helenaabreu/ensino_evolucao_presente.pdf. Acesso em: 9 maio 2014.

ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. R. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.

ALMEIDA, E. R. **Evolução biológica; uma sequência didática inovadora para o ensino médio.** 2012. 82p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

AGNOLETTO, R. **A representação social do conceito de evolução por professores de biologia.** 2011. 128p. Dissertação de Mestrado (Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2011.

ARAÚJO, L. A. L.; ROSA, R. T. D. Obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo: análise em livros didáticos de biologia aprovados pelo PNLD 2012. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2015, vol. 15, n. 3, p. 581-596.

BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B. Contribuições axiológicas à educação científica; valores cognitivos e a seleção natural de Darwin. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 1, p. 201-216, 2013.

BERTATO, F. M. O critério de demarcação de Popper e a filosofia da biologia de Mayr. **Ciência & Ensino**, 2015, vol. 4, n. 1, p. 12-23.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo.** 1991. 494p. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 235-257, 2009.

BIZZO, N.; MOLINA, A. El mito darwinista en el aula de clase; un análisis de fuentes de información al gran público. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 401-416, 2004.

BRASIL. **Acordo ortográfico da língua portuguesa – 1990.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/acordoortografico.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2014.

_____. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional** - Lei n. 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996. Brasília: Congresso Nacional, 1996.

³³ As referências bibliográficas estão de acordo com a norma NBR6023/2002 preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

_____. **Parâmetros curriculares nacionais;** ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

_____. Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de ciências biológicas. CNE/CES 1.301/2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 dez. 2001, Seção 1, p. 25.

_____. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais** – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+). Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

_____. CNE. Resolução CNE/CES 7/2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 mar. 2002, Seção 1, p. 12.

_____. MEC/SEB. **Orientações curriculares para o ensino médio;** ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: volume 2, 2006. 135p.

_____. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica.** Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.

BRITO, A. E. O significado da reflexão na prática docente e na produção dos saberes profissionais do/a professor/a. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 38/7, 1-6, maio 2006. Disponível em: <http://tinyurl.com/phv78u8>. Acesso em: 17 maio 2014.

CACHAPUZ, A. F. Do ensino das ciências: seis ideias que aprendi. In: **O ensino das ciências como compromisso social.** Antônio Francisco Cachapuz, Anna Maria Pessoa de Carvalho, Daniel Gil-Pérez (Orgs.). São Paulo: Cortez, 2012, 246p.

CAIRES-JUNIOR, F. P.; ANDRADE, M. A. B. S. 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**, mai-ago.2015, v. 8, n. 3, p. 60-83

CAIRES-JUNIOR, F. P.; CEZARE, P. S. L; ANDRADE, M. A. B. S. Deferências conceptiales segun la evolucion biológica em la vision de lós alumnos. **Revista de Educación en Biología**, 2015, v. 18, n. 1, p. 39-49.

CALDEIRA, A. M. A.; SILVEIRA, L. F. B. O processo evolutivo; uma análise semiótica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, n. 1, p. 95–100, 1998.

CARLETTI, C.; MASSARANI, L. O que pensam crianças brasileiras sobre a teoria da evolução? **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, novembro 2011, v. 4, n. 2, p. 205-223.

CARMO, V. A. **Episódios da história da biologia e o ensino da ciência;** as contribuições de Alfred Russel Wallace. 2011. 200p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

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

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993, 210 p.

CONTRERAS, J. **A autonomia de professores.** São Paulo: Cortez, 2002. 296 p.

CORRÊA, A. L.; ARAUJO, E. N. N.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. História e filosofia da biologia como ferramenta no ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 2, p. 217-237, 2010.

COSTA, R. M. M. C. **Entendo o ensino de ciências através da escrita dos alunos do 7º ano do ensino básico.** 2011. 114p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Presidente Prudente, 2011.

COSTA, L. O.; MELO, P. L. C.; TEIXEIRA, F. M. Reflexões acerca das diferentes visões de alunos do ensino médio sobre a origem da diversidade biológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 115-128, 2011.

DALAPICOLLA, J.; SILVA, V. A.; FREGUGLIA, J. M. G. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2015, v. 17, n. 1, p. 150-172.

DARWIN, C. **A origem das espécies**; ilustrada e com introdução de Richard E. Leakey. Tradução: Aulyde Soares. Brasília: Ed. da Universidade de Brasília, 1982, 239p.

_____. **A origem das espécies.** Tradução Carlos Duarte e Anna Duarte. São Paulo: Martin Claret, 2014, 573p.

_____. **As cartas de Charles Darwin** – Uma seleta, 1825-1859. Editado por Frederick Burkhardt; prefácio de Stephen Jay Gould, tradução Vera Ribeiro. – São Paulo: Editora UNESP, 2000 – (UNESP/Cambridge).

DAVIDOV, V. V. O que é a atividade de estudo. **Escola Inicial**, n. 7, 1999. Texto para uso em sala de aula na disciplina: Didática: conceitos básicos de ensino desenvolvimental. Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC-Goiás. Professores José Carlos Libâneo, Raquel A. Marra da M. Freitas, Beatriz Aparecida Zanatta. Abril de 2013. (Tradução do russo por Ermelinda Prestes).

DAVYDOV, V. V. Problems of developmental teaching: the experience of theoretical and experimental psychological research. *Soviet Education*, v. 30, n. 8, 9, 10, aug./1988. (“Problemas do ensino desenvolvimental: a experiência da pesquisa teórica e experimental em Psicologia”: tradução em português - não publicada - realizada por José Carlos Libâneo e Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas, PUC-GO).

DICIONÁRIO eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Versão 1.0. Instituto Antônio Houaiss. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda., 2001. 1 CD-ROM.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. **The American Biology Teacher**, n. 35: 125-129, 1973.

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: crítica às aproximações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana – 2. ed. rev. e ampl. – Campinas, SP: Autores Associados, 2001.

FALCAO, E. B. M.; TRIGO, E. D. Origem do universo, diversidade das espécies e fenômenos da natureza; ciência e religião no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, jan-abr.2015, v. 8, n. 1, p. 112-136.

FREITAS, R. A. M. M. Aprendizagem e formação de conceitos na teoria de Vasili Davydov. In: LIBÂNEO, José C.; SUANNO, Marilza V.; LIMONTA, Sandra V. (orgs.). **Concepções e práticas de ensino num mundo em mudança**; diferentes olhares para a didática. Goiânia: Editora da PUC/CEPED, 2011

FRENCH, S. **Ciência**; conceitos-chave em filosofia. Tradução: André Klaudat. Porto Alegre: Artmed, 2009. 156p.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. Tradução: Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1993. 631p.

_____. **Evolução, ciência e sociedade**. Tradução: Nicole S. Loghin-Grosso. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. 73p.

GALLI, L. G.; MEINARDI, E. Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de argentina. **Ciênc. educ.** (Bauru), Mar 2015, v. 21, n. 1, p. 101-122.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. – 5. ed. rev. – Campinas, SP: Autores Associados, 2009. – Coleção educação contemporânea)

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

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. 2004. 191p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

GOERGEN, P. Apresentação. In: SÁNCHEZ GAMBOA, Silvio (Org.). **Epistemologia da pesquisa em educação**. Campinas: Práxis, 1998. p. 4-7.

GOULD, S. J. **Lance de dados**; a ideia de evolução de Platão a Darwin. Tradução: Sergio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2001. 332 p.

GRIMES, C.; SCHROEDER, E. A origem da vida, sob a ótica de licenciandos de um curso de ciências biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 2013 vol. 12, n. 1, p. 126-143.

HEDEGAARD, M. A zona de desenvolvimento proximal como base para o ensino. In: DANIELS, Harry (Org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002.

_____. A cultural-historical approach to learning in classrooms. **Outlines**, n. 1, 2004, p. 21-34.

HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S. A abordagem do “duplo movimento” no ensino. In: **Radical-local teaching and learning; a cultural-historical approach**. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 2005.

INFORSATO, E. C.; SANTOS, R. A. A preparação das aulas. In: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Prograd. **Caderno de Formação: formação de professores didática geral**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011, p. 86-99, v. 9.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KEMPER, A.; ZIMMERMANN, E. Textos populares de divulgação científica como ferramenta didático-pedagógica; o caso da evolução biológica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 1, p. 25-49, 2010.

LEÃO, M. F. F. C. **Análise da relação entre variação e seleção no modelo de seleção pelas consequências à luz do darwinismo**. 2012. 113p. Dissertação (Mestrado em Análise do Comportamento) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

LIBÂNEO, J. C. A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade. **Educar em Revista**, n. 24, p. 113-147, 2004a.

_____. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender; a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, set-dez, n. 27, p. 5-27, 2004b.

_____. A teoria do ensino para o desenvolvimento humano e o planejamento de ensino. **Educativa**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 353-387, maio/ago. 2016.

_____. Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação. **Cadernos Pedagogia Universitária**, Pró-Reitoria de Graduação – Universidade de São Paulo, outubro de 2009, 40p.

_____. Formação de professores e didática para o desenvolvimento humano. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 629-650, junho de 2015.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. A elaboração de planos de ensino (ou de unidades didáticas) conforme a teoria do ensino desenvolvimental. Texto digitado para uso didático na disciplina Didática e Ensino Desenvolvimental, no Programa de Pós-Graduação em Educação – Linha Teorias da Educação e Processos Pedagógicos. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2009.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. In: LONGAREZI, Andréa Maturano; PUENTES, Roberto

Valdés (Org.). **Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. Uberlândia: EDUFU, 2013. p. 315-350.

LIBÂNEO, J. C. e PIMENTA, S. G. Formação de profissionais da educação; visão crítica e perspectiva de mudança. **Educação e Sociedade**, ano XX, n. 68, p. 239-277, dezembro de 1999.

MARTINS, L. M. O legado do século XX para a formação de professores. In: MARTINS, L. M.; DUARTE, N., (Orgs.). **Formação de professores: limites contemporâneos e alternativas necessárias**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010, 191p.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

_____. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266p.

_____. **Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do pensamento moderno**. Tradução: Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006. 195p.

_____. **O que é a evolução**. Tradução: Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. 342 p.

MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 107-123, 2006.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução; o sentido da biologia** [online]. São Paulo: UNESP, 2005.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. Qualitativo-quantitativo; oposição ou complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro. v. 9, n. 3, p. 239-262, jul/set, 1993.

MIYAKI, C. Y.; AMABIS, J. M.; MORI, L.; SILVEIRA, R. V. M. **O trabalho de Mendel: desvendando o procedimento científico**. Projeto de Formação de Professores na USP. São Paulo: USP, 2002, p. 13-50.

MORENO, J. A. C. ¿Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución? **Ciênc. educ.** (Bauru), 2013, vol. 19, n. 4, p. 971-994.

MORI, L.; MIYAKI, C. Y.; ARIAS, M. C. Os tentilhões de galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram. **Genética na Escola**, 2006, v. 1, n. 1, p. 1-3.

MOTTOLA, N. **O evolucionismo no ensino de biologia; investigação das teorias de Lamarck e Darwin expostas nos livros didáticos de biologia do Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio - PNLEM**. 2011. 128p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, 2011.

MOURA, J. C. S.; SILVA-SANTANA, C. C. A evolução humana sob a ótica do professor do ensino médio. **Revista Metáfora Educacional**. n. 13, p.94-108, jul.-dez., 2012. Disponível em: <http://tinyurl.com/lx8unfp>. Acesso em: 20 maio 2014.

NICOLINI, L. B.; WAIZBORT, R. Plumas, cantos e mentes; Darwin, a seleção sexual e o ensino da teoria da evolução. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 183-205, 2013.

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

OLEQUES, L. C.; BOER, N.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. 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**, 2013, vol. 12, n. 1, p. 110-125.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica**; atitude de alunos da educação básica. 2009. 162p. Dissertação (Mestrado – Faculdade de Educação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. M. V. Aceitação da evolução biológica; atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 57-79, 2011.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. Evolução biológica e os estudantes brasileiros; conhecimento e aceitação. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2015, v. 20 (2), p. 161-185.

OLIVEIRA, M. C. A. **Aspectos da pesquisa acadêmica brasileira sobre o ensino dos temas “origem da vida” e “evolução biológica”**. 2011. 125p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

OLIVEIRA, R. I. R. **Utilização de espaços não formais de educação como estratégia para a promoção de aprendizagens significativas sobre evolução biológica**. 2011. 155p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A. A natureza da biologia e os conceitos biológicos: como exemplificar o caráter sistêmico e integrado dessa ciência? **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, vol. 10, n. 1, p. 125-147, 2015.

PALCHA, L. S. **A leitura e as formações discursivas na formação docente**; entre o discurso da evolução biológica e as estratégias de ensino de Ciências. 2012. 203p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

PALCHA, L. S.; OLIVEIRA, O. B. Discursos sobre leitura e ensino de evolução na formação de professores de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2014, vol. 14, n. 1, p. 125-149.

PINTO, E. C. M. **O programa adaptacionista; uma investigação metodológica.** 2012. 130p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade de Brasília. Brasília, 2012.

PINTO, F. S. **Potencialidade do uso da metodologia de ensino por investigação no ensino de ciências, relato de experiência.** 2011. 87p Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

QUEIRÓS, W. P. **A articulação das culturas humanística e científica por meio do estudo histórico-sociocultural dos trabalhos de James Prescott Joule: contribuição para a formação de professores universitários em uma perspectiva transformadora.** 2012, 354p. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista (UNESP-Bauru), 2012.

QUEIRÓS, W. P.; JÚNIOR, A. F. N.; SOUZA, D. C. Possibilidades da filosofia, história e sociologia da ciência para superação de uma concepção prática-utilitária da educação científica; caminhos a serem percorridos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 23-40, mai-ago 2013.

RIDLEY, M. **Evolução.** Porto Alegre: Artmed, 2006. 752 p.

ROMA, V. N. **Os livros didáticos de biologia aprovados pelo programa nacional do livro didático para o ensino médio (PNLEM 2007/2009): a evolução biológica em questão.** 229p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

ROQUETTE, D. A. G. **Modernização e retórica evolucionista no currículo de biologia; investigando livros didáticos das décadas de 1960/70.** Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

ROSE - **The relevance of science education.** Camilla Schreiner, Svein Sjøberg (orgs.). Universidade de Oslo, Noruega, 2004, 120 p.

SANTOS, W. B.; EL-HANI, C. N. A abordagem do pluralismo de processos e da evo-devo em livros didáticos de biologia evolutiva e zoologia de vertebrados. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 199-216, set-dez 2013.

SANTOS, A. G.; FALCÃO, E. B. M.; CERQUEIRA, R. Praticar ciência; estudantes ensinam como aprender teoria da evolução e lidar com as crenças religiosas. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, maio 2016, vol. 9, n. 1, p. 103-130.

SAVIANI, D. O neoprodutivismo e suas variantes: neo-escolanovismo, neoconstrutivismo, neotecnicismo (1991-2001). In: _____. **História das ideias pedagógicas no Brasil.** Campinas: Autores associados, 2007.

_____. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** – 11. ed. rev. – Campinas, SP: Autores Associados, 2013.

SEVERINO, A. J.; FREITAS, H. C. L.; LIBÂNEO J. C.; MENEZES, L. C.; PIMENTA, S. G. **Documento norteador para elaboração das diretrizes curriculares para os cursos de formação de professores**. Faculdade de Educação da UNICAMP. Campinas, São Paulo; set. 1999.

SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. Araraquara: JM Editora, 2004, 200p.

SILVA, C. S. F. **A evolução biológica no ensino médio no estado de São Paulo**; competências curriculares, orientações didáticas e indicadores de aprendizagem. 2012. 240p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru, 2012.

SILVA, M. G. B. **Um estudo sobre a evolução biológica como eixo norteador do processo de formação do professor de biologia**. 2011. 176p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal da Bahia. Salvador.

SILVA, E. P.; COSTA, A. B. S. Histórias em quadrinhos e o ensino de biologia: o caso *Níquel Náusea* no ensino da teoria evolutiva. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, junho 2015, vol. 8, n. 2, p.163-182.

SOARES, M. B.; MACIEL, F. **Alfabetização**. Brasília: MEC/Inep/Comped, 2000, 173p. (Série Estado do Conhecimento n. 1). Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me000084.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2014.

SOUZA, F. P. A.; KAMENSKY, A. P. S. O. As contribuições do naturalista Fritz Müller para a história das ciências e o ensino de biologia. **Revista de Educación en Biología**, 2015, vol. 18, n. 1, p. 9-17.

SOUZA, R. A. L.; PRESTES, M. E. B. História da ciência no ensino: uma análise de dissertações de Mestrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 13, São Paulo, 2012. **Anais**. São Paulo: SBHC, 2012. p. 1-10.

_____. Motivação e emoção no ensino de biologia: análise de sequência didática sobre a viagem de Wallace ao Brasil. **Filosofia e História da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 233-256, 2015.

SOUZA, P. H. R.; ROCHA, M. B. Caracterização dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2015, vol. 20 (2), p. 126-137.

_____. Sistemática filogenética em revista de divulgação científica: análise da *Scientific American Brasil*. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, maio 2015, v. 8, n. 1, p. 75-99.

TEIXEIRA, P.; ANDRADE, M. Entre as crenças pessoais e a formação acadêmica; como professores de biologia que professam fé religiosa ensinam evolução? **Ciênc. educ.** (Bauru), abr., 2014, vol. 20, n. 2, p. 297-313.

TEIXEIRA, P. P. **Eu acredito que Deus esteja por trás da evolução;** criacionismo e evolução na concepção de professores de biologia. 2012. 140p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

TEIXEIRA, P. M. M.; NETO, J. M. Investigando a pesquisa educacional: um estudo enfocando dissertações e teses sobre o ensino de biologia no Brasil. **Investigações em Ensino de Ciências**. vol. 11(2), p. 261-282, 2006.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**. v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. **ComCiência**, Campinas, n.107, 2009. n.p. Disponível em: <http://tinyurl.com/nbfaptd>. Acesso em: 21 abril 2014.

VALENÇA, C. R. **Teoria da evolução;** representações de professores-pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio. 2011. 90p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Saúde) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

VALENÇA, C. R.; FALCÃO, E. B. M. Teoria da evolução; representações de professores pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. 2012, v. 11, n. 2, p. 471-486.

VARGENS, M. M. F.; EL-HANI, C. N. Análise dos efeitos do jogo Clípsitacídeos (*Clipbirds*) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio Acerca da Evolução. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 143-168, 2011.

VIEIRA, V.; FALCÃO, E. B. M. Laicidade e ensino de ciências; a necessária reflexão na escola privada. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, nov, 2012, vol. 5, n. 3, p. 83-100.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. – 7. ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Trad. Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

APÊNDICES

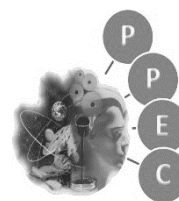
APÊNDICE A**SEQUÊNCIA DIDÁTICA**



Universidade
Estadual de Goiás

PRP

Pró-Reitoria
de Pesquisa
e Pós Graduação



Ensino e pesquisa da evolução biológica na formação de professores: uma proposta didática na perspectiva da pedagogia histórico-crítica

*Alberto Rogélio Orioli
Cláudio Magalhães de Almeida
João Roberto Resende Ferreira*

*Universidade Estadual de Goiás
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências*

Ensino e pesquisa da evolução biológica na formação de professores: uma proposta didática na perspectiva da pedagogia histórico-crítica

*Alberto Rogélio Orioli**

Cláudio Magalhães de Almeida[#]

João Roberto Resende Ferreira[⊕]

* Mestre em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

[#] Doutor em Geologia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

[⊕] Doutor em Educação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

O possível é mais rico que o real. A natureza apresenta-nos, de fato, a imagem da criação, da imprevisível novidade. Nosso universo seguiu um caminho de bifurcações sucessivas: poderia ter seguido outros. Talvez possamos dizer o mesmo sobre a vida de cada um de nós.

Ilya Prigogine

Sumário

Uma breve introdução	113
Aproximações à pedagogia histórico-crítica	114
A pesquisa	117
Sequência didática: Aproximações à teoria biológica da evolução	122
Princípio geral	122
Objetivos globalizantes	123
1. PRÁTICA SOCIAL INICIAL DO CONTEÚDO	124
1.1 Unidade de conteúdo: <i>Teoria biológica da evolução</i>	124
1.2 Vivência cotidiana do conteúdo	124
1.3 Desenvolvimento	124
2. PROBLEMATIZAÇÃO	126
2.1 Discussão: questões relativas à prática social e ao conteúdo	126
2.2 Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas	127
2.3 Desenvolvimento	128
3. INSTRUMENTALIZAÇÃO	130
3.1 Ações docente e discentes para a construção do conhecimento	130
3.2 Recursos humanos e materiais	131
3.3 Desenvolvimento	131
4. CATARSE	139
4.1 Nova postura mental	139
4.2 Expressão prática da síntese	140
5. PRÁTICA SOCIAL FINAL DO CONTEÚDO	141
5.1 Nova atitude sobre o conteúdo	141
5.2 Transformação social	142
5.3 Desenvolvimento	142
COMPLEMENTO A – Texto 1	145
COMPLEMENTO B – Texto 4	152
COMPLEMENTO C – Modelo de Plano de Ensino	155
Agradecimentos	156
Referências	157

Uma breve introdução

A sequência didática proposta neste volume configura o produto educacional para a pesquisa de mestrado intitulada *Análise das concepções do conceito de evolução biológica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas no estado de Goiás*, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (PPEC–UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

Fundamentado epistemologicamente na pedagogia histórico-crítica em relação à educação escolar³⁴, este material didático pretende relacionar os processos de ensino e aprendizagem do tema evolução biológica para a formação de professores visando aos principais objetivos da educação escolar e da atividade docente: conduzir os estudantes rumo à emancipação e à transformação da realidade a partir de procedimentos de aprendizagem dos conhecimentos escolares consciente e crítico, de modo que constituam individualmente o pensamento teórico necessário para melhor compreensão, análise e síntese do mundo em que vivem, apropriando-se cada vez mais e melhor dos conteúdos culturais e científicos produzidos historicamente pela humanidade (Rosa e Sylvio, 2016).

Tendo como princípio o ensino como mediação pedagógica, a atividade de ensino não se restringe a apenas conhecer determinados conteúdos e transmiti-los. Além dos conteúdos escolares, a complexidade do fazer docente exige dos professores sólida formação teórica e a apropriação de conhecimentos educacionais aprofundados “da história e das finalidades sociais e políticas da educação escolar; dos conteúdos escolares; dos processos psicológicos de aprendizagem e dos métodos e técnicas de ensino” (idem, p. 422), numa articulação dialética entre ensino, aprendizagem e desenvolvimento psíquico humano.

³⁴ Segundo o Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa, “escola” é o “estabelecimento público ou privado onde se ministra ensino coletivo”. No sentido dessa acepção, aqui utilizamos os termos *escola*; *escolar*; *educação escolar*; *ensino escolar*; *aprendizagem escolar*; *atividade escolar*; *conhecimento escolar*; *conteúdo escolar*, ao nos referirmos às situações nas quais se estabelecem relações com os processos e as práticas de ensino-aprendizagem na educação formal, indistinto a um determinado nível educacional –fundamental, básico ou superior.

Aproximações à pedagogia histórico-crítica

A escola, na perspectiva da pedagogia histórico-crítica, exerce papel fundamental no desenvolvimento da pessoa. Compreendemos que a educação escolar pode provocar mudanças substanciais no desenvolvimento da personalidade e da consciência — nesse sentido, o ensino gera amadurecimento. Assim sendo, a educação e o ensino escolar são formas de desenvolvimento da mente.

A escola tem a tarefa de transmitir o conhecimento acumulado ao longo das gerações socialmente organizadas, de forma crítica e historicizada. Vigotski afirma que a tomada de consciência da realidade passa necessariamente pelos “portais dos conhecimentos científicos” (Vigotski, 1993, p. 79). O autor utiliza a palavra consciência “para indicar a percepção da atividade da mente — a consciência de estar consciente” (idem, p. 78), evidenciando aspectos da sua própria existência e da realidade do mundo exterior.

Os conceitos científicos ensinados na escola não são os mesmos aprendidos espontaneamente. Por se tratarem de um nível mais elaborado de pensamento, os conceitos científicos promovem novas e melhores funções psicológicas que não seriam possíveis fora da escola. Gasparin (2009, p. 85), afirma: “o desenvolvimento dos conceitos científicos supera o desenvolvimento dos espontâneos”.

Entendemos que pensar cientificamente constitui a oportunidade de compreender melhor o mundo em que vivemos. O pensamento teórico se forma na atividade de aprendizagem, especialmente em situação escolar, caracterizada pela intencionalidade de apropriação dos conceitos científicos, a qual permite “tomar posse tanto do nível de consciência neles potencializado quanto da capacidade de organização do pensamento sem os limites empíricos” (Sforni, 2004, p. 107).

De acordo com Gasparin (2009, p. 79),

para que cada indivíduo possa construir seu próprio conhecimento, é necessário que se aproprie do conhecimento já introduzido pela humanidade e que este esteja socialmente à disposição. Essa apropriação o torna humano, uma vez que assimila a humanidade produzida historicamente.

Frente a isso, destacamos a importância da atividade escolar no sentido de impulsionar o desenvolvimento mental. Vigotski (2001, p. 334), no discorrer sobre o papel da aprendizagem, considera que “a aprendizagem só é boa quando está à frente do desenvolvimento” e o conduz; isto é, a boa aprendizagem antecede e impulsiona o desenvolvimento da personalidade e da consciência, e é isso que distingue a educação das pessoas do adestramento dos animais, visto que este induz à execução de ações desprovidas de significado.

Nesse sentido, atualmente é inconcebível pensar em uma sociedade sem escola, porque “a escola é a forma dominante e principal de educação” (Saviani, 2013, p. 88). Mas não é qualquer escola. Não é qualquer ensino. Busca-se contribuir com a melhor forma de organizar o ensino escolar, visto a importância da apropriação dos saberes historicamente sistematizados que impulsionam o desenvolvimento humano e ampliam a capacidade de pensamento, favorecendo outras aprendizagens (Rosa e Sylvio, 2016).

Vigotski (2007, p. 94), sustenta que o aprendizado escolar “está voltado para a assimilação de fundamentos do conhecimento científico”. Assim, entendemos que a formação de conceitos científicos se dá através da mediação pedagógica, vinculada à epistemologia³⁵ das ciências. Ela requer o amplo entendimento do contexto envolvido na sua formação, o conhecimento histórico desse conceito e das condições nas quais se desenvolveu.

Um conceito é a “representação mental de um objeto abstrato ou concreto, que se mostra como um instrumento fundamental do pensamento em sua tarefa de identificar, descrever e classificar os diferentes elementos e aspectos da realidade” (Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0). Conceitos são representações mentais, signos, que representam os objetos do conhecimento e se constituem em procedimentos lógicos do pensamento.

De acordo com a pedagogia histórico-crítica, a atividade de ensino deve ser organizada no sentido de promover a compreensão da essência dos conteúdos a serem

³⁵ Epistemologia – reflexão geral em torno da natureza, etapas e limites do conhecimento humano; estudo dos postulados, conclusões e métodos dos diferentes ramos do saber científico, ou das teorias e práticas em geral, avaliadas em sua validade cognitiva, ou descritas em suas trajetórias evolutivas, seus paradigmas estruturais ou suas relações com a sociedade e a história; teoria da ciência (Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0).

estudados e, assim, possibilitar a formação de conceitos teórico-científicos, os quais são internalizados em conhecimento.

Nessa perspectiva, ao abordar os conteúdos escolares, o professor atua na formação de conceitos. Libâneo (2009, p. 10) nos lembra que o ensino consiste em “ajudar os alunos a pensar como o modo próprio de pensar, de raciocinar e de atuar da ciência ensinada”. Isso significa aprender a pensar teoricamente, aprender a pensar cientificamente, formar conceitos. “A efetividade do ensino, portanto, se revela ao assegurar as condições e os modos de viabilizar o processo de conhecimento pelo aluno” (idem, p. 17).

Gasparin (2009, p. 7), destaca que a teorização possibilita “passar do senso comum particular, como única explicação da realidade, para os conceitos científicos e juízos universais que permitem a compreensão dessa realidade em todas as suas dimensões”. E complementa: “a teorização é um processo fundamental para a apropriação crítica da realidade, uma vez que ilumina e supera o conhecimento imediato e conduz à compreensão da totalidade social” (idem).

Pensar o objeto cientificamente é ser capaz, cada vez mais, de fazer generalizações — o conceito científico é uma supergeneralização pois compreende amplitude de generalizações, possui extensão e compreensão. Nesse sentido, o pensamento por conceitos desenvolve as funções psíquicas superiores — memória, percepção, pensamento, imaginação, capacidades de descrever e explicar algo — ao promover e ampliar as capacidades cognitivas do estudante, atuando na formação de sua personalidade e humanização.

Entretanto, observa-se que, de modo geral, os materiais escolares produzem conceitos por definições, não ultrapassando, dessa forma, a superficialidade dos pseudoconceitos. Definir algo não é necessariamente compreender algo: a definição é um pseudoconceito.

Entendemos que o objetivo da aprendizagem escolar é o desenvolvimento das capacidades intelectuais por meio do conteúdo e das operações mentais que lhes correspondem; visa, portanto, favorecer aos estudantes instrumentos que lhes permitam ascender ao conhecimento. Vigotski (2007, p. 95) afirma que “aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança”.

Assim sendo, entendemos que a educação escolar trata de considerar que os processos de ensinar e aprender se dão através da mediação intencional do professor na formação de processos mentais do aluno. No processo de ensino-aprendizagem escolar, portanto, cabe ao professor a mediação didática e aos alunos, a atividade de estudo.

Nesse sentido, a análise do conteúdo a ser mediado no aprendizado escolar, na perspectiva da psicologia histórico-cultural, corresponde ao percurso do método da reflexão dialética e não, simplesmente, a dimensão do conteúdo *per se*. Assim, destacamos a necessidade de o professor, ao planejar e organizar a estrutura da atividade de ensino e de estudo de um novo conteúdo, identificar, através da prática social e histórica cientificamente acumulada, as relações estabelecidas entre os vários elementos que o constitui, valorizando-os de forma global, numa articulação organizadora complexa e contextualizada, intervindo significativamente nos motivos dos alunos para interiorizarem tal objeto de estudo (Libâneo, 2009; Morin e Kern, 2003).

Ao considerar o ensino e o desenvolvimento do pensamento, Libâneo (2004, p. 15), citando Davidov e Vigotski, afirma que “a função de uma proposta pedagógica é melhorar o conteúdo e os métodos de ensino e de formação, de modo a exercer uma influência positiva sobre o desenvolvimento de suas [dos alunos] habilidades”. É o que pretendemos com o presente material.

A pesquisa

A sequência didática para o ensino da evolução biológica aqui apresentada foi desenvolvida ao longo de dois anos de pesquisas teórica e prática, com sucessivas avaliações e aprimoramentos de todos os seus estágios, desde o projeto piloto até a versão atual. A pesquisa nos permitiu vislumbrar, de modo geral, um amplo panorama da educação em ciências e do ensino da teoria biológica da evolução no estado de Goiás.

Além de estudos bibliográficos, realizou-se entrevistas com 91 estudantes licenciandos em ciências biológicas de sete *campi* de uma universidade estadual; a

construção da rede de conceitos básicos relacionados e articulados em um mapa conceitual para os componentes nucleares da evolução biológica; ações teórico-práticas desenvolvidas e mediadas a docentes e discentes do PPEC, um minicurso destinado a licenciandos em Ciências e, finalmente, uma Feira de Ciências e Tecnologia realizada em uma escola municipal, a qual integrou a comunidade escolar local — alunos do 6º ao 9º anos, gestores, docentes e convidados.

Os resultados da pesquisa com os estudantes entrevistados apontam dificuldades em desenvolverem operações mentais pertinentes aos processos de abstração, generalização e de formação dos conceitos teórico-científicos relativos à origem e à evolução da vida na Terra. Tais dificuldades, também relatadas por numerosos autores e estudos desenvolvidos em diversas partes do mundo (Batista e Lucas, 2013; Carneiro, 2004; Corrêa *et al.*, 2010; Futuyma, 1993, 2002; Goedert, 2004; Gould, 2001; Grimes e Schroeder, 2015; Mayr, 1998, 2005, 2006, 2009; Meglhioratti *et al.*, 2006; Miyaki *et al.*, 2002; Oliveira, 2009; Oliveira e Bizzo, 2011, 2015; Oliveira e Caldeira, 2015; Pérez *et al.*, 2001; Sepulveda e El-Hani, 2007; Tidon e Lewontin, 2004; Tidon e Vieira, 2009), ao nosso entender, privam a internalização/apropriação dos conhecimentos evolutivos, dificultam o desenvolvimento de capacidades cognitivas gerais e específicas relacionadas à biologia evolutiva, restringem o desenvolvimento e a ascensão ao pensamento concreto, compromete a construção do conhecimento científico, a reprodução teórica da realidade e, conseqüentemente, a capacidade de enfrentamento de modo competente e científico às questões biológicas atuais e futuras.

Entre as dificuldades demonstradas pelos licenciandos no entendimento da teoria biológica da evolução ressaltamos a visão teleológica da natureza, isto é, a tendência de se considerar o processo evolutivo direcionado ao progresso e à perfeição dos seres vivos; a não integração dos conhecimentos relacionados à aleatoriedade da variabilidade genética, fato que compromete a superação dos conceitos sincréticos quanto aos processos evolutivos; a convicção mítica do desígnio especial da natureza humana, desconsiderando a origem e a evolução da espécie humana como produto da natureza e, como tal, submetida às mesmas leis que a governam.

Consideramos que muitas dificuldades enfrentadas pelos estudantes em geral residem na prevalente concepção positivista acerca do conhecimento científico ao

apregoar um rigoroso método, uma receita de como fazer ciência, distante da maneira como se constroem os conhecimentos. Não obstante, as posturas empírico-indutivista, mecanicista, mítica e acrítica da ciência fomentam as distorções conceituais (Matthews, 1995), as quais, quanto à teoria biológica da evolução e à natureza da ciência, evidenciamos em nossa pesquisa.

Por tais motivos, defendemos que o ensino da evolução biológica esteja integrado às epistemologias das ciências e das ciências biológicas, bem como às dos processos pedagógicos, beneficiando-se dos conhecimentos da história, filosofia e sociologia das ciências para a superação do pensamento sincrético, que compromete a formação dos conceitos teóricos, bem como das dificuldades de aprendizagem características de um ensino prático-utilitário.

Nesse contexto de limitações de capacidades e habilidades cognitivas na formação dos componentes nucleares para o conceito de evolução biológica, destacamos a relevância das formações inicial e continuada para o desenvolvimento da autonomia docente. Tais formações devem permitir ao professor acesso aos avanços dos conhecimentos no campo da sua disciplina e no campo do ensino, tanto aos conteúdos quanto aos métodos.

Entendemos, como demonstrado nas ações teórico-práticas do nosso estudo, que os princípios gerais do processo evolutivo por meio da seleção natural podem ser internalizados cognitivamente por alunos de diferentes níveis de escolaridade, do ensino fundamental ao superior, os quais demonstraram superar suas convicções empíricas, sentindo-se ativamente motivados à formalização dos conhecimentos teórico-científico-investigativo do conteúdo estudado, proposições fundamentais da educação escolar que se destina a impulsionar o desenvolvimento humano.

Assim sendo, elaboramos uma sequência didática para a mediação do processo biológico de evolução, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, que contempla o conceito nuclear “seleção natural” com aporte de conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência. Esse trabalho se insere no contexto de uma pedagogia historicizadora e crítica, considerando-se que a totalidade dos fenômenos psicológicos humanos é derivada da atividade prática socialmente organizada (Saviani, 2013).

A partir desses pressupostos, a mediação pedagógica de conteúdos científicos na escola deve seguir o mesmo percurso da aquisição dos conhecimentos pelo indivíduo através da prática social e cultural relativas à época, à história e ao lugar em que foi produzido. Trata-se de uma “concepção metodológica dialética do processo educativo”, “assim, deve-se educar da mesma forma como se concebe a aquisição do conhecimento pelo sujeito”. A reflexão sobre esse processo resulta no conhecimento e, “como fato histórico e social, supõe continuidades, rupturas, reelaborações, reincorporações, permanências e avanços” (Gasparin, 2009, p. 4-5).

Libâneo (2009) considera a necessidade de repensar os objetivos e as práticas de ensino no sentido de desenvolver nos estudantes sólida formação cultural e científica, provendo-os da capacidade de pensar e intervir na realidade. Nessa direção, nos aproximamos de elementos da história, filosofia e sociologia da ciência, que, além dos conteúdos sócio-histórico-culturais e científicos, trabalha questões em torno do processo de construção da ciência. Matthews (1995), Pérez *et al.* (2001) e Queirós *et al.* (2013) nos ajudam a entender que tais elementos no ensino escolar contribuem para humanizar as ciências, desenvolver o pensamento crítico, desenvolver maior compreensão da epistemologia das ciências, superar a falta de significação dos conceitos científicos e melhorar a formação do professor.

Faz-se necessário que o professor de ciências/biologia, com vontade e comprometimento, se muna de argumentos consistentes para que ele mesmo acredite naquilo que ensina, distinguindo os conhecimentos científicos dos filosóficos, culturais, religiosos e, principalmente, das armadilhas do indutivismo e do pseudocientificismo, articulando com segurança os conhecimentos relacionados à evolução biológica com as dificuldades e conflitos inerentes ao tema.

Nesse sentido, para o desenvolvimento da qualificação profissional na carreira docente, os cursos de licenciatura devem assumir a formação inicial dos licenciandos/futuros professores e a formação continuada dos docentes como “compromisso integrante do projeto social, político e ético, local e nacional, que contribui para a consolidação de uma nação soberana, democrática, justa, inclusiva e capaz de promover a emancipação dos indivíduos e grupos sociais” (Brasil, 2013, p. 58).

O plano de ensino desenvolvido está voltado à formação inicial de professores do curso de licenciatura em ciências biológicas. Sem a pretensão de esgotar o assunto e no sentido de valorizar a autonomia docente, destacamos que pode ser ajustado para qualquer nível de ensino escolar, tanto para o fundamental e básico quanto para a formação continuada de professoras(es) de ciências/biologia.

O quadro a seguir destaca os principais momentos do trabalho pedagógico proposto pela pedagogia histórico-crítica, base teórica através da qual nos sustentamos para a elaboração da sequência didática intitulada *Aproximações à Teoria Biológica da Evolução*, proposta para ser ministrada na disciplina *Práticas de Ensino em Biologia II*, do 8º semestre do curso de licenciatura em ciências biológicas da UEG.

Projeto de trabalho docente-discente na perspectiva histórico-crítica

PRÁTICA Nível de desenvolvimento atual	TEORIA Zona de desenvolvimento imediato			PRÁTICA Novo nível de desenvolvimento atual
	Problematização	Instrumentalização	Catarse	
Prática Social Inicial do Conteúdo				Prática Social Final do Conteúdo
1) Listagem do conteúdo e objetivos: Unidade – objetivo geral Tópicos – objetivos específicos 2) Vivência cotidiana do conteúdo: a) O que o aluno já sabe: visão da totalidade empírica. Mobilização. b) Desafio: o que gostaria de saber a mais?	1) Identificação e discussão sobre os principais problemas postos pela prática social e pelo conteúdo. 2) Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas.	1) Ações docentes e discentes para a construção do conhecimento. Relação aluno x objeto do conhecimento pela ação docente. 2) Recursos humanos e materiais.	1) Elaboração teórica da síntese, da nova postura mental. Construção da nova totalidade concreta. 2) Expressão prática da síntese. Avaliação: deve atender às dimensões trabalhadas e aos objetivos.	1) Intenções do aluno. Manifestações da nova postura prática, da nova atitude sobre o conteúdo e da nova forma de agir. 2) Ações do aluno. Nova prática social do conteúdo, em função da transformação social.

FONTE: Gasparin, 2009, p. 160.

Sequência didática

Aproximações à teoria biológica da evolução

INSTITUIÇÃO: *Universidade Estadual de Goiás*

CURSO: *Ciências biológicas*

MODALIDADE: *Licenciatura*

SEMESTRE: 8

DISCIPLINA: *Práticas de Ensino em Biologia II*

UNIDADE: *Aproximações à teoria biológica da evolução*

CARGA HORÁRIA TOTAL: *15 horas*

PROFESSOR: *Alberto Orioli*

Princípio geral:

Conhecer a história e a evolução da vida é fundamental para compreender a imensa diversidade de seres vivos que hoje habitam a Terra. A Biologia Evolutiva, com base no pensamento darwiniano (Charles Darwin, 1809–1882), pretende explicar o mundo vivo pelos processos naturais, considerando as mudanças adaptativas dos seres vivos sob a influência da seleção natural, tendo em vista os conceitos de variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional. Numa perspectiva de longo prazo, a evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns.

Objetivos globalizantes:

- conceituar cientificamente “evolução” no contexto sócio-histórico e distinguir do significado usual cotidiano;
- reconhecer a ciência como parte integrante da cultura da qual se desenvolve;
- compreender que o fazer científico é uma construção coletiva;
- impulsionar, nos estudantes, o interesse e os motivos para a aprendizagem da evolução biológica, intervindo para torná-la significativa;
- contextualizar sócio-historicamente os trabalhos de Lamarck, Mendel, Darwin e Wallace;
- favorecer a apropriação dos processos investigativos de modo científico – valorizar o ensino com pesquisa;
- compreender que a evolução biológica é um evento natural e que a teoria da evolução biológica por meio da seleção natural é o conjunto de princípios epistemológicos que visa à compreensão científica do processo evolutivo;
- reconhecer, explicar e exemplificar a adaptação dos seres vivos pela ação da seleção natural;
- conhecer as principais evidências da evolução biológica e compreender os fundamentos gerais da teoria evolucionista: variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional;
- compreender os mecanismos geradores de variabilidade genética;
- fornecer subsídios para a reflexão e o enfrentamento de importantes questões biológicas da atualidade que influenciam a qualidade de vida das pessoas, tais como as relativas à produção de alimentos; melhoramento das safras e produtos defensivos; uso indiscriminado de antibióticos; compreensão, prevenção e combate às doenças, como, por exemplo, as pandemias provocadas por vírus emergentes; manipulação genética; remediação dos danos ao meio ambiente; previsão das consequências das mudanças ambientais; investimento em créditos de carbono e muitos outros desafios.

Conceito nuclear: Seleção natural

1. PRÁTICA SOCIAL INICIAL DO CONTEÚDO

Carga horária: 2 horas

1.1 Unidade de conteúdo: *Teoria biológica da evolução*

Objetivo geral:

Reconhecer as diferenças entre a visão evolutiva do conhecimento cotidiano, de percepção sincrética e empírica, da dimensão teórico-científica-evolucionista da vida, a fim de que o futuro professor possa (re)construir seu saber, atuando como agente de transformação social de modo a promover em seus alunos um modo de pensar crítico, ético, cultural e científico, com respeito às diversidades, que os permitam compreender, lidar e intervir nos desafios da realidade.

Tópico 1: Evolução biológica: perspectivas social e cultural

Objetivo específico: Reconhecer o pensamento teleológico do processo evolutivo relativo aos conhecimentos do cotidiano, social e cultural.

Tópico 2: Evolução biológica: perspectiva científica

Objetivo específico: Iniciar a percepção de que a visão evolucionista é considerada científica e a do conhecimento cotidiano não.

Tópico 3: Natureza da ciência

Objetivo específico: Compreender que o fazer científico é uma construção coletiva.

1.2 Vivência cotidiana do conteúdo

- a) O que os alunos já sabem?
- b) O que gostariam de saber mais?

1.3 Desenvolvimento

Apresentação, pelo professor, do conteúdo a ser trabalhado a partir dos pressupostos teórico-metodológico da pedagogia histórico-crítica, bem como os objetivos a serem alcançados, os quais visam a transformação da prática social a partir da superação das contradições.

O professor identifica, através de conversa informal, os conhecimentos prévios dos alunos, que manifestam suas concepções do processo evolutivo e, assim, expressam o seu nível de desenvolvimento real. É importante notar que, nessa dialética, por se tratarem de estudantes graduandos em ciências biológicas, podem advir expressões de concepções cientificistas mescladas com elementos da vivência sociocultural de cada um. Cabe ao professor identificá-las e, no diálogo estabelecido, questionar e destacar quais concepções evolutivas refletem a vivência cotidiana, quais são científicas, explicitando o que os estudantes já sabem, ao mesmo tempo em que abre caminhos para superações, estimulando-os a se envolverem na construção da própria aprendizagem.

Ações mentais:

- Percepção de que algumas ideias evolutivas são apropriadas a partir de um contexto sócio-histórico-cultural.
- Percepção da necessidade de superação dos próprios limites estabelecidos sócio-histórico-culturalmente.
- Estabelecer relações entre as ideias inicialmente apresentadas (abstrações primitivas) com as hipóteses discutidas para o conceito de evolução.
- Formulação de hipóteses para o conceito de evolução biológica.

Atividade de aprendizagem (1):

- A partir das discussões estabelecidas em aula, cada estudante deverá esboçar um mapa conceitual como forma de representar graficamente os modelos mentais para os principais conceitos relacionados à evolução biológica.

Atividade de aprendizagem (2):

Para o próximo encontro, objetivando a retomada do conteúdo trabalhado e como forma de avançar à Problematização (Pré-Problematização):

- Leitura do Texto 1 (Complemento A): Uma voz na fuga cósmica, de Carl Sagan.
- Produção textual: elaborar resenha do Texto 1, identificando as várias dimensões do tema evolução tratadas por Sagan: histórica, social, cultural, ideológica, política, científica, ambiental.

Avaliação:

Observar as propostas dos alunos e as generalizações para o conceito de evolução biológica a partir dos diálogos estabelecidos e dos mapas conceituais elaborados, no sentido de o professor se aproximar e compreender as zonas de desenvolvimento real e próximo de cada um deles.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

Carga horária: 4 horas

2.1 Discussão: questões relativas à prática social e ao conteúdo

A Problematização se configura na mediação do conteúdo sistematizado intencionalmente. O professor, por meio de pequenos textos, questões problematizadoras e imagens previamente elaboradas (a partir das aproximações das zonas de desenvolvimento real e próxima identificadas na Prática Social Inicial do Conteúdo) e projetadas, retoma algumas das questões tratadas informalmente na vivência cotidiana do conteúdo, tais como: A evolução biológica continua acontecendo, ou é um evento do passado? Há alguma relação entre aquecimento global, processos evolutivos e produção de alimentos? Existem sapos e lobos-guará no Polo Norte? Onde eles vivem? O que os registros fósseis evidenciam? Por que os seres vivos se extinguem? O gafanhoto é verde porque vive na grama, ou o gafanhoto vive na grama porque é verde? A utilização de antibióticos desenvolve resistência nas bactérias? As bactérias evoluem? De que forma isso pode afetar nossa vida cotidiana? A espécie humana está evoluindo?

Em continuidade à Prática Social Inicial do Conteúdo, ao responderem às questões propostas, os alunos tomam consciência e contextualizam o conteúdo. As percepções iniciais se configuram em reconhecimentos. Nesse momento, os estudantes reconhecem o que já sabem, o que não sabem, discutem, socializam seus conhecimentos sobre os processos evolutivos, mesmo que ainda sincréticos. Tais movimentos despertam concretamente as necessidades e os motivos para saberem mais a respeito dos

processos evolutivos e superarem os limites socioculturais impostos, desafiando-os a avançarem no conteúdo científico.

2.2 Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas

- Conceitual/Científica: Identificar as evidências do processo de evolução biológica. Reconhecer a importância da variabilidade genética e a ação da seleção natural no processo evolutivo.
- Histórica: Conhecer a viagem de Darwin ao redor do mundo e a sua importância para o desenvolvimento do pensamento evolutivo atual. Reconhecer os processos de elaboração mental que culminaram na construção do conceito de seleção natural por Charles Darwin. Reconhecer as contribuições de Alfred Russel Wallace ao pensamento evolutivo.
- Social: Compreender o caráter social do desenvolvimento científico. Contextualizar darwinismo social aplicado às relações interpessoais.
- Cultural: Identificar o pensamento teleológico relativo ao conhecimento cotidiano do processo evolutivo. Reconhecer que, biologicamente, evoluir não é necessariamente melhorar, progredir.
- Ideológica/Filosófica: Entender o desenvolvimento do pensamento evolucionista nos séculos XVIII e XIX e na contemporaneidade. A influência dos trabalhos de outros cientistas na construção da teoria evolutiva de Darwin.
- Educacional: Reconhecer a importância de se trabalhar o tema evolução biológica na educação escolar. Discutir os desafios de os professores trabalharem esse tema.
- Religiosa: Identificar se as crenças e os mitos influenciam na compreensão dos fundamentos evolutivos.
- De saúde: Entender a necessidade de se conhecer cientificamente os processos evolutivos dos seres vivos para prevenção e combate às doenças, produção de medicamentos antimicrobianos, vacinas, produtos defensivos, alimentos com maior qualidade.
- Ambiental: Vislumbrar as possibilidades de remediação dos danos ao meio ambiente e da previsão das consequências das mudanças ambientais, bem como da acentuada utilização de combustíveis fósseis.

- Política: Discutir a política de investimento em créditos de carbono; o Acordo de Paris; os critérios para redução e fiscalização das emissões de gás carbônico, exploração e produção de derivados do petróleo.
- Éticos: Avaliar os limites da biotecnologia e do próprio darwinismo quando estendido às populações humanas.

Ações mentais:

- Reconhecer que algumas ideias evolutivas foram apropriadas a partir de um contexto sócio-histórico-cultural.
- Reconhecer a necessidade de superação dos próprios limites estabelecidos sócio-histórico-culturalmente.
- Compreensão generalista da evolução biológica nas várias dimensões tratadas nas discussões estabelecidas.
- Iniciar a construção do conceito geral sobre evolução biológica.
- Movimentos de internalização do conceito nuclear da seleção natural.
- Avançar na elaboração do conceito científico de evolução biológica.

2.3 Desenvolvimento

Atividades investigativas e de motivação

Atividade de aprendizagem (3):

- Assistir ao filme “Inherit the wind” (“*O vento será tua herança*”).

Sinopse: Baseado em caso real, ocorrido em 1925, o filme retrata o processo judicial e o julgamento do professor John T. Scopes, preso pelo motivo de ensinar o evolucionismo darwiniano, proibido por texto normativo promulgado na década de 1920, em uma escola pública do estado do Tennessee, Estados Unidos. O filme retrata o fundamentalismo cultural e pedagógico norte-americano, com destaque às magistras atuações dos advogados de acusação e de defesa de Scopes. O debate evolucionismo \times criacionismo travado no julgamento atingiu tamanha proporção que chegou a ser transmitido por uma estação de rádio de Chicago ao vivo, pela primeira vez nos Estados Unidos.

Atividade de aprendizagem (4):

- Estudo do Texto 2: MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v.1, p.107-123, 2006. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-06-Fernanda-Meglhioratti_et-al.pdf>

Resumo: O conhecimento biológico apresenta eixos que lhe oferecem sustentação e contextualização, tais como a evolução e a construção histórica da Biologia. A contextualização histórica permite compreender as interfaces das diferentes áreas inseridas dentro da Biologia, a coerência interna dos conceitos elaborados e a influência de fatores externos (entre eles, econômico, político, cultural e social) no desenvolvimento da ciência. Tendo em vista a importância tanto do conceito de Evolução Biológica quanto de seus aspectos históricos, objetivamos: (1) compreender aspectos históricos do conceito de evolução biológica e sua relação com a visão de “progresso”; (2) discutir concepções de professores de Biologia que apresentam componentes progressivos associados ao conceito de Evolução; e (3) ressaltar como a História da Biologia pode contribuir para enfatizar aspectos sociológicos, históricos e ideológicos presentes na construção do conhecimento científico.

Atividade de aprendizagem (5):

- Após assistirem ao filme e estudarem o Texto 2, os estudantes deverão expor suas considerações, socializando-as em aula, no sentido de que todos participem e juntos construam caminhos para a elaboração dos conceitos evolutivos. O professor os auxilia destacando no quadro os conceitos pertinentes, os quais se constituirão em elementos de referência para complementar o mapa conceitual esboçado na Prática Social Inicial do Conteúdo, como procedimento de reconhecimento e superação dos limites do empírico. O mapa, agora complementado, será utilizado em continuidade aos estudos e às aulas que se seguem.

Atividade de aprendizagem (6):

Para o próximo encontro, objetivando a retomada do conteúdo trabalhado e como forma de avançar à Instrumentalização (Pré-Instrumentalização):

– Produção textual: elaborar resenha do Texto 2 evidenciando as dimensões consideradas pelos autores e os conceitos evolutivos do mapa conceitual complementado.

– Sugestão: assistir ao filme “Criação”.

Sinopse: Criação transforma em ficção momentos importantes da vida do naturalista Charles Darwin. Enquanto elabora o que seria a teoria da evolução e a publicação do livro *A origem das espécies* (1859), Darwin enfrenta diversos conflitos internos. A história é baseada no livro de Randal Keynes, tataraneto de Charles Darwin.

Avaliação:

Verificar a compreensão do tema evolução nas várias dimensões tratadas nas discussões estabelecidas, nos mapas conceituais produzidos e nas resenhas elaboradas a partir da leitura do Texto 1. Identificar, nos alunos, a aproximação aos conceitos evolutivos de variabilidade, seleção natural e adaptação populacional.

3. INSTRUMENTALIZAÇÃO

Carga horária: 4 horas

3.1 Ações docente e discentes para a construção do conhecimento

Exposição oral do professor, leitura de artigos sobre o conteúdo em foco, atividades em grupo, projeção de filmes, debate, pesquisa, discussão, produção de mapa conceitual, textos e resenhas.

3.2 Recursos humanos e materiais

Atividade investigativa e de motivação:

- Estudo do Texto 3: “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”, de PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.
- Atividade prática: Simular o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas dos seres vivos que possibilitam ou dificultam a utilização destes recursos.
- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento”.
- Estudo do Texto 4 (Complemento B): “O ‘renascimento’ da genética”, texto adaptado de AMABIS, J. M.
- Estudo do Texto 5: “Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução”, de SEPULVEDA, Claudia e EL-HANI, Charbel Niño.
- Sugestão de leitura: revista Genética na Escola, volume XI, nº 2, 2016.

3.3 Desenvolvimento

Atividade de aprendizagem (7):

- Estudo do Texto 3: PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>>

Resumo: O presente artigo pretende evidenciar a importância de (re)conhecer as visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, para a partir daí poderem consciencializar e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Afirma-se que o trabalho colaborativo de grupos de docentes, quando da realização de workshops, é bem mais produtivo e positivo do que o trabalho individual na detecção de tais visões. Enumeram-se sete visões deformadas; aliás, abundantemente referidas na literatura, aqui intencionalmente extensa. Caracterizam-se tais visões deformadas e desenvolvem-se sobre elas considerações que ajudam à reflexão. Por outro lado, referem-se as características do trabalho científico e tecem-se orientações

epistemologicamente mais adequadas, por sua vez capazes de ajudar a (re)pensar e a qualificar o trabalho científico. Sugerem-se implicações para o ensino das ciências e, num contexto mais vasto, para a Nova Didática das Ciências.

- Discussão do texto estudado. O professor medeia o diálogo entre os estudantes a respeito do Texto 3, conduzindo-os a tratarem das questões que enfocam melhor compreensão da natureza da ciência; cuidando para que prevaleçam significados/conceitos do discurso científico, não os do cotidiano; estimulando o pensamento histórico-social do evolucionismo, com ênfase na evolução darwiniana; auxiliando no desenvolvimento da visão evolutiva populacional (e não individual) a partir dos conceitos da genética mendeliana e de populações; analisando o fenômeno da adaptação biológica como fenômeno evolutivo, e estimulando-os à próxima ação didático-pedagógica: a atividade prática.

Atividade de aprendizagem (8): Atividade prática

- Objetivo: Simular o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas dos seres vivos que possibilitam ou dificultam a utilização destes recursos. Visualizar como a seleção natural pode atuar em uma população, aumentando as chances de sobrevivência de determinados fenótipos em detrimento de outros. Possibilitar a compreensão de que o ambiente determina as direções da seleção.

No planejamento dessa atividade elegemos um importante fato histórico relacionado à Darwin e à construção do pensamento evolutivo que, associado a outros, culminou no desenvolvimento da ideia da seleção natural, conceito nuclear da evolução darwiniana. Consideramos também princípios da pedagogia histórico-crítica: mediação didática, mediação cognitiva e práticas sociais.

Objetivamos, igualmente, a promoção do desenvolvimento cognitivo dos conceitos nucleares e princípios que fundamentam a teoria biológica da evolução por meio da seleção natural, quais sejam: variabilidade genética de uma população, seleção natural, competição intraespecífica, sobrevivência, alterações nas frequências dos genótipos e fenótipos em uma população, e adaptação populacional.

Concordamos com Souza e Prestes (2012; 2015) quando consideram que a História da Ciência constitui estratégias de motivação e facilitação para o ensino e a aprendizagem de Ciências e da Biologia. Assim, como metodologia, nos pautamos no referencial sócio-histórico a partir de um episódio da viagem que Darwin teve a oportunidade de fazer ao redor do mundo a bordo do navio da Real Marinha Britânica *H. M. S. Beagle*, entre os anos de 1831 a 1836, sob o comando do capitão Robert FitzRoy.

Para tal, tomamos como base para essa atividade o artigo *Os tentilhões de galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram*, de Mori *et al.* (2006), do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), o qual descreve uma ação didática de simulação do processo de seleção natural em aves em um determinado ambiente.

No sentido de compreender que o ambiente determina as direções da seleção (e não o surgimento das características adaptativas), as autoras desenvolveram uma situação que “simula o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas que possibilitam a utilização destes recursos” (idem). Esta atividade permite que os participantes compreendam como a seleção natural atua sobre uma população. Elas explicam:

O clima de Galápagos flutua bastante, assim como a quantidade e a variedade dos frutos e sementes que são o alimento principal dos tentilhões, resultando na sobrevivência de diferentes fenótipos em diferentes condições (...). O objetivo da discussão deste trabalho são os dados obtidos com a população de *Geospiza fortis* da ilha de Dafne Menor. Como o número de indivíduos nessa pequena ilha é reduzido, todos são capturados todos os anos, recebem anel com identificação individual e várias medidas morfológicas são tomadas. Entre as descobertas dos Grants, destacam-se três: 1) pequenas variações nas medidas do bico podem resultar na capacidade ou não de comer determinado tipo de semente; 2) aves com bicos menores gastam mais tempo manipulando sementes duras do que aves com bicos maiores, pois essa manipulação está diretamente correlacionada com a força do bico; 3) as dimensões dos bicos são herdadas [...] (Mori *et al.*, 2006, p.1).

Nessa prática, utilizam-se diversas pinças de tamanhos diferentes, as quais representaram os bicos das aves (pinças de tirar sobancelha, pinças cirúrgicas, prendedores de roupa, pegadores de alimentos de tamanho médio e grande); e diversas sementes e frutos de tamanhos, texturas, formas e durezas diferentes (nozes, castanha de caju, grãos-de-milho, lentilha, feijão e arroz, uvas-passas), dispostas em bandejas, que representaram a variedade e quantidade de alimentos disponíveis no ambiente (Figura

1). Todo o material a ser utilizado deve ser preparado com antecedência pelo professor, que cuidará para que se possa ter disponível uma pinça para cada estudante participante. Os estudantes participantes deverão se organizar como preferirem, mas em grupos, com a assistência do professor no sentido de determinar a quantidade de integrantes por grupo, dependendo do tamanho da turma e da disponibilidade do material a ser utilizado para essa ação.



Figura 1 – Materiais utilizados na atividade prática: pinças, frutos, sementes e bandejas.
Fonte: autores, 2014.

Ação mediada:

A atividade tem início dispondo-se as bandejas contendo as sementes para os grupos e distribuindo-se aleatoriamente uma pinça para cada participante, que deve coletar e manter separadas as sementes/frutos em tempos determinados. A distribuição aleatória das pinças representa a situação natural de que os seres vivos nascem com determinadas características, nesse caso, um determinado tipo de bico, não existindo a opção da escolha. Neste momento, entende-se a casualidade das variações genéticas, distanciando os participantes da visão teleológica da natureza.

Ao final de cada tempo o professor verifica quais sementes/frutos sobraram nas bandejas, quais foram coletados e por quais pinças. Se o participante não tiver conseguido pegar semente/fruto algum nesse intervalo de tempo, compreende que tal situação representa a eliminação da ave pela incapacidade de obter alimento. Vivencia-

se, nesse momento, a pressão seletiva que o ambiente exerce sobre os seres vivos, que “lutam pela vida” (Darwin, 1859:2014, p. 110). É a ação da seleção natural.

A seguir, o professor muda a disponibilidade de sementes/frutos nas bandejas, situação que simula as variações da oferta ambiental dos alimentos no tempo de uma estação do ano, um ano completo ou uma geração das aves, e inicia uma nova rodada.

Novamente, a dificuldade em obter o alimento com a pinça disponibilizada, ou não obter alimento algum, retrata a impossibilidade de a ave se manter viva. É possível notar, que alguns dos participantes que obtiveram sucesso no tempo anterior podem não o obter nesta variação — vivencia-se aqui a real situação da inexistência, na natureza, de fenótipo predestinadamente bem-sucedido para explorar o ambiente, mas sim aquele que é adaptado (ou não) ao meio no qual interage, bem como a falaciosa ideia a respeito dos processos ativos de adaptação.

No sentido de ampliar o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos estudantes à proporção que avançam no curso, o professor deve observar e estar atento às concepções prévias a respeito do tema tratadas na Prática Social Inicial do Conteúdo; às interações sociais colaborativas estabelecidas; ao percurso contextual e aos métodos investigativos no desenvolvimento das ações que retratam o pensamento evolutivo; ao desenvolvimento de operações mentais quanto aos processos de abstração, generalização, formação do conceito de evolução e consequente reprodução teórica do processo evolutivo.

Atividade de aprendizagem (9):

- Após a atividade prática, cada grupo formado de estudantes deverá elaborar um único mapa conceitual a partir de discussões, comparações e reestruturações dos mapas produzidos individualmente no momento da Problematização. Agora, e em comum acordo, utilizam os conceitos básicos referentes ao processo evolutivo interiorizados na Instrumentalização e estabelecem as relações e articulações entre eles e ao conceito nuclear “seleção natural”.

Atividade de aprendizagem (10):

- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento” (32 min). Disponível em: <<https://vimeo.com/104922209>>

Sinopse: Um estudante entra em um túnel do tempo e se encontra com Gregor Mendel, no Mosteiro de Brunn, em 1864. Após o mútuo estranhamento, Mendel conversa com o jovem sobre ciência e lhe mostra as etapas de seu trabalho científico com as ervilhas-de-cheiro, *Pisum sativum*. Quando do retorno ao presente, o jovem volta como um híbrido, portando os óculos, o anel, a roupa e parte da personalidade e do conhecimento de Mendel. Entre a representação e a possível realidade, eis um filme sobre a vida e a obra de Gregor Mendel, o pai da Genética. Este filme faz parte do Programa “Quem foi que disse?”, desenvolvido na Universidade Federal Fluminense, dirigido por Luiz Antonio Botelho Andrade (UFF), conta com a participação dos geneticistas brasileiros Edmundo Marques e Francisco Salzano, e do geneticista suíço, Walter Gehring, indicado para Prêmio Nobel pelo seu trabalho em Biologia do Desenvolvimento.

Atividade de aprendizagem (11):

- Estudo do Texto 4 (Complemento B): AMABIS, J. M. O “renascimento” da genética. **Ciência Hoje**, vol.28, n.165, p.78-79. Texto adaptado.

Atividade de aprendizagem (12):

- Após assistirem ao filme e estudarem o Texto 4, os estudantes, novamente em grupos, devem revisar o mapa conceitual e concluí-lo.

Ações mentais:

- Análise crítica da atividade de aprendizagem: estabelecer relações entre as ações desenvolvidas na atividade prática com o conteúdo estudado, denotando os objetos de estudo interiorizados no pensamento.
- Compreensão do desenvolvimento histórico-crítico da teoria da evolução biológica por meio da seleção natural: considerar o contexto evolutivo atual e buscar no passado momentos críticos que explicam o tempo presente.
- Interpretar a variabilidade genética e a ação da seleção natural na vivência social e cotidiana, às quais se incluem as alterações antrópicas no meio ambiente como, por exemplo, a remediação dos danos ao meio ambiente, a previsão das consequências das mudanças ambientais, a acidificação das águas oceânicas, o aquecimento global;

bem como o melhoramento das safras e produtos defensivos, o investimento em créditos de carbono, a resistência de bactérias aos antibióticos, a compreensão, prevenção e combate às doenças, o desenvolvimento, produção e utilização de medicamentos/vacinas, os mecanismos de desenvolvimento das ações virais, e diversos outros desafios da atualidade.

- Pensar dialeticamente o processo de desenvolvimento do pensamento evolucionista.
- Movimentos de internalização dos conceitos evolutivos de variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional.

Avaliação:

Verificar as relações sócio-históricas-filosóficas estabelecidas pelos estudantes quanto ao desenvolvimento científico da teoria biológica da evolução a partir das observações das ações práticas, debates, mapas conceituais desenvolvidos e produções textuais.

Atividades de aprendizagens (13-16):

Para o próximo encontro, objetivando retomar e internalizar o conteúdo estudado e como forma de avançar à Catarse (Pré-Catarse):

Atividade de aprendizagem (13):

- Estudo do Texto 5: SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução. *In*: Molina. A. (Org.). **Cuadernillos de Investigación n. 5**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007. Disponível em: http://www.antigomoodle.ufba.br/file.php/8823/moddata/forum/2135/53418/Sepulveda_e_El-Hani_Cuadernillos_5.PDF.

Resumo: Neste artigo, apresentamos resultados parciais de um estudo acerca das ideias de estudantes brasileiros dos níveis médio e superior de ensino a respeito do conceito de adaptação e sua relação com a teoria da evolução por seleção natural. A partir de uma perspectiva sociointeracionista de aprendizagem e do modelo de perfis conceituais de Mortimer, nos fundamentamos na ideia de que coexistem, para cada indivíduo, diferentes formas de pensar um mesmo conceito. As zonas que estruturam um perfil conceitual contemplam aspectos epistemológicos e ontológicos próprios

das diferentes formas de se compreender a realidade e propõe que a construção de novos conceitos não pressupõe o abandono das concepções prévias, mas a delimitação dos contextos em que elas são aplicáveis. Discutiremos inicialmente a importância do conceito de adaptação para o ensino das ciências biológicas, a partir de um breve tratamento de seu desenvolvimento histórico e das controvérsias acerca do seu papel na pesquisa biológica, em consequência das críticas ao adaptacionismo. Em seguida, explicitaremos o conceito de adaptação para expressar a compreensão do fenômeno da adaptação evolutiva desde uma perspectiva darwinista. Por fim, discutiremos alguns obstáculos ontológicos e epistemológicos a esta compreensão, com base em dados empíricos coletados através de entrevistas e questionários com estudantes brasileiros dos níveis médio e superior de ensino, de uma revisão da literatura sobre concepções alternativas, e de referenciais derivados da história e filosofia da ciência.

Atividade de aprendizagem (14):

- Estudo do Texto 6: TIDON, R. A teoria evolutiva de Lamarck. **Genética na Escola**, vol.9, n.1, p.64-71, 2014. Disponível em:
<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-9-numero-1-2014.html>.

Resumo: Este artigo revisita a teoria de Lamarck, e compara alguns de seus aspectos com a proposta por Darwin. Nessa abordagem serão tratados os principais conceitos associados ao lamarckismo, frequentemente mal interpretados nos livros didáticos. A trajetória científica de Lamarck mostra grandes acertos, e parte dos erros que ele cometeu estão presentes também na obra de Darwin. O objetivo é proporcionar um panorama mais complexo e preciso das ideias desses dois grandes evolucionistas.

Atividade de aprendizagem (15):

- Sugestão de leitura: revista *Genética na Escola* (publicação da Sociedade Brasileira de Genética), v. XI, n.2, 2016.

Suplemento especial da revista *Genética na Escola*, publicada em homenagem aos 150 anos da publicação do artigo *Versuche über planzen-hybriden* (Experimentos com plantas híbridas), de Gregor Johann Mendel, retrata a História da Ciência e da

Genética em particular; traz perspectivas variadas sobre o papel do famoso monge como fundador da Genética, compila dados obtidos sobre as célebres ervilhas por outros pesquisadores e traz propostas de materiais didáticos – uma delas destinada a deficientes visuais – sobre os experimentos seminais que inauguraram o conhecimento moderno sobre herança biológica, além de o artigo original de Mendel traduzido para o português e trabalhos que expõem esse debate.

Atividade de aprendizagem (16):

- Produção textual: cada grupo deverá produzir um texto a respeito da adaptação dos seres vivos por ação da seleção natural a partir de generalizações dos exemplos, da atividade prática realizada em aula, dos textos estudados e dos conceitos interiorizados. O professor poderá orientar os estudantes a utilizarem o Google Drive® como recurso para produzirem textos em conjunto e os compartilharem com os demais estudantes e o próprio professor, que acompanha a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual dos licenciandos a partir do processo de produção textual.

4. CATARSE

Carga horária: 3 horas

4.1 Nova postura mental

- Revisar conceitos de Genética.
- Aprofundar os conhecimentos sobre Darwin, Mendel e autores contemporâneos a eles e os do tempo presente.
- Reconhecer que a mutação, a recombinação genética e o fluxo gênico são os principais fatores responsáveis pela variabilidade dos seres vivos, sobre a qual atua a seleção natural.
- Compreender as bases genéticas da evolução, a partir da verificação de que, nas décadas de 1930 e 1940, os conhecimentos genéticos foram incorporados às ideias darwinianas, surgindo, assim, a teoria moderna da evolução.

- Explicar a adaptação dos seres vivos pela ação da seleção natural.
- Elaborar, a partir de generalizações do processo evolutivo, explicações científicas para as diferentes frequências gênicas da anemia falciforme em populações humanas, da resistência bacteriana à antibióticos, dos vírus emergentes que provocam pandemias, das pragas que afetam a produção de alimentos e o desenvolvimento de produtos defensivos, entre outras que influenciam a vida das pessoas e das populações naturais.

4.2 Expressão prática da síntese

Atividade de aprendizagem (17):

- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre a causa sagrada de Darwin” (55:13 min).

Disponível em: <https://vimeo.com/146372135>.

Sinopse: O filme trata da questão científica da teoria evolutiva e contesta paradigmas falseados relacionados à teoria darwiniana. Aborda também aspectos sociais, históricos e humanos, com ênfase e críticas explícitas à escravidão, o darwinismo social, o racismo e as políticas eugênicas cujos efeitos ainda se percebem na sociedade atual. O filme integra a série “Quem foi que disse?”, do diretor Luiz Antonio Botelho Andrade (UFF), desenvolvido na Universidade Federal Fluminense.

Atividade de aprendizagem (18):

- Discussão do filme e das atividades de estudo (11-14), que versam sobre as várias dimensões (histórica, cultural, social, tecnológica, ideológica, religiosa, metafísica, científica) e aspectos através dos quais a evolução biológica pode ser interpretada. Dando destaques aos textos produzidos pelos grupos de estudantes, o professor conduz o diálogo com o objetivo de ressaltar os critérios epistemológicos e procedimentos metodológicos para que se possa reconhecer, a partir das dimensões e aspectos tratados, o desenvolvimento das ideias evolutivas, incluindo as concepções empíricas alternativas à estrutura conceitual darwiniana, de modo que se compreenda a natureza do conhecimento científico, condição necessária para a construção de uma educação científica tanto eficaz quanto sensível à diversidade cultural.

Atividade de aprendizagem (19):

Para o próximo encontro, objetivando retomar e internalizar o conteúdo estudado e como forma de avançar à Prática Social Final do Conteúdo:

- Produção textual: Dissertação sobre o tema, no formato de artigo, incorporando algumas das diversas dimensões trabalhadas. Juntos, professor e estudantes elencam os temas a serem dissertados individualmente ou em duplas e, em comum acordo, os estudantes escolhem aquele com o qual se identificam. O professor orienta e estimula os licenciandos a como produzir um artigo, comparando a estrutura dos diversos textos estudados e de como foram escritos; relembra a possibilidade de utilizarem o Google Drive[®] e pode também, acessando *on-line* algumas revistas científicas, destacar as instruções aos autores e a forma de preparação e submissão de manuscritos.

Avaliação:

Verificar como cada estudante se apropriou do conteúdo estudado, desde a Prática Social Inicial até às dimensões que foram abordadas na Problematização, na Instrumentalização e na Catarse. Deve-se considerar a elaboração mental e a expressão prática (mesmo que ainda teórica) da nova síntese, manifestas pela interiorização de conhecimentos que se tornaram novos instrumentos de compreensão da realidade e de soluções de problemas, visto que essa etapa representa a conclusão dos processos mentais de apropriação dos conhecimentos propostos e consequente promoção do desenvolvimento das funções psíquicas superiores.

5. PRÁTICA SOCIAL FINAL DO CONTEÚDO

Carga horária: 2 horas

5.1 Nova atitude sobre o conteúdo

Analisar criticamente a teoria moderna da evolução, agora compreendendo-a na sua essência. Retornando à Prática Social Inicial, transformada pela aprendizagem,

estudantes e professor evidenciam o conteúdo ressignificado e os novos conceitos interiorizados com o propósito de definirem, nesse contexto, ações docentes e sociais práticas cotidianas.

5.2 Transformação social

- Reconhecer a essência do pensamento evolutivo: superação do pensamento empírico, característico da Prática Social Inicial do Conteúdo, e ascensão ao pensamento concreto.
- Apropriação do conceito nuclear da seleção natural, bem como de todo o processo evolutivo nas suas várias dimensões.
- Formular generalizações à essência do pensamento evolucionista para os exemplos propostos, estudados e discutidos no transcorrer das atividades realizadas.

5.3 Desenvolvimento

Atividade de aprendizagem (20):

- Elaborar um plano de ensino da evolução biológica a partir de determinada situação-problema relacionada ao tema desenvolvido no artigo produzido na atividade de aprendizagem (19). O objetivo é o de possibilitar aos estudantes expressarem a formação didática-cognitiva do conteúdo internalizado. O professor propõe um modelo de plano de ensino (Complemento C) para que os alunos o tomem como base, mas não interfere na sua realização. Em colaboração, os licenciandos discutem as dimensões de cada situação-problema a ser trabalhada por eles — ações didático-pedagógicas, questões problematizadoras, tarefas de aprendizagens, ações mentais a serem desenvolvidas, formas de avaliação; no entanto, a elaboração do plano de ensino deve ser individual e apresentado oralmente no próximo encontro.

Atividade de aprendizagem (21):

- Apresentação oral e individual, se possível em Data Show, dos planos de ensino elaborados. Cada estudante deverá fornecer a versão impressa do material produzido ao professor e, em conjunto, estudantes e professor dialogam, retomam as questões tratadas nos momentos vivenciados na Prática Social Inicial do Conteúdo, na Problematização, Instrumentalização e Catarse. Juntos, tentam superar as possíveis

dificuldades na transposição dos conceitos internalizados à prática pedagógica, nas dimensões do conteúdo tratadas, no desenvolvimento e nas atividades de aprendizagem, assim como nas habilidades referentes à própria apresentação do licenciando — posicionamento do orador, dicção, leiaute da projeção: disposição do conteúdo, ilustrações, formatação do texto, fontes, tamanhos, cores utilizadas. O objetivo é definir estratégias e possibilidades para a nova postura assumida em relação ao conteúdo ressignificado e apropriado, a fim de que este possa ser expresso em todas as suas dimensões educativas e sociais.

COMPLEMENTOS

UMA VOZ NA FUGA CÓSMICA

Carl Sagan

DURANTE TODA A MINHA VIDA TENHO-ME PERGUNTADO sobre a possibilidade de vida em outros locais. Como será ela? De que será formada? Todas as coisas vivas em nosso planeta são construídas de moléculas orgânicas — arquiteturas microscópicas complexas nas quais o átomo de carbono desempenha um papel central. Houve um tempo, antes da vida, em que a Terra era árida e inteiramente desolada. No nosso mundo há agora uma superabundância de vida. Como será que aconteceu? Como, na ausência de vida, foram formadas as moléculas orgânicas com base de carbono? Como se originaram as primeiras formas vivas? Como a vida evoluiu para produzir seres tão elaborados e tão complexos como nós, capazes de explorar o mistério de nossas próprias origens?

E nos outros incontáveis planetas que giram em torno de outros sóis, também haverá vida? A vida extraterrestre, se existir, será baseada nas mesmas moléculas orgânicas da vida na Terra? Será que os seres de outros mundos se parecem com os da Terra? Ou serão muito diferentes — outras adaptações a outros ambientes? O que mais será possível? A natureza da vida na Terra e a procura da vida em outros locais são os dois aspectos da mesma pergunta — a procura de quem nós somos.

Na escuridão entre as estrelas existem nuvens de gás e poeira e matéria orgânica. Nelas foram encontradas, pelos radiotelescópios, dúzias de tipos diferentes de moléculas orgânicas. A abundância dessas moléculas sugere que a essência da vida esteja em toda a parte. Talvez a origem e a evolução da vida, havendo tempo suficiente, seja uma inevitabilidade cósmica. Em alguns desses bilhões de planetas na Via Láctea, a vida pode nunca despontar. Em outros talvez desponte e se extinga, ou nunca evolua além das suas formas mais simples. E em algumas pequenas porções de mundos ela poderá desenvolver inteligências e civilizações mais adiantadas do que a nossa.

De vez em quando alguém observa a feliz coincidência que há no fato da Terra ser perfeitamente adaptada à vida — temperaturas moderadas, água em estado líquido, atmosfera com oxigênio, e assim por diante. Isto é, pelo menos em parte, uma confusão de causa e efeito. Nós, produtos da Terra, estamos supremamente bem adaptados ao seu ambiente porque crescemos aqui. As formas iniciais de vida, que não eram bem adaptaram, morreram. Somos descendentes dos organismos bem-sucedidos.

Toda a vida da Terra está intimamente interligada. Possuímos uma química orgânica e uma herança evolutiva comuns. Como consequência, estudamos somente um único tipo de biologia e um único tema na música da vida. Será este débil e agudo tom a única voz para milhares de anos-luz? Ou existirá um tipo de fuga cósmica, com temas e contrapontos, dissonâncias e harmonias, um bilhão de vezes diferentes participando da música da vida da Galáxia?

Deixe-me contar a vocês um pequeno verso da música da vida na Terra. No ano de 1185, o imperador do Japão era um menino de sete anos de idade chamado Antoku. Era um líder de um clã de samurais chamado os Heike que estavam engajados em uma longa e sangrenta guerra com outro clã samurai, os Genji. Cada um afirmava sua reivindicação ancestral superior ao trono imperial. Seu combate naval decisivo, com o imperador a bordo de um navio, se deu em Danno-ura, no Mar Interior do Japão a 24 de abril de 1185. Os Heike eram sobrepujados em número e em embarcações. Muitos foram mortos. Os sobreviventes, em grande número, se atiraram ao mar e se afogaram. A Senhora Nii, avó do imperador, resolveu que ela e Antoku não seriam capturados pelo inimigo. O que aconteceu depois é narrado na História dos Heike:

O Imperador tinha sete anos de idade, mas parecia bem mais velho. Era tão adorável que parecia irradiar uma luz brilhante, e seu longo cabelo preto caía solto em suas costas. Com um olhar de surpresa e ansiedade em sua face ele perguntou à Senhora Nii: "Para onde você vai me levar?".

Ela se virou para o jovem soberano, com lágrimas descendo pela face, e o confortou, abraçou-o, prendendo seu longo cabelo em sua túnica. Cego pelas lágrimas, o jovem soberano juntou suas belas e pequeninas mãos. Virou-se primeiro para leste para se despedir do deus de Ise, e então para oeste para repetir o Nembutsu, uma prece para o Buda Amida. A Senhora Nii o tomou nos

braços e com as palavras "No fundo do oceano está o nosso templo", mergulhou com ele entre as ondas.

Toda a esquadra de guerra Heike foi destruída. Somente quarenta e três mulheres sobreviveram. Essas damas de honra da corte imperial foram forçadas a vender flores e a fazer outros favores aos pescadores, próximo ao local da batalha. Os Heike quase que desapareceram da história. Essas mulheres e seus filhos com os pescadores realizaram um festival para comemorar a batalha, que se realiza no dia vinte e quatro de abril de cada ano, até hoje. Os pescadores descendentes dos Heike se vestem de linho e usam um chapéu preto, e dirigem-se ao santuário de Akama que encerra o mausoléu do imperador afogado. Lá conduzem uma cerimônia de recordação que retrata os eventos que se seguiram à batalha de Danno-ura.

Mas há um estranho pós-escrito para essa história: os pescadores dizem que os samurais Heike ainda vagueiam pelo fundo do Mar do Japão na forma de caranguejos. Há caranguejos encontrados com marcas curiosas em suas carapaças, com padrões e recortes que lembram a face de um samurai. Quando apanhados não são comidos, mas mandados de volta ao mar em comemoração aos tristes eventos da batalha de Danno-ura.

Essa lenda levanta um problema instigante. Como acontece da face de um guerreiro ser gravada na carapaça de um caranguejo? A resposta seria que seres humanos teriam-na esculpido. Os padrões da carapaça são herdados, mas entre os caranguejos, como com as pessoas, há muitas linhagens diferentes de hereditariedade. Suponhamos que, por acaso, entre os ancestrais distantes deste caranguejo exista um com um padrão que lembra ligeiramente uma face humana.

Os pescadores relutavam em comer tais caranguejos. Atirando-os de volta ao mar, eles iniciaram um processo de evolução: Se é um caranguejo com uma carapaça comum, os homens o comerão. Sua linhagem deixará poucos descendentes. Se a carapaça tiver os traços de uma face samurai, eles o devolverão ao mar, deixando mais descendentes. Enquanto as gerações de pescadores e de caranguejos se sucediam, os portadores de carapaças com padrões que mais se assemelhavam à face de um samurai sobreviviam até que, eventualmente, produziu-se não apenas uma face humana, não

apenas uma face japonesa, mas a visão de um feroz e ameaçador samurai. Tudo isto não diz respeito ao que os caranguejos querem. A seleção é imposta exteriormente. Quanto maior a semelhança com um samurai, melhores as chances de sobrevivência. Casualmente, há muitos caranguejos que parecem guerreiros samurais.



Figura 2



Figura 3

Figura 2 – Um caranguejo Heike do Mar Interior do Japão.

Figura 3 – Um Samurai do Japão feudal em seu traje guerreiro. Na literatura japonesa, A História de Heike encerra um significado comparável ao da *Ilíada* (Homero, séc. VIII a.C.) na literatura ocidental.

Esse processo é chamado de seleção artificial. No caso do caranguejo Heike, foi efetuada, em parte inconscientemente, pelos pescadores, e certamente sem nenhuma contemplação séria pelos caranguejos. Os homens têm, de modo deliberado, selecionado que tipos de plantas e animais devem viver e quais devem morrer, por milhares de anos. Estamos rodeados desde a infância por frutas, árvores, vegetais e animais domésticos úteis e familiares. De onde eles vieram? Existiram livremente em estado selvagem e então foram induzidos a adotar uma vida menos extenuante em uma fazenda? Não. A verdade é bem diferente. A maioria deles é feita por nós.

Dez mil anos atrás, não havia vacas leiteiras ou cães de caça ou cereais de espigas grandes. Quando domesticamos os ancestrais destas plantas e animais — algumas vezes bem diferentes das de agora — controlamos as suas proles. Asseguramo-nos de que certas variedades, que apresentavam propriedades consideradas desejáveis, eram reproduzidas preferencialmente. Quando precisávamos de um cão para ajudar a tomar conta do rebanho, selecionávamos crias inteligentes e dóceis, e que tinham algum talento preexistente para guardar o gado, o que é comum em animais que caçam em

matilha. Os enormes úberes distendidos do gado leiteiro são o resultado de um interesse humano em leite e queijo. Nossos cereais, ou milho, têm sido selecionados por dez mil gerações para serem mais saborosos e nutritivos do que seus minguados ancestrais; na verdade, eles se encontram tão alterados que não podem nem reproduzir sem a intervenção humana.

A essência da seleção artificial — para um caranguejo Heike, um cão, vaca ou espiga — é: Muitos traços físicos e comportamentais de plantas e animais são herdados. Eles se reproduzem. Os seres humanos, por qualquer que seja a razão, encorajam a reprodução de algumas variedades e desencorajam a de outras. A variedade selecionada preferencialmente reproduz e se torna abundante; a não selecionada se torna rara e talvez extinta.

Mas se os seres humanos podem criar novas variedades de plantas e animais, não o poderá também a natureza? Sim, e este processo chama-se seleção natural. Aquela vida que foi alterada fundamentalmente ao longo das eras está inteiramente livre das alterações que fizemos nos animais selvagens e nos vegetais durante o curto exercício dos seres humanos na Terra e das evidências fósseis. Os registros fósseis nos revelam claramente criaturas que existiam em grandes quantidades e que agora desapareceram por completo. Há muito mais espécies que se tornaram extintas na história da Terra do que as que existem hoje.

As alterações genéticas induzidas pela domesticação ocorreram com muita rapidez. O coelho não foi domesticado senão no início dos tempos medievais por monges franceses; o café foi utilizado no século XV; a beterraba no XIX. Em menos de dez mil anos, a domesticação aumentou o peso da lã dos carneiros de menos de um quilograma de pêlos ásperos para dez ou vinte quilogramas de lanugem fina; ou o volume do leite produzido pelo gado durante o período de lactação, de algumas centenas para um milhão de centímetros cúbicos. Se a seleção artificial pode levar a alterações tão importantes em um período de tempo, do que será capaz a seleção natural, trabalhando por bilhões de anos? A resposta é toda a beleza e diversidade do mundo biológico. A evolução é um fato, não uma teoria, ela acontece mesmo.

Que o mecanismo da evolução é a seleção natural foi a grande descoberta associada aos nomes de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Há mais de um

século, eles salientaram que a natureza é prolífica, que nascem muito mais seres do que os que apresentam possibilidade de sobrevivência, e que, portanto, o ambiente seleciona as variedades que são, por acidente, melhor adaptadas para a sobrevivência. As mutações — alterações súbitas na hereditariedade — procriam a verdade. Fornecem a matéria prima da evolução. O ambiente seleciona algumas mais propícias à sobrevivência, resultando em uma série de transformações lentas e uma forma de vida para outra, a origem de novas espécies. Disse Darwin, no seu livro *A Origem das Espécies*:

O homem não produz realmente a variabilidade; somente sem intenção expôs seres orgânicos a novas condições de vida e, então, a Natureza agiu na organização e causou a variabilidade. Mas o homem pode e seleciona as variações dadas a ele pela Natureza e, então, as acumula da maneira desejada. Assim adapta animais e plantas em seu próprio benefício e prazer. Pode fazer isto de modo metódico ou inconsciente preservando as espécies mais úteis a ele em uma época, sem nenhum pensamento em alterar a prole... Não há razão óbvia por que os princípios que agiram com tanta eficiência na domesticação não atuassem em Natureza... Nascem mais indivíduos do que os que podem sobreviver... A mínima vantagem de um ser, em qualquer idade ou estação, sobre aqueles com os quais compete ou a sua melhor adaptação em qualquer grau às condições ambientais, inverterá o equilíbrio.

T. H. Huxley, o mais ativo defensor e popularizador da evolução, do século XIX, escreveu que as publicações de Darwin e Wallace eram um “clarão de luz o qual, para um homem que tivesse se perdido em uma noite escura, repentinamente revelaria um caminho que, levando-o ou não direto para casa, com certeza iria na sua direção... Minha conclusão, quando pela primeira vez assimilei a ideia central de *A Origem das Espécies* foi: Como é extremamente estúpido não se ter pensado nisto! Os aspectos da variabilidade, do esforço da existência, da adaptação a condições eram notoriamente suficientes, mas nenhum de nós notou que o caminho para o âmago do problema das espécies estava entre elas, até que Darwin e Wallace dissipassem a escuridão”.

Muitas pessoas se escandalizaram — algumas ainda hoje — com ambas as ideias de evolução e seleção natural. Nossos ancestrais olharam para a correção da vida na Terra, e como as estruturas dos organismos eram apropriadas às suas funções, e viram evidências de um Grande Projetista. O organismo unicelular mais simples é uma máquina mais complexa do que o mais refinado relógio de bolso. E relógios de bolso não se automontam espontaneamente, ou evoluem, em estágios lentos e por si próprios, digamos assim, de seus relógios-avós. Um relógio implica em um relojoeiro. Parece não haver um modo pelo qual átomos e moléculas possam, de alguma forma espontaneamente, se juntar para criar organismos de uma complexidade aterradora e funcionamento engenhoso como todas as regiões da Terra. Que cada coisa viva foi especialmente planejada, que uma espécie não se transformou em outra eram noções perfeitamente consistentes com as que nossos ancestrais, com seus limitados registros históricos, sabiam sobre a vida. A ideia que cada organismo era meticulosamente construído por um Grande Projetista proporcionava um significado e ordem à natureza, e uma importância aos seres humanos que nós ansiamos ainda hoje. Um Projetista é uma explicação natural, cativante e inteiramente humana do mundo biológico. Mas como Darwin e Wallace mostraram, há um outro modo, igualmente cativante, igualmente humano, bem mais lógico e coerente: seleção natural, que torna a música da vida mais bonita à medida que o tempo possa.

Texto adaptado de SAGAN, C. Uma voz na fuga cósmica. In:_____. **Cosmos**. Tradução de Angela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982, cap. 2, p. 23-44.

O “RENASCIMENTO” DA GENÉTICA

José Mariano Amabis

Embora os fundamentos da genética tenham sido lançados em 1865 e publicados em 1866, há 150 anos, só se tornaram conhecidos da comunidade científica em 1900.

Os princípios sobre os quais se assenta a genética moderna vieram a público em duas conferências feitas na Academia de Ciências de Brünn (hoje Brno), cidade na época situada no antigo Império Austro-Húngaro (hoje na República Tcheca), por um monge agostiniano, Gregor Mendel (1822–1884). O teor das conferências, proferidas em 8 de fevereiro e 8 de março de 1865, foi publicado há 150 anos, em 1866 (com data do ano anterior), nos *Anais* daquela Academia, sob a forma de um trabalho científico intitulado *Experimento em hibridação de plantas*.

Os estudos de Mendel, porém, só chegaram ao conhecimento da comunidade científica 35 anos depois, entre março e junho de 1900, através dos trabalhos de três pesquisadores que, independentemente, chegaram a conclusões semelhantes às do monge cientista. O holandês Hugo de Vries (1848–1935) e o alemão Carl Correns (1864–1933) são considerados os primeiros a compreender a importância do que Mendel tinha feito. O austríaco Erick von Tschermak-Seysenegg (1871–1962) é também incluído entre os redescobridores das leis da herança. O inglês William Bateson (1861–1926) realizava na época experimentos sobre hereditariedade, e teria chegado às mesmas explicações de Mendel.

Em 8 de maio de 1900, a bordo de um trem a caminho da reunião da Sociedade de Horticultores da Inglaterra, onde deveria proferir uma conferência sobre estratégias metodológicas para a abordagem da questão da hereditariedade, Bateson leu sobre as leis de Mendel que acabavam de ser confirmadas por Hugo de Vries. Compreendendo de imediato a importância e o alcance da descoberta, Bateson tornou-se o grande

divulgador do mendelismo, defendendo-o dos ataques iniciais dos darwinistas da escola biométrica inglesa.

A crença nas potencialidades da nova ciência levou Bateson a escrever, em 1902: “A determinação exata das leis da hereditariedade provocará, provavelmente, mais mudança na visão humana de mundo, e em seu poder sobre a natureza, que qualquer outro avanço no conhecimento natural que se possa vislumbrar”. Não poderia ter sido mais profético. Em 1906, ele propôs o nome de *genética* para a ciência da hereditariedade, e também foi ele que primeiro sistematizou a nomenclatura e a forma de apresentação dos resultados experimentais dessa nova ciência.

Uma questão que desafia filósofos e historiadores de ciência, desde a época da redescoberta, é por que um fato de tamanha importância foi ignorado por tanto tempo pela comunidade científica. As primeiras explicações apontam para a circunstância modesta do anúncio da descoberta, publicada em uma revista pouco conhecida de uma sociedade também obscura. Hoje, sabe-se que Mendel foi citado por pesquisadores importantes no campo da hibridação de plantas sem que o alcance de suas descobertas tivesse sido compreendido.

Além disso, e mais importante, Mendel enviou cópias do trabalho a renomados pesquisadores da época e muitas bibliotecas universitárias receberam os *Anais* da Academia de Brünn, contendo sua publicação. É particularmente interessante o fato de Mendel ter se correspondido intensamente com Karl Wilhelm von Nägeli (1817–1891), um dos mais eminentes estudiosos de hereditariedade daqueles tempos. Ele enviou a von Nägeli relatos minuciosos de seus experimentos com ervilhas e outras plantas, mas as respostas de Nägeli mostram que ele não se impressionou com os resultados dos cruzamentos e não chegou a compreender o que Mendel estava propondo.

Cada vez mais somos levados a crer que Mendel foi um homem à frente de seu tempo, ou seja, que o mundo científico da época não estava preparado para entender a profundidade e as implicações de suas descobertas. A biologia tinha menos de sete décadas de existência como ciência formal e os biólogos não estavam familiarizados com o método experimental, já tradicional no campo da física (e Mendel, não podemos esquecer, teve sua educação formal nessa área, pois era professor de física). Além disso, a preocupação principal dos biólogos na segunda metade do século XIX, ou seja, os

paradigmas que dirigiam suas pesquisas, eram a citologia, centrada no estudo dos cromossomos, e a teoria da evolução.

No entanto, foram exatamente os avanços nesses campos que exigiram uma explicação coerente para o fenômeno da hereditariedade. E essa necessidade levou De Vries, Correns, Tschermak e Bateson a desenvolver a estratégia metodológica correta para a solução do problema. Uma estratégia que, 35 anos antes, havia sido pensada e aplicada com sucesso nos canteiros de um modesto mosteiro agostiniano, por um monge deslumbrado com as regularidades da natureza: Gregor Mendel.

A verdade nas ervilhas

Em seus experimentos, nos jardins do Monastério de Brünn, Gregor Mendel cultivou durante quase 10 anos variedades de ervilha (*Pisum sativum*) com diferentes características (no tamanho da planta, nas flores, nas vagens e nos grãos), e cruzou-as através de fertilização artificial, observando os resultados. A frequência com que as plantas-filhas mantinham ou não as características das plantas-mães levou o monge a deduzir que cada característica seria determinada por um par de fatores (hoje denominados genes) e que os fatores de cada par eram separados na produção das células sexuais (o pólen ou as células dos óvulos que se unem a ele). Assim, cada fator iria para uma célula sexual distinta (princípio da segregação). Ele deduziu (e comprovou através de previsões) que as combinações entre os fatores obedeciam a leis estatísticas simples, e que alguns dos fatores (e, portanto, as características que representavam) seriam capazes de se impor a outros (seriam, como ele próprio definiu, dominantes ou recessivos). Essas ideias são a essência da genética. Mendel ainda lançou uma segunda lei, que previa uma distribuição independente dos fatores, para explicar certos resultados estatísticos que observou, mas hoje se sabe que essa lei não se aplica a todos os genes, o que em nada desmerece o seu trabalho.

COMPLEMENTO C – MODELO DE PLANO DE ENSINO

PLANO DE ENSINO

Escola:

Disciplina:

Unidade:

Série:

Número de aulas:

Professor(a):

Princípio geral:

Objetivo geral:

Conceito nuclear:

Conteúdo teórico/prático (número de aulas)	Objetivos específicos	Ações mentais a serem formadas	Desenvolvimento metodológico -Tarefas de aprendizagem-
Recursos didáticos:			
Avaliação:			
Referências bibliográficas:			
Observações:			

Agradecimentos

Agradecemos ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (PPEC–UEG), pela valorosa contribuição ao longo do processo de mestrado, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela Bolsa de Formação concedida para o desenvolvimento do projeto de pesquisa e dissertação.

Referências

AMABIS, J. M. O “renascimento” da genética. **Ciência Hoje**, vol.28, n.165, p.78-79. Texto adaptado.

BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B. Contribuições axiológicas à educação científica; valores cognitivos e a seleção natural de Darwin. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.19, n.1, p.201-216, 2013.

BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.

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

CORRÊA, A. L.; ARAUJO, E. N. N.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. História e filosofia da biologia como ferramenta no ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v.5, n.2, p.217-237, 2010.

CRIAÇÃO. Reino Unido: Jeremy Thomas, 2009. Filme em DVD (108 min).

DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução Carlos Duarte e Anna Duarte. 1.ed. São Paulo: Martin Claret, 2014, 573p.

DICIONÁRIO eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Versão 1.0. Instituto Antônio Houaiss. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda, 2001. 1 CD-ROM.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. Tradução: Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1993. 631p.

_____. **Evolução, ciência e sociedade**. Tradução: Nicole S. Loghin-Grosso. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. 73p.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5.ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2009. (Coleção educação contemporânea).

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica.** 2004. 191p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

GOULD, S. J. **Lance de dados;** a ideia de evolução de Platão a Darwin. Tradução: Sergio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2001. 332p.

GRIMES, C.; SCHROEDER, E. Os conceitos científicos dos estudantes do ensino médio no estudo do tema "origem da vida". **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.21, n.4, p.959-976, dez. 2015.

INHERIT the Wind. Estados Unidos: Stanley Kramer (United Artists), 1960. Filme em DVD (128 min).

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davidov. **Revista Brasileira de Educação.** n.27, p.5-24, set-dez, 2004.

_____. Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação. **Cadernos de Pedagogia Universitária.** Pró-Reitoria de Graduação – Universidade de São Paulo, n.11, out. 2009.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.12, n.3: p.164-214, dez. 1995.

MAYR, E. **Biologia, ciência única;** reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266p.

_____. **O desenvolvimento do pensamento biológico;** diversidade, evolução e herança. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

_____. **O que é a evolução.** Tradução: Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. 342p.

_____. **Uma ampla discussão;** Charles Darwin e a gênese do pensamento moderno. Tradução: Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006. 195p.

MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v.1, p.107-123, 2006. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-06-Fernanda-Meglhioratti_et-al.pdf>

MIYAKI, C. Y.; AMABIS, J. M.; MORI, L.; SILVEIRA, R. V. M. **O trabalho de Mendel: desvendando o procedimento científico**. Projeto de Formação de Professores na USP. São Paulo: USP, 2002, p.13-50.

MORI, L.; MIYAKI, C. Y.; ARIAS, M. C. Os tentilhões de galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram. **Genética na Escola**, 2006, vol.1, n.1, p.1-3.

MORIN, E.; KERN, A. B. **Terra-pátria**. Traduzido do francês por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulinas, 2003. 181p.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica**; atitude de alunos da educação básica. 2009. 162p. Dissertação (Mestrado - Faculdade de Educação) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. M. V. Aceitação da evolução biológica; atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.11, n.1, p.57-79, 2011.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. M. V. Evolução biológica e os estudantes brasileiros; conhecimento e aceitação. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2015, vol.20 (2), p.161-185.

OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A. A natureza da biologia e os conceitos biológicos: como exemplificar o caráter sistêmico e integrado dessa ciência? **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, vol.10, n.1, p.125-147, 2015.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

QUEIRÓS, W. P.; JÚNIOR, A. F. N.; SOUZA, D. C. Possibilidades da filosofia, história e sociologia da ciência para superação de uma concepção prática-utilitária da educação científica; caminhos a serem percorridos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia**, v.6, n.2, p.23-40, mai-ago 2013.

QUEM foi que disse: sobre a causa sagrada de Darwin. Rio de Janeiro: Luiz Antonio Botelho Andrade (Universidade Federal Fluminense). Filme (55:13min). Disponível em: <<https://vimeo.com/146372135>>

QUEM foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento. Rio de Janeiro: Luiz Antonio Botelho Andrade (Universidade Federal Fluminense). Filme (32min). Disponível em: <<https://vimeo.com/104922209>>

ROSA, S. V. L.; SYLVIO, M. C. Teoria histórico-cultural e teoria do ensino desenvolvimental: bases para uma epistemologia psicológica-didática do ensino. **Educativa**, Goiânia, v.19, n.2, p.419-448, maio/ago 2016.

SAGAN, C. Uma voz na fuga cósmica. In: _____. **Cosmos**. Tradução de Angela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: F. Alves, 1982. cap. 2, p.23-44.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11.ed. rev. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2013.

SEPULVEDA, C; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução. In: Molina. A. (Org.). **Cuadernillos de Investigación n. 5**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007.

SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. 1. ed. Araraquara: JM Editora, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA. **Genética na Escola**, v.XI, n.2, sup. 2016.

SOUZA, R. A. L.; PRESTES, M. E. B. História da ciência no ensino: uma análise de dissertações de mestrado. In: **13º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, 2012, São Paulo. Anais – 13º SNHCT. São Paulo: SBHC, 2012. p.1-10.

_____. Motivação e emoção no ensino de biologia: análise de sequência didática sobre a viagem de Wallace ao Brasil. **Filosofia e História da Biologia**, v.10, n.2, p.233-256, 2015.

TIDON, R. A teoria evolutiva de Lamarck. **Genética na Escola**, v.9, n.1, p.64-71, 2014. Disponível em: <<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-9-numero-1-2014.html>>

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**. v.27, n.1, p.124-131, 2004.

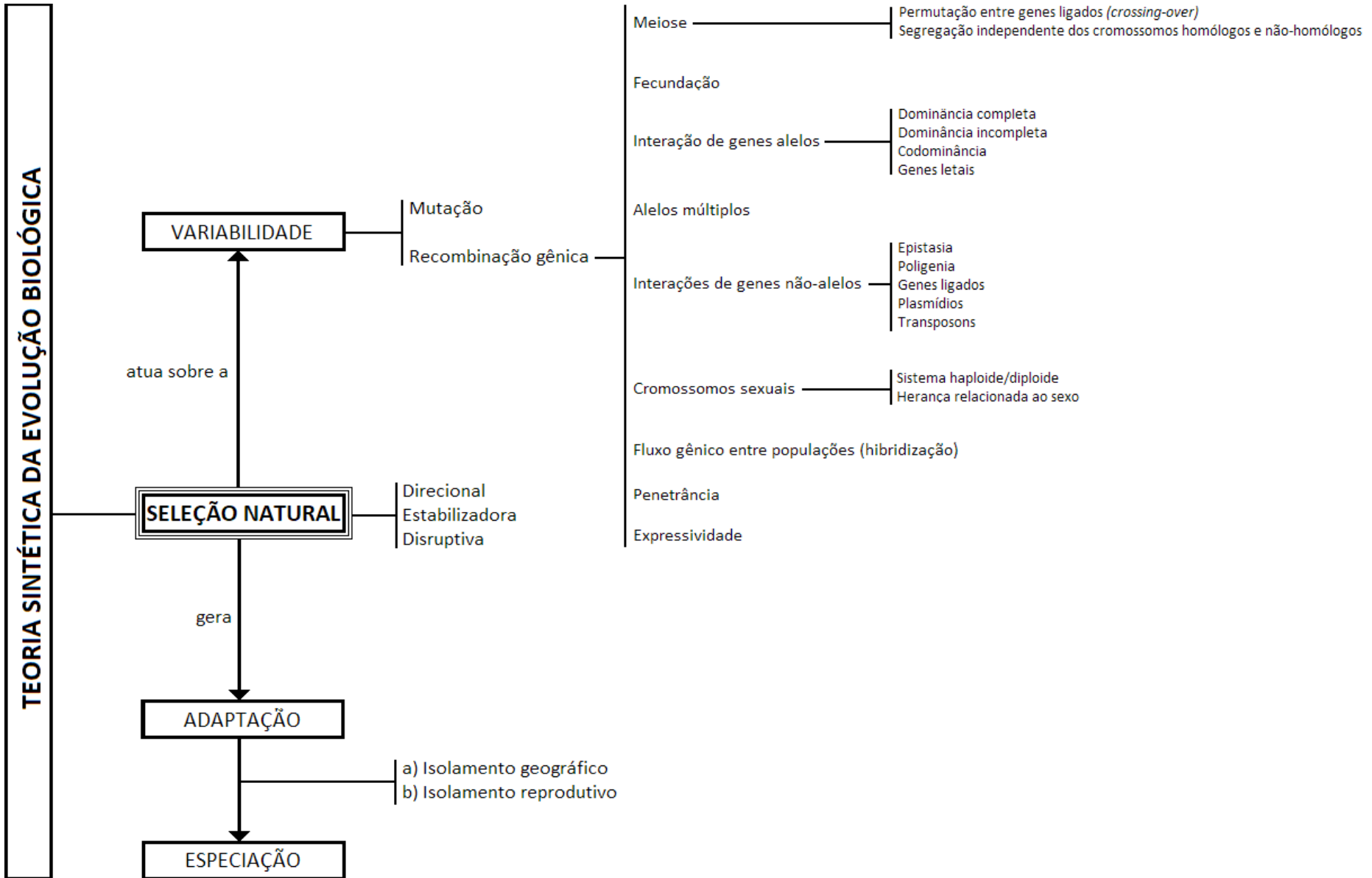
TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica; um desafio para o século XXI. **ComCiência**, Campinas, n.107, 2009. Disponível em <<http://tinyurl.com/nbfaptd>>. Acesso em 21 de abril de 2014.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Trad. Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

APÊNDICE B**MAPA CONCEITUAL**



APÊNDICE C

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma. Em caso de dúvida você poderá procurar os Pesquisadores:

- **Prof. Dr. Cláudio M. de Almeida** – UEG – no telefone (62) 9648-7970
e-mail: *almeidacm@icloud.com*
- **Prof. Esp. Alberto Orioli** – UEG – no telefone (62) 9102-9150
e-mail: *alberto.orioli@icloud.com*

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do Projeto – A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: um estudo em Instituições de Ensino Superior de Goiás

Pesquisador Responsável – Mestrando Alberto Orioli – **PPEC – UEG.**

Orientador – Dr. Cláudio M. de Almeida – **PPEC – UEG.**

A pesquisa supracitada, desenvolvida pelo pesquisador Alberto Orioli em conjunto com os pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da UEG – PPEC, sob a supervisão do professor Dr. Cláudio M. de Almeida – UEG, tem por objetivo analisar se a formação inicial em ciências biológicas, em Instituições de Ensino Superior goianas, oportuniza a apropriação do conceito de evolução biológica. A pesquisa busca responder aos seguintes questionamentos:

- 1- Como se dá as relações que compõem o conceito de evolução biológica?
- 2- Como se dá o aprendizado do conteúdo de evolução biológica pelos graduandos em ciências biológicas em Goiás?
- 3- Quais princípios evolutivos constituem os conteúdos apropriados pelos estudantes goianos?
- 4- Quais os obstáculos na apropriação de alguns dos princípios evolutivos fundamentais pelos estudantes goianos?
- 5- Qual a posição em relação à atitude de aceitação/rejeição da teoria da evolução biológica entre os acadêmicos de ciências biológicas em Goiás?
- 6- Quais as relações que podem resultar do não aprendizado dos principais conceitos de evolução biológica às demais disciplinas do curso de ciências biológicas e as suas inter-relações?

Do ponto de vista dos procedimentos utilizados na pesquisa empírica, serão desenvolvidas análises mediante estudo documental, entrevistas semiestruturadas, questionários e observações *in loco*, realizadas com os graduandos do curso de ciências biológicas – habilitação licenciatura ou bacharelado das IES selecionadas para esta pesquisa. Após convite e aceite em participar da pesquisa, os acadêmicos responderão a um questionário contemplando os objetivos elucidados nesta proposta, bem como participarão de entrevistas semiestruturadas cujo roteiro terá, inicialmente, as principais categorias teóricas para o tema. As informações dos acadêmicos poderão ser audiogravadas e depois transcritas. As análises dos dados obtidos serão descritivas e multivariadas.

Prof. Esp. Alberto Orioli
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC – UEG

APÊNDICE D**TERMO DE CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO
DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA**



**Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC**

**TERMO DE CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO
SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, _____, RG _____, CPF _____, concordo em participar do estudo “**A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**: um estudo em Instituições de Ensino Superior de Goiás” como sujeito da pesquisa. Autorizo a gravação audiovisual da entrevista, bem como as fotografias que possam existir. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador responsável, o mestrando Alberto Orioli, sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou constrangimento.

_____, _____ de _____ de 2015.

Seu nome: _____

Sua assinatura: _____

Seu e-mail: _____

Seu número de telefone: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar como voluntário

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

APÊNDICE E

ENTREVISTA AOS DISCENTES



Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC

ENTREVISTA AOS DISCENTES

Meu nome é _____ Tenho _____ anos

Moro em _____ (escreva o nome do bairro e cidade)

Cursei o Ensino Fundamental em escola pública [] particular []

Cursei o Ensino Médio em escola pública [] particular []

Estou cursando, em 2015 _____ (escreva o nome do seu curso)

Iniciei este curso superior no ano de _____ Estou no _____ período

Estudo na modalidade EaD [] presencial []

Minha habilitação é licenciatura [] bacharelado []

Cursei a disciplina evolução/biologia evolutiva sim [] não []

Participo/participei de projeto(s) de pesquisa não []

sim [] PIBID [] LIFE [] MONITORIA [] INICIAÇÃO CIENTÍFICA []

Outro(s) projeto(s) de pesquisa que participo/participei: _____

Leciono, ou já lecionei não []

sim [] A(s) disciplina(s) foi(foram) esta(s): _____

Qual(is) tema(s) você considera importante(s) para ser(em) trabalhado(s) em curso de formação/atualização de professores de Biologia? _____

A relevância da educação de ciências

Caro(a) estudante, o objetivo deste questionário é o de saber o que é que os alunos pensam sobre alguns temas relacionados à ciência, tanto na escola como no seu dia a dia.

Não há respostas corretas nem erradas, apenas as que são certas para você.

Pense bem e responda com sinceridades.

Se houver uma pergunta que não entenda, deixe-a em branco.

As suas respostas são anônimas, portanto não escreva seu nome no questionário.

Estas informações poderão ajudar a melhorar as escolas.

MUITO OBRIGADO!

As suas respostas vão nos ajudar muito.

A. Até que ponto você concorda com as seguintes informações? (assinale com um X apenas uma opção)

1. O planeta Terra se formou a cerca de 4,5 bilhões de anos.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

2. Os fósseis revelam espécies de seres vivos que viveram no passado e que estão extintas no tempo presente.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

3. As espécies atuais de animais e plantas se originaram de outras espécies do passado.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

4. As formas bem sucedidas reprodutivamente têm muitos descendentes e transmitem as características vantajosas às novas gerações, que se modificam gradualmente.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

5. As condições da Terra primitiva favoreceram a ocorrência de reações químicas que transformavam compostos inorgânicos em compostos orgânicos que acabaram gerando vida.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

6. A espécie humana habita a Terra há mais de 50.000 anos.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

7. Os primeiros humanos viveram no ambiente africano.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

8. Diferentes espécies de seres vivos podem possuir a mesma espécie ancestral.

Discordo muito [] Discordo [] Concordo [] Concordo muito []

B. Qual é o seu nível de aceitação das seguintes afirmações? (assinale com um X apenas uma opção)

1. A evolução biológica sempre faz os seres vivos se aperfeiçoarem, progredirem, melhorarem.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

2. O ser humano se originou da mesma forma como as demais espécies biológicas.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

3. Uma baleia é mais evoluída do que uma bactéria.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

4. A evolução biológica sempre tem uma direção: a do aperfeiçoamento dos seres vivos.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

5. Eu não acredito na evolução das espécies – tudo isso é apenas teoria.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

6. Os seres vivos evoluem em resposta à necessidade de se adaptarem conforme as alterações do meio ambiente.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

7. A variabilidade existente entre os seres vivos é resultante das mudanças casuais e aleatórias que sofrem.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

8. Dinossauros e humanos viveram no mesmo período de tempo.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

9. As modificações nos organismos ocorrem em resposta a alguma necessidade.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

10. O uso frequente de antibióticos induz nas bactérias o aparecimento da capacidade de resistência.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

11. Os seres vivos vão se modificando ao longo do tempo, com novas espécies surgindo a partir de espécies ancestrais.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

12. As semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas entre as espécies são evidências da evolução biológica.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

13. A evolução biológica é, atualmente, a única explicação coerente para o conjunto de fatos sobre a origem e diversidade dos seres vivos na Terra.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

C. Nas aulas que teve sobre evolução biológica, (assinale com um X apenas uma opção)

1. O professor foi claro ao expor o conteúdo.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

2. O professor demonstrou domínio do conteúdo.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

3. O professor debateu a respeito de doutrinas religiosas.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

4. Entrei em conflito ao me deparar com as ideias evolutivas.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

5. Senti-me estimulado(a) a aprofundar meus estudos sobre a teoria evolutiva.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

6. Passei a apresentar uma consistente visão evolutiva dos processos biológicos.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

7. Posso uma atitude positiva com relação à teoria evolutiva.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

8. Aceito a Evolução Biológica como princípio para a compreensão do mundo vivo.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

D. Ao elaborar um plano de curso a ser ministrado, (assinale com um X apenas uma opção)

1. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for ‘ecologia’.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

2. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for ‘genética’.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

3. Sinto-me preparado para fazê-lo quando o conteúdo for ‘evolução biológica’.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

4. Considero que o conhecimento científico é influenciado por fatores externos à ciência, por ideologias presentes na sociedade, tais como convicções políticas, sociais, filosóficas, religiosas, crenças, mitos e tradições.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

5. Considero que o procedimento científico nos leva sempre à respostas certas.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

E. Ao elaborar um plano de curso sobre evolução biológica, (assinale com um X apenas uma opção)

1. Início as aulas cronologicamente, considerando primeiro as ideias de Lamarck.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

2. Considero os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

3. Considero que a importância do método científico é a de garantir neutralidade, objetividade e veracidade às pesquisas.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

4. Considero que o contexto histórico-cultural de um conteúdo não tem relevância para a sua aprendizagem.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

5. Considero que Darwin tinha convicção de que na natureza havia imensa produção de formas variantes.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

6. Considero a variação e a seleção natural os principais mecanismos da evolução biológica.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

7. Desperto nos alunos as necessidades e os motivos de aprendizagem da evolução biológica.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

8. Trato a evolução biológica como uma teoria, tal qual ela é, não um evento natural.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

9. Estudei / estudo / considero as ideias científicas apresentadas pelos autores contemporâneos abaixo citados:
 Charbel Niño El-Hani []; Nélio Bizzo []; Stephen Jay Gould [];
 Douglas Futuyma []; Rosana Tidon []; Theodosius Dobzhansky [];
 Ernst Mayr []; Richard Dawkins []; Carl Sagan [].

10. Considero a evolução biológica um processo de melhoria dos seres vivos, levando-os à perfeição progressiva, tal como perfeita é a natureza.

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

11. Início as aulas de evolução com os conceitos atuais sobre o processo evolutivo para que, somente depois de apreendidos, tratar dos demais aspectos (cronológicos, históricos, posições divergentes).

Discordo muito [] *Discordo* [] *Concordo* [] *Concordo muito* []

F. Utilize o espaço abaixo para, se quiser, manifestar o seu posicionamento a respeito da expectativa de ser professor, sobre processos pedagógicos, como aprender/ensinar melhor; o que pensa sobre ciência, genética, biologia evolutiva, origem da vida; como foi seu curso de formação inicial; suas convicções, dúvidas, alguma experiência educacional significativa, enfim, o que achar conveniente no contexto desta pesquisa. Você pode também avaliá-la: como foi participar de um projeto em educação em ensino de ciências; o que achou interessante, inovador ou desnecessário; o que pode melhorar. Fique à vontade para expressar suas opiniões, elas serão muito bem-vindas!

Caro(a) estudante, mais uma vez, muito obrigado pela sua atenciosa colaboração!

Prof. Alberto Orioli

Universidade Estadual de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC)
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG)

APÊNDICE F

TABELAS – *CAMPUS* UEG

O Apêndice apresentado a seguir contém as tabelas cujos dados da pesquisa com os estudantes dos sete *campi* foram tabulados. No sentido de preservar a identidade dos alunos bem como a dos *campi* pesquisados, as tabelas serão nomeadas com a descrição *campus*, seguida de um algarismo (*campus 1, campus 2, campus 3, campus 4, campus 5, campus 6 e campus 7*). A ordenação da apresentação das tabelas seguiu o critério *número de alunos pesquisados*, em ordem decrescente.

Campus 1

																								soma das respostas				porcentagem					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	1	2	3	4	1	2	3	4		
A	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2	0	5	18	0	0	21,7	78,3	0		
	2	2	2	4	4	2	1	3	3	3	3	3	4	3	2	2	3	2	4	3	4	3	4	3	1	6	10	6	4,3	26,1	43,5	26,1	
	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	0	0	17	6	0	0	73,9	26,1		
	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	4	2	0	4	15	4	0	17,4	65,2	17,4	
	5	3	3	3	4	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	2	3	0	6	16	1	0	26,1	69,6	4,3	
	6	2	nr	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	Nr	2	3	3	3	2	2	0	11	10	0	0	52,4	47,6	0	
	7	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	1	nr	2	2	3	2	1	13	8	0	4,5	59,1	36,4	0	
	8	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	2	3	3	1	3	1	2	18	2	4,3	8,7	78,3	8,7	
B	1	2	2	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	2	2	3	1	3	nr	2	3	3	2	1	6	12	3	4,5	27,3	54,6	13,6	
	2	3	3	3	4	2	4	2	2	2	3	3	2	3	1	3	3	1	1	3	2	3	2	2	3	8	10	2	13,0	34,8	43,5	8,7	
	3	2	2	2	1	2	3	3	2	2	3	1	1	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	1	7	12	4	0	30,4	52,2	17,4	0	
	4	2	2	3	4	3	4	3	3	3	3	4	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	1	1	9	10	3	4,3	39,1	43,5	13,0	
	5	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	3	2	7	14	2	0	30,4	60,9	8,7	0	
	6	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	0	0	17	6	0	0	73,9	26,1	
	7	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	0	2	21	0	0	8,7	91,3	0	
	8	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	11	12	0	0	47,8	52,2	0	0	
	9	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	0	1	19	3	0	4,3	82,6	13,0	
	10	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3	0	0	17	6	0	0	73,9	26,1	
	11	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	1	21	1	0	4,3	91,3	4,3	
	12	2	2	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	2	0	5	15	3	0	21,7	65,2	13,0
	13	3	3	3	4	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	2	1	8	13	1	4,3	34,8	56,5	4,3	
C	1	2	2	3	3	3	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	0	5	16	2	0	21,7	69,6	8,7		
	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	0	9	12	2	0	39,1	52,2	8,7		
	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	1	2	1	10	12	0	4,3	43,5	52,2	0		
	4	2	2	2	3	4	3	2	2	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	0	9	11	3	0	39,1	47,8	13,0	
	5	2	2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	0	7	15	1	0	30,4	65,2	4,3	
	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	0	7	16	0	0	30,4	69,6	0	
	7	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2	3	0	6	17	0	0	26,1	73,9	0		
	8	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	1	3	1	2	2	3	18	0	8,7	13,0	78,3	0	
D	1	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	1	3	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	7	14	0	8,7	30,4	60,9	0		
	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	2	7	14	0	8,7	30,4	60,9	0		
	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	0	6	17	0	0	26,1	73,9	0		
	4	2	3	3	4	4	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	1	4	16	2	4,3	17,4	69,6	8,7		
	5	2	2	3	4	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	1	2	3	2	1	13	8	1	4,3	56,5	34,8	4,3	
E	1	2	nr	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	0	9	13	0	0	40,9	59,1	0		
	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	0	0	21	2	0	0	91,3	8,7		
	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	0	1	19	3	0	4,3	82,6	13,0		
	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	22	1	0	0	95,7	4,3	0		
	5	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	4	4	3	3	2	0	2	16	5	0	8,7	69,6	21,7	
	6	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	0	3	17	3	0	13,0	73,9	13,0	
	7	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	2	20	1	0	8,7	87,0	4,3		
	8	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	1	3	1	14	8	0	4,3	60,9	34,8	0	
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10	2	2	3	4	2	nr	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	4	1	3	1	2	7	11	2	9,1	31,8	50,0	9,1	
	11	2	2	3	4	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	4	3	2	3	2	0	9	12	2	0	39,1	52,2	8,7	

Campus 2

	soma das respostas																Porcentagem									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4					
A	1	3	2	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	0	2	14	1	0	11,8	82,3	5,9	
	2	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	0	0	13	4	0	0	76,5	23,5	
	3	4	2	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	1	14	2	0	5,9	82,3	11,8	
	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	17	0	0	0	100	0	
	5	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	1	2	2	3	3	3	1	4	12	0	5,9	23,5	70,6	0
	6	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	0	5	12	0	0	29,4	70,6	0	
	7	3	4	2	1	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	1	7	8	1	5,9	41,2	47	5,9	
	8	4	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	3	3	0	6	10	1	0	35,3	58,8	5,9	
B	1	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	2	14	0	5,9	11,8	82,3	0	
	2	4	nr	2	2	1	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	9	5	1	6,3	56,3	31,3	6,3	
	3	1	1	2	3	3	3	2	3	3	2	2	3	1	1	2	2	4	7	6	0	23,5	41,2	35,3	0	
	4	1	4	3	nr	3	3	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	1	8	6	1	6,3	50	37,5	6,3	
	5	1	3	2	2	1	2	2	2	3	2	2	4	2	2	1	1	4	10	2	1	23,5	58,8	11,8	5,9	
	6	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0	1	13	3	0	5,9	76,5	17,6	
	7	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	15	0	0	11,8	88,2	0	
	8	1	3	2	2	1	2	1	2	3	1	1	1	2	3	1	1	9	5	3	0	53	29,4	17,6	0	
	9	2	3	3	nr	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	1	14	1	0	6,3	87,5	6,3	
	10	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	0	0	14	3	0	0	82,3	17,6	
	11	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	0	3	13	1	0	17,6	76,5	5,9	
	12	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	0	1	14	2	0	5,9	82,3	11,8	
	13	2	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2	1	2	3	2	2	1	11	5	0	5,9	65,7	29,4	0	
C	1	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	nr	0	0	13	3	0	0	81,3	18,8	
	2	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	nr	0	0	13	3	0	0	81,3	18,8	
	3	3	1	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1	13	3	0	5,9	76,5	17,6	0	
	4	2	1	2	3	1	2	2	2	3	2	2	2	1	2	3	2	3	11	3	0	17,6	64,7	17,6	0	
	5	2	2	3	1	3	4	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	1	10	5	1	5,9	58,8	29,4	5,9	
	6	3	3	3	2	3	4	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	0	9	7	1	0	53	41,2	5,9	
	7	3	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	1	3	13	0	5,9	17,6	76,5	0	
	8	3	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	1	1	2	2	2	4	4	9	0	23,5	23,5	53	0	
D	1	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	0	4	12	1	0	23,5	70,6	5,9	
	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	1	2	2	1	6	10	0	5,9	35,3	58,8	0	
	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	0	2	14	1	0	11,8	82,3	5,9	
	4	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	4	13	0	0	23,5	76,5	0	
	5	1	1	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	2	4	10	3	0	23,5	58,8	17,6	0	
E	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	0	1	15	1	0	5,9	88,2	5,9	
	2	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	15	2	0	0	88,2	11,8	
	3	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	5	11	0	5,9	29,4	64,7	0	
	4	1	1	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	1	2	2	3	9	5	0	17,6	53	29,4	0	

5	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	0	4	13	0	0	23,5	76,5	0
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	17	0	0	0	100	0
7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	17	0	0	0	100	0
8	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	0	8	9	0	0	47	53	0
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	1	15	0	5,9	5,9	88,2	0
11	nr	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	0	4	12	0	0	25	75	0

Campus 3

																		soma das respostas				Porcentagem					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4	1	2	3	4		
A	1	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	0	0	9	8	0,0	0,0	53,0	47,0	
	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4	0	0	6	11	0,0	0,0	35,3	64,7	
	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	0	0	7	10	0,0	0,0	41,2	58,8	
	4	3	3	4	3	4	4	4	4	1	3	3	4	2	3	4	4	3	1	1	7	8	5,9	5,9	41,2	47,0	
	5	3	4	4	4	4	4	4	3	2	3	3	4	3	3	4	3	3	0	1	8	8	0,0	5,9	47,0	47,0	
	6	3	1	3	4	4	1	4	2	3	3	3	4	nr	2	3	3	3	2	2	8	4	12,5	12,5	50,0	25,0	
	7	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	nr	3	4	4	3	0	0	6	10	0,0	0,0	37,5	62,5	
	8	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	0	0	7	10	0,0	0,0	41,2	58,8	
B	1	1	1	3	2	2	1	1	2	4	1	1	1	3	3	1	2	2	8	5	3	1	47,0	29,4	17,6	5,9	
	2	3	4	3	4	3	4	4	4	1	3	3	4	3	3	3	4	3	1	0	9	7	5,9	0,0	53,0	41,2	
	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	2	11	4	2	0	64,7	23,5	11,8	0,0	
	4	1	1	1	1	2	1	1	1	3	2	1	1	nr	2	1	1	3	11	3	2	0	68,7	18,7	12,5	0,0	
	5	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	2	12	4	1	0	70,1	23,5	5,9	0,0	
	6	3	4	3	4	4	1	4	4	3	2	3	1	3	3	4	2	3	2	2	7	6	11,8	11,8	41,2	35,3	
	7	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	nr	3	4	3	3	0	0	9	7	0,0	0,0	56,2	43,7	
	8	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	13	4	0	0	76,5	23,5	0,0	0,0	
	9	2	1	3	3	2	3	1	3	3	2	2	2	2	3	1	3	3	3	6	8	0	17,6	35,3	47,0	0,0	
	10	3	1	3	1	2	3	4	3	1	2	3	1	2	3	4	4	3	4	3	7	3	23,5	17,6	41,2	17,6	
	11	nr	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	1	2	3	4	3	3	1	1	8	6	6,2	6,2	50,0	37,5	
	12	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	1	3	3	4	3	3	1	0	10	6	5,9	0,0	58,8	35,3	
	13	3	4	4	2	4	4	4	3	1	3	2	1	2	2	3	3	3	2	4	6	5	11,8	23,5	35,3	29,4	
C	1	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	2	0	1	3	13	0,0	5,9	17,6	76,5		
	2	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	0	0	4	13	0,0	0,0	23,5	76,5		
	3	3	1	4	3	2	4	1	4	1	2	1	4	3	3	2	2	4	4	5	4	23,5	23,5	29,4	23,5		
	4	2	1	1	3	1	1	1	2	4	2	2	3	1	2	1	2	2	7	7	2	1	41,2	41,2	11,8	5,9	
	5	2	3	4	2	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	0	2	7	8	0,0	11,8	41,2	47,0	
	6	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	0	0	7	10	0,0	0,0	41,2	58,8	
	7	nr	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	0	0	7	9	0,0	0,0	43,7	56,3	
	8	nr	4	4	3	4	4	4	4	1	4	4	3	2	3	4	4	2	1	2	3	10	6,2	12,5	18,7	62,5	
D	1	3	3	3	2	2	2	3	4	2	4	3	3	2	3	4	1	2	1	6	7	3	5,9	35,3	41,2	17,6	
	2	3	2	3	3	3	3	4	2	2	3	3	2	3	3	3	3	0	4	12	1	0,0	23,5	70,6	5,9		
	3	3	4	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	4	3	0	2	12	3	0,0	11,8	70,6	17,6		
	4	3	2	3	3	2	2	1	1	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	8	7	0	11,8	47,0	41,2	0,0	
	5	1	2	3	2	3	2	1	2	4	2	2	4	2	2	1	3	2	3	9	3	2	17,6	53,0	17,6	11,8	
E	1	3	3	2	2	1	nr	4	3	2	3	2	4	nr	2	2	1	2	2	7	4	2	13,3	46,7	26,7	13,3	
	2	3	3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	2	0	1	9	7	0,0	5,9	53,0	41,2	
	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	0	0	9	8	0,0	0,0	53,0	47,0	
	4	3	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	nr	2	2	2	2	5	10	1	0	31,2	62,5	6,2	0,0	
	5	nr	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	0	0	11	5	0,0	0,0	68,7	31,2	
	6	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	0	1	12	4	0,0	5,9	70,6	23,5	
	7	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	0	1	8	8	0,0	5,9	47,0	47,0	
	8	2	1	1	3	3	2	1	4	3	3	3	1	2	2	1	1	2	6	5	5	1	35,3	29,4	29,4	5,9	
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	1	1	2	2	1	1	1	3	3	2	1	1	2	2	1	1	2	9	6	2	0	53,0	35,3	11,8	0,0	
	11	1	3	2	3	2	3	1	4	3	2	3	2	nr	3	3	3	2	2	5	8	1	12,5	31,2	50,0	6,2	

Campus 4

																soma das respostas				porcentagem				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	1	2	3	4	
A	1	3	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	0	2	12	1	0,0	13,3	80,0	6,7	
	2	3	3	3	4	3	4	4	2	3	3	3	3	4	2	0	2	9	4	0,0	13,3	60,0	26,7	
	3	3	4	2	3	4	3	3	2	3	3	3	2	4	3	0	3	9	3	0,0	20,0	60,0	20,0	
	4	3	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	3	4	3	0	3	11	1	0,0	20,0	73,3	6,7	
	5	3	3	2	4	4	2	3	2	3	2	2	3	3	3	0	5	8	2	0,0	33,3	53,3	13,3	
	6	2	3	2	3	3	2	2	3	3	nr	2	3	3	3	0	5	9	0	0,0	35,7	64,3	0,0	
	7	3	2	2	2	4	2	2	3	2	3	1	3	3	3	1	6	7	1	6,7	40,0	46,7	6,7	
	8	3	3	2	4	3	3	3	2	3	2	2	3	4	3	0	4	9	2	0,0	26,7	60,0	13,3	
B	1	4	3	3	2	4	3	1	3	2	2	3	2	2	4	1	6	5	3	6,7	40,0	33,3	20,0	
	2	3	3	2	2	3	2	1	2	2	nr	3	3	2	3	3	1	6	7	0	7,1	42,9	50,0	0,0
	3	3	2	2	2	1	3	2	1	2	2	2	3	2	4	2	2	9	3	1	13,3	60,0	20,0	6,7
	4	3	3	3	2	4	3	3	2	3	2	3	2	2	4	3	0	5	8	2	0,0	33,3	53,3	13,3
	5	1	2	3	2	3	2	1	2	3	2	1	2	2	1	2	4	8	3	0	26,7	53,3	20,0	0,0
	6	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	0	0	8	7	0,0	0,0	53,3	46,7
	7	4	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	0	4	10	1	0,0	26,7	66,7	6,7
	8	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	1	2	1	2	1	4	8	3	0	26,7	53,3	20,0	0,0
	9	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	0	0	10	5	0,0	0,0	66,7	33,3
	10	4	4	2	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	0	1	4	10	0,0	6,7	26,7	66,7
	11	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	0	1	12	2	0,0	6,7	80,0	13,3
	12	4	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	4	3	0	1	10	4	0,0	6,7	66,7	26,7
	13	3	4	2	2	3	3	2	2	3	3	3	1	2	3	2	1	6	7	1	6,7	40,0	46,7	6,7
C	1	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	0	0	6	9	0,0	0,0	40,0	60,0
	2	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	0	0	6	9	0,0	0,0	40,0	60,0
	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	1	1	1	2	0	11	2	13,3	0,0	73,3	13,3
	4	2	3	2	4	1	1	4	2	2	2	4	2	2	1	1	4	7	1	3	26,7	46,7	6,7	20,0
	5	3	4	2	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	0	1	5	9	0,0	6,7	33,3	60,0
	6	3	4	2	4	4	3	2	3	3	4	3	3	3	4	3	0	2	8	5	0,0	13,3	53,3	33,3
	7	3	4	2	3	3	3	3	2	nr	4	2	3	3	4	4	0	3	7	4	0,0	21,4	50,0	28,6
	8	3	4	2	3	1	3	3	2	2	2	1	3	3	4	3	2	4	7	2	13,3	26,7	46,7	13,3
D	1	3	2	3	3	4	3	2	4	3	3	2	2	3	2	3	0	5	8	2	0,0	33,3	53,3	13,3
	2	3	4	2	1	3	1	1	3	nr	4	4	2	3	3	4	3	2	5	4	21,4	14,3	35,7	28,6
	3	3	4	3	3	4	3	1	3	3	4	2	3	3	3	3	1	1	10	3	6,7	6,7	66,7	20,0
	4	3	3	3	4	2	3	3	3	3	2	2	2	3	4	3	0	4	9	2	0,0	26,7	60,0	13,3
	5	4	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	0	9	5	1	0,0	60,0	33,3	6,7
E	1	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	2	4	4	2	0	6	7	2	0,0	40,0	46,7	13,3	
	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	4	2	4	0	2	11	2	0,0	13,3	73,3	13,3	
	3	3	3	3	4	4	3	3	2	3	3	2	3	4	4	3	0	2	9	4	0,0	13,3	60,0	26,7
	4	3	3	2	1	1	3	1	3	2	2	1	2	2	1	1	6	5	4	0	40,0	33,3	26,7	0,0
	5	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	3	0	2	10	3	0,0	13,3	66,7	20,0
	6	3	2	2	3	4	3	2	2	3	3	3	3	3	4	3	0	4	9	2	0,0	26,7	60,0	13,3
	7	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	0	0	12	3	0,0	0,0	80,0	20,0
	8	3	2	3	2	4	3	2	3	3	3	3	3	2	4	3	0	4	9	2	0,0	26,7	60,0	13,3
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	3	3	3	2	4	4	3	2	3	2	3	2	2	4	3	0	5	7	3	0,0	33,3	46,7	20,0
	11	3	4	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	4	1	1	1	10	3	6,7	6,7	66,7	20,0

Campus 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	soma das respostas				porcentagem				
									1	2	3	4	1	2	3	4	
A	1	3	3	3	3	4	3	3	3	0	0	7	1	0,0	0,0	87,5	12,5
	2	nr	4	4	3	4	4	4	3	0	0	2	5	0,0	0,0	28,6	71,4
	3	3	4	4	4	4	4	4	3	0	0	2	6	0,0	0,0	25,0	75,0
	4	2	4	4	4	4	3	3	3	0	1	3	4	0,0	12,5	37,5	50,0
	5	3	3	3	2	4	4	4	2	0	2	3	3	0,0	25,0	37,5	37,5
	6	3	3	nr	3	4	3	3	Nr	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7
	7	3	4	3	3	4	3	4	Nr	0	0	4	3	0,0	0,0	57,1	42,9
	8	3	3	4	3	4	3	3	3	0	0	6	2	0,0	0,0	75,0	25,0
B	1	2	4	3	2	3	3	3	3	0	2	5	1	0,0	25,0	62,5	12,5
	2	2	3	3	2	4	3	3	2	0	3	4	1	0,0	37,5	50,0	12,5
	3	2	2	2	2	4	2	2	3	0	6	1	1	0,0	75,0	12,5	12,5
	4	2	3	2	2	4	2	2	3	0	5	2	1	0,0	62,5	25,0	12,5
	5	1	1	2	1	1	1	1	4	6	1	0	1	75,0	12,5	0,0	12,5
	6	1	3	4	4	3	3	3	3	1	0	5	2	12,5	0,0	62,5	25,0
	7	3	3	3	2	2	3	3	2	0	3	5	0	0,0	37,5	62,5	0,0
	8	1	2	2	1	1	2	1	2	4	4	0	0	50,0	50,0	0,0	0,0
	9	1	3	3	4	2	3	3	3	1	1	5	1	12,5	12,5	62,5	12,5
	10	3	4	4	4	4	3	4	3	0	0	3	5	0,0	0,0	37,5	62,5
	11	3	3	3	4	4	3	3	3	0	0	6	2	0,0	0,0	75,0	25,0
	12	3	3	3	3	4	3	3	2	0	1	6	1	0,0	12,5	75,0	12,5
	13	4	3	2	3	1	3	nr	1	2	1	3	1	28,6	14,3	42,8	14,3
C	1	4	4	3	3	4	3	4	3	0	0	4	4	0,0	0,0	50,0	50,0
	2	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	8	0,0	0,0	0,0	100,0
	3	3	3	2	2	2	2	2	2	0	6	2	0	0,0	75,0	25,0	0,0
	4	1	3	2	2	2	3	2	3	1	4	3	0	12,5	50,0	37,5	0,0
	5	3	3	2	3	3	4	4	2	0	2	4	2	0,0	25,0	50,0	25,0
	6	3	4	3	3	3	4	4	3	0	0	5	3	0,0	0,0	62,5	37,5
	7	4	4	3	3	4	3	3	2	0	1	4	3	0,0	12,5	50,0	37,5
	8	4	3	2	2	4	3	3	1	1	2	3	2	12,5	25,0	37,5	25,0
D	1	4	3	4	2	4	3	4	3	0	1	3	4	0,0	12,5	37,5	50,0
	2	4	2	4	3	2	2	2	4	0	4	1	3	0,0	50,0	12,5	37,5
	3	4	3	3	2	2	3	3	3	0	2	5	1	0,0	25,0	62,5	12,5
	4	3	4	4	3	3	4	2	3	0	1	4	3	0,0	12,5	50,0	37,5
	5	3	2	2	4	4	2	4	2	0	4	1	3	0,0	50,0	12,5	37,5
E	1	3	2	3	3	4	2	2	3	0	3	4	1	0,0	37,5	50,0	12,5
	2	3	3	4	3	4	3	3	4	0	0	5	3	0,0	0,0	62,5	37,5
	3	4	3	4	3	4	3	3	4	0	0	4	4	0,0	0,0	50,0	50,0
	4	1	1	2	2	1	1	2	2	4	4	0	0	50,0	50,0	0,0	0,0
	5	3	3	3	4	4	3	3	Nr	0	0	5	2	0,0	0,0	71,4	28,6
	6	3	3	3	3	4	3	3	3	0	0	7	1	0,0	0,0	87,5	12,5
	7	3	3	3	3	4	3	4	3	0	0	6	2	0,0	0,0	75,0	25,0
	8	2	2	3	1	1	2	2	4	2	4	1	1	25,0	50,0	12,5	12,5
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	1	3	3	2	2	2	1	2	2	4	2	0	25,0	50,0	25,0	0,0
	11	3	1	3	2	1	2	1	3	3	2	3	0	37,5	25,0	37,5	0,0

Campus 6

	1	2	3	4	5	6	soma das respostas				porcentagem					
							1	2	3	4	1	2	3	4		
A	1	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	2	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	3	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	4	4	3	3	3	3	3	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7	
	5	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	6	3	2	2	2	2	2	0	5	1	0	0,0	83,3	16,7	0,0	
	7	2	3	3	3	3	3	0	1	5	0	0,0	16,7	83,3	0,0	
	8	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
B	1	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	2	2	2	2	2	2	2	0	6	0	0	0,0	100	0,0	0,0	
	3	2	2	2	2	1	2	1	5	0	0	16,7	83,3	0,0	0,0	
	4	3	2	2	2	2	2	0	5	1	0	0,0	83,3	16,7	0,0	
	5	2	2	1	1	1	3	3	2	1	0	50,0	33,3	16,7	0,0	
	6	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	7	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	8	2	1	2	2	1	1	3	3	0	0	50,0	50,0	0,0	0,0	
	9	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	10	4	3	4	4	3	3	0	0	3	3	0,0	0,0	50,0	50,0	
	11	4	3	3	3	4	4	0	0	3	3	0,0	0,0	50,0	50,0	
	12	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	13	3	3	2	2	2	2	0	4	2	0	0,0	66,7	33,3	0,0	
C	1	2	1	2	2	1	1	3	3	0	0	50,0	50,0	0,0	0,0	
	2	3	2	2	2	2	2	0	5	1	0	0,0	83,3	16,7	0,0	
	3	1	2	2	2	1	2	2	4	0	0	33,3	66,7	0,0	0,0	
	4	2	2	2	2	2	2	0	6	0	0	0,0	100	0,0	0,0	
	5	3	2	1	1	1	1	4	1	1	0	66,7	16,7	16,7	0,0	
	6	1	2	2	2	1	2	2	4	0	0	33,3	66,7	0,0	0,0	
	7	3	3	3	3	1	2	1	1	4	0	16,7	16,7	66,7	0,0	
	8	3	3	3	3	4	3	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7	
D	1	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	2	3	2	2	2	2	3	0	4	2	0	0,0	66,7	33,3	0,0	
	3	2	2	2	2	1	2	1	5	0	0	16,7	83,3	0,0	0,0	
	4	3	2	3	3	3	3	0	1	5	0	0,0	16,7	83,3	0,0	
	5	3	2	1	2	3	3	1	2	3	0	16,7	33,3	50,0	0,0	
E	1	3	3	3	3	1	3	1	0	5	0	16,7	0,0	83,3	0,0	
	2	4	3	3	3	3	3	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7	
	3	4	3	3	3	3	3	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7	
	4	3	3	2	2	2	2	0	4	2	0	0,0	66,7	33,3	0,0	
	5	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	6	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	7	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	8	3	3	2	2	2	2	0	4	2	0	0,0	66,7	33,3	0,0	
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	3	3	3	3	3	3	0	0	6	0	0,0	0,0	100	0,0	
	11	4	3	3	3	3	3	0	0	5	1	0,0	0,0	83,3	16,7	

Campus 7

	1	2	3	4	5	soma das respostas				Porcentagem				
						1	2	3	4	1	2	3	4	
A	1	3	3	3	3	nr	0	0	4	0	0,0	0,0	100	0,0
	2	3	2	4	4	nr	0	1	1	2	0,0	25,0	25,0	50,0
	3	3	3	4	4	nr	0	0	2	2	0,0	0,0	50,0	50,0
	4	4	2	3	4	nr	0	1	1	2	0,0	25,0	25,0	50,0
	5	nr	2	3	3	nr	0	1	2	0	0,0	33,3	66,7	0,0
	6	2	2	3	2	nr	0	3	1	0	0,0	75,0	25,0	0,0
	7	2	2	4	3	nr	0	2	1	1	0,0	50,0	25,0	25,0
	8	4	2	4	4	nr	0	1	0	3	0,0	25,0	0,0	75,0
B	1	1	3	1	4	nr	2	0	1	1	50,0	0,0	25,0	25,0
	2	2	2	3	4	nr	0	2	1	1	0,0	50,0	25,0	25,0
	3	2	3	1	1	nr	2	1	1	0	50,0	25,0	25,0	0,0
	4	2	2	1	4	nr	1	2	0	1	25,0	50,0	0,0	25,0
	5	2	3	1	1	nr	2	1	1	0	50,0	25,0	25,0	0,0
	6	3	4	4	4	nr	0	0	1	3	0,0	0,0	25,0	75,0
	7	3	2	4	4	nr	0	1	1	2	0,0	25,0	25,0	50,0
	8	2	1	1	1	nr	3	1	0	0	75,0	25,0	0,0	0,0
	9	3	3	4	4	nr	0	0	2	2	0,0	0,0	50,0	50,0
	10	3	3	4	4	nr	0	0	2	2	0,0	0,0	50,0	50,0
	11	4	3	4	4	nr	0	0	1	3	0,0	0,0	25,0	75,0
	12	3	3	3	4	nr	0	0	3	1	0,0	0,0	75,0	25,0
	13	2	3	4	4	nr	0	1	1	2	0,0	25,0	25,0	50,0
C	1	3	3	4	4	4	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
	2	3	3	4	4	4	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
	3	1	3	1	4	4	2	0	1	2	40,0	0,0	20,0	40,0
	4	2	3	1	3	2	1	2	2	0	20,0	40,0	40,0	0,0
	5	2	2	3	4	4	0	2	1	2	0,0	40,0	20,0	40,0
	6	3	3	3	4	4	0	0	3	2	0,0	0,0	60,0	40,0
	7	3	3	3	4	4	0	0	3	2	0,0	0,0	60,0	40,0
	8	3	4	3	4	4	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
D	1	3	3	4	4	4	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
	2	4	3	4	4	3	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
	3	3	3	4	4	4	0	0	2	3	0,0	0,0	40,0	60,0
	4	1	4	2	4	2	1	2	0	2	20,0	40,0	0,0	40,0
	5	2	4	2	1	4	1	2	0	2	20,0	40,0	0,0	40,0
E	1	3	3	3	4	3	0	0	4	1	0,0	0,0	80,0	20,0
	2	3	3	3	4	2	0	1	3	1	0,0	20,0	60,0	20,0
	3	2	3	3	4	3	0	1	3	1	0,0	20,0	60,0	20,0
	4	2	3	1	1	2	2	2	1	0	40,0	40,0	20,0	0,0
	5	nr	4	3	4	3	0	0	2	2	0,0	0,0	50,0	50,0
	6	3	3	3	4	4	0	0	3	2	0,0	0,0	60,0	40,0
	7	3	3	3	4	4	0	0	3	2	0,0	0,0	60,0	40,0
	8	2	3	nr	4	1	1	1	1	1	25,0	25,0	25,0	25,0
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	2	4	3	4	1	1	1	1	2	20,0	20,0	20,0	40,0
	11	2	3	3	4	3	0	1	3	1	0,0	20,0	60,0	20,0

APÊNDICE G

ATIVIDADE DIDÁTICA APRESENTADA NO MINICURSO DO ELU



Figura 3 – Materiais utilizados na atividade prática: pinças, frutos, sementes e bandejas. Fonte: autores, 2014.



Figura 4 – I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU. Fonte: autores, 2014.



Figura 5 – I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU. Fonte: autores, 2014.



Figura 6 – I Encontro das Licenciaturas da UEG – ELU. Fonte: autores, 2014.

APÊNDICE H

**ATIVIDADE DIDÁTICA APRESENTADA NA I FEIRA DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DA ESCOLA MUNICIPAL JOSÉ BOTELHO PESSOA**



Figura 7 – I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa. Fonte: autores, 2014.



Figura 8 – I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa. Fonte: autores, 2014.



Figura 9 – I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa. Fonte: autores, 2014.



Figura 10 – I Feira de Ciência e Tecnologia da Escola Municipal José Botelho Pessoa. Fonte: autores, 2014.

ANEXO

ANEXO A**TRANSCRIÇÃO DE UM FRAGMENTO DA CARTA ESCRITA
POR CHARLES DARWIN À ASA GRAY**

Down, Bromley, Kent

5 de setembro de 1857

Meu estimado Gray

Não me recordo das palavras exatas que usei em minha carta anterior, mas creio ter dito achar que me desprezarias profundamente quando eu te contasse as ideias a que havia chegado, o que fiz por julgar que era meu dever fazê-lo, na condição de homem íntegro.

Eu não me sentia minimamente seguro de que, quando soubesses para onde eu estava tendendo, não me julgaria tão desvairado e tolo em minhas ideias [...]. Ora, quando vejo reações tão drásticas em meus mais velhos amigos, não há de ficar surpreso de eu sempre esperar que minhas ideias sejam recebidas com desdém [...].

Já que pareces interessado no assunto, e uma vez que é para mim um *imenso* benefício escrever-te e saber, **ainda que muito sucintamente**, o que pensas, estou anexando (*passado a limpo, para te poupar dificuldades na leitura*) um resumo extremamente sucinto de minhas ideias sobre os **meios** através dos quais a natureza produz as espécies [...]

[Anexo]

I. É maravilhoso o que pode fazer o princípio da Seleção pelo Homem, isto é, a escolha de indivíduos com alguma qualidade desejada e a reprodução, a partir deles, seguida por uma nova seleção. Até os criadores ficam surpresos com seus resultados. Eles podem trabalhar com diferenças imperceptíveis para o olho não-educado. A seleção tem sido *metodicamente* adotada, na *Europa*, apenas nestes últimos cinquenta anos. Vez por outra, entretanto, e até metodicamente, em certa medida, ela foi seguida nas mais remotas eras. Também deve ter havido uma espécie de seleção inconsciente desde os tempos mais antigos – a saber, na preservação dos animais (sem nenhuma consideração com sua prole) que eram mais úteis a cada raça do homem em suas circunstâncias específicas. A “poda das anomalias”, nome dado pelos criadores à destruição das variedades que se deviam de seu tipo característico, é uma forma de seleção. Estou convencido de que a seleção intencional e ocasional foi o principal agente na produção de nossas raças domésticas. Mas, seja como for, seu grande poder de modificação foi incontestavelmente exibido nos últimos tempos. A seleção atua unicamente pela acumulação de variações muito pequenas ou maiores, causadas por condições externas, ou pelo simples fato de que, na geração, a prole não é absolutamente idêntica aos seus genitores. O homem, através de sua capacidade de acumular variações, adapta os seres vivos a suas necessidades – *pode-se* dizer que ele torna a lã de uma ovelha boa para os tapetes e a de outra, boa para tecidos & c.

II. Pois suponhamos que existisse um ser que não julgasse pela simples aparência externa, mas fosse capaz de estudar toda a organização interna, - que nunca agisse por capricho, - e que prosseguisse na seleção para uma determinada finalidade durante milhões de gerações: quem sabe o que ele haveria de realizar! Na natureza, ocasionalmente, temos algumas *ligeiras* variações por toda a parte: e creio que se pode demonstrar que uma alteração nas condições de vida é a principal causa de o filho não ser exatamente idêntico a seus pais; e, na natureza, a geologia nos mostra as mudanças que ocorreram e continuam a ocorrer. Dispomos de um tempo quase limitado: ninguém senão um geólogo praticante é capaz de reconhecer isso plenamente; pensemos no período Glacial, durante todo o qual existiram pelo menos as mesmas espécies de conchas; deve ter havido, durante esse período, milhões e milhões de gerações.

III. Creio ser possível mostrar que existe em funcionamento esse poder infalível, ou *Seleção Natural* (título do meu Livro), que efetua a seleção exclusivamente para o bem de casa ser orgânico. Candolle, o Velho, W. Herbert e Lyell escreveram vigorosamente sobre a luta pela vida, mas nem mesmo eles escreveram de maneira suficientemente enfática. Há que considerarmos que todo ser (até mesmo o elefante) reproduz-se com tal velocidade que, no intervalo de anos ou, no máximo, de alguns séculos ou milênios, a superfície da Terra não seria capaz de conter a prole de nenhuma espécie isolada. Foi-me difícil manter constantemente em vista a ideia de que o aumento de cada espécie é contido durante parte de sua vida, ou durante alguma geração que se repita a intervalos curtos. Apenas alguns dos que nascem anualmente podem viver para propagar a espécie. Quão insignificante deve ser a diferença que determina, muitas vezes, quem deverá sobreviver e quem perecerá.

IV. Consideremos agora o caso de uma região que esteja passando por uma mudança; isso tenderá a fazer que alguns de seus habitantes variem ligeiramente; não que eu não acredite que a maioria dos seres varia o suficiente, em todas as ocasiões, para que a seleção atue sobre eles. Alguns de seus habitantes serão exterminados, e os demais ficarão expostos a ação recíproca de um conjunto diferente de habitantes, o que creio ser mais importante para a vida de cada organismo do que o simples clima. Considerando as maneiras infinitamente variáveis de que os seres dispõem para obter alimento através de luta com outros seres, para escapar do perigo em vários momentos da vida, para fazer que seus ovos ou suas sementes sejam disseminados &c, não duvido de que, durante milhões de gerações, nasçam indivíduos de uma espécie com alguma pequena variação que seja benéfica a uma parte de sua economia; esses terão melhor probabilidade de sobreviver, propagando essa variação, a qual, por sua vez, será lentamente aumentada pela ação cumulativa da seleção natural; e a variedade assim formada irá coexistir com sua forma ancestral ou, mais comumente, exterminá-la. Assim, um ser orgânico como o pica-pau, ou a erva-de-passarinho, poderá adaptar-se a uma multiplicidade de contingências, com a seleção natural acumulando, em todas as partes de sua estrutura, as ligeiras variações que de algum modo lhe são úteis durante alguma parte de sua vida.

V. A todos hão de ocorrer dificuldades multiformes a propósito desta teoria. A maioria delas, creio eu, pode ser satisfatoriamente respondida. – “*Natura non facit saltum*” responde a

algumas das mais evidentes. – A lentidão da mudança e o fato de apenas alguns indivíduos serem submetidos à mudança, numa determinada época, respondem a outras. As extremas imperfeições de nossos registros geológicos respondem a outras.

VI. Um outro princípio, que pode ser chamado de princípio da divergência, desempenha, a meu ver, um papel importante na origem das espécies. Um mesmo local é capaz de sustentar uma quantidade maior de vida quando é ocupado por formas muito diversificadas: podemos ver isso nas formas muito genéricas de uma jarda quadrada de relva (contei 20 espécies, pertencentes a 18 gêneros), - ou nas plantas e insetos de qualquer ilha uniforme, pertencentes a um número quase tão grande de gêneros e famílias quanto de espécies. – Podemos entender isso com respeito aos animais superiores, cujos hábitos compreendemos melhor. Sabemos que já foi experimentalmente demonstrado que um pedaço de terra produz uma safra maior, se for semeado com várias espécies de gramíneas, do que com 2 ou 3 espécies. Ora, pode-se afirmar que todo e qualquer ser orgânico, ao se propagar rapidamente, está lutando ao máximo para aumentar seu número. O mesmo acontece com os descendentes de qualquer espécie, depois que ela se decompõe em variedades ou subespécies ou em verdadeiras espécies. E dos fatos precedentes, creio eu, decorre que a prole variável de cada espécie tentará (embora poucos consigam) apoderar-se do número maior e mais diversificado possível de lugares na economia da natureza. Uma vez formada, cada nova variedade ou espécie costuma tomar o lugar de seu ancestral menos bem equipado, com isso o exterminando. Essa é, segundo creio, a origem da classificação ou do arranjo de todos os seres orgânicos em todas as épocas. Eles sempre **parecem** ramificar-se e subramificar-se, como uma árvore nascida de um tronco comum; os ramos viçosos destroem os menos vigorosos – os galhos mortos e perdidos representam, toscamente, os gêneros e famílias extintos.

Este esboço é *sumamente* imperfeito, mas, num prazo tão curto, não posso fazê-lo melhor. Tua imaginação deverá preencher muitas lacunas enormes. – sem uma certa reflexão, tudo isso parecerá um disparate; talvez pareça um disparate depois da reflexão.

Este pequeno resumo aborda apenas o poder cumulativo da seleção natural, que considero sendo, sem sombra de dúvida, o elemento mais importante na produção de novas formas. As leis que regem a variação incipiente ou primordial (que não tem importância, a não ser como uma base sobre a qual a seleção poderá atuar, aspecto sob o qual é extremamente importante) serão discutidas por mim em diversos tópicos, mas, como bem podes imaginar, só posso chegar a conclusões muito parciais & imperfeitas.

Charles Darwin.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

OOR60 Orioli, Alberto Rogélio
a Análise das concepções do conceito de evolução biológica de
estudantes de licenciatura em ciências biológicas do estado de Goiás
/ Alberto Rogélio Orioli; orientador Cláudio Magalhães de Almeida; co-
orientador João Roberto Resende Ferreira. – Anápolis, 2016.
195 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Profissional em Ensino de Ciências) – Câmpus-Anápolis CET,
Universidade Estadual de Goiás, 2016.

1. Formação de professores. 2. Ensino de biologia. 3. Ensino de
ciências . 4. Evolução biológica. 5. Biologia evolutiva. I. Almeida,
Cláudio Magalhães de, orient. II. Ferreira, João Roberto Resende, co-
orient. III. Título.