



Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura

Biology teaching based on Socioscientific Issues: an experience with pre-service teachers education

Dália Melissa Conrado

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil
dalia.ufba@gmail.com

Charbel N. El-Hani

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil
charbel@ufba.br

Blandina F. Viana

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil
blande.viana@gmail.com

Alessandra S. Schnadelbach

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil
alessandra.schnadelbach@gmail.com

Nei F. Nunes-Neto

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil
nunesneto@gmail.com

Resumo:

A presente investigação qualitativa, fundamentada na teoria crítica e na metodologia do design research, buscou avaliar o uso de questões sociocientíficas como estratégia de ensino que favoreça a mobilização de dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos por estudantes do ensino superior de biologia, em uma sequência didática envolvendo ecologia, evolução e ética. A coleta de dados foi realizada a partir de aplicação de questionários, registro diário de observação de campo e registros de áudio das apresentações dos grupos na resolução de três casos sobre questões sociocientíficas relacionadas à monocultura, aos antibióticos e à polinização. Os dados foram analisados com base na análise de conteúdo, considerando como categorias os objetivos de aprendizagem, fundamentados em referenciais sobre ecologia, evolução e ética. A partir desse estudo, percebemos o potencial das questões sociocientíficas para favorecer a mobilização de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino superior de biologia, e a formação de cidadãos para a ação sociopolítica, uma vez que estimulam os estudantes a assumirem um papel ativo na resolução de problemas socioambientais. Também apontamos como desafio a inserção de aspectos de ética e política na discussão das relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente na educação científica.

Palavras-chave: Educação CTSA; ensino superior; formação de professores; ecologia; evolução.

Abstract:

This qualitative study, based on critical theory and on research design methodology, aimed to



assess the use of socio-scientific issues as a teaching strategy that encourages the mobilization of conceptual, procedural and attitudinal content. It was conducted on Biology university students, through a teaching sequence focusing on Ecology, Evolution and Ethics. Data was collected through questionnaires, daily records of field observations and audio records of group presentations, in which participants attempted to solve three cases on socio-scientific issues related to Monoculture, Antibiotics and Pollination. Data was analyzed through content analysis, where the learning goals constituted the categories, following references Ecology, Evolution and Ethics. From this study, we comprehended the potential of socio-scientific issues in facilitating the mobilization of conceptual, procedural and attitudinal contents in university Biology. The study also demonstrated their importance in the training of citizens for socio-political action taking, since this didactic strategy stimulates students to assume an active role in addressing social and environmental problems. Finally, we believe that the inclusion of ethical and political aspects in the discussion of Science-Technology-Society-Environment relationships, within Science education, is an important challenge.

Keywords: STSE education; undergraduate teaching; teacher education; ecology; evolution.

Resumen:

Esta investigación cualitativa, basada en la teoría crítica y en la metodología de diseño de la investigación, ha sido ejecutada con el objetivo de evaluar el uso de cuestiones socio-científicas como una estrategia de enseñanza que fomenta la movilización de dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales de los contenidos, por los estudiantes de educación superior en biología, en una secuencia de enseñanza que involucra la ecología, la evolución y la ética. La recolección de datos se llevó a cabo a partir de cuestionarios, anotaciones en diario de observación de campo y registros de audio de las presentaciones de grupo en la resolución de tres casos de cuestiones socio-científicas relacionadas con monocultivos, los antibióticos y la polinización. Los datos fueron sometidos a un análisis de contenido, teniendo en cuenta las categorías de los objetivos de aprendizaje, basados en referencias acerca de la ecología, la evolución y la ética. A partir de este estudio, nos dimos cuenta del potencial de las cuestiones socio-científicas para facilitar la movilización de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en la educación superior en la biología y la formación de los ciudadanos para la acción socio-política, ya que estimulan a los estudiantes a tomar un papel activo en abordar los problemas sociales y ambientales. También se pretende discutir que la inclusión de los aspectos de la ética y la política en la discusión de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente en la educación científica, genera muchos desafíos importantes.

Palabras claves: Educación CTSA; enseñanza de las ciencias; formación de profesores; ecología; evolución.

