

USO DO CONHECIMENTO EVOLUTIVO NA TOMADA DE DECISÃO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE QUESTÕES SOCIOAMBIENTAIS

Dália Melissa Conrado¹
Felipe Braga Leal²
Ítalo Nascimento de Carvalho³
Leonídia Maria S. Cruz⁴
Maíra Miele O. R. de Souza⁵
Tiago P. de Almeida⁶
Uelen O. Moura⁷
Claudia Sepulveda⁸
Charbel N. El-Hani⁹

Introdução

Na literatura sobre ensino de ciências, é discutida uma série de tentativas de aprimorar a forma como o estudante aprende e aplica o conhecimento científico no seu cotidiano (FREITAS; SOUZA, 2004; SANTOS; MORTIMER, 2009; VARGENS; EL-HANI, 2011). Alguns desses estudos utilizam questões sociocientíficas, tanto para avaliação de conhecimento (SADLER, 2005), quanto como recurso didático para a promoção do pensamento crítico entre os estudantes (PÉREZ; CARVALHO, 2012). Afinal, o preparo de cidadãos para o uso adequado do conhecimento científico na tomada de decisão é fundamental para seu engajamento em questões científicas relevantes para a sociedade, como, por exemplo, aquelas relacionadas aos problemas socioambientais. A participação cidadã é um dos pilares de uma sociedade democrática e, por isso, o cidadão não deve ficar de fora de decisões relacionadas à ciência e à tecnologia (FOUREZ, 1995), sobretudo em sociedades fortemente atravessadas por estas duas atividades humanas. Em contraste com esse requisito de uma sociedade democrática, o modelo decisório tem sido ameaçado, em nossas sociedades, por modelos tecnocráticos de decisão que afastam os cidadãos dessa tarefa social, com a

¹UFBA, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Mestre e Doutoranda em Ecologia. Contato: dalia.ufba@gmail.com

²Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: felipebleal@msn.com

³Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: italonc@hotmail.com

⁴Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: leoser.bio@gmail.com

⁵Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: mairamiele@gmail.com

⁶Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: ssa.tiago@yahoo.com.br

⁷Biólogo. UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Contato: uelenmoura@hotmail.com

⁸UEFS, Universidade Estadual de Feira de Santana, Dep. de Educação. Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências. Contato: causepulveda@ig.com.br

⁹UFBA - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. Doutor em Educação. Contato: charbel@ufba.br

justificativa de que não estão preparados para lidar com debates sociocientíficos (LEODORO, 2001).

Questões sociocientíficas correspondem a problemas sociais complexos que envolvem diferentes perspectivas e conhecimentos na busca de sua resolução, na qual os conhecimentos científicos são sempre necessários (SADLER; ZEIDLER, 2004). No ensino de ciências, elas podem estimular a aprendizagem, ao enfatizarem a importância do conhecimento científico para os problemas da sociedade (SADLER, 2009), além de romperem com uma visão da ciência como antiquada e desinteressante para os jovens estudantes (SJØBERG, 2001). Dilemas sociais relacionados a problemas ambientais, terapia gênica, clonagem, biotecnologia são alguns exemplos de questões sociocientíficas nas quais o conhecimento científico é um dos fundamentos para sua discussão (SADLER, 2005). Entre esses dilemas, nosso interesse recai, nesse artigo, sobre as questões socioambientais.

Tomar decisões sobre questões sociocientíficas não é uma tarefa fácil para aqueles que possuem responsabilidade social. Ao tomar decisões, o cidadão deve levar em consideração vários aspectos, de natureza cognitiva, moral e afetiva (SADLER; ZEIDLER, 2004). Contudo, essa é uma dificuldade que deve ser enfrentada. A sociedade tem deixado, muitas vezes, a cargo do especialista a tomada de decisões sobre questões que envolvem ciência e tecnologia, como se na tecnocracia as decisões fossem ideologicamente neutras e livres de interesses ou ideologias (AULER, 2003).

No entanto, há vários motivos que apontam a participação do cidadão na discussão crítica sobre as atividades científicas e tecnológicas como uma forma de contribuir para que o desenvolvimento dessas atividades ocorra de acordo com os interesses coletivos da sociedade, bem como para que sejam consideradas as suas consequências para a qualidade de vida da coletividade (AULER; BAZZO, 2001). Neste sentido, destaca-se o papel do ensino de ciências na formação de cidadãos capazes de tomada de decisão socialmente responsável (SANTOS; MORTIMER, 2002). Essa pode ser entendida como uma ação realizada pelo indivíduo com “consciência de seu papel na sociedade, com compromisso de cooperação e co-responsabilidade social, na busca de melhor qualidade de vida em termos coletivos, e não apenas individuais” (CONRADO *et al.*, 2011, p.2)¹.

Uma sociedade que não privilegia a tomada de decisão socialmente responsável pode incorrer no risco de prejudicar a si mesma. Em seu famoso texto sobre a tragédia dos comuns, Hardin (1968) mostra como indivíduos que agem em prol apenas do benefício próprio, com

¹ Conforme normas do periódico, as citações de trabalhos dos autores serão incluídas após a arbitragem.

desinteresse pelos bens comuns, contribuem para o agravamento de problemas que podem levar à ruína de um sistema social. Os problemas socioambientais são um bom exemplo da tragédia dos comuns, nos quais o papel da tomada de decisão socialmente responsável ganha especial saliência. Os bens públicos e recursos comuns devem ser geridos com cooperação e reciprocidade entre cidadãos, os quais, para isso, precisam estar conscientes dos benefícios dessas ações para a qualidade de vida coletiva (LENZI, 2009) e, mais do que isso, devem desenvolver valores e atitudes que permitam o devido espaço aos interesses coletivos. O papel da educação torna-se evidente quando consideramos essa necessidade de formar cidadãos socialmente responsáveis, capazes de evitar situações como a tragédia dos comuns.

Mas o que seria uma educação para a cidadania e, em particular, como ela se conecta com a ideia de cidadãos socialmente responsáveis discutida acima? Entendemos a cidadania como um valor humano que resulta de práticas de conciliação entre interesses e necessidades individuais e coletivas, sendo experimentadas em relação aos outros, aos bens comuns e às interações sociais (REIS, 2006; FERREIRA, 1993). Uma educação para a cidadania desempenha papel chave na promoção dessas práticas, ainda que a ação cidadã não se limite nem deva limitar-se à educação, quanto menos à educação formal. Do modo como a entendemos, uma educação para a cidadania bem sucedida deve contribuir para a formação de cidadãos socialmente responsáveis e politicamente ativos.

Uma educação para a cidadania deve promover formação de cidadãos críticos, capazes de participar da vida em sociedade, com responsabilidade sobre suas ações, bem como de atuarem no sentido de promover “a construção de sociedades sustentáveis, socialmente justas e ecologicamente equilibradas” (TOZONI-REIS, 2006, p.10). De fato, uma base de conhecimentos apropriada e uma capacidade de pensamento crítico são produtos importantes de uma educação para a cidadania, mas isso não implica que devemos assumir uma visão limitada a esses dois produtos, que não são suficientes para resistir ao que Giroux (2004a) denomina a despolitização da cidadania.

A cidadania demanda participação política, ativismo, engajamento cultural, em suma, a capacidade de tornar-se um cidadão global e um agente social responsável (GIROUX, 2004b). Ser um cidadão implica ser capaz de se engajar em diálogo crítico com o passado, de questionar a autoridade (seja sagrada ou secular), de confrontar-se com relações de poder, de ser ativo e crítico na esfera pública local, nacional e global, de ser capaz de reconhecer forças antidemocráticas que negam a justiça social, econômica e política, e de lutar por um mundo

melhor (GIROUX; GIROUX, 2006). Dessa compreensão da educação para a cidadania, segue nosso compromisso com a ideia de tomada de decisão socialmente responsável.

Assumir essa noção também implica, contudo, reconhecer que sempre haverá conflitos e relações de poder em torno do que constitui o interesse coletivo e, logo, a responsabilidade social. Isso mostra que o pesquisador e o educador não podem deixar de escolher lados e de ter consciência de que escolhas estão sendo feitas quando se sustenta o que se configura como tomada de decisão socialmente responsável diante de problemas sociais e, no nosso caso de interesse, de questões sociocientíficas. Portanto, a pesquisa que conduzimos tem um elemento inegável de engajamento, que se configura na compreensão do que seria tomada de decisão socialmente responsável, como eixo orientador do presente estudo, e, no contexto da prática, se reflete na intencionalidade dos processos educativos nos quais nos engajamos.

Um elemento chave na educação para cidadania, em nossas sociedades atuais, reside na capacidade dos cidadãos de engajarem-se criticamente com as relações entre ciência, tecnologia e sociedade de uma perspectiva equilibrada, que nem demonize, nem simplesmente louve a ciência e a tecnologia, reconhecendo que essas atividades humanas complexas não se dobram a simples explicações maniqueístas. Os cidadãos devem ser capazes de utilizar o conhecimento científico e tecnológico, seja na interação com cientistas, na escolha de políticos que entendam sobre ciência, na compreensão das consequências da ciência e da tecnologia para a sociedade etc. (SMITH; SIEGEL; MCINERNEY, 1995).

Essas capacidades são particularmente importantes no caso do conhecimento evolutivo, que, entre os conhecimentos científicos, apresenta níveis elevados de rejeição em diferentes esferas sociais. Entre os conhecimentos científicos relacionados a questões sociocientíficas, a teoria da evolução e, em particular, a teoria darwinista não é frequentemente reconhecida como fundamental numa educação para a cidadania, como base para a tomada de decisões em situações sócio-científicas, muitas delas vividas no cotidiano. Contudo, o conhecimento evolutivo possui um papel integrador na biologia, além de conectá-la com outras áreas do conhecimento, como geologia, filosofia e matemática (TIDON; LEWONTIN, 2004). Em vista desse papel, a compreensão satisfatória de diversos processos biológicos que têm impacto social depende do pensamento evolutivo (SADLER, 2005), a exemplo da resistência bacteriana a antibióticos e das pandemias provocadas por vírus emergentes (FUTUYMA, 2002; MEYER; EL-HANI, 2005) ou do melhoramento genético de plantas e animais utilizados pelos seres humanos (BULL; WICHMAN, 2001; FUTUYMA, 2002). Além disso, a teoria darwinista tornou-se, em tempos recentes, por meio da filogenética, um dos

fundamentos do monitoramento de doenças e da identificação de espécies para finalidades médicas, farmacológicas e de conservação (BULL; WICHMAN, 2001). Estudos de bioinformática baseados na aplicação do pensamento darwinista também tornaram-se, nos últimos anos, centrais no planejamento de protocolos biotecnológicos usados para produzir novos medicamentos e enzimas industriais, para a defesa contra pragas agrícolas e microorganismos patogênicos resistentes, e até mesmo para o desenvolvimento de novas tecnologias computacionais (BULL; WICHMAN, 2001; MEYER; EL-HANI, 2005).

A biologia evolutiva é fundamental, ainda, para questões de conservação, como no caso da avaliação de tamanhos populacionais mínimos como meio de saber se uma espécie encontra-se em risco de extinção ou se já está virtualmente extinta, por falta de variabilidade genética (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2008). Além disso, ela é importante para o planejamento de estratégias para combater problemas socioambientais importantes, como no manejo de pragas, para evitar a exposição de certas espécies que causam prejuízos agrícolas a pesticidas de amplo espectro, por exemplo, através da criação de refúgios para pragas vulneráveis (MALLET, 1989). Em suma, no caso da evolução biológica, a integração do conhecimento escolar com o cotidiano dos estudantes, via questões sociocientíficas, tem uma dimensão muito mais ampla do que se costuma reconhecer.

A forma como o estudante emprega o conhecimento evolutivo nas questões sociocientíficas depende, contudo, de sua compreensão sobre a biologia evolutiva (SADLER, 2005), tanto de seus conceitos, como de sua aplicabilidade em questões cotidianas. Se o estudante souber, por exemplo, que o uso inadequado de antibióticos pode gerar problemas futuros de multirresistência bacteriana, ele terá mais condições de agir de forma a não prejudicar a si mesmo e aos próximos (SMITH *et al.*, 1995). Contudo, os resultados disponíveis acerca do ensino e da aprendizagem de evolução são relativamente desanimadores. Desde a década de 1980, tem sido constatada a persistência de dificuldades por parte dos alunos para resolver problemas e interpretar fenômenos biológicos em termos darwinistas, mesmo após instrução formal sobre o tema (BIZZO, 1994; DEMASTES *et al.*, 1995; ALTERS; NELSON, 2002). Entre os fatores citados para explicar a prevalência de tais dificuldades, temos: a incompreensão de conceitos centrais que estruturam a teoria darwinista da evolução (FERRARI; CHI, 1998); a rejeição aos aspectos metafísicos dessa teoria, em virtude de seus conflitos com concepções de natureza importantes na visão de mundo de estudantes, como aquelas pautadas nas religiões cristãs (COBERN, 1994; SMITH, 1994; SEPULVEDA; EL-HANI, 2006); a frequência de visões inadequadas sobre a natureza da ciência entre estudantes

e professores (SMITH *et al.*, 1995; DAGHER; BOUJAOUDE, 2005); e materiais didáticos e currículos inadequados (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Diante desse quadro, o desenvolvimento e o teste de inovações educacionais que possam levar a melhorias do ensino e da aprendizagem de evolução e à sua conexão com a tomada de decisão em questões sociocientíficas são altamente desejáveis, em particular, se essas inovações forem capazes de transpor resultados da pesquisa educacional para o planejamento e a ação pedagógica. Contudo, antes de nos engajarmos em tal iniciativa, é preciso investigar se e como o conhecimento evolutivo é mobilizado na tomada de decisão de estudantes do ensino médio em questões sociocientíficas. Com esse intuito, desenvolvemos e validamos um instrumento de coleta de dados enfocando o conhecimento evolutivo e seu uso na tomada de decisão em questões sociocientíficas (CONRADO *et al.*, 2011), e o aplicamos a uma população de estudantes do ensino médio público do estado da Bahia. Nesse artigo, discutimos parte dos resultados desse estudo, referentes a questões sociocientíficas relacionadas a problemas ambientais.

Metodologia

Utilizamos no presente estudo um *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo*, construído e validado por nossa equipe. O processo de desenvolvimento e validação desse instrumento é discutido em CONRADO *et al.* (2011). Abaixo, descrevemos brevemente sua construção e estrutura.

Para a elaboração desse questionário, selecionamos três temas em que o raciocínio evolutivo pode contribuir para a reflexão e a tomada de decisões socialmente responsáveis envolvendo questões sociocientíficas. O primeiro tema, resistência bacteriana a antibióticos (RBA), está relacionado à saúde. Os temas restantes referem-se a questões envolvendo diretamente o meio ambiente, a saber, manejo agrícola (MAG) e medidas de conservação da biodiversidade (MCA). Foi construído inicialmente um banco de questões sobre os três temas, a partir de um levantamento bibliográfico de reportagens jornalísticas e artigos científicos relacionados aos mesmos e, em particular, à aplicação de teorias e métodos da biologia evolutiva na resolução de problemas sociocientíficos vinculados a eles. Com base nesse banco de questões, várias versões do questionário podem ser construídas, com cenários relacionados a cada um dos temas.¹

¹ Após arbitragem, incluiremos link para acesso a sítio na internet no qual o banco de questões e alguns exemplos de questionários construídos a partir dele são disponibilizados.

Em cada questionário, há, para cada tema, um cenário contendo uma situação-problema. Os cenários são apresentados em textos introdutórios, seguidos por quatro questões. Os textos introdutórios contêm informações básicas sobre cada situação-problema, incluindo alguns elementos que fazem referência implícita ou indireta ao conhecimento evolutivo. A primeira questão demanda uma resposta de natureza conceitual, sendo necessário apenas que se aplique o conhecimento evolutivo na situação descrita. Essa questão tem por objetivo avaliar se o respondente é capaz de mobilizar esse conhecimento de forma direta, sem a necessidade de relacioná-lo a fatores de natureza moral e afetiva, que influenciam em uma tomada de decisão. Já nas outras três questões, pede-se que o respondente tome uma decisão na qual o conhecimento evolutivo pode ser utilizado para orientar uma escolha com implicações socioambientais. Em cada questão, ele é levado a se imaginar em um entre três papéis sociais distintos: o de um cidadão comum que enfrenta uma decisão que afetará primariamente a si mesmo e secundariamente à sociedade; o de um profissional (como um médico ou um empresário), cuja escolha afetará a terceiros, mas não a si mesmo de maneira direta; e o de um gestor público, cuja ação afetará a sociedade como um todo. O estudante possui sempre duas alternativas: uma considerada socialmente responsável e outra considerada não socialmente responsável, de acordo com a compreensão da tomada de decisão socialmente responsável assumida por nós e discutida na introdução. Assim, consideramos uma decisão socialmente responsável quando ela gera benefícios ou reduza prejuízos para o maior número de indivíduos envolvidos na situação, ou, ainda, quando esteja associada a um resultado geral que leve à melhoria da qualidade de vida coletiva.

Como um exemplo de questão de tomada de decisão do instrumento, podemos citar a seguinte, relacionada à conservação ambiental:

As populações de seres vivos precisam ter um número mínimo de indivíduos para se manterem por um longo período de tempo. Outro fator que influencia a manutenção das populações é a probabilidade de ocorrer cruzamento entre parentes próximos. Uma consequência desse tipo de cruzamento é o aumento do número de descendentes que nascem mortos ou com deformidades físicas. Suponha que você é um deputado do seu estado e recebe dois projetos que serão discutidos na câmara. Como a verba é limitada, você deve votar em apenas um para ser implantado: Projeto Um: propõe a criação de uma instituição para a preservação de um golfinho – que apresenta uma população de 400 indivíduos num certo local e uma probabilidade de 75% de cruzamento entre parentes próximos. Projeto Dois: propõe a criação de uma instituição para preservar um morcego – que apresenta uma população de 200 indivíduos num certo local e uma probabilidade de 25% de cruzamento entre parentes próximos. a)

Sabendo que você planeja se candidatar à reeleição no ano seguinte, em qual projeto você votaria? b) Que raciocínio você seguiu para tomar essa decisão? c) Explique as consequências de sua decisão.

Nessa questão, a conservação da população de morcegos é mais factível, pelo seu menor índice de endogamia, em comparação com a população de golfinhos, que já se apresenta com elevado grau de endogamia e, provavelmente, com menor variabilidade genética populacional. A ideia por trás da questão é que a população de golfinhos pode já estar abaixo do tamanho mínimo viável para sua conservação, enquanto a população de morcegos ainda poderia manter-se acima do tamanho mínimo viável para sua manutenção, merecendo maior prioridade em termos de investimento. Propositamente, a questão coloca uma espécie carismática, a de golfinhos, com menor viabilidade para conservação, como modo de aumentar a possibilidade de aferir, com a questão, se o conhecimento evolutivo foi utilizado, em contraste, aqui, com um juízo guiado apenas pelo maior apelo da espécie carismática. Nesse caso, julgamos que, ao optar pelo projeto 2, o estudante estaria tomando uma decisão socialmente responsável e potencialmente orientada pelo conhecimento evolutivo. A opção pelo projeto 1 não seria, em contraste, socialmente responsável, pelo desperdício de recursos públicos na tentativa de conservar uma população de uma espécie carismática que já se encontraria abaixo de seu tamanho mínimo viável, com elevada endogamia e reduzida variabilidade genética.

O instrumento foi validado por meio de dois testes pilotos, o primeiro com 20 estudantes ingressantes de um curso de Ciências Biológicas, que haviam, portanto, concluído há pouco o ensino médio. Esses estudantes responderam apenas questões sobre RBA, com o intuito de verificar se elas mostravam-se adequadas à população de respondentes. Após ter sido substancialmente reformulado, o instrumento foi submetido a um segundo teste piloto, com dez estudantes de cursos de pós-graduação da área de Ecologia, nos níveis de mestrado e doutorado, para verificar se as questões mostravam-se excessivamente exigentes quanto ao domínio de conteúdos específicos, e vinte estudantes ingressantes de cursos de graduação (dez em Ciências Biológicas, dez em outras áreas), para verificar sua adequação à população a ser investigada. Esse segundo teste piloto levou a mais algumas modificações do instrumento, de modo a adequá-lo à população a ser investigada.

A coleta de dados foi realizada com estudantes do terceiro ano do ensino médio, no qual os conteúdos de evolução são geralmente abordados nas escolas brasileiras. Os estudantes frequentavam três escolas públicas estaduais do estado da Bahia, localizadas em diferentes municípios, Salvador, Lauro de Freitas e Feira de Santana. Os questionários foram aplicados

por professores das escolas, que participam como professores-investigadores de grupo colaborativo de pesquisa que inclui também pesquisadores responsáveis pelo presente estudo. Os estudantes aceitaram responder os questionários voluntariamente, após assinarem termo de consentimento livre e esclarecido¹, no qual havia informações sobre a natureza do estudo, sendo omitida, porém, qualquer referência ao conhecimento evolutivo, porque isso poderia interferir nas respostas dos estudantes. Os questionários foram respondidos em domicílio e devolvidos aos professores. Ao todo, 158 estudantes, distribuídos por sete turmas, participaram do estudo. Cada um deles respondeu uma versão diferente do questionário, construída a partir do banco de questões sobre RBA, MAG e MCA. Neste estudo, consideramos apenas as respostas sobre MAG e MCA.

Para a análise das respostas dos estudantes, criamos respostas padronizadas, que continham todos os elementos minimamente necessários para que as soluções das questões colocadas se enquadrassem no que consideramos um nível satisfatório neste estudo, incluindo: presença do conhecimento evolutivo e sua correta utilização; uso correto de termos científicos próprios do vocabulário sobre evolução; e tomada de decisão socialmente responsável. A avaliação da frequência de uso de termos científicos de maneira correta permite analisar a apropriação pelos estudantes da linguagem da ciência escolar sobre evolução e, em particular, sobre a teoria evolutiva darwinista (REIS; EL-HANI; SEPULVEDA, 2010). Esse é um aspecto importante na análise das respostas, dado que a compreensão adequada de termos e conceitos evolutivos é um requisito para sua aplicação correta nos cenários apresentados.

Abaixo, apresentamos um exemplo de questão conceitual do instrumento (tendo sido suprimido o texto de apoio) e sua resposta padrão (que direcionou a análise das respostas dos estudantes):

Questão conceitual: Caso as batatas não fossem cultivadas em monocultura, isso diminuiria as chances de ocorrer uma infestação tão grave? Por quê? . Resposta-padrão: Sim. Não ser cultivada em monocultura implica que sua variabilidade genética é maior, o que pode deixar alguns exemplares com genótipos resistentes à ação do fungo. No caso de infestação fúngica, inevitavelmente muitas batatas seriam destruídas, porém as resistentes teriam chance de reproduzir e, assim, de transmitir os genótipos associados à resistência à geração seguinte da plantação, tornando mais provável a sobrevivência diante da infestação.

¹ No caso de estudantes abaixo dos 18 anos, o termo foi assinado por um adulto responsável.

As respostas dos estudantes foram comparadas com as respostas padrão e classificadas de acordo com as categorias descritas a seguir. Para as perguntas conceituais, foram utilizadas quatro categorias:

- C1 - Uso do conhecimento evolutivo
 - C1-A: Uso adequado do conhecimento evolutivo, com os termos científicos sendo usados corretamente (esta subcategoria é a que mais se aproxima da resposta padronizada, mencionada acima);
 - C1-B: Uso do conhecimento evolutivo, mas sem um emprego apropriado dos termos científicos;
- C2 - Uso inadequado do conhecimento evolutivo;
- C3 - Ausência de uso do conhecimento evolutivo;
- C4 - Não respondeu.

Já para as perguntas de tomada de decisão, utilizamos sete categorias:

- G1 - Tomada de decisão socialmente responsável e uso adequado do conhecimento evolutivo
 - G1-A: Uso apropriado dos termos científicos;
 - G1-B: Uso de linguagem cotidiana apenas, sem emprego dos termos científicos de modo correto;
- G2 - Tomada de decisão socialmente responsável com uso inadequado do conhecimento evolutivo;
- G3 - Tomada de decisão socialmente responsável sem uso do conhecimento evolutivo;
- G4 - Tomada de decisão não socialmente responsável com uso adequado do conhecimento evolutivo;
- G5 - Tomada de decisão não socialmente responsável com uso inadequado do conhecimento evolutivo;
- G6 - Tomada de decisão não socialmente responsável sem uso do conhecimento evolutivo;
- G7 – Sem Tomada de Decisão/ Sem resposta.

Resultados e Discussão

Os 158 questionários obtidos tornaram possível a análise de 158 respostas de questões conceituais (uma por estudante) e 474 respostas dadas às questões de tomada de decisão (três por estudante). No caso dos temas discutidos no presente trabalho, MAG e MCA, foram analisadas 316 respostas de tomada de decisão (duas por estudante).

Na Tabela 1, podemos observar que, na maior parte das respostas às questões conceituais (62%), não foi observada mobilização do conhecimento evolutivo. Além disso, entre os participantes que utilizaram o conhecimento evolutivo (36,1%), mais de 70% o fez de forma inadequada.

Tabela 1– Categorização das respostas das questões conceituais do *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo*.

Categorias	C1A	C1B	C2	C3	C4	Total
Quantidade	0	16	41	98	3	158
Percentual de respostas	0	10,1	26	62	1,9	100

Legenda: C1A – Uso adequado do conhecimento evolutivo com uso correto dos termos científicos.

C1B – Uso adequado do conhecimento evolutivo com uso de linguagem cotidiana. C2 – Uso inadequado do conhecimento evolutivo. C3 – Ausência de uso do conhecimento evolutivo. C4 – Não respondeu.

Apesar de não esperarmos respostas de estudantes de ensino médio na categoria C1A, em vista do que relata a literatura disponível sobre as dificuldades de aprendizagem de evolução, o reduzido número de respostas nas categorias C1B e, em especial, C2, não era igualmente esperado. Esses resultados podem ser vistos como um indício de que os estudantes, ao final do ensino médio, não somente não compreendem adequadamente os conteúdos de evolução, mas, mais do que isso, sequer o mobilizam, mesmo em questões conceituais que são claramente relacionadas a ele, como as que incluímos no questionário.

Essa é uma deficiência importante de formação, em vista do papel do conhecimento evolutivo na explicação de grande diversidade de fenômenos biológicos. O papel central da evolução nas ciências biológicas é reconhecido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, BRASIL, 1999) e pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), o que torna ainda mais importante refletirmos sobre os resultados bastante limitados do ensino de evolução, conforme apontados pela literatura e reiterado pelos resultados do presente estudo, no qual os estudantes não mobilizaram os conteúdos de evolução em questões conceituais explicitamente desenhadas para o uso deste conhecimento em conexão com questões sociocientíficas. Entre os fatores apontados como causas das dificuldades no ensino e aprendizagem de evolução em nosso país, podemos destacar a falta de preparo de professores, que não deve ser razão para culpabilizá-los, mas, antes, para questionarmos, de modo mais amplo, o fato de que o conhecimento evolutivo não tem o papel central que deveria ter nos currículos de muitos, se não da maioria dos cursos de Biologia de nosso país (e não somente nas licenciaturas, também nos bacharelados); a inadequação dos materiais instrucionais, como os livros didáticos, que tratam evolução como apenas mais um conteúdo de biologia, relegando-o ao último ano do ensino médio, sem utilizá-la como eixo orientador do tratamento dos conteúdos nem mesmo onde seria mais óbvio tal uso, por exemplo, no ensino sobre diversidade biológica; e a inadequação dos currículos em ação nas escolas, que

se distanciam das recomendações dos PCNs e das Orientações Curriculares para o Ensino Médio quanto ao papel do conhecimento evolutivo (e.g., GOEDERT, 2004; TIDON; LEWONTIN, 2004; ROCHA *et al.*, 2007).

A influência da mídia também pode contribuir para a compreensão inadequada ou superficial da biologia evolutiva (PAZZA; PENTEADO; KAVALCO, 2010), com consequências para sua aplicação em questões sociocientíficas. Por isso, equívocos conceituais em revistas de divulgação científica, revistas semanais de ampla circulação, jornais de notícias e programas televisivos merecem atenção, podendo ser, inclusive, objetos de discussão na sala de aula. Como argumentam Kemper; Zimmermann; Gastal (2010), se utilizados com cautela, esses materiais constituem uma fonte de material para exploração didática pelo professor, por poderem promover uma aproximação do conteúdo com a realidade social, potencialmente estimulando o interesse dos estudantes pelos conteúdos de evolução, desde que os problemas conceituais que costumam apresentar sejam devidamente tematizados.

A ausência de aplicação do conhecimento evolutivo observada nas questões conceituais também refletiu-se na mobilização desse conhecimento para a tomada de decisão em questões sociocientíficas, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2– Categorização das respostas das questões de tomada de decisão do *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo*.

Categorias	G1A	G1B	G2	G3	G4	G5	G6	G7	Total
Quantidade	0	5	11	158	0	6	121	15	316
Porcentagem	0	1,6	3,5	50	0	1,9	38,3	4,7	100

Legenda: G1A – Tomada de decisão socialmente responsável, com uso apropriado de conhecimento evolutivo e termos científicos. G1B – Tomada de decisão socialmente responsável com uso adequado do conhecimento evolutivo e uso de linguagem cotidiana. G2 – Tomada de decisão socialmente responsável com uso inadequado do conhecimento evolutivo. G3 – Tomada de decisão socialmente responsável sem uso do conhecimento evolutivo. G4 – Tomada de decisão não socialmente responsável com uso adequado de conhecimento evolutivo. G5 – Tomada de decisão não socialmente responsável com uso inadequado do conhecimento evolutivo. G6 – Tomada de decisão não socialmente responsável sem uso do conhecimento evolutivo. G7 – Sem tomada de decisão ou não respondeu.

Apenas 7% (categorias G1B, G2, G5) das respostas apresentaram tomada de decisão com base no conhecimento evolutivo, sendo que, considerando apenas essas respostas, 72,8% delas foram relacionadas à tomada de decisão socialmente responsável, enquanto 27,2% dessas respostas apresentavam decisões não socialmente responsáveis. Assim, quando houve uso do conhecimento evolutivo, esse foi, em sua maioria, associado à tomada de decisão socialmente responsável. Esses resultados repetem o que havíamos observado na validação do

instrumento (CONRADO *et al.* 2011), na qual estudantes com maior domínio do conhecimento evolutivo tanto mobilizaram com maior frequência e melhor qualidade esse conhecimento em suas respostas, quanto o aplicaram para tomada de decisão socialmente responsável.

Contudo, a maioria das respostas (88,3%) não utilizou o conhecimento evolutivo para a tomada de decisões (categorias G3 e G6). Se considerarmos apenas essas duas categorias, observamos que 56,6% dessas respostas corresponderam a decisões socialmente responsáveis, enquanto 43,4% traziam decisões não socialmente responsáveis. Assim, das respostas que não mobilizaram o conhecimento evolutivo, uma maior quantidade apresentou decisões socialmente responsáveis. Além disso, se considerarmos apenas as decisões não socialmente responsáveis, a maior parte delas (em G6, 38,3%) ocorreu sem o uso do conhecimento evolutivo. Contudo, o elevado número de respostas em G6 pode também ser justificado pela variedade de fatores que levaram a ações não socialmente responsáveis, como discutiremos mais adiante.

Nas respostas que apresentaram tomada de decisão socialmente responsável, sem uso do conhecimento evolutivo (G3, 50%), diversos outros conhecimentos foram mobilizados, relativos a áreas como filosofia, matemática, ecologia, entre outros. Para exemplificar, em uma questão referente à conservação ambiental, na qual sugere-se aplicar pesticidas em um cultivo de algodão para reduzir lagartas e percevejos que estão prejudicando uma comunidade de agricultores, alguns estudantes fundamentaram sua tomada de decisão socialmente responsável (contrária ao uso de pesticidas) em conhecimentos de ecologia:

[...] ocorreria um desequilíbrio ecológico, pois eu estaria afetando o nicho ecológico dos animais (lagartas e percevejos).

[...] devemos levar em conta duas vertentes: 1ª. A cadeia alimentar, pois, se forem eliminados todos os lagartos e percevejos, será difícil ou até impossível a sobrevivência dos animais que se alimentam destes. 2ª. Hoje em dia existem outros métodos que podem ser utilizados para eliminar pragas, não sendo necessário o uso de pesticidas.

Não é difícil explicar esse resultado, uma vez que os conteúdos de ecologia são próximos da situação-problema proposta e, dada sua ampla cobertura nos currículos da educação básica, são relativamente familiares aos estudantes, possivelmente mais familiares do que os

conteúdos da biologia evolutiva. A construção do cenário favorecia, contudo, a integração entre conhecimentos ecológicos e evolutivos na abordagem do problema, uma vez que enfocava a seleção natural como um mecanismo evolutivo que opera, contudo, num contexto ecológico geração após geração. No caso de pragas resistentes a pesticidas, as características responsáveis pela resistência são transmitidas para as próximas gerações sempre através de filtros ecológicos, ou seja, relações ecológicas têm papel central no regime seletivo que determina as diferentes probabilidades de transmissão intergeracional de características. Ecologia e evolução podem ser ensinadas de forma integrada, como recomendam os PCNs (BRASIL, 1999), o que não somente poderia estimular o interesse dos estudantes, como permitiria uma abordagem mais profunda e interdisciplinar sobre as questões sociocientíficas relacionadas aos problemas socioambientais. Essa abordagem integrada não é comum, contudo, nos livros didáticos e na prática pedagógica da educação básica, o que pode explicar o fato de os estudantes, ao optarem pelo uso do conhecimento ecológico, não o integrarem ao conhecimento evolutivo. Não se pode, contudo, limitar as causas desse achado ao conhecimento escolar, uma vez que, ao longo do século XX, biologia evolutiva e ecologia não se mostraram tão próximas na pesquisa biológica quanto se poderia esperar (PIGLIUCCI; MULLER, 2010). A dificuldade de integração se situa, pois, no conhecimento acadêmico em si mesmo, e não somente no conhecimento escolar.

Outro aspecto a ser discutido nos resultados do presente estudo é o de que, em muitas respostas, os estudantes justificaram suas decisões com base em argumentos de autoridade, seja governamental ou científica, como no seguinte exemplo:

[...] caso ocorresse infecção em minha plantação, recorreria aos órgãos competentes.

Argumentos de autoridade não são válidos e, num contexto de decisão sobre questões sociocientíficas, mostram-se particularmente sérios, porque implicam uma transferência da responsabilidade pela decisão para autoridades profissionais, como a de um cientista ou técnico, ou governamentais. Isso implica a ausência de exercício da cidadania, aqui entendido como uma participação socialmente responsável, politicamente ativa, informada e crítica na esfera de decisões sociais. O apelo à autoridade da ciência, em particular, pode indicar como o mito do cientificismo ainda é disseminado na sociedade, a partir de uma visão da ciência como neutra, inquestionável, livre de compromissos ideológicos. Por cientificismo, entendemos aqui a visão de que o conhecimento científico se mostra dominante não apenas nos domínios das atividades humanas em que se mostra mais fértil e eficaz, a compreensão

de, e intervenção sobre fenômenos naturais em termos naturalísticos, mas é utilizado para dominar a esfera pública em todos os seus domínios, como se todas as outras formas de conhecimento humano fossem inferiores em todas e quaisquer das diversas atividades humanas (COBERN; LOVING, 2001).

É importante questionar o mito do cientificismo na educação em geral e no ensino de ciências, em particular. Uma sociedade em que o cidadão não é e não se entende como capaz de participar das decisões que envolvem ciência e tecnologia não pode se manter como uma sociedade democrática, tornando-se, antes, uma sociedade tecnocrática, na qual a ciência e a tecnologia têm precedência sempre, em todas e quaisquer decisões sociais. No campo socioambiental, isso implica a manutenção de uma visão cientificista na abordagem dos problemas socioambientais, que desconsidera as contribuições de outras formas de conhecimento e priva os processos decisórios da participação e reflexão dos cidadãos sobre aspectos centrais para a crise ambiental, como seus valores e hábitos de consumo e sua participação efetiva na sociedade em prol de interesses coletivos, e não apenas de seus próprios interesses (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Os estudantes também associaram a tomada de decisão com fatores afetivos e éticos, o que é muito comum em questões sociocientíficas (SADLER, 2005; ZEIDLER *et al.*, 2005), uma vez que geram controvérsias com relação a valores e ideologias da ciência e da sociedade. Para exemplificar, temos uma resposta dada à questão de tomada de decisão citada como exemplo na metodologia avaliada como não socialmente responsável, sem uso do conhecimento evolutivo (G6):

Apesar do golfinho ter mais probabilidade de ser cruzado entre parentes próximos pessoas preferem golfinho do que morcego assim eu teria mais chance de ser eleito. [...] Os animais, vários deles poderiam nascer com deficiências, porém vivemos em um mundo de aparências.

O estudante tomou a decisão com base em seu interesse individual em se reeleger, sem qualquer compromisso e corresponsabilidade com as necessidades dos indivíduos envolvidos, nem tampouco com o recurso público a ser gasto. Isso mostra a importância da recomendação de ZEIDLER *et al.* (2005) de que a dimensão moral seja inserida nas discussões em sala de aula, de tal maneira que se possa, na abordagem de questões sociocientíficas, confrontar conhecimentos científicos com interesses individuais e coletivos. As controvérsias geradas em torno de questões sociocientíficas podem criar oportunidades para que os sujeitos sejam

avaliados e avaliem-se como agentes morais na tomada de decisão, acionando o conhecimento ético de modo a enfatizar sua importância na sociedade, regida por princípios éticos e códigos morais (SJØBERG, 2001). Além disso, a consideração da dimensão ética no ensino de ciências pode contribuir para humanizar a atividade científica na percepção dos estudantes (SJØBERG, 2001; MATTHEWS, 1994).

Ao considerarmos os diferentes papéis sociais que as questões estimulavam os estudantes a assumirem (Tabela 3), verificamos que não houve muitas diferenças nos resultados referentes às categorias de tomada de decisão (relativamente aos achados mostrados na Tabela 2). Nas decisões que afetam a terceiros, houve maior número de respostas que apresentavam tomada de decisão socialmente responsável do que de respostas com tomada de decisão não socialmente responsável, indicando uma tendência de ações mais adequadas quando se trata de situações que afetam membros de uma comunidade da qual o participante faz parte e com os quais interage diretamente. O mesmo foi observado nas questões que consideravam apenas efeito individual das decisões. Contudo, no caso das questões em que o respondente se colocava na posição de gestor público, a proporção de decisões não socialmente responsáveis foi maior. Em todos esses casos, a mobilização do conhecimento evolutivo foi rara, como comentamos acima.

Tabela 3 – Uso de conhecimento evolutivo em questões de tomada de decisão do *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo*: distinção por papel social adotado pelo respondente.

Categoria	Efeito Individual	Efeito a Terceiros	Gestor Público
G1A	0	0	0
G1B	0	2	3
G2	0	6	5
G3	34	76	48
G4	0	0	0
G5	1	3	2
G6	24	45	52
G7	5	7	3

Para legenda, ver Tabela 1.

Houve, contudo, exemplos de tomada de decisão socialmente responsável com uso apropriado de conhecimento evolutivo, como a resposta dada por um estudante ao colocar-se no papel de um vereador que precisa votar um projeto para melhorar a situação dos agricultores que enfrentam dificuldades para controlar pragas resistentes. Resumidamente, no projeto 1, propõe-se a distribuição aos agricultores de um novo e forte pesticida, enquanto o projeto 2

preconiza a reserva de áreas para permitir a multiplicação de pragas vulneráveis. O estudante escolheu o projeto 2, fornecendo a seguinte justificativa para sua opção:

Ao reservar áreas da fazenda dos agricultores para permitir a multiplicação de pragas vulneráveis, isso acaba fazendo com que as futuras gerações se tornem também vulneráveis, tornando dessa forma, mais prático e fácil o extermínio dos mesmos. Diferentemente do que poderia acontecer no projeto 1, onde as pragas que apresentassem resistência ao novo pesticida, ao se multiplicarem, causariam mais risco às plantações, devido também às suas futuras gerações.

Nesse caso, o estudante considerou que o controle da resistência se torna mais eficaz se houver a presença de pragas vulneráveis, uma vez que os cruzamentos envolvendo estas podem resultar em prole contendo indivíduos vulneráveis, retardando a necessidade de uso de pesticidas de maior impacto, capazes de atingir pragas resistentes. Desse modo, o estudante mobilizou conhecimentos sobre evolução para fazer sua escolha e construir sua justificativa.

Ainda nessa questão, alguns respondentes, em vez de mobilizar o conhecimento evolutivo, optaram pela ampla utilização de pesticidas que não deixam resíduos tóxicos nos alimentos, o que mostra que sua principal preocupação foi com a comercialização de alimentos que não prejudiquem o organismo humano, sem se preocuparem com a resistência de pragas aos inseticidas, ou mesmo com a poluição ambiental associada ao seu uso. Desse modo, esses estudantes afastaram-se de uma tomada de decisão socialmente responsável, tal como a entendemos aqui.

Nas questões referentes à conservação ambiental, muitos estudantes utilizaram inadequadamente conteúdos de ecologia e comportamento animal, ou justificaram suas escolhas pela utilidade para o ser humano dos animais em questão, como podemos observar nos seguintes exemplos de resposta à questão citada na metodologia, classificadas como G6:

É que o golfinho é um peixe que serve para o planeta e não tem nenhum perigo de convivência com o ser humano, além de servir de alimento. E o morcego é perigoso e não serve de alimento, além de ser um inseto. [...] As consequências são boas, pois a produção de golfinhos irá aumentar e assim terá muito mais alimento para as famílias pobres, além da preservação de uma espécie.

A instituição para preservar golfinho é mais importante porque sua população é maior a probabilidade de aumentar a população também, e, além disso, o golfinho é animal que ao contrário do morcego não traz nenhum malefício à sociedade. [...] Na minha opinião, se os morcegos fossem extintos não faria menor diferença.

Em relação ao uso de termos relacionados com a teoria evolutiva darwinista (Tabela 4), os participantes utilizaram uma grande quantidade de termos vinculados à resistência de pragas aos pesticidas, enquanto conceitos mais específicos da biologia evolutiva, como estabilidade populacional ou sobrevivência limitada pela disponibilidade de recursos ambientais, ou mesmo mutação, evolução e seleção, foram mais raramente abordados. Notamos também que várias respostas apenas repetiam parte do texto de apoio, sendo os termos utilizados de forma superficial.

Tabela 4 – Total de termos relacionados à teoria evolutiva darwinista utilizados nas respostas dos estudantes ao *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo*.

Termo / Conceito mobilizado	Quantidade	Percentual de respostas
Resistência	134	39
Adaptação	36	10,5
Variação na população	35	10,2
Sucesso reprodutivo	28	8,1
Variação hereditária/Herança	27	7,9
Mudança na população	17	4,9
Sobrevivência diferencial	17	4,9
Uso inadequado de antibiótico/pesticida	16	4,7
Seleção	14	4,1
Mutação	9	2,6
Evolução	8	2,3
Populações estáveis	1	0,3
Potencial biótico	1	0,3
Sobrevivência limitada	1	0,3
Total	344	100

Considerando também os resultados discutidos acima, podemos concluir que o uso desses termos não implica uma compreensão adequada do conhecimento evolutivo. Sintomaticamente, muitos estudantes parecem ter procurado no enunciado da questão termos que lhes pareciam importantes para a elaboração das respostas, utilizando-os por essa razão, sem uma efetiva compreensão de seu significado. Isso também pode justificar a aplicação

inadequada do conhecimento evolutivo e os equívocos conceituais observados tanto nas questões conceituais, como nas questões de tomada de decisão.

Considerações Finais

O presente estudo buscou investigar se e como o conhecimento evolutivo é mobilizado na tomada de decisão de estudantes do ensino médio em questões socioambientais. Para tanto, aplicamos um *Questionário sobre Tomada de Decisão em Questões Sociocientíficas relacionadas ao Conhecimento Evolutivo* desenvolvido e validado por nossa equipe. Os resultados mostraram que os conteúdos evolutivos foram pouco usados, tanto nas questões conceituais, quanto nas questões de tomada de decisão. Decisões não socialmente responsáveis resultantes da não aplicação do conhecimento evolutivo ou de seu uso inadequado foram observadas, assim como decisões socialmente responsáveis baseadas em conhecimentos de outra natureza, mesmo em situações nas quais o conhecimento de evolução poderia ser utilizado para a tomada de decisão, em combinação com os outros conhecimentos mobilizados pelos estudantes. Esses resultados vêm somar-se a muitos outros disponíveis na literatura que mostram as dificuldades do ensino e da aprendizagem de evolução, com ênfase, no presente estudo, sobre a dificuldade de emprego do conhecimento evolutivo em questões sociocientíficas nas quais seu uso traz contribuições importantes.

Os conteúdos de biologia evolutiva podem e devem ser trabalhados em sala de aula no sentido de integrá-los com conhecimentos de outras áreas da biologia, bem como com conhecimentos de outras ciências. Além disso, o ensino de evolução deve possibilitar o uso de tais conhecimentos no cotidiano dos cidadãos, em particular, em questões sociocientíficas. Para isso, investir na capacitação de professores para trabalhar de forma adequada esses conteúdos e suas aplicações (e superar as dificuldades relatadas por eles) é uma das recomendações de Goedert (2004) e Tidon; Lewontin (2004). Além disso, são necessárias investigações sobre ferramentas e estratégias de ensino e aprendizagem que possam trazer contribuições relevantes para a melhoria da qualidade do ensino de evolução (REIS; EL-HANI; SEPULVEDA, 2010; VARGENS; EL-HANI, 2011). Cenários relativos a questões sociocientíficas podem ser utilizados na prática de sala de aula como meio de motivação e aprofundamento da aprendizagem de conceitos científicos, a partir de sua aplicação em questões vividas pelos estudantes em sua vida cotidiana, nas quais o conhecimento sobre ciência e tecnologia desempenha papel importante, até mesmo central.

Entre essas questões, temos os problemas socioambientais. O conhecimento evolutivo pode contribuir para a tomada de decisão socialmente responsável acerca de tais problemas, tal como abordamos nos cenários de manejo agrícola e conservação da biodiversidade, incluídos no questionário. As respostas dos estudantes a esses cenários mostraram, contudo, que a potencial contribuição do conhecimento evolutivo não se efetivou, pelas dificuldades enfrentadas pelos estudantes em sua compreensão e aplicação. Essas dificuldades podem ser uma fonte, entre várias, de prejuízos para sua participação cidadã em decisões democráticas sobre ciência e tecnologia, principalmente aquelas associadas aos problemas ambientais e suas consequências para a sociedade.

Nas etapas posteriores do projeto, pretendemos aprofundar a investigação acerca do uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão socialmente responsável mediante o uso de entrevistas lado a lado com o questionário. Além disso, pretendemos ampliar a discussão sobre a mobilização do pensamento evolutivo na tomada de decisão para o ensino superior de biologia, já que professores, pesquisadores e outros profissionais da área de ciências biológicas precisam de preparo adequado para interagir com estudantes e população em geral no debate sobre questões socioambientais, utilizando adequadamente os conhecimentos científicos. Por fim, avaliar outros conhecimentos que influenciam a tomada de decisão, além dos conhecimentos evolutivos, também pode contribuir nas investigações sobre a aplicação do conhecimento científico na tomada de decisão socialmente responsável pelos cidadãos.

Referências bibliográficas

ALTERS, B. J.; NELSON, C. E. Perspective: Teaching evolution In higher education. *Evolution*. v. 56, n. 10, p. 1891-1901, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. *Anais do V Encontro Iberoamericano sobre Las Relaciones CTS em La Educación Científica*. Málaga. p. 1-7, 2006.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, p. 1-15. 2003.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

- BIZZO, N. M. V. From Down House landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, n. 5, p. 537-556, 1994.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio*. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Brasília, 1999.
- BRASIL. *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (Orientações curriculares para o ensino médio; v.2)
- BULL, J. J.; WICHMAN, H. A. Applied evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 32, p. 183-217, 2001.
- COBERN, W. W.; LOVING, C. C. Defining “science” in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, v. 85, p. 50-67, 2001.
- COBERN, W. W. Point: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, p. 583-590, 1994.
- CONRADO, D. M. *et al.*, Construção e validação de ferramenta para investigação das relações entre conhecimento sobre evolução e tomada de decisão socialmente responsável em questões sócio-científicas. *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Campinas, 2011.
- DAGHER, Z. R.; BOUJAOUDE, S. Students’ perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education*, v. 85, n. 3, p. 378-391, 2005.
- DEMASTES, S. S.; SETTLAGE, J.; GOOD, R. Students conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 32, n. 5, p. 535-550, 1995.
- FERRARI, M.; CHI, M. T. H. The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 10, p. 1231-1256, 1998.
- FERREIRA, N. T. *Cidadania: uma questão para a educação*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- FOUREZ, G. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: UNESP, 1995.
- FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. *Fundamentos de genética da conservação*. Ribeirão Preto: SBG, 2008.
- FREITAS, D.; SOUZA, M. L. *CTS no Ensino de Biologia: uma aplicação por meio da abordagem do cotidiano. Perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação*

em Ciência. Universidade de Aveiro, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, 2004.

FUTUYMA, D. J. (Ed.). *Evolução, Ciência e Sociedade*. São Paulo: SBG, 2002. Disponível em: <http://www.sbg.org.br/ebook/Novo/ebook_evolucao.pdf> Acesso em: 21/05/09.

GIROUX, H. A. Critical pedagogy and the postmodern/modern divide: towards a pedagogy of democratization. *Teacher Education Quarterly*, n.31, p. 31-47, 2004a.

GIROUX, H. A. Cultural studies, public pedagogy, and the responsibility of intellectuals. *Communication and Critical/Cultural Studies*, n.1, p. 59-79, 2004b.

GIROUX, H. A.; GIROUX, S. S. Challenging neoliberalism's new world order: the promise of critical pedagogy. *Cultural Studies, Critical Methodologies*, v. 6, p. 212006-32.

GOEDERT, L. *A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica*. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2004.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, n. 162, p. 243-248, 1968.

KEMPER, A.; ZIMMERMANN, E.; GASTAL, M. L. A. 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.3, pp.25-50, 2010.

LENZI, C. L. A Política democrática da sustentabilidade: os modelos deliberativo e associativo de democracia ambiental. *Ambiente & Sociedade*. Campinas, v. 12, n. 1, p. 19-36, jan.-jun., 2009.

LEODORO, M. P. *Educação científica e cultura material: os artefatos lúdicos*. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo: 2001.

MALLET, J. The genetics of warning colour in Peruvian hybrid zones of *Heliconius erato* and *H. melpomene*. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 236, n. 1283, p. 163-185, 1989.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994. (Philosophy of Education Research Library)

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. *Evolução: O Sentido da Biologia*. São Paulo: UNESP. 2005.

PAZZA, R.; PENTEADO, P. R.; KAVALCO, K. F. Misconceptions about Evolution in Brazilian Freshmen Students. *Evolution, Education and Outreach*, v. 3, n. 1, p. 107-113, 2010.

- PÉREZ, L. F. M.; CARVALHO, W. L. P. de. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, Ahead of print, São Paulo, p.1-15, maio 2012.
- PIGLIUCCI, M.; MÜLLER, G. B. *Evolution: The Extended Synthesis*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2010.
- REIS, P. Ciência e Educação: que relação? *Interacções*, n. 3, p. 160-187, 2006.
- REIS, V. P. G. S.; EL-HANI, C. N.; SEPULVEDA, C. Aplicação e teste de uma seqüência didática sobre evolução no ensino médio de biologia. In: JÓFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Orgs.). *Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: Olhares que se Cruzam*. 2. ed., Recife-PE: UFRPE, 2010. p. 131-167.
- ROCHA, P. L. B. *et al.* Brazilian High School Biology Textbooks: Main Conceptual Problems in Evolution and Biological Diversity In: *Proceedings of the IOSTE International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks*. Tunis: University of Tunis, p. 893-907. 2007.
- SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, New York, v. 89, n. 1, p. 71-93, 2004.
- SADLER, T. D. Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. *Journal of Biological Education*, v. 39, n. 2, p. 68-72, 2005.
- SADLER, T. D. Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*. v. 45, n. 1, p. 1-42, 2009.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. *Ensaio – pesquisa em educação em ciências*, n. 2, v. 2, p. 133-162, 2002.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.
- SEPULVEDA. C.; EL-HANI, C. N. Apropriação do discurso científico por alunos protestantes de Biologia: Uma análise à luz da teoria da linguagem de Bakhtin. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 29-51, 2006.
- SJØBERG, S. Science and Technology in Education: Current Challenges and Possible Solutions. Science and technology: a discussion document, version 21. *Meeting of European Ministers of Education and Research*, Uppsala, 2001.

SMITH, M. U. Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 31, p. 591–597, 1994.

SMITH, M. U.; SIEGEL, H.; McINERNEY, J. D. Foundational issues in evolution education. *Science & Education*. v. 4, p. 23-46, 1995.

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

TOZONI-REIS, M. F. C. (Re)pensando a educação ambiental. Metodologias Aplicadas à Educação Ambiental. *V Congresso Ibero-Americano de Educação Ambiental*. p.7-17, 2006.

VARGENS, M. M.; EL-HANI, C. N. Análise dos efeitos do jogo Clipsitacídeos (Clipbirds) sobre 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.

ZEIDLER, D. L. *et al.* Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues in education. *Science Education*, n. 89, p. 357–377, 2005.

Submissão: Setembro de 2012

Publicação: Dezembro de 2012