

EVOLUÇÃO *VERSUS* CRIACIONISMO: UM DEBATE POSSÍVEL?

Cláudia Faria*
Gonçalo Pereira**

RESUMO: No seio da comunidade científica a evolução é aceite como um facto científico. A evolução é actualmente considerada uma teoria que pela sua importância e capacidade explicativa, tem o poder de unificar as ciências biológicas, encontrando-se apenas em discussão os mecanismos pelos quais esta se processa. No entanto, e após 150 anos desde a publicação da “A origem das espécies” por Charles Darwin, a ideia de evolução tem sido posta em causa por inúmeros movimentos criacionistas. Neste trabalho, a teoria da evolução é discutida à luz dos argumentos que são utilizados para questionar a sua validade, nomeadamente tendo por base os princípios que regem a construção do conhecimento científico. Apesar de estes argumentos já terem sido integralmente refutados pela comunidade científica, a educação em ciências não tem sido poupada a esta polémica, observando-se uma forte pressão no sentido de impedir o ensino desta temática. Por outro lado, inúmeros estudos têm evidenciado uma enorme incompreensão por parte dos estudantes de aspectos centrais da evolução. Recentemente, como resposta a este problema, têm sido desenvolvidos esforços de reforma da educação no sentido de reconhecer a importância crucial que a evolução desempenha na compreensão do mundo vivo. Neste sentido, propõe-se que sejam trabalhados na educação em ciências modelos que incluam questões metodológicas, metafísicas e sociais, com o objectivo de promover uma maior compreensão da natureza da ciência, nomeadamente o reconhecimento das teorias científicas como algo que permite não só explicar e explorar a realidade envolvente, como guiar a investigação futura.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria da Evolução. Criacionismo. Natureza da Ciência. Educação em Ciências.

* Bióloga, com Doutoramento em Ecologia e Biosistemática; Investigadora auxiliar, Centro de Investigação em Educação, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Universidade de Lisboa. Campo Grande, Edifício C6, Piso 1, 1749-016, Lisboa, Portugal.

E-mail: cbfaria@fc.ul.pt

** Prof. do Ensino Secundário, Ms. em Didáctica das Ciências. Aluno de Doutoramento em Didáctica das ciências, Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Universidade de Lisboa. Campo Grande, Edifício C6, Piso 1, 1749-016, Lisboa, Portugal.

E-mail: cbfaria@fc.ul.pt

Recebido em: 15/09/2009 Avaliado em: 30/09/2009

EVOLUTION VERSUS CREATIONISM: ONE FEASIBLE DEBATE?

ABSTRACT: Evolution is accepted as a fact by the scientific community. Today, evolution is considered a theory that has the power to unify all biological sciences, because of its importance and explanatory capacity. Presently, the only aspects in discussion are the mechanisms of evolution. However, after 150 years since the Charles Darwin's publication "On the origin of species", the idea of evolution is still questioned by creationists' movements. In this paper, the theory of evolution is discussed considering the arguments used to question its validity. The principals of the scientific knowledge construction will be the base for this discussion. These arguments have been totally refuted by the scientific community. There are no doubts about the scientific nature of the theory of evolution. Nevertheless, science education has not been spared by this controversy. There have been several demands to stop the teaching of this theme. Furthermore, numerous studies indicate an enormous incomprehension of central ideas about the evolution by the students. Recently, in response to this problem, there have been developed some efforts to reform science education in order to recognize the crucial importance that evolution has in the comprehension of the living world. Finally, we propose that education should involve science models that include methodological, metaphysical and social aspects, with the purpose to promote the understanding of the nature of science, namely the recognition that scientific theories permit not only, the explanation and exploration of the reality, but also the guidance of future research.

KEY WORDS: Theory of evolution. Creationism. Nature of Science. Science Education.

Evolution pervades all biological phenomena. To ignore that it occurred or to classify it as a form of dogma is to deprive the student of the most fundamental organizational concept in the biological sciences. No other biological concept has been more extensively tested and more thoroughly corroborated than the evolutionary history of organisms. (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1984)

1 TEORIA DA EVOLUÇÃO

Darwin (1809-1882), cuja teoria constitui a base da teoria evolutiva moderna, defendeu que a diversidade biológica se deve a um processo de ancestralidade comum resultante, em grande medida, da acção da selecção natural. Subjacente a esta teoria encontram-se conceitos distintos, embora interligados, nomeadamente a ideia de evolução enquanto tal, ou seja, a de que o mundo não é constante nem perpetuamente cíclico, mas que está em mudança permanente, e os organismos têm-se transformado no decurso do tempo; a ideia de ancestralidade, i.e. cada grupo de organismos descende de uma espécie ancestral; e a ideia de selecção natural, como principal mecanismo de mudança evolutiva, sendo responsável pela construção gradual de adaptações. (MAYR, 2009)

Existem duas questões distintas no que diz respeito a esta teoria. A primeira é a questão histórica de determinar se ocorreu evolução, no sentido de modificação por ramificações sucessivas a partir de um ancestral comum. A segunda é, tendo ocorrido de facto evolução, quais os mecanismos responsáveis por ela.

A afirmação de que as espécies são o resultado de um processo natural de transformação de espécies pré-existentes, fenómeno a que chamamos evolução, é uma hipótese já amplamente comprovada por inúmeras provas. Existem abundantes evidências directamente observáveis da evolução em curso, nomeadamente quando as espécies em mudança são organismos com ciclos de vida curtos, como é o caso de microorganismos que geram novas gerações em poucas horas, sendo possível observar algumas das etapas do processo de formação de novas espécies (GASPAR; MATEUS; ALMADA, 2007). Além disso, a quantidade de evidências indirectas provenientes do registo fóssil, embriologia, morfologia comparada, bioquímica, biologia molecular, biogeografia, etc. prova que a ancestralidade comum dos organismos é um facto científico. (FUTUYMA, 2009)

Contrariamente ao facto histórico da evolução, universalmente aceite pela comunidade científica, a teoria evolutiva está sujeita a debate sobre quais os mecanismos evolutivos mais importantes e em relação às condições em que operam (FUTUYMA, 2009). Sendo a Biologia Evolutiva uma ciência, coexistem várias correntes, aceitam-se vários mecanismos evolutivos, existem inúmeras questões em aberto, que são objecto de intensos debates e aceras controvérsias, como é próprio de qualquer área de conhecimento científico em plena actividade (LEVY et al., 2009). Segundo Almada (2009), existe a necessidade de integrar a ideia de selecção natural num quadro mais complexo, em que muitos outros processos têm de ser tidos em conta e que podem actuar de formas diferentes e originais nas histórias de diferentes linhagens.

2 MOVIMENTO ANTI-EVOLUCIONISTA

Apesar da aceitação pela comunidade científica da ideia de evolução, parece existir um enorme fosso relativamente à sua aceitação por parte do público em geral. Num inquérito efectuado em 1996 nos EUA, pelo *National Science Board*, apenas 44% dos adultos americanos concorda com a expressão “Os seres humanos, tal como os conhecemos hoje, desenvolveram-se a partir de espécies animais mais antigas” (SCOTT, 1997), e 45% dos inquiridos escolheu a afirmação “Deus criou o ser humano, muito semelhante ao que ele é hoje, de uma só vez, nos últimos 10000 anos” (ALTERS; NELSON, 2002). Mesmo na Europa têm surgido ideias anti-evolucionistas. De acordo com um estudo feito em 2002, apenas 40%

dos inquiridos (europeus adultos) concorda com a afirmação “o universo, a terra e todos os organismos da biosfera são inteiramente o produto de processos evolutivos naturais”. (KUTSCHERA, 2003)

Segundo Mayr (1991), esta dificuldade de aceitação por parte do público leigo poderá dever-se ao facto de a teoria de Darwin ter confrontado os 4 pilares do dogma religioso: a crença num mundo imutável; a crença num mundo criado; a crença num mundo desenhado por um criador; e a crença na posição única do ser humano na criação.

O movimento anti-evolucionista (“movimentos criacionistas”) parece ter surgido da oposição puramente religiosa, de interpretação literal dos textos sagrados, que se iniciou no princípio do século XX (SCOTT, 1997). O movimento “criacionista” refere-se à existência de uma entidade sobrenatural que criou o universo e a espécie humana. Existem inúmeras formas de “criacionismo”, existindo um *continuum*, que vai do “criacionismo” mais extremo, que afirma que uma entidade divina criou o universo e tudo o que nele está contido, como um acto especial ou uma série de actos especiais, encontrando-se totalmente envolvido na sua criação, até ao outro extremo, o “Deísmo”, que afirma que Deus colocou em marcha as leis da natureza e permaneceu nos “bastidores”. (PENNOCK, 2003)

Actualmente, o movimento que tem mais adeptos, a “teoria da concepção inteligente”, afirma que a existência de Deus pode ser provada pela existência de ordem e complexidade no mundo natural. Tal como a observação da complexidade de um relógio pressupõe a existência de um relojoeiro que o fez com um propósito, a observação de ordem, propósito e *design* no mundo, leva à necessidade de aceitação da existência de um *designer* onisciente. Segundo os proponentes deste movimento, há certos fenómenos naturais que não podem ser explicados pelos mecanismos naturais (ou para os quais estes são insuficientes), pelo que se terá de aceitar a ocorrência da intervenção de uma entidade divina.

Nos últimos anos, os defensores deste movimento têm mesmo vindo a defender a ideia de que esta teoria é de natureza científica, alegando por esse motivo a necessidade de que seja considerada uma teoria com o mesmo nível de importância que a teoria da evolução. No entanto, segundo diversos autores (PADIAN, 2009), existem inúmeros problemas que permitem questionar a natureza científica da “teoria da concepção inteligente”. Por um lado, não são referidos quais os padrões que poderão servir de referência para decidir se um determinado fenómeno natural é, ou não, impossível de ocorrer apenas por processos naturais; nem são dadas linhas condutoras para investigar qual a natureza do *designer*, ou acerca da forma como esta hipótese pode ser falsificada.

Por outro lado, a asserção de que os mecanismos naturais não podem explicar

certos fenómenos constitui, por si só, um "*science stopper*", ou seja, exclui a possibilidade da realização de qualquer investigação científica e racional. Segundo Futyma (2009) qualquer teoria que explique fenómenos recorrendo à acção de um ser supremo, onipotente e onisciente, ou qualquer outra entidade sobrenatural, é uma teoria não científica devido ao facto de não poder ser desafiada por qualquer observação. Não é necessariamente errada, simplesmente não pode ser objecto de investigação científica.

3 MAS AFINAL O QUE É UMA TEORIA CIENTÍFICA?

A ciência, independentemente da definição que se utilize, é um método de investigação do mundo empírico, ou seja, debruça-se sobre fenómenos naturais observáveis (AVELAR, 2007), centrando-se na determinação da natureza da realidade. Segundo Futuyma (2009), o cerne do modo de pensamento científico é a exigência da evidência, o hábito de cepticismo aperfeiçoado, e a sua fonte de progresso é o confronto, não apenas das visões não científicas, mas também das visões científicas estabelecidas, e a descoberta dos erros. Os cientistas compreendem que todas as ideias actualmente aceites podem ser provisórias, e que embora constituam de momento as melhores explicações disponíveis, podem-se revelar como falsas ou incompletas pela investigação subsequente.

A característica mais importante da ciência é a sua capacidade de formular hipóteses, estimuladas pela observação, ou mesmo pela intuição, e a possibilidade de, a partir dessas hipóteses, deduzir conclusões que podem ser testadas directa ou indirectamente pela observação ou experimentação. (FUTUYMA, 2009)

Uma hipótese é um modelo provisório, uma construção elaborada para explicar um dado conjunto de observações. Quando uma hipótese se torna suficientemente segura, passa a teoria. Segundo Avelar (2007), uma teoria científica será uma hipótese (ou conjunto de hipóteses) particularmente abrangente e sólida (apoiada por múltiplas observações empíricas). Uma teoria científica viável é um programa de investigação que resolve problemas, que explica muitos factos aparentemente desconexos, e até novos fenómenos, sendo além disso, directa ou indirectamente verificável.

De acordo com Popper (1963), uma hipótese para ser científica tem que ser falsificável, ou seja, tem que ter consequências observáveis, cuja ocorrência ou não, tem de poder ser demonstrada. Segundo este autor, o processo científico segue um método hipotético-dedutivo, constituído por uma série de etapas: observações de um fenómeno e validação das observações; elaboração de uma hipótese explicativa do fenómeno; dedução de determinadas previsões a partir da

hipótese; teste das previsões por meio de novas observações ou de experiências. No entanto, segundo uma visão mais moderna, este processo, embora não esteja errado, constitui uma simplificação da forma como a ciência funciona. De facto, como um todo a ciência funciona testando e falsificando hipóteses. Mas uma hipótese não é imediatamente rejeitada quando as suas previsões não se verificam, principalmente se já teve sucesso em casos anteriores, ou seja, se já é suficientemente sólida para ser uma teoria. (AVELAR, 2007)

Segundo Kuhn (1970), existem dois “tipos de ciência”. A ciência que é praticada no dia-a-dia, ou ciência “normal”, funciona dentro de um dado “paradigma”, i.e., um conjunto de pressupostos teóricos aceites por todos os cientistas, que determina não só as teorias utilizadas como explicações, mas também os problemas que são considerados interessantes para serem investigados. Em determinados momentos, podem surgir enigmas (“puzzles”), ou seja observações que parecem não encaixar no paradigma vigente. O que ocorre durante os períodos “normais” é a tentativa de explicar esses enigmas com os recursos fornecidos pelo próprio paradigma. No entanto, por vezes as anomalias acumulam-se e a confiança no paradigma vigente diminui, entrando-se num período a que Kuhn chamou de “ciência revolucionária”, no qual são propostas explicações alternativas que eventualmente se poderão constituir num novo paradigma. Ainda segundo este autor, e dado que cada paradigma estrutura o modo como se encara o mundo, a mudança para um novo paradigma implica uma alteração radical no modo de pensar, medir, e conceptualizar; ou seja, antes e depois de uma mudança de paradigma os cientistas vivem em mundos diferentes.

Actualmente, esta teoria tem sido criticada por inúmeros filósofos, tendo-se rejeitado a ideia de “incomensurabilidade” entre paradigmas. As revoluções paradigmáticas verdadeiramente incomensuráveis talvez ocorram apenas quando uma proto-ciência se torna uma ciência madura (PIGLIUCCI; LEVY, 2009). Assim que a ciência se estabelece, a estrutura conceptual tende a expandir-se. De acordo com Almada (2009), as novas teorias tendem a ser construídas sobre os alicerces criados pelas teorias anteriores, introduzindo novos determinismos e explicando uma mais ampla e diversificada gama de fenómenos. A velha teoria, em vez de ser rejeitada por estar errada, é ultrapassada, passando a fazer parte da “infraestrutura” de uma construção nova. Além disso, há certos pressupostos que se aplicam independentemente do paradigma, nomeadamente a aceitação da existência de “uniformidade na natureza”, a necessidade de consistência interna e a importância de ter um programa de investigação fecundo. (AVELAR, 2007)

Se uma teoria científica é baseada em observações objectivas e replicáveis, se pode ser corroborada por observações que estão de acordo com as suas previsões,

e se pode ser falsificada por observações ou experiências que são incompatíveis com ela, uma teoria não científica é o seu oposto. Segundo Futuyma (2009), o cerne de uma teoria não científica é não poder ser falsificada, escudando-se numa fortaleza impenetrável, protegida da crítica.

4 ARGUMENTOS E CONTRA-ARGUMENTOS CONTRA A TEORIA DA EVOLUÇÃO

Complementarmente à defesa da “teoria da criação inteligente” como sendo uma ciência, os movimentos anti-evolucionistas têm permanentemente procurado desafiar a evidência científica apresentada pela teoria da evolução, no sentido de questionar por um lado, a sua própria natureza científica e por outro, a sua adequabilidade. De entre os principais argumentos utilizados, salientam-se os seguintes:

- *A teoria da evolução não pode ser testada, visto falar de eventos que não podem ser observados nem recriados*

O primeiro argumento baralha a ideia de microevolução e macroevolução. A primeira diz respeito às alterações na espécie ao longo do tempo, que poderão originar novas espécies. A segunda estuda a forma como os grupos taxonómicos, acima da espécie, se alteram. O surgimento de novas espécies não é de facto fácil de observar, dado que leva, até o processo estar completo e dependendo das espécies, cerca de 100 000anos. No entanto, tal como já foi referido, existem abundantes evidências, directamente observáveis, da evolução em curso, tanto na natureza como em laboratório (GASPAR, MATEUS; ALMADA, 2007). Quanto à macroevolução, existe uma enorme quantidade de evidências (semelhanças anatómicas ou bioquímicas entre espécies, existência de estruturas vestigiais, padrões de distribuição geográfica, existência de fósseis) consistentes com a ideia de evolução por ancestralidade comum. (FUTUYMA, 2009)

- *A teoria da evolução não é falsificável*

No que diz respeito a este argumento, existem inúmeras possibilidades de falsificar a teoria evolutiva, tanto no que diz respeito à ideia de evolução, no sentido de modificação a partir de um ancestral comum, como à teoria sobre os mecanismos evolutivos. No primeiro caso, a ausência de uma sequência regular de fósseis que tornasse impossível estabelecer a coluna geológica, a impossibilidade de aplicar consistentemente os princípios da taxonomia Lineana (hierárquica), a

existência de diferenças bioquímicas radicais entre humanos e chimpanzés, constituiriam graves anomalias, dificultando a aceitação da evolução como uma realidade (AVELAR, 2007). Quanto à teoria da evolução por selecção natural, a existência de um material genético que não permitisse a transmissão fiável de características vantajosas, constituiria uma grave inconsistência que provavelmente poria em causa a sua adequabilidade. (AVELAR, 2007)

· *Os seres vivos, e os humanos em particular, são demasiado perfeitos*

Este argumento confunde as noções de complexidade e perfeição, sendo vistos como seres perfeitos os organismos que apresentam um elevado grau de complexidade. Associado a esta ideia, vem a noção errónea de que a evolução é um processo dirigido. Com base nos conhecimentos existentes, nomeadamente o facto de que a informação genética, mesmo aquela que já foi sujeita a um processo de selecção, poder expressar características vantajosas por um lado e desvantajosas por outro, associado ao facto de que uma característica vantajosa, num determinado momento da história evolutiva, poder ser desvantajosa noutro momento, é possível afirmar que não existe uma tendência progressiva e inexorável na evolução de um ser vivo. Outro aspecto a considerar, é a existência de extinções, que são fenómenos frequentes na história da terra, e que representam a supressão da aptidão. Estes fenómenos constituem a evidencia mais ostensiva de que a evolução não conduz sempre em direcção à aptidão crescente de um grupo. (GASPAR; MATEUS; ALMADA, 2007)

Por outro lado, a teoria evolutiva tem capacidade de explicar a existência de sistemas de complexidade irreductível, isto é, sistemas que pela sua complexidade parecem ter sido desenhados como um todo. As estruturas complexas podem surgir por uma razão e serem posteriormente seleccionadas para uma outra função de complexidade igual ou superior. Segundo a biologia evolutiva actual, quando um elemento é adicionado a um sistema, porque melhora esse sistema, no início é apenas um extra, não constituindo uma peça essencial. Mas com o decorrer do tempo, e porque as novas adições ao sistema assentam sobre a plataforma anterior, alguns componentes que no início não eram essenciais, podem tornar-se basilares pelo facto de serem pressupostos dos subsequentes. Como é óbvio, a probabilidade disso acontecer vai aumentando à medida que aumenta o tempo evolutivo. (GASPAR; MATEUS; ALMADA, 2007)

- *É impossível explicar a diversidade da vida através de um processo aleatório como é a evolução*

Este argumento advém da ideia errônea de que a evolução é um processo aleatório. De facto, apenas uma parte dos processos evolutivos é aleatória, sendo a selecção natural por definição o oposto do acaso. As mutações genéticas, que constituem a maior parte da variação sobre a qual a selecção vai actuar, são de facto fenómenos aleatórios, mas a selecção é um processo discriminatório e não aleatório (GASPAR; MATEUS; ALMADA, 2007). Além disso, é necessário ter em conta o facto de que a evolução é um processo histórico em que não só as contingências do acaso, mas também a organização construída no passado, funcionam como um constrangimento dos padrões futuros possíveis, reduzindo assim o espaço deixado à aleatoriedade. (ALMADA, 2009)

No decorrer das últimas décadas, a grande maioria, senão todos os argumentos utilizados contra a teoria da evolução têm sido integralmente refutados pela comunidade científica, não existindo qualquer dúvida acerca da sua natureza científica ou adequabilidade, sendo mesmo considerada uma teoria que pela sua importância e capacidade explicativa, tem o poder de unificar as ciências biológicas: *"Nothing in biology makes sense except in the light of evolution"* Dobzhansky (1973).

5 TEORIA DA EVOLUÇÃO E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Independentemente da sua aceitação pela comunidade científica, a população escolar não tem sido poupada à polémica associada à teoria da evolução. Nos EUA, o ensino da evolução tem sido questionado desde o início dos anos 20. No entanto, apesar das inúmeras tentativas de proibir o seu ensino nas escolas públicas, as leis anti-evolução foram sistematicamente revogadas tendo sido mesmo declaradas anti-constitucionais. (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997; GASPAR; ALMADA; MATEUS, 2007).

Em 1959, com o objectivo de aumentar a literacia científica dos estudantes, surgiu nos EUA um grupo responsável pelo estudo do currículo das ciências biológicas, composto por cientistas e professores universitários, que preparou uma série de livros de texto de biologia onde o conceito de evolução era central. No entanto, este acontecimento fez re-surgir o movimento anti-evolucionista, advogando os seus defensores uma posição de igualdade no ensino entre a teoria evolutiva e as teorias "criacionistas", nomeadamente a "teoria da concepção inteligente", posição essa que, mais uma vez, foi declarada inconstitucional

visto promover o ensino de uma ideia inerentemente religiosa. (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997)

Independentemente de todas as derrotas legais, o movimento anti-evolucionista tem reclamado a necessidade de ser lida aos estudantes uma declaração que afirma que a evolução é uma teoria controversa, e que deve ser apresentada apenas para os informar acerca do conceito científico, não devendo ter a intenção de os influenciar ou dissuadir acerca da versão bíblica da criação ou de outro conceito similar. (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997)

A pressão exercida sobre o ensino da evolução tem efectivamente vindo a modular os livros de texto, os currículos e o comportamento dos próprios professores (LARSON, 1989; GRIFFITH; BREM, 2004). Segundo diversos autores (PIBURN; MARR; ALLEN, 1986; SKOOG, 1984; PASSMORE; STEWART, 2002), a cobertura total dos tópicos associados à temática da evolução tem vindo a sofrer uma redução acentuada no ensino das ciências. Também em Portugal, o tema evolução encontra-se apenas contemplado no programa de Biologia e Geologia (11º e 12º anos) no curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário (DES, 2003), centrando-se apenas na história das teorias evolucionistas

No seguimento de toda esta polémica, esforços recentes de reforma da educação em ciências têm reconhecido a importância crucial da evolução, dando ênfase à necessidade de os estudantes desenvolverem uma compreensão do poder da evolução para integrar o conhecimento acerca do mundo natural. (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, 1993; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1995; MILLAR; OSBORNE, 1998)

O foco na evolução como um tópico da investigação educacional tem vindo a crescer em termos de importância entre os educadores (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997). A investigação tem-se focado em inúmeras áreas, nomeadamente nas concepções dos estudantes acerca de evolução (BISHOP; ANDERSON, 1990; SETTLAGE, 1994; DEMASTES; GOOD; PEEBLES, 1995), nas estratégias para o ensino da evolução (DUVEN; SOLOMON, 1994; TROWBRIDGE; WANDERSEE, 1994), na análise dos livros de texto (ALEIXANDRE, 1994; ZOOK, 1995), e na intersecção entre as crenças e a compreensão da teoria. (COBERN, 1994, SMITH, 1994; DAGHER; BOUJAOUDE, 1997)

Muitos destes estudos, desenhados para documentar a compreensão por parte dos estudantes de aspectos centrais em evolução, têm evidenciado que esta é muitas vezes inconsistente com o que é actualmente aceite pela biologia evolutiva. (JENSEN; FINLEY, 1996; PASSMORE; STEWART, 2002)

No sentido de aumentar a compreensão por parte de todos os alunos acerca desta temática, diversos autores sugerem por um lado, que o ensino da evolução

se torne o componente central de qualquer currículo de ciências, e por outro que se invista no aumento da compreensão acerca da natureza da ciência e do raciocínio científico (DAGHER; BOUJAOUDE, 1997; PENNOCK, 2003; ANDERSON, 2007; HOKAYEM; BOUJAOUDE, 2008). Será assim essencial o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem diversificadas, nomeadamente que envolvam trabalhos de natureza investigativa, de resolução de problemas, de discussão e debate de controvérsias sócio-científicas (BARBERÁ; VALDÉS, 1996; CHANG, 2002; REIS; GALVÃO, 2004). O desconhecimento das discussões actuais entre os cientistas sobre aspectos concretos do mecanismo de evolução dificulta a distinção da natureza da contestação de que uma teoria evolucionista pode ser alvo. É essencial a exploração de temas relacionados com a história e filosofia da ciência que levaram ao conhecimento actual e não apenas os factos, e de questões epistemológicas acerca da natureza dos factos científicos, leis, hipóteses, teorias e evidência em todos os tópicos de ciência, incluindo os mais sensíveis como a evolução. (PENNOCK, 2003; ANDERSON, 2007)

Na educação em ciências é urgente serem trabalhados modelos de ciência que incluam questões metodológicas, metafísicas e sociais como componentes fundamentais da sua prática. As teorias científicas, complexas como são, com os seus múltiplos e interdependentes elementos, são construídas pela comunidade científica precisamente para preencher a dupla função de explicar e explorar, para que o que se sabe faça sentido e para guiar a investigação futura. Uma educação em ciências que ignore esta última função não promove uma verdadeira compreensão da ciência e da forma como esta funciona. (RUDOLPH; STEWART, 1998)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Actualmente, a evolução é um facto já amplamente comprovado por inúmeras provas, sendo por essa razão universalmente aceite pela comunidade científica. No que diz respeito aos mecanismos pelos quais se processa a evolução, coexistem várias correntes, existindo inúmeras questões em aberto, como é característico de qualquer área de conhecimento científico. De facto, a teoria da evolução é hoje considerada uma teoria que devido à sua enorme capacidade explicativa tem o poder de unificar as ciências biológicas, explicando não só a diversidade existente no mundo, como abrindo uma série de novas questões relacionadas com a vida na terra.

Apesar da sua aceitação pela comunidade científica, existe um enorme fosso relativamente à sua aceitação por parte do público em geral e de muitos estudantes

em particular. Este facto poderá dever-se por um lado, à questão de a evolução não ser ainda um tema central no ensino das ciências, mas principalmente ao desconhecimento acerca do que é a ciência e do modo como é construído o conhecimento científico.

No sentido de inverter esta tendência, será essencial investir em estratégias de aprendizagem inovadoras e diversificadas, que promovam um aumento da compreensão acerca da natureza da ciência, da natureza do raciocínio científico e que permitam a exploração de diversas questões epistemológicas em todos os tópicos de ciência, incluindo a evolução.

REFERÊNCIAS

- ALEIXANDRE, M.P.J. Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 31, p. 519-535, 1994.
- ALMADA, V. C. Inovações, adaptações e contingência nos processos evolutivos. In: LEVY, André; CARRAPIÇO, Francisco; ABREU, Helena; PINA, Marco (Orgs.). *Evolução: conceitos e debates*. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. p. 129-152.
- ALTERS, B. J.; NELSON, C. E. Teaching evolution in higher education. *Evolution*, Berkeley, USA, v. 56, n.10, p. 1891-1901, 2002.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Benchmarks for science literacy: Project 2061*. New York: Oxford University Press, 1993.
- ANDERSON, R. Teaching the theory of evolution in social, intellectual, and pedagogical context. *Science Education*, Georgetown, USA, v. 91, n. 4, p. 664-677, 2007.
- AVELAR, T. A ciência como deve ser. In: GASPARG, Augusta (Coord.). *Evolução e criacionismo: uma relação impossível*. Vila Nova de Famalicão: Quasi Edições, 2007. p. 161-181.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico em la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, Spain, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.
- BISHOP, B.; ANDERSON, C. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 27, p. 415-427, 1990.
- CHANG, C.-Y. An exploratory study on students' problem solving ability in earth science. *International Journal of Science Education*, London, UK, v. 24, n. 5, p. 441-451, 2002.
- COBERN, W. Point: belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 31, p. 583-590, 1994.
- DAGHER, Z. R.; BOUJAOUDE, S. Scientific views and religious beliefs of College students: the case of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 34, n. 5, p. 429-445, 1997.
- DEPARTAMENTO DO ENSINO SECUNDÁRIO - DES. Programa de Biologia e Geologia. 11º ou 12º anos. Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Lisboa: Ministério da Educação, 2003.
- REU, Sorocaba, SP, v. 35, n. 2, p. 33-46, dez. 2009

- DEMASTES, S.; GOOD, R.; PEEBLES, P. Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, Georgetown, USA, v. 79, p. 637-666, 1995.
- DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, Virginia, USA, v. 62, p. 102-107, 1973.
- DUVEEN, J.; SOLOMON, J. The great evolution trial: use of role-play in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 31, p. 575-582, 1994.
- FUTUYMA, D. J. Evolução e conhecimento científico. In: LEVY, André; CARRAPIÇO, Francisco; ABREU, Helena; PINA, Marco (Orgs.). *Evolução: conceitos e debates*. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. p. 25-36.
- GASPAR, A.; MATEUS, O.; ALMADA, F. Os argumentos criacionistas em face da evidência científica. In: GASPAR, Augusta (Coord.). *Evolução e criacionismo: uma relação impossível*. Vila Nova de Famalicão: Quasi Edições, 2007. p. 197-237.
- GRIFFITH, J. A.; BREM, S. K. Teaching evolutionary biology: pressures, stress, and coping. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 41, n. 8, p. 791-809, 2004.
- HOKAYEM, H.; BOUJAOUDE, S. College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 45, n. 4, p. 395-419, 2008.
- JENSEN, M.S.; FINLEY, F. Changes in student's understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 33, n. 8, p. 879-900, 1996.
- KUHN, T. *The structures of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- KUTSCHERA, U. Darwinism and intelligent design: the new anti-evolutionism spreads in Europe. *Science*, NY, USA, v.23, n. 5-6, p. 17-18, 2003.
- LARSON, E.J. *Trial and error: the American controversy over creation and evolution*. New York: Oxford University Press, 1989.
- LEVY, A.; CARRAPIÇO, F.; ABREU, H.; PINA, M.. Introdução. In: LEVY, André; CARRAPIÇO, Francisco; ABREU, Helena; PINA, Marco (Orgs.). *Evolução: conceitos e debates*. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. p. 11-23.
- MAYR, E. *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.
- MAYR, E. Darwin's influence on modern thought. *Scientific American*, USA, July, p. 79-81, 2000.
- MAYR, E. O que é o Darwinismo? In: LEVY, André; CARRAPIÇO, Francisco; ABREU, Helena; PINA, Marco (Orgs.). *Evolução: conceitos e debates*. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. p. 41-61.
- MILLAR, R.; OSBORNE, J. *Beyond 2000: science education for the future*. London: Kings College, 1998.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Science and creationism: a view from the National Academy of Sciences*. Washington DC: National Academic Press, 1984.
- REU, Sorocaba, SP, v. 35, n. 2, p. 33-46, dez. 2009

- NATIONAL RESEARCH COUICIL. **National science education standards**. Washington DC: National Academic Press, 1995.
- PADIAN, K.. The evolution of creationists in the United States: where are they now, and where are they going? *Comptes Rendus Biologies*, Paris, France, v. 332, p. 100-109, 2009.
- PASSMORE, C.; STEWART, J. A modelling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 39, n. 3, p. 185-204, 2002
- PENNOCK, R. T. Creationism and intelligent design. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, USA, v. 4, p. 143-163, 2003.
- PIGLIUCCI, M.; LEVY, A. Uma síntese evolutiva expandida. In: LEVY, André; CARRAPIÇO, Francisco; ABREU, Helena; PINA, Marco (Orgs.). *Evolução: conceitos e debates*. Lisboa: Esfera do Caos, 2009. p. 199-219.
- PITBURN, M.; MARR, F.; ALLEN, T. Alternative working hypotheses: a proposal for teaching about evolution and creationism. *The Australian Science Teachers Journal*, Canberra, Australia, v. 32, p. 45-50, 1986.
- POPPER, K. *Conjectures and Refutations*. London: Routledge and Keagan Paul, 1963.
- REIS, P.; GALVÃO, C. Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. *International Journal of Science Education*, London, UK, v. 26, n. 13, p. 1621-1633, 2004.
- RUDOLPH, J. L.; STEWART, J. Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 35, n. 10, p. 1069-1089, 1998.
- SETTLAGE, J. Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 39, n. 3, p. 185-204, 1994.
- SCOTT, E. C. Antievolution and creationism in the United States. *Annual Review of Anthropology*, v. 26, p. 263-289, 1997.
- SKOOG, G. Evolution in textbooks. *Science Education*, v. 68, p. 117-128, 1984.
- SMITH, M. Counterpoint: belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, p. 591-597, 1994.
- TROWBRIDGE, J.E.; WANDERSEE, J.H. Identifying critical junctures in learning in a college course on evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, Maryland, USA, v. 31, p. 459-473, 1994.
- ZOOK, D. Confronting the evolution education abys. *Journal of Research in Science Teaching*, local? v. 32, p. 1110-1120, 1995.