Introdução

Perante os graves problemas socioambientais atuais – como fragmentação de habitat, poluição ambiental e desigualdade social, entre outros –, é muito importante que a educação científica contribua para a formação de cidadãos capazes de agir ativamente para reduzir e eliminar esses problemas, de forma comprometida com uma melhor qualidade de vida, justiça social e



sustentabilidade ambiental (Bencze & Alsop, 2009; Hodson, 2011; Reis, 2013).

Diante desse cenário, uma estratégia de ensino que tem se mostrado eficiente para a abordagem de problemas socioambientais em sala de aula é o uso de questões sociocientíficas (QSCs) (Conrado, El-Hani, & Nunes-Neto, 2013; Hodson, 2011), como base para intervenções em sala de aula, associado à perspectiva da educação ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA). As QSCs são problemas controversos que, para sua solução, necessitam de conhecimentos científicos, mas envolvem não apenas estes conhecimentos, mas também outros tipos de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes, como, por exemplo, aqueles provenientes de diferentes tradições culturais e religiosas, filosofias morais, entre outras fontes (Bernardo, Vianna, & Silva, 2011; Conrado et al., 2012; Hodson, 2013; Sadler & Zeidler, 2004). Compreender, relacionar e incorporar esses diferentes aspectos na tomada de decisão sobre QSCs permite, aos estudantes, a mobilização contextualizada de conhecimentos científicos, contribuindo para uma aprendizagem mais integral do conteúdo escolar ou acadêmico.

Nesse sentido, é recomendado enfatizar dimensões não-conceituais dos conteúdos ensinados, assim como uma maior contextualização socioambiental dos temas abordados em sala de aula (Sadler e Zeidler, 2004). Essa contextualização influenciará: i) na promoção do raciocínio crítico e sistemático (Torres & Solbes, 2011), ao possibilitar o desenvolvimento habilidades argumentativas; ii) na compreensão e na aplicação dos conteúdos científicos no cotidiano (Hodson, 2013), ao mobiliza-los durante a busca pela solução de problemas; e iii) na humanização da concepção de ciência, ao conectar o conhecimento científico a questões éticas e políticas (Bencze & Alsop, 2009; Matthews, 1994). Para superar a ênfase, em sala de aula, sobre conceitos, é importante propor, no planejamento didático, a consideração de dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos (Coll, Pozo, Saravia, & Valls, 1992; Conrado & Nunes-Neto, 2015; Zabala & Arnau, 2008), uma vez que estas dimensões integram aspectos essenciais do conteúdo escolar ou acadêmico, como, por exemplo, perspectivas epistemológicas, metodológicas e axiológicas do conteúdo na educação científica (Conrado & Nunes-Neto, 2015).

Uma formação de cidadãos que considera a mobilização mais integral de conteúdos aprendidos no meio escolar ou acadêmico (isto é, das dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais do conteúdo) poderá melhorar a capacidade desses cidadãos de tomar decisões socialmente responsáveis, participando mais ativamente e de modo mais crítico da solução de problemas socioambientais complexos (Conrado, Nunes-Neto, Viana, & El-Hani, 2015).

O déficit de polinização tem sido considerado um problema socioambiental, devido à magnitude de suas consequências, tanto para o meio natural, como, por exemplo, para o aumento da taxa de extinção de abelhas nativas (Garibaldi et al., 2013); como para o meio social, como, por exemplo, o aumento de problemas relacionados à desnutrição e à disponibilidade de determinados alimentos (Aizen et al., 2009). Dessa maneira, o tema pode ser considerado como relevante e atual para uma educação científica sob a perspectiva da educação CTSA, tendo as QSCs como principal estratégia de ensino.

Em vista de que futuros professores de biologia devam conhecer e implementar inovações educacionais em sala de aula para a formação de cidadãos melhor preparados para lidar com problemas socioambientais, mobilizando conteúdos científicos em suas diferentes dimensões, o objetivo do trabalho é, pois, avaliar o uso de questões sociocientíficas como estratégia de ensino



que favoreça a mobilização de dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos por estudantes de biologia, em uma sequência didática envolvendo ecologia, evolução e ética.

Contextualização teórica

Déficit de polinização por declínio de abelhas como tema para QSC.

A polinização, processo ecossistêmico essencial para a produção de alimentos (Abrol, 2015; Potts et al., 2010; Vanbergen & Initiative, 2013), é responsável pela reprodução de mais de 87% das espécies de angiospermas do mundo (Ollerton, Winfree, & Tarrant, 2011). As abelhas são consideradas as principais polinizadoras da maior parte das plantas com flores, o que contribui para a conservação da biodiversidade (Arena & Sgolastra, 2014; Pinke, 2013).

O declínio global das abelhas tem sido considerado uma questão crítica desde o final da década de 1980 e início dos anos 1990 (Abrol, 2015). Os múltiplos fatores que causam esse declínio muitas vezes confluem, amplificando seus efeitos deletérios nas populações de polinizadores (Potts et al., 2010; Wagoner, Boncristiani, & Rueppell, 2013). A principal causa do declínio de abelhas é a perda ou fragmentação de habitat (Abrol, 2015; Potts et al., 2010; Vanbergen & Initiative, 2013), o que ocorre principalmente por causa de degradação ambiental (decorrente de desmatamento, criação de pastagens, queimadas, urbanização, agricultura intensiva, introdução de espécies não-nativas), gerando perda de integridade da paisagem, de recursos florais e de locais de nidificação (Bommarco, Kleijn, & Potts, 2013).

A intensificação da agricultura, principalmente após a revolução verde, tem aumentado o uso de agrotóxicos e a degradação ambiental (Lima & Rocha, 2012). Os inseticidas causam morte por intoxicação direta, enquanto os herbicidas e fertilizantes alteram a disponibilidade de recurso floral para as abelhas (Potts et al., 2010). Abelhas expostas a doses sub-letais de agrotóxicos ficam mais suscetíveis à ação de agentes patogênicos que infectam suas colônias (Potts et al., 2010). Como condições agravantes à exposição crônica a agrotóxicos, somam-se dois outros fatores: as mudanças climáticas, que podem aumentar a disseminação de vírus, ácaros e outros patógenos; e o enfraquecimento do sistema imunológico, associado à desnutrição das abelhas, que pode aumentar a vulnerabilidade delas a doenças (Lima & Rocha, 2012; Potts et al., 2010).

Além de problemas ambientais (como a crise da biodiversidade, devido à redução da variabilidade genética de populações dependentes das abelhas para a polinização), relacionados ao declínio das abelhas, podemos enfatizar impactos na nutrição humana e na segurança alimentar (Abrol, 2015; Sapir, Dorchin, & Mandelik, 2015). A redução de polinizadores, além de prejudicar o rendimento e o preço do alimento, influencia em seu valor nutricional, principalmente em países em desenvolvimento, que estão mais vulneráveis à escassez de alimentos e nutrientes (Nicole, 2015; Chaplin-Kramer et al., 2014; Eilers, Kremen, Smith Greenleaf, Garber, & Klein, 2011; Gallai, Salles, Settele, & Vaissière, 2009).

O tema do déficit de polinização por declínio de abelhas pode ser abordado em sala de aula, a partir da perspectiva da Educação CTSA, por meio da consideração dos elementos consituantes da ciência e da tecnologia (conhecimentos científicos, técnicas e tecnologias) e da sociedade e do ambiente (diálogos, valores sociais e ações, assim como fatores ambientais que são condições de



possibilidade naturais para a sociedade). Nesse trabalho, como um fundamento epistemológico para as relações CTSA, adotamos a perspectiva integrada entre ecologia, evolução e ética (Bergandi, 2013). Ecologia e evolução encontram-se, primordialmente, no domínio da ciência e da tecnologia (voltadas para o estudo de, ao menos, determinados aspectos do ambiente, a partir de uma perspectiva factual). Por sua vez, ética, como campo da filosofia, situa-se no domínio da sociedade, tendo também como objeto determinados aspectos do ambiente, a partir de uma perspectiva valorativa). Assim, ecologia, evolução e ética complementam-se em muitos aspectos relevantes, constituindo um círculo epistêmico virtuoso (Bergandi, 2013; Nunes Neto, 2015).

Em particular, uma QSC sobre polinização é um relevante exemplo sobre as fortes conexões entre ecologia, evolução e ética. Do ponto de vista ecológico, conceitos de biodiversidade, interação ecológica, funções ecológicas (Ricklefs, 2010; Begon, Townsend, & Harper, 2007), entre outros são fundamentais para a compreensão do problema socioambiental e podem ser abordados em uma QSC sobre o tema, no que compete à ecologia. Do ponto de vista evolutivo, por sua vez, pode-se, por exemplo, abordar o papel da mudança evolutiva das próprias relações ecológicas, como na interação animal-planta, bem adequadamente capturada no conceito de co-evolução, assim como no conceito de seleção natural e pressão seletiva dos agrotóxicos sobre a monocultura (Futuyma, 2005; Ridley, 2006). Por fim, do ponto de vista da ética, uma QSC sobre o tema pode abordar diferentes valores envolvidos (como o valor intrínseco, ou seja, o valor da própria existência do objeto de consideração moral, e o valor instrumental, ou seja, o valor de uso ou de troca do objeto) (Beckert, Pires, Fernandes, & Antunes, 2012; Singer, 2004). Especificamente, podemos destacar, com relação ao escopo da consideração moral, a relevância, para a formação ético-política dos estudantes, de uma forte convergência entre ecologia, evolução e ética, encontrada na tendência a afastar-se do antropocentrismo (ou seja, que considera moralmente apenas a espécie humana) e aproximar-se de perspectivas éticas mais amplas, como a biocêntrica (que considera moralmente todos os seres vivos) e a ecocêntrica (que considera moralmente ecossistemas) (Beckert, 2003; Vaz & Delfino, 2010).

Metodologia

Esse estudo se trata de uma pesquisa qualitativa, fundamentada na teoria crítica (Grix, 2010) e na metodologia do *design research* (Plomp & Nieveen, 2009). Segundo os autores, essa modalidade de pesquisa pode, por meio da investigação, contribuir para resolver problemas educacionais a partir da produção, via pesquisa, de uma série de princípios de planejamento de inovações didáticas aplicáveis a um amplo contexto educacional. Estes estudos envolvem, tipicamente, a comparação entre as vias de aprendizagem planejadas na intervenção e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula (Middleton, Gorard, Taylor, & Bannan-Ritland, 2008). Além disso, busca subsídios para a melhoria da prática pedagógica e da aprendizagem, demandando intervenções contínuas e em várias etapas para seu aperfeiçoamento e avaliação, em processos de ensino e de aprendizagem que envolvem pesquisadores e outros atores sociais de forma colaborativa. Para isso, são elaborados, desenvolvidos e aprimorados protótipos e princípios de design, mediante uma investigação iterativa de uma sequência didática (SD), com aumento do número de participantes e da diversidade de contextos de sua aplicação.

Em estudos prévios, realizados entre 2010 e 2013, desenvolvemos um protótipo de uma SD sobre



ética, ecologia e evolução, avaliando cinco estratégias de ensino para mobilização de conteúdos no ensino superior de biologia, sob a perspectiva da Educação CTSA (Conrado & El-Hani, 2010; Conrado, El-Hani, & Nunes-Neto, 2013; Conrado, Nunes-Neto, & El-Hani, 2014; Conrado, Nunes-Neto, & El-Hani, 2015; Conrado, Souza, Cruz, Nunes-Neto, & El-Hani, 2013; Conrado et al., 2012; Conrado et al., 2011). A partir dos resultados desses estudos, selecionamos duas dessas cinco estratégias – devido a uma maior aproximação dos resultados obtidos com os pretendidos –, para realizar a continuidade desses estudos e o aperfeiçoamento da SD. As duas estratégias selecionadas foram o uso de QSCs e de Atividades de Argumentação. Neste trabalho, enfocaremos nos resultados referentes à primeira estratégia, o uso de de QSCs.

Nesse contexto, planejamos uma SD sobre polinização para a melhoria da capacidade de mobilização de conhecimentos ecológicos, evolutivos e éticos, no contexto do ensino superior de biologia. Para isso, foram desenvolvidas características do uso de QSC como estratégia de ensino, a partir de procedimentos e critérios de planejamento e avaliação.

Inicialmente, elaboramos um quadro teórico, a partir de referenciais sobre Educação CTSA e QSCs, que fundamentou a elaboração da SD. No planejamento da SD, além de protocolos sobre a elaboração de casos (Lima & Linhares, 2008; Sá & Queiroz, 2010), também consideramos os critérios de justificação de Méheut (2005), para organizar uma intervenção clara e apropriada ao contexto de sua aplicação, explicitando dimensões epistemológica (na qual foram analisadas a adequação dos conteúdos aos objetivos de ensino), psicocognitiva (relacionada às características cognitivas dos estudantes, e possibilidades de compreensão dos assuntos em discussão, sendo o curso planejado para estudantes que estivessem ao menos no nível superior) e didática (relacionada às limitações de materiais e recursos de tempo e espaço da instituição de ensino, para a realização das atividades) da SD. Por fim, consideramos a organização de etapas para a aplicação de QSCs em sala de aula, por meio da didática de três fases, proposta por Hodson (2011): modelagem (em que o professor demonstra e explica a proposta e como realizar as atividades), prática guiada (em que o professor auxilia na realização das atividades pelos estudantes) e aplicação (em que os estudantes realizam as atividades independente do professor). Na primeira fase, resolvemos, juntamente com os estudantes, uma QSC (caso 1) sobre monocultura da batata (Conrado et al., 2012); na segunda fase, orientamos os estudantes na resolução de uma QSC (caso 2) sobre bactérias e antibióticos (Conrado et al., 2011); e na última fase, apresentamos uma QSC (caso 3) sobre polinização (Conrado, Nunes-Neto, Viana, & El-Hani, 2015), para que eles resolvessem com um menor acompanhamento dos professores, durante as discussões e os trabalhos em grupos.

A SD foi planejada a partir de um trabalho colaborativo entre pesquisadores e professores da Universidade Federal da Bahia, Brasil. A SD final teve duração de 14 horas-aulas, divididas em 7 aulas de aproximadamente 2 horas, considerando: a) discussão de bases da perspectiva de educação CTSA; informações e atividades sobre investigação e comunicação científicas, com ênfase sobre a rotina organizacional dos 7 passos da aprendizagem baseada em problemas (ABP) (Savin-Baden; Major, 2004) e o modelo de argumentação de Toulmin (Toulmin, 2006) para auxiliar na resolução do caso; b) discussão e resolução conjunta de uma QSC a respeito de um caso sobre monocultura; atividades de: construção de mapa das relações CTSA, elaboração de argumentos e recomendação de ações sociopolíticas, com foco no caso; c) orientação para a resolução de uma QSC sobre bactérias, com o fornecimento de materiais para auxiliar na fundamentação teórica das justificativas para a resolução do caso; d) após a fase anterior, apresentação de uma QSC sobre



polinização e questões orientadoras para a mobilização de conteúdos relacionados à resolução do caso; e formação de grupos para identificar problemas e lacunas sobre o caso; e) discussão de textos, vídeo e questões orientadoras, para resolução do caso; f) exploração de relações dos conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais sobre o tema; g) apresentação dos produtos da resolução do caso: respostas a questões relacionadas ao caso, argumentos e sugestões de ações sociopolíticas.

Os objetivos de aprendizagem estabelecidos para esta SD, relacionados às dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos (Conrado & Nunes-Neto, 2015; Zabala, 1998), foram: conceituais: compreender e relacionar fatos históricos e dados estatísticos sobre uso e efeitos de agrotóxicos, conservação ambiental e perda de polinizadores; definir conceitos de polinização, ecossistema, funções, bens e serviços ecossistêmicos, monocultura, interações ecológicas, anatomia e fisiologia de plantas, fluxo de matéria e energia e ciclagem de nutrientes, coevolução, teoria da seleção natural; procedimentais: elaborar e analisar argumentos sobre déficit de polinização e suas consequências socioambientais; descrever técnicas de mensuração de processos ecológicos, como produção de biomassa; analisar gráficos comparativos sobre eficiência de polinização entre diferentes espécies de polinizadores; explicar a relação entre riqueza e abundância de espécies e taxas de polinização; seguir normas de elaboração de trabalhos acadêmicos; aplicar a rotina organizacional dos 7 passos da aprendizagem baseada em problemas; aplicar o modelo de argumentação de Toulmin; atitudinais: trabalhar em equipe; respeitar diferentes pontos de vista; identificar e avaliar valores sociais nos discursos, legislação e ações condizentes com conservação ou preservação de serviços ecossistêmicos, como a polinização; discutir valores intrínseco e instrumental das espécies e dos ecossistemas; sugerir práticas para a manutenção de populações e habitats para polinizadores silvestres e para a redução dos problemas relacionados ao uso de agrotóxicos.

O quadro 1 indica os principais conteúdos envolvidos em cada aula e as principais atividades organizadas para a aplicação da SD.



Quadro 1. Principais conteúdos e atividades que orientaram a aplicação da SD.

Número da Aula	Principais conteúdos	Principais atividades da SD
01	<p>Elementos da educação CTSA. Rotina dos 7 passos da ABP. Elementos da argumentação. Monocultura e Policultura. Variabilidade Genética. Seleção Natural. Biodiversidade. Técnicas agrícolas e respectivos valores da ciência. Valores morais associados às práticas agrícolas. Tecnicismo e salvacionismo tecnológico.</p>	<p>Apresentação de bases da Educação CTSA, das QSCs; da rotina dos 7 passos da ABP e do modelo de argumentação de Toulmin. Apresentação do caso 1 sobre monocultura. Discussão em grupos e uso de: 7 passos para organização da discussão e modelo de argumentação de Toulmin para a resolução do caso 1. Discussão geral do caso 1 e apresentação das relações CTSA do caso (ênfase em ecologia, evolução, bioética).</p>
02	<p>Reprodução Bacteriana. Seleção Natural. Resistência Bacteriana a antibióticos. Cultura antimicrobiana. Interesses das indústrias farmacêuticas. Autoridade médica e científica. Modelos biomédico e socioecológico de saúde. Neutralidade científica e salvacionismo tecnológico. Busca de informações em livros.</p>	<p>Apresentação do caso 2 sobre antibióticos. Discussão em grupo sobre o caso 2, utilizando materiais de apoio (livros de biologia) e a rotina dos 7 passos. Discussão geral do caso 2 e apresentação das relações CTSA do caso (ênfase em ecologia, evolução, bioética). Apresentação do caso 3 sobre polinização e questões que orientam a resolução do caso (questionário A). Discussão em grupos sobre o caso 3 e o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.</p>



03	<p>Interações ecológicas. Agrotóxicos. Monocultura e Policultura. Variabilidade Genética. Fragmentação de hábitat. Biodiversidade. Função e nicho ecológico. Biologia floral. Fisiologia de insetos. Tecnologias relacionadas à polinização artificial.</p>	<p>Discussão dos grupos sobre relações Científicas e Tecnológicas (CT) associadas ao caso 3. Apresentação dos grupos sobre relações CT do caso 3. Discussão geral sobre relações CT do caso 3 (ênfase em ecologia, evolução, bioética). Discussão em grupos sobre o caso 3 e o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.</p>
04	<p>Consequências das mudanças climáticas para a dispersão de toxinas e a proliferação de patógenos. Coevolução entre plantas com flores e animais polinizadores. Resiliência e capacidade de suporte do planeta. Polinização e nutrição humana. Segurança alimentar. Valores instrumental e intrínseco. Consideração moral antropocêntrica, biocêntrica, ecocêntrica.</p>	<p>Discussão dos grupos sobre relações Sociais e Ambientais (SA) do caso 3. Apresentação dos grupos sobre relações SA do caso 3. Discussão geral sobre relações SA do caso 3 (ênfase em ecologia, evolução, bioética). Discussão em grupos sobre o caso 3 e o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.</p>
05	<p>Argumentação. Trabalho em Equipe. Modelo de Argumentação de Toulmin. Rotina de 7 Passos da ABP.</p>	<p>Discussão em grupos e organização dos argumentos para a resolução do caso 3. Discussão em grupos sobre o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.</p>



06	Apresentação oral de resultados de pesquisa acadêmica. Argumentação a favor de um ponto de vista. Respeito a diferentes pontos de vista. Práticas para a manutenção de polinizadores.	Apresentação do(s) argumento(s) dos grupos para a resolução do caso 3. Discussão geral sobre a resolução do caso 3 pelas equipes (ênfase em ecologia, evolução, bioética).
07	Agroecologia. Ética ambiental. Valores associados à natureza. Modos de produção agrícola. Práticas para a manutenção de polinizadores.	Síntese dos conteúdos abordados nas aulas anteriores. Entrega das respostas às questões sobre o caso 3 (questionário A). Avaliação final (questionário B).

O protótipo contendo a SD foi aplicado entre janeiro e fevereiro de 2016, em duas turmas de ingressantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia, Brasil, na disciplina de Biologia Geral.

As aulas foram ministradas pela professora-investigadora, primeira autora deste trabalho, juntamente com a participação de um dos professores responsáveis pela disciplina, último autor deste trabalho. Os outros autores colaboraram nos processos de elaboração da SD, discussão dos dados e da fundamentação teórica e ajustes para o texto final deste trabalho.

A coleta de dados foi realizada a partir de aplicação dos seguintes instrumentos: questionário A, composto de onze questões sobre o caso 3 (entregue aos participantes na segunda aula da SD); questionário B, composto de dez questões sobre ecologia, evolução e ética (entregue aos participantes como avaliação final da SD); formulário de registro diário de observação de campo (preenchido pelos professores durante a SD); e registros de áudio das apresentações dos grupos sobre a resolução dos casos 1, 2, 3 (realizados durante a SD). Participaram deste estudo quarenta estudantes. Com exceção de uma estudante (que foi desconsiderada das coletas e análises), todos os estudantes das duas turmas concordaram e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, contendo informações sobre o projeto e as condições de participação dos estudantes (Grix, 2010).

Os dados foram analisados com base na análise de conteúdos (Bardin, 2006). Para avaliar o alcance dos objetivos de aprendizagem, utilizamos como marcos de referência conteúdos da literatura pertinente: Ricklefs (2010), Begon, Townsend e Harper (2007), Ridley (2006) e Futuyama (2005), para avaliar conhecimentos das áreas de ecologia e evolução; Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2015), para avaliar aspectos principais e fontes de informação adotados; Beckert, Pires, Fernandes, & Antunes (2012) e Singer (2004), para avaliar raciocínio ético e valores morais.



Resultados

Na resolução do caso 1 (monocultura de batatas), observamos que a falta de mobilização de conhecimentos prévios sobre o assunto limitou a discussão do caso, ocorrendo, na maior parte do tempo, apenas uma exposição de conteúdos com pouca interação em sala de aula. Apesar da maioria das equipes ter indicado elevado interesse na realização das atividades relacionadas ao caso, apenas três das oito equipes mencionaram conteúdos científicos, relacionados à poluição ambiental, provocada pelo uso de agrotóxicos na monocultura, e à existência de variabilidade genética na espécie de batata cultivada, o que poderia ser vantajoso ou desvantajoso para o agricultor. O raciocínio ético de todas as oito equipes foi o antropocêntrico utilitarista, com atribuição de valor instrumental à natureza. Duas equipes enfatizaram crença em novas técnicas da agricultura, para a garantia da produção e do lucro, caracterizando presença do mito do salvacionismo tecnológico. Como foi a primeira vez que os estudantes entraram em contato com a rotina organizacional dos 7 passos da ABP e o modelo de argumentação de Toulmin, eles não conseguiram se organizar bem na rotina e desenvolveram argumentos simples, de baixa complexidade, contendo, em sua maior parte, apenas dados e conclusões.

Na resolução do caso 2 (bactérias e antibióticos), foram distribuídos livros de ecologia e evolução para auxiliar na mobilização dos conteúdos científicos. Os conhecimentos sobre formas de reprodução bacteriana, seleção natural, variabilidade genética, resistência bacteriana a antibióticos, microbiota gastrointestinal humana e uso inadequado de antibióticos específicos e de amplo espectro foram utilizados pelos estudantes para justificar as decisões tomadas na resolução do caso. Além disso, foram citados os problemas da formação e da atuação de médicos (que não mobilizam conhecimentos sobre resistência bacteriana em suas decisões) e de uma formação acrítica de cidadãos em geral, que responsabiliza e confia sua saúde aos médicos e aos fármacos. Também foram discutidos os interesses e valores das indústrias farmacêuticas na produção e na comercialização de medicamentos. Os outros conteúdos previstos para essa aula foram mobilizados durante a discussão geral sobre as resoluções do caso pelas equipes. Outros conteúdos não previstos, como, por exemplo, influência de orientação ideológica e valores na tomada de decisão dos cidadãos, a contaminação ambiental resultante do descarte inadequado de medicamentos, e os interesses e valores envolvidos nos testes com animais, também foram mobilizados durante a discussão geral. O raciocínio ético predominante de todas as equipes foi o antropocêntrico, considerando a saúde humana como prioridade para a tomada de decisão. Os estudantes já conseguiram se organizar em relação ao cumprimento das etapas relacionadas à rotina dos 7 passos da ABP e desenvolveram argumentos mais estruturados, com apoio teórico para justificar suas decisões em relação à resolução do caso. Desse modo, os estudantes indicaram a importância de uma fundamentação teórica consistente para uma melhor qualidade do argumento relacionado à decisão para a resolução do caso.

Na resolução do caso 3 (polinização), as principais sugestões de ações (referentes à manutenção de populações e habitats para polinizadores silvestres e à redução dos problemas relacionados ao uso de agrotóxicos no Brasil) foram adoção de: policultura, rotação de culturas, controle biológico, manejo integrado de pragas, sistema agroflorestal, agricultura orgânica, fertilização e compostagem natural, bioinseticidas, políticas públicas para controle, fiscalização e redução do uso de agrotóxicos. Os principais conteúdos mobilizados estiveram associados às respostas ao



questionário A.

No questionário A, todas as equipes conseguiram mobilizar os principais conteúdos conceituais planejados para a SD, com destaque para a citação de fatos históricos e dados estatísticos sobre uso e efeitos dos agrotóxicos e sua relação com a perda de polinizadores; e a definição de conceitos como polinização, ecossistema, monocultura, interações ecológicas, coevolução, teoria da seleção natural. Quanto aos conteúdos procedimentais, foi possível observar, parcialmente, explicações sobre a relação entre riqueza e abundância de espécies e taxas de polinização. No entanto, nenhuma das equipes conseguiu seguir adequadamente as normas de elaboração de trabalhos acadêmicos solicitadas (NBR 6023/2002 e NBR 10520/2002), apesar de apresentarem de forma parcialmente correta as citações e referências utilizadas. Em relação aos conteúdos atitudinais, todas as equipes indicaram legislação ambiental brasileira pertinente para o uso de agrotóxicos. Apesar de duas equipes mencionarem a importância de se considerar questões éticas e políticas para uma melhor preservação ambiental, apenas uma equipe explicitou a influência dos valores instrumentais e intrínsecos na consideração moral da natureza. Em relação ao tipo de consideração moral predominante, cinco equipes indicaram um raciocínio ético antropocêntrico como base para respostas relacionadas à ética, enquanto três equipes indicaram uma tendência a um raciocínio ético mais amplo, o biocêntrico.

As principais fontes de informações utilizadas e mencionadas para a resolução do caso 3 e a resposta às questões do questionário A foram: artigos acadêmicos, livros especializados, sites institucionais (Fundação Oswaldo Cruz, Ministério do Meio Ambiente, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Universidades Federais Brasileiras), sites de divