



DIAGNOSTICANDO O ENSINO DE EVOLUÇÃO EM NÍVEL MÉDIO NUMA ESCOLA DE ITUIUTABA, MG

IDENTIFYING EVOLUTION TEACHING IN A SECONDARY SCHOOL FROM ITUIUTABA, MG

Nicolas Fernandes Martins¹
Débora Coimbra², Sabrina Coelho Rodrigues³

¹Graduação em Ciências Biológicas/Faculdade de Ciências Integradas do Pontal/ Universidade Federal de Uberlândia, nicolas.scp@hotmail.com

²Faculdade de Ciências Integradas do Pontal/ Universidade Federal de Uberlândia, deborac@pontal.ufu.br

³Faculdade de Ciências Integradas do Pontal/Universidade Federal de Uberlândia, scrodrigues@pontal.ufu.br

Resumo

Um papel central é atribuído à Biologia Evolutiva entre as ciências da vida e entre os documentos oficiais que orientam os currículos educacionais na escola média, mas não no cotidiano escolar. A importância de a Evolução Biológica ser efetivamente trabalhada nas escolas de forma clara e precisa, fazendo a integração com diversos outros conhecimentos, apontou para a pertinência de diagnosticar diferentes noções que professores, particularmente de uma escola pública de ensino médio de Ituiutaba, MG, têm a respeito deste tema. Neste trabalho, analisamos brevemente como o tema é tratado nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio, pois isso nos dá um indicativo do que é oficialmente esperado do trabalho realizado por esse professor. Analisamos, também, o livro didático adotado na instituição. Por fim, discutimos as entrevistas de dois dos três professores responsáveis pela disciplina na mesma.

Palavra-chave: Evolução Biológica, ensino médio, concepções dos professores.

Abstract

A central role is assigned to Evolutionary Biology between life sciences and official documents that guide the educational curricula in the Brazilian Secondary School, but not in the school quotidian. Biological Evolution must be actually studied in a clear and precise approach, reaching integration within other knowledge. In order to identify different teacher understandings about biological evolution, especially from a public high school in Ituiutaba town, MG, here, we briefly analyzed how this issue is addressed in ENEM national test, which indicates what is officially expected of the teacher's work. Also, we analyzed the text book adopted in this teaching institution. Finally, we discuss the several concepts that teachers pointed out in the interviews of two of the three teachers who work in a public high school in Ituiutaba town.

Keywords: Evolutionary Biology, secondary school, teacher misconceptions.

INTRODUÇÃO

Apesar do papel central ocupado pela Evolução Biológica entre as ciências da vida e entre os documentos oficiais que orientam os currículos educacionais, esta não tem representado uma prioridade à altura de sua relevância intelectual, na efetivação das propostas pedagógicas no cotidiano escolar. A teoria da evolução avalia a relação entre organismos individuais e o meio ambiente. Seu idealizador, Charles Darwin, identificou que algumas variações ocorrem em indivíduos de uma mesma espécie (variabilidade) e permitem sua adaptação, podendo sobreviver por mais tempo e produzir mais descendentes que os outros, numa determinada condição ambiental, através do processo de seleção natural. Em 2009, comemoramos 200 anos do nascimento de Charles Darwin e 150 anos da publicação do seu livro "A Origem das Espécies". Em outubro, a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia versará sobre o tema, tornando esse momento privilegiado para analisarmos como as mudanças de concepção curricular vêm se efetivando ou não dentro da sala de aula.

Embora a atual legislação (BRASIL, 1996) – Lei de Diretrizes e Bases (LDB) – já tenha completado mais de uma década, o ensino da biologia em nível básico ainda continua organizado em torno das várias áreas: citologia, genética, evolução, ecologia, zoologia, botânica, entre outras; de forma fragmentada, incorporando níveis de detalhamento excessivos e perdendo o foco do entendimento dos processos básicos que alicerçam a maioria das explicações dos fenômenos biológicos e as vivências práticas desse conhecimento, em discordância com os desdobramentos das propostas promulgadas na referida lei. Como consequência, a relação da ciência com os conhecimentos abordados no desenvolvimento da disciplina não é explicitada durante a escolaridade básica.

Numa tentativa de acompanhar as mudanças do contexto econômico e social, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM), os quais consolidam o ensino médio preconizado na LDB, ao refletir sobre o ensino da biologia num contexto contemporâneo, propõem a reorganização dos conteúdos nas diferentes séries da educação básica (BRASIL, 1999). Há uma recomendação para que essa reorganização privilegie situações de aprendizagem relacionadas aos conhecimentos prévios do estudante, permitindo que o mesmo atue em diferentes contextos de sua vida. Essa proposta materializa-se no desenvolvimento de competências organizadas em três categorias: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sócio-cultural. Esse documento orienta que o programa de ensino seja organizado a partir de seis temas estruturadores, divididos em temáticas a serem enfatizadas em cada etapa (período, série), conforme:

1. Interação entre os seres vivos; concepção de que os seres vivos e o meio constituem um conjunto reciprocamente dependente.
2. Qualidade de vida nas populações humanas; divide-se em outras unidades temáticas relacionadas à saúde, tanto no sentido do indivíduo como no sentido das populações e do ambiente.
3. Identidade dos seres vivos, catalogados pela sua organização celular; funções vitais básicas; DNA, a receita da vida e do seu código; tecnologias de manipulação do DNA.
4. Diversidade da vida, relacionada nas seguintes unidades temáticas: a origem da diversidade; a diversificação dos processos vitais organizando a diversidade dos seres vivos; a diversidade ameaçada.
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica; composta pelas seguintes unidades temáticas: os fundamentos da hereditariedade; a genética humana e a saúde; as aplicações da engenharia genética; os benefícios e os perigos da manipulação genética: um debate ético.
6. Origens e evolução da vida. Divide-se nas seguintes unidades temáticas: hipóteses sobre a origem da vida e a vida primitiva; idéias evolucionistas e a evolução biológica; a origem do ser humano e a evolução cultural; a evolução sob intervenção humana (BRASIL, 1999).

A definição das unidades temáticas deve levar em conta a sua relevância científica e social, o seu significado na história da ciência e na atualidade e os interesses e as necessidades dos estudantes. Por todas essas razões, é impossível que um modelo de currículo atenda os estudantes de todas as

diferentes regiões do Brasil; ou seja, um currículo único para todo o território nacional é inviável (BRASIL, 2002). Propõe-se que a escola de ensino médio se constitua no espaço de formação de um jovem que se aproxime da realidade de outras formas, que aprenda de modo diferente e que possa construir novos saberes para a cultura de seu tempo.

Com o intuito de orientar a implementação dos PCN que seriam encaminhados, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCN) propõem uma nova organização para as disciplinas, agrupando-as em áreas do conhecimento voltadas para o desenvolvimento de competências. Esse documento objetiva estabelecer um diálogo com o professor, sem pretender ser um manual de procedimentos ou um protocolo de atividades. Segundo Bizzo,

As DCNEM conferiram grande ênfase a ações interdisciplinares e contextualização, acompanhadas de pouco ou nenhum apoio técnico. Profundo silêncio se seguiu sobre as maneiras pelas quais os professores poderiam alcançar o patamar interdisciplinar, ainda mais sem qualquer apoio material, tal como livros didáticos, por exemplo. Ao afirmar que a base nacional comum dos currículos do Ensino Médio deveria contemplar três áreas do conhecimento, sem mencionar nenhuma disciplina, esse documento levanta ainda mais dúvidas sobre a pertinência das formas atuais de organização do Ensino Médio, sem a contrapartida necessária em termos de assistência técnica. Ao mesmo tempo, passa a ser exigido de todos os professores tratamento metodológico que *evidenciasse* (esse foi o verbo utilizado) a interdisciplinaridade e a contextualização, sem uma palavra sequer sobre quais evidências seriam passíveis de reconhecimento. Da mesma forma, nada fora dito sobre programas ou mesmo possíveis estratégias de formação em serviço, e até mesmo formação inicial, dos professores que deveriam empreender tais práticas (BIZZO, 2004, p. 161).

Os PCN+, propostos como orientações complementares aos PCNEM, apresentam um diálogo direto com os professores e os educadores, tornando menor a distância entre a proposição das idéias e sua execução (BRASIL, 2002). Em relação às ciências naturais, os PCN+ introduzem a necessidade de uma unidade de concepção de conceitos-chave, tais como energia, por parte dos professores de Física, Química e Biologia de uma mesma escola. Essa concepção, que aparentemente aponta para formas exequíveis de interdisciplinaridade, se depara com obstáculos para sua realização prática, em função das diferenças de abordagem e de linguagem de cada disciplina específica. Bizzo analisa que

A parte específica de Biologia nos PCN+ constitui-se em verdadeiro manual metodológico, no qual professores podem certamente encontrar numerosas sugestões de como organizar seus cursos. Aproveitando trechos dos próprios PCNEM, são introduzidas alternativas ao aprendizado por competências e habilidades, utilizando, por vezes expressões como “capacidades específicas”, sem, contudo, pregar seu abandono. [...] há que se reconhecer que se trata de um rol de objetivos educacionais que certamente serão úteis aos professores, sobretudo por serem explicitados, finalmente, os pontos daquilo que se poderia chamar de perspectiva interdisciplinar (BIZZO, 2004, p. 169).

Assim, a partir do exposto por Bizzo (2004), os PCN+ podem subsidiar efetivamente o trabalho docente na medida em que apresentam elementos que contribuam para a melhoria da formação dos egressos de nível médio. Particularmente, esse documento aponta a origem e evolução da vida como um tema de importância central no ensino de biologia devendo compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas, pois dá sentido e articula os fatos das diversas sub-áreas do conhecimento biológico, fornecendo uma base conceitual para a compreensão de inúmeros fenômenos relacionados à vida.

A proposta curricular do estado de Minas Gerais, regulamentada pela Resolução 666/2005 do governo do estado, preconiza os Conteúdos Básicos Comuns, elaborados para ocupar metade da carga horária disponível para a disciplina de biologia, os quais devem ser desenvolvidos prioritariamente e estão previstos para a primeira série do ensino médio. Os conteúdos estão organizados em quatro temas, tendo por eixo temático principal Energia e eixos associados Biodiversidade, Materiais e Modelagem, como mostrado na Tabela 1.

Tema	Alguns conteúdos	Níveis de organização
<i>Teia da vida</i>	Fotossíntese; ciclo do carbono e do nitrogênio	Ecossistema
<i>História da Vida na Terra</i>	Cinco reinos de seres vivos, teorias da evolução de Darwin e Lamarck	População
<i>Corpo Humano e Saúde</i>	Funções vitais; níveis de organização: células, tecidos, órgãos e sistemas.	Organismo
<i>Linguagem da Vida</i>	Reprodução assexuada e sexuada; teoria celular; leis de Mendel	Célula

Tabela 1. Temas constantes no Conteúdo Básico Comum para Biologia

Esse documento apresenta, em relação ao tema História da vida na Terra, as afirmações

Os modelos explicativos dos estudantes sobre evolução são decorrentes de uma visão simplista e antropomórfica dos processos e fenômenos naturais. Simplistas, porque se fixam em aspectos da percepção sensorial ao interpretarem esses processos e fenômenos. Antropomórfica, porque constroem uma concepção humanizada da natureza. A palavra evolução pode significar progresso, melhoria, aprimoramento, porém, o conceito de evolução biológica não corresponde literalmente ao sentido comumente dado à palavra. Para explicar a evolução é necessário entender o significado da adaptação e, para isso, os alunos precisam estabelecer relações entre os conceitos de reprodução, sobrevivência, variabilidade genética, seleção natural, etc. (MARTINS, TOLEDO, SANTOS e BRAGA, 2007, p. 21).

Podemos observar a preocupação em apresentar, mesmo que de modo sintético, as idéias prévias dos estudantes e, tendo-as em vista, os conteúdos essenciais do tema a serem trabalhados, o que é explicitado na seção “Prioridades de Aprendizagem”, e traduzido em competências na seção “Linguagem da Biologia” (MARTINS, TOLEDO, SANTOS e BRAGA, 2007, p. 21-22).

Considerando esse currículo teórico delineado nos diversos documentos citados, uma forma de avaliar a sua efetivação é o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), cuja trajetória meritória de uma década destaca-se na memória recente da educação brasileira, marcada por instabilidades administrativas e descontinuidades das políticas públicas. Seus pressupostos teórico-metodológicos permitem avaliar as habilidades e competências do participante e, algumas de suas questões, podem ser consideradas exemplos da contextualização e interdisciplinaridade almejadas. Tendo isto em vista, selecionamos as questões que se relacionam de alguma forma com o tema evolução nas provas de 1998 a 2008, e realizamos uma análise horizontal das mesmas à luz dos objetivos educacionais e da concepção da teoria da evolução como eixo integrador, na próxima seção.

Nas adjacências das propostas oficiais, estão o professor e o currículo real. É do exercício cotidiano deste profissional que as intenções curriculares se transformam em prática de sala de aula. A importância de a Evolução Biológica ser efetivamente trabalhada na escola de forma clara e precisa, fazendo a integração com diversos outros conhecimentos, apontou para a pertinência de se analisar diferentes noções que professores, particularmente de uma escola pública de ensino médio do município de Ituiutaba, MG, têm a respeito deste tema. Tendo isso em vista, neste trabalho, analisamos brevemente como o tema é tratado no livro didático adotado numa escola pública parceira do município de Ituiutaba, MG. Com o objetivo de obter uma perspectiva da atuação do professor que ministra a disciplina de Biologia, dois deles foram entrevistados e suas falas são analisadas. O questionário que orientou a entrevista semi-estruturada é apresentado no Anexo I.

A TEORIA DA EVOLUÇÃO DE DARWIN E O LIVRO DIDÁTICO ADOTADO

O entendimento da evolução biológica vai além do significado de progresso, melhoria, ou aprimoramento. Esse verbete nos remete também a mudanças, entretanto, no contexto da evolução biológica, deve ser entendido que as mudanças são transmitidas de geração em geração, ao longo do tempo. Para Charles Darwin, a vida em nosso planeta está unida por uma rede de interações genealógicas, criada por um

processo de descendência com modificações. Assim, todos os seres são relacionados por um ancestral em comum, em graus variados de parentesco (DE PINNA, 2009). A diversidade da vida é uma função do tempo, ou seja, os organismos são diversos porque sofreram modificações com o passar do tempo e não porque tenham sido criados diferentes em um único instante ou dia. Em sua grande obra *A Origem das Espécies* (1859), Darwin reuniu numerosas evidências comprovando que a variabilidade biológica decorre da evolução da vida. Outra grande contribuição de Darwin, em sua teoria da evolução apresentada na referida obra, foi identificar o mecanismo através do qual a evolução opera: a seleção natural. O cerne da seleção natural é a idéia de que os organismos possam ser modificados pela atuação dos processos naturais, sem qualquer planejamento. Nos ecossistemas naturais, as populações competem por recursos, tais como espaço e alimento. Uma vez que a disponibilidade dos recursos naturais é limitada, para obter sucesso reprodutivo e perpetuar a espécie, os indivíduos devem apresentar habilidades (adaptação) para a sobrevivência em meio natural. Os ecossistemas devem ser entendidos como uma rede integrada, na qual o meio ambiente interfere nos indivíduos e vice-versa. Darwin compreendeu que as espécies vivem em constante luta pela sobrevivência e que os processos naturais são capazes de promover modificações nos indivíduos, mudanças essas que são passadas de geração em geração, ao longo dos milhares de anos de evolução biológica.

O livro texto adotado na escola em estudo, a edição em volume único de *Biologia*, de Lopes e Rosso, inicia seu primeiro capítulo apresentando um esquema dos níveis de organização dos seres vivos em relação de escala (LOPES e ROSSO, 2005, p. 10). Neste capítulo e no seguinte, o princípio evolutivo é evidenciado e os principais experimentos dos primórdios da área apresentados. Segundo Gould (1997), a Evolução Biológica não se ocupa em explicar a origem da vida na Terra e, portanto, não se contrapõe à visão criacionista que postula o surgimento da vida a partir dos atos da criação. O conflito entre Criacionismo e Evolucionismo centra-se na visão fixista, ou seja, na visão de que todas as espécies criadas são imutáveis. O fato de que a maioria dos livros didáticos, incluindo o em estudo, inicie a abordagem sobre a Evolução Biológica com inferências às teorias propostas para explicar a origem da vida na Terra, pode ser um dos fatores que contribuem para as concepções equivocadas. É como se o leitor, incluindo estudantes e professores, fosse induzido a ver a Evolução Biológica a partir do entendimento da origem da própria vida na Terra.

Os capítulos subseqüentes são delineados numa abordagem usual das especificidades da Citologia, Reprodução e Histologia, até o décimo segundo capítulo, no qual o estudo da sistemática dos seres vivos dá-se tendo a perspectiva evolutiva como eixo integrador, incluindo a utilização de cladogramas ou árvores filogenéticas. Essa abordagem permeia todo o estudo dos seres vivos, intercalada à abordagem usual, até o vigésimo sexto capítulo. Na unidade subseqüente, o tema Genética é apresentado e na sexta unidade as teorias e evidências da evolução propriamente são estudadas no trigésimo sexto capítulo, sendo a articulação com genética efetivada no trigésimo sétimo. A apresentação das idéias de Lamarck delega a esse cientista seu pioneirismo no questionamento do fixismo e na defesa da progressão dos organismos guiada pelo meio ambiente. Mesmo ilustrando um tratamento em concordância com as orientações oficiais, num contexto no qual o processo de ensino/aprendizagem se apóia principalmente em livros didáticos, como é o caso em estudo, o tema Evolução, por constar da penúltima unidade, acaba sendo trabalhado apenas no final do último ano do ensino médio, de forma atropelada.

ANÁLISE DAS QUESTÕES DO ENEM

A consolidação do ENEM tem contribuído para apoiar a reforma do ensino médio, em conformidade com as diretrizes e parâmetros curriculares nacionais fixados pelo Conselho Nacional de Educação (CNE). Há consenso entre os educadores e pesquisadores brasileiros quanto à sua contribuição como um dos instrumentos de avaliação do desempenho dos estudantes, individualmente, e do sistema de educação básica, como um todo. As questões objetivas são elaboradas considerando-se a matriz de

competências preconizada nos PCN, na perspectiva interdisciplinar, ou seja, integrando conhecimentos de diversas áreas em uma mesma questão e relacionando-os. As questões do ENEM consideradas, extraídas das provas amarela de cada ano, do sítio do INEP, são listadas na Tabela II. Nos anos de 1999, 2002 e 2003 não constam questões sobre o tema em estudo.

Ano	1998	2000	2001	2004	2005	2006	2007	2008
Questões	25, 26 e 27	27	19 e 28	31	50	9 e 10	9 e 33	20 e 53

Tabela II – Relação das questões do ENEM por prova, sobre o tema de interesse.

As questões da prova de 1998 são subsidiadas pela árvore filogenética da Figura 1. Na questão 25¹ são construídas quatro afirmativas e pede-se para identificar as corretas, considerando-se cinco alternativas de resposta. A primeira afirmativa está correta do ponto de vista da teoria da evolução, tendo em conta os últimos quinze milhões de anos (este corresponde exatamente ao teor da vigésima sétima questão²). A segunda afirmativa é incorreta porque corrobora a idéia freqüente de que o homem descende do macaco, evoluindo linearmente de um antepassado a outro até o *homo sapiens sapiens*. Essa representação linear, usualmente encontrada em livros de história, cria uma falsa interpretação da teoria da evolução de Darwin, ao desconsiderar os conceitos de adaptação, de divergência e de ancestral comum.

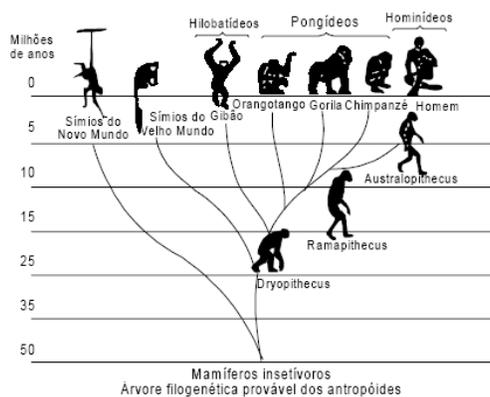


Figura 1: Árvore filogenética extraída da prova do ENEM de 1998

A terceira sentença está correta, sendo justamente contraposição da afirmativa anterior. Um estudante, que desconhecesse a teoria da evolução, poderia descartar a alternativa 'a', a qual assinala que todas as alternativas estão corretas, simplesmente em função dessa contradição. A quarta afirmativa preconiza que não existe relação de parentesco genético entre macacos antropóides e homens, cuja incorreção pode ser deduzida pela leitura do enunciado da vigésima sexta questão³, acerca da comparação entre o DNA e proteínas dos humanos e de primatas.

¹ Após observar o material fornecido pelo professor, os alunos emitiram várias opiniões, a saber:
 I os macacos antropóides (orangotango, gorila e chimpanzé e gibão) surgiram na Terra mais ou menos contemporaneamente ao Homem.
 II alguns homens primitivos, hoje extintos, descendem dos macacos antropóides.
 III na história evolutiva, os homens e os macacos antropóides tiveram um ancestral comum.
 IV não existe relação de parentesco genético entre macacos antropóides e homens.

Analisando a árvore filogenética, você pode concluir que:
 (A) todas as afirmativas estão corretas.
 (B) apenas as afirmativas I e III estão corretas.
 (C) apenas as afirmativas II e IV estão corretas.
 (D) apenas a afirmativa II está correta.
 (E) apenas a afirmativa IV está correta.

² Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada, para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropóides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?
 (A) 5 (B) 10 (C) 15 (D) 30 (E) 60

³ Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o:
 (A) Australopithecus. (B) Chimpanzé. (C) Ramapithecus. (D) Gorila. (E) Orangotango.

Observando a Figura 1 identificamos facilmente incorreções na mesma. Por exemplo, não há conexão entre o *Australopithecus* e o homem, o que, a rigor, significaria que o primeiro extinguiu-se sem relação com o último. Também, a representação o *Dryopithecus* está confusa, ocupando dois pontos de divergência.

A questão 27⁴ da prova de 2000 está apoiada em um gráfico da porcentagem de oxigênio em função do tempo geológico, dado em bilhões de anos. Pede-se para assinalar a alternativa correta, de acordo com o gráfico. Essa questão mobiliza a habilidade de interpretação de gráficos, esboçando a compreensão da evolução como eixo integrador inclusive para a compreensão da fotossíntese.

A questão 19⁵ da prova de 2001 apresenta um trecho de uma matéria da revista Ciência Hoje relativa à sobrevivência de hemofílicos e diabéticos pelo uso contínuo de medicamentos e a relaciona com a teoria da evolução. A alternativa a, considerada correta, abrange o conceito de seleção natural de Darwin, enquanto a alternativa b é subsidiada pela transmissão dos fatores adquiridos da teoria de Lamarck. As alternativas c e d relacionam o uso de drogas a fatores genéticos, o que só seria verdadeiro em caso de quimioterapia. A alternativa e sugere que as intervenções são capazes de interromper a evolução. Constitui um equívoco ao considerar apenas o postulado da seleção natural como o cerne da teoria da evolução, desconsiderando a variabilidade e a adaptação. A questão 28⁶ da prova supracitada explora também a competência de leitura e interpretação de gráficos, ao representar as populações de larva e parasita ao longo do tempo, com o uso de veneno e sua posterior suspensão por fator de economia. Essa questão integra de modo singular as idéias de evolução às de ecologia ao considerar o conceito de interação negativa entre parasita e hospedeiro, explicitado na alternativa e. Uma simples análise do gráfico, excluiria as alternativas a, b e d, mas deixaria dúvidas em relação à c.

A questão 31⁷ do ENEM de 2004 aborda o ressurgimento da tuberculose e, como principal obstáculo para seu controle, o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Alternativas análogas às apresentadas nas questões 19 e 28 mencionadas

⁴ O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.

De acordo com o gráfico é correto afirmar que:

- (A) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O₂.
- (B) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- (C) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
- (D) desde o Pré-cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- (E) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

⁵ “Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea”. SALZANO, M. Francisco. *Ciência Hoje: SBPC*: 21(125), 1996.

Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana. Pode-se afirmar que, nos termos do texto,

- (A) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- (B) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.
- (C) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.
- (D) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.
- (E) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

⁶ Um produtor de larvas aquáticas para alimentação de peixes ornamentais usou veneno para combater parasitas, mas suspendeu o uso do produto quando os custos se revelaram antieconômicos. O gráfico registra a evolução das populações de larvas e parasitas. O aspecto biológico, ressaltado a partir da leitura do gráfico, que pode ser considerado o melhor argumento para que o produtor não retome o uso do veneno é:

- (A) A densidade populacional das larvas e dos parasitas não é afetada pelo uso do veneno.
- (B) A população de larvas não consegue se estabilizar durante o uso do veneno.
- (C) As populações mudam o tipo de interação estabelecida ao longo do tempo.
- (D) As populações associadas mantêm um comportamento estável durante todo o período.
- (E) Os efeitos das interações negativas diminuem ao longo do tempo, estabilizando as populações.

⁷ O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin? Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a

- (A) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.
- (B) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.
- (C) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- (D) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- (E) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

anteriormente são colocadas para justificar esse aumento, entre elas uma subsidiada pela idéia Lamarkista de transmissão dos caracteres adquiridos expressa em “mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes”. A alternativa correta, segundo a qual mutações selecionadas pelos antibióticos eliminam as bactérias sensíveis aos mesmos, mas, permitem que as resistentes se multipliquem, aplica de forma clara o conceito de variabilidade.

Na prova de 2005, a questão 50⁸ apresenta um modelo diferente para a evolução dos primatas, elaborado por matemáticos e biólogos, numa árvore filogenética, perguntando há quanto tempo ocorreu a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos. É uma questão de simples interpretação de gráfico, no entanto, evidencia a melhora da elaboração das questões, ao abordar situações hipotéticas e um diagrama bem mais inteligível que o da Figura 1.

Analogamente, as nona⁹ e décima¹⁰ questões da prova de 2006 são subsidiadas por um quadro relacionando Eras e seus Períodos à teoria da evolução e paleogeografia. Além da habilidade de leitura e interpretação, as alternativas de ambas as questões exigem conhecimento sobre a teoria da evolução, principalmente na resposta à décima, que consiste numa representação gráfica do quadro. A semelhança entre as alternativas b e d remetem à noção de escala, tipicamente abordada em Matemática, para a tomada de decisão acertada.

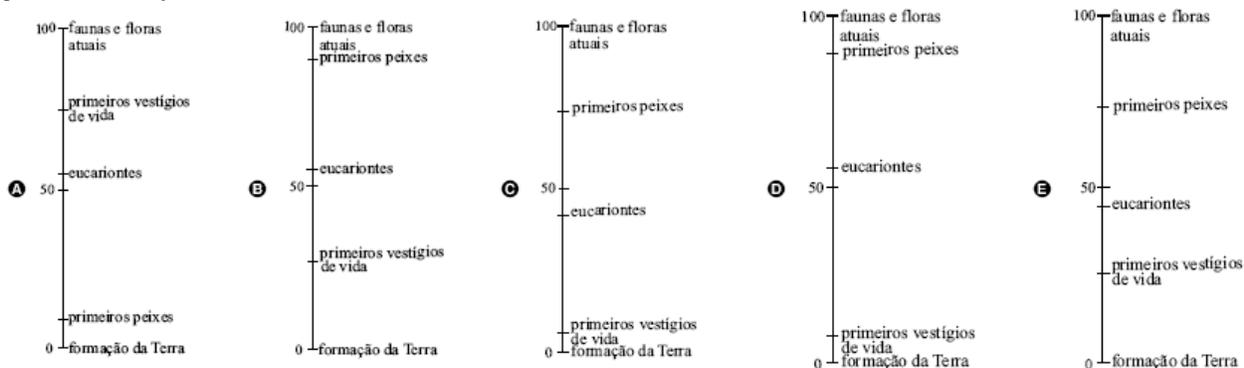
A nona questão¹¹ do ENEM 2007 relaciona sabiamente evolução à ecologia ao abordar a variabilidade na espécie do mogno. Na mesma, o conceito de adaptação e deriva genética são evocados. A trigésima terceira¹² é relativa à reprodução assexuada. Trata-se de uma questão de memorização, destoando da concepção inicial da prova.

⁸ Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito. Examinando esta árvore evolutiva podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente (A) 10 milhões de anos. (B) 40 milhões de anos. (C) 55 milhões de anos. (D) 65 milhões de anos. (E) 85 milhões de anos.

⁹ Considerando o esquema acima, assinale a opção correta.

- (A) Quando os primeiros hominídeos apareceram na Terra, os répteis já existiam há mais de 500 milhões de anos.
- (B) Quando a espécie *Homo sapiens* surgiu no planeta, América do Sul e África estavam fisicamente unidas.
- (C) No pré-cambriano surgiram, em meio líquido, os primeiros vestígios de vida no planeta.
- (D) A fragmentação da Pangéia ocasionou o desaparecimento dos dinossauros.
- (E) A Era Mesozóica durou menos que a Cenozóica.

¹⁰ Entre as opções a seguir, assinale a que melhor representa a história da Terra em uma escala de 0 a 100, com comprimentos iguais para intervalos de tempo de mesma duração.



¹¹ Se a exploração descontrolada e predatória verificada atualmente continuar por mais alguns anos, pode-se antecipar a extinção do mogno. Essa madeira já desapareceu de extensas áreas do Pará, de Mato Grosso, de Rondônia, e há indícios de que a diversidade e o número de indivíduos existentes podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência da espécie a longo prazo. A diversidade é um elemento fundamental na sobrevivência de qualquer ser vivo. Sem ela, perde-se a capacidade de adaptação ao ambiente, que muda tanto por interferência humana como por causas naturais. *Internet: <www.greenpeace.org.br>* (com adaptações). Com relação ao problema descrito no texto, é correto afirmar que

- (A) a baixa adaptação do mogno ao ambiente amazônico é causa da extinção dessa madeira.
- (B) a extração predatória do mogno pode reduzir o número de indivíduos dessa espécie e prejudicar sua diversidade genética.
- (C) as causas naturais decorrentes das mudanças climáticas globais contribuem mais para a extinção do mogno que a interferência humana.
- (D) a redução do número de árvores de mogno ocorre na mesma medida em que aumenta a diversidade biológica dessa madeira na região amazônica.
- (E) o desinteresse do mercado madeireiro internacional pelo mogno contribuiu para a redução da exploração predatória dessa espécie.

¹² São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- (A) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- (B) rapidez, simplicidade e semelhança genética.

A vigésima questão¹³ da prova de 2008 trata da introdução de espécies exóticas (o mexilhão amarelo) na flora da bacia do Paraná-Paraguai. Infelizmente, as alternativas representam simplesmente *pegadinhas* para identificar se o participante está atento, novamente em contradição com a proposta explícita no sítio da avaliação. A questão 53¹⁴ desta mesma prova traz um trecho de uma matéria da revista *Scientific American Brasil* sobre as semelhanças e diferenças (poucas) do genoma de diferentes espécies e sua relação as grandes diferenças fenotípica das diferentes espécies animais. É uma questão bem elaborada, exigindo grande habilidade de interpretação. Podemos notar que têm ocorrido avanços na elaboração das questões, mesmo que também tenhamos identificado retrocessos.

ANÁLISE DAS ENTREVISTAS

A ausência de uma compreensão mais profunda e clara dos conceitos e processos que envolvem o ensino da Evolução Biológica pode resultar em idéias distorcidas, capazes de comprometer toda a compreensão sobre esse tema. Portanto, definir claramente os conceitos científicos, contrapondo as concepções de senso comum às científicas e esclarecendo termos importantes, como adaptação e seleção natural, por exemplo, é imprescindível no ensino da Evolução Biológica. Tendo isto em vista, elaboramos questões para nortear uma entrevista semi-estruturada, apresentadas no Anexo I, a qual foi realizada com dois dos três professores que ministram biologia na escola em estudo.

Ambos são graduados em Ciências Biológicas por uma mesma instituição particular de ensino superior local, a única que oferecia essa modalidade de ensino para este nível num raio de 150 km até 2007. Um dos entrevistados tem dezessete anos de exercício (quatro na referida escola) e o outro cinco. Doravante os denominamos P1 e P2.

Questionados em relação aos recursos metodológicos utilizados, ambos mencionam o livro didático como o principal recurso e apontam utilizar também o *datashow* e vídeos didáticos para abordar o tema. Ambos especificam que esse tema é abordado no terceiro ano do ensino médio e que, no primeiro ano, o mesmo só é tratado conjuntamente à origem da vida. Esse relato corrobora o dito anteriormente acerca das implicações dessa forma de abordagem. P2 revela também sua insegurança em abordar o tema por ser um espaço propício ao surgimento da polêmica entre criacionismo e

(C) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.

(D) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.

(E) clonagem, gemulação e partenogênese.

¹³ Usada para dar estabilidade aos navios, a água de lastro acarreta grave problema ambiental: ela introduz indevidamente, no país, espécies indesejáveis do ponto de vista ecológico e sanitário, a exemplo do mexilhão dourado, molusco originário da China. Trazido para o Brasil pelos navios mercantes, o mexilhão dourado foi encontrado na bacia Paraná-Paraguai em 1991. A disseminação desse molusco e a ausência de predadores para conter o crescimento da população de moluscos causaram vários problemas, como o que ocorreu na hidrelétrica de Itaipu, onde o mexilhão alterou a rotina de manutenção das turbinas, acarretando prejuízo de US\$ 1 milhão por dia, devido à paralisação do sistema. Uma das estratégias utilizadas para diminuir o problema é acrescentar gás cloro à água, o que reduz em cerca de 50% a taxa de reprodução da espécie. *GTÁGUAS, MPF, 4.ª CCR, ano 1, n.º 2, maio/2007* (com adaptações). De acordo com as informações acima, o despejo da água de lastro

(A) é ambientalmente benéfico por contribuir para a seleção natural das espécies e, conseqüentemente, para a evolução delas.

(B) trouxe da China um molusco, que passou a compor a flora aquática nativa do lago da hidrelétrica de Itaipu.

(C) causou, na usina de Itaipu, por meio do microrganismo invasor, uma redução do suprimento de água para as turbinas.

(D) introduziu uma espécie exógena na bacia Paraná-Paraguai, que se disseminou até ser controlada por seus predadores naturais.

(E) motivou a utilização de um agente químico na água como uma das estratégias para diminuir a reprodução do mexilhão dourado.

¹⁴ Durante muito tempo, os cientistas acreditaram que variações anatômicas entre os animais fossem conseqüência de diferenças significativas entre seus genomas. Porém, os projetos de seqüenciamento de genoma revelaram o contrário. Hoje, sabe-se que 99% do genoma de um camundongo é igual ao do homem, apesar das notáveis diferenças entre eles. Sabe-se também que os genes ocupam apenas cerca de 1,5% do DNA e que menos de 10% dos genes codificam proteínas que atuam na construção e na definição das formas do corpo. O restante, possivelmente, constitui DNA não-codificante. Como explicar, então, as diferenças fenotípicas entre as diversas espécies animais? A resposta pode estar na região não-codificante do DNA. *S. B. Carroll et al. O jogo da evolução. In: Scientific American Brasil, jun./2008* (com adaptações). A região não-codificante do DNA pode ser responsável pelas diferenças marcantes no fenótipo porque contém

(A) as seqüências de DNA que codificam proteínas responsáveis pela definição das formas do corpo.

(B) uma enzima que sintetiza proteínas a partir da seqüência de aminoácidos que formam o gene.

(C) centenas de aminoácidos que compõem a maioria de nossas proteínas.

(D) informações que, apesar de não serem traduzidas em seqüências de proteínas, interferem no fenótipo.

(E) os genes associados à formação de estruturas similares às de outras espécies.

evolucionismo. Nas palavras de P2, *os estudantes tem dificuldades de relacionar a teoria da evolução às histórias bíblicas. Isso gera um conflito com suas crenças e fica muito difícil de tratar em sala de aula.* P1 aponta que os estudantes trazem a idéia de evolução linear do homem a partir do macaco, a qual possivelmente aprenderam em livros de história do ensino fundamental. P1 afirma que essa idéia é bastante difícil de superar e que esta interfere no aprendizado do tema.

P2 coloca que a importância em se estudar a evolução biológica

Primeiramente para a compreensão da origem da nossa e das outras espécies ms, principalmente para fortalecer a nossa fé em Deus, porque, apesar de toda a evolução química que ocorre no organismo, isso não seria possível sem o direcionamento e a energia divina

Essa colocação evidencia sua concepção impregnada de valores e ideologias que não constituem o objeto de estudo da teoria. Daí sua dificuldade em lidar com as concepções do estudante. P1, mesmo mencionando a tensão com os valores religiosos do estudante, declara trabalhar numa perspectiva de cuidadoso respeito às manifestações dos próprios valores pelos estudantes.

Na formulação de Darwin, a Evolução Biológica diz respeito à adaptação a ambientes que mudam, não tendo nenhuma relação com a idéia de progresso universal. Diante da complexidade do tema, as inadequações vocabulares figuram como obstáculos ao aprendizado da teoria por professores e estudantes. Palavras como evolução (ligada à idéia de progresso) e adaptação (ligada à idéia de melhoria) já fazem parte do universo dos alunos e professores com outros sentidos. Tendo isso em vista, foi perguntado se um elefante era mais desenvolvido que uma minhoca, à qual ambas as respostas recorreram à diferenciação tecidual para responder afirmativamente; enquanto, quando perguntados sobre a comparação entre o elefante e a barata, ambos afirmaram que *em termos de adaptação, a barata é mais evoluída, uma vez que ela pode sobreviver até a um ataque nuclear.*

É patente a desconsideração dos postulados da teoria na primeira resposta, pois, considerando os mesmos tanto elefantes, minhocas ou baratas são espécies adaptadas e não estão em extinção, assim como a falta de unidade explicativa entre a primeira e a segunda. A resposta a esta pergunta evidencia a utilização confusa das palavras, pois, se o perguntado versasse sobre complexidade, as respostas estariam corretas. Além disso, essas respostas evidenciam dificuldades de interpretação de árvores filogenéticas, as quais indicam a coexistência destas espécies num mesmo período de tempo e que é cobrada na prova do ENEM.

Ambos os professores apresentam explicações satisfatórias tanto para os processos de fossilização quanto para a situação de resistência à drogas abordada na oitava questão do Anexo I e associam a variedade mencionada na nona questão à seleção artificial.

P1 e P2 utilizam o modelo de ensino tradicional, centrado na transmissão de informações pelo professor e na recepção destas pelos estudantes. P1 se declara tradicional, enquanto no caso de P2 essa postura pode ser aferida de suas falas. Ambos relataram a não-efetividade dos CBC, justificando pela *falta de tempo* a sua inaplicabilidade em sala de aula e pela falta de pré-requisitos dos estudantes. Realmente, a redução de carga horária preconizada pela administração estadual é equivocada e foi revogada no corrente ano, mas, podemos aferir que sua dificuldade em adequá-los está relacionada a visão fragmentada da biologia nas diversas áreas expressa. Ao final da entrevista, a tensão de P1 é evidenciada em sua colocação *Ai, isso é muito difícil*, após o agradecimento do pesquisador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora previsto nos PCNEM e CBC, o ensino da evolução como eixo integrador da Biologia está longe de ser uma realidade em sala de aula, ao menos no caso aqui estudado. Possivelmente, essa observação relaciona-se com as interpretações errôneas identificadas nas entrevistas realizadas com os professores. Conceitos como evolução biológica, seleção natural, adaptação e variabilidade, não são claramente compreendidos pelos educadores, o que dificulta o ensino. A análise das questões do

ENEM mostrou que poucas questões utilizaram a evolução como tema integrador e básico para a Biologia, como um todo.

Para os professores entrevistados, as principais dificuldades referem-se às que seus estudantes possuem em entender a ancestralidade e os conflitos envolvendo crenças religiosas, que se mostraram evidenciar, na verdade, conflito com as próprias concepções individuais do entrevistado, no caso de P2. De modo geral, P1 apresenta um domínio muito mais satisfatório do conteúdo do que P2, possivelmente desenvolvido ao longo de seu exercício profissional, haja vista ambos apresentarem a mesma formação inicial.

O quadro delineado aponta para perspectivas que vão além da integração dos autores ao projeto de trabalho interdisciplinar acerca do tema junto à equipe da escola. No contexto identificado, ações de formação continuada devem ser planejadas como um espaço que possibilite ampliar os conhecimentos da área em que o professor atua e suas relações com as áreas correlatas, além de proporcionar discussões teóricas sobre problemas práticos do cotidiano escolar.

REFERÊNCIAS

- DE PINNA, M. Entendendo Darwin. **Pesquisa FAPESP**, v. 157, p. 38-39, 2009.
- BRASIL. **Lei 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União. Brasília, DF, v. 134, n. 248, p. 27833-841, 23 dez. 1996.
- _____. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Resolução CEB no 3 de 26 de junho de 1998.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2004.
- _____. Ministério da Educação (MEC), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Exame Nacional do Ensino Médio**. Disponível em <http://www.enem.inep.gov.br/> Visitado em 17/05/09.
- GOULD, S. J. Os três aspectos da Evolução. In: BROCKMAN, J. e MATSON, K. **As coisas são Assim: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca**. São Paulo: Companhia da Letras, 1997.
- LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MARTINS, C. M. C.; TOLEDO, M. I. M.; SANTOS, M. B. L. e BRAGA, L. A. M. **Proposta Curricular: Biologia – Ensino Médio, CBC**, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, 2007. Disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.asp visitado em 17/05/2009.

ANEXO 1

1. Com as constantes mudanças nas propostas do estado, como aconteceu o ensino da Evolução no Ensino Médio em 2008? Como está programado para 2009?
2. Quais os recursos metodológicos utilizados para a elaboração das aulas sobre evolução (quais/facilidades/dificuldades...)?
3. Como você – professor – se sente ao trabalhar esse tema com seus alunos?
4. Qual é a sua impressão sobre as interpretações e pensamentos dos alunos acerca desse tema?
5. Na sua opinião, qual é a importância de estudar Evolução Biológica?
6. Seus estudantes expressam a concepção de que a espécie humana veio dos macacos?

7. Um elefante é mais evoluído do que uma barata? E do que uma minhoca?
8. Certos organismos ao serem submetidos a drogas desenvolvem resistência. Como isso pode ser interpretado à luz da teoria da evolução?
9. Os cachorros uma grande variedade de subespécies (pastor alemão, dálmatas, fila, poodle, rotwiler, fox paulistinha, labrador, rusky siberiano, etc.). Qualquer cruzamento entre estas gera o conhecido “vira-latas”. À luz da teoria da evolução, o que poderíamos dizer em relação à adaptação e variabilidade nesta espécie?
10. Como se dá o processo de fossilização. Você poderia dar exemplos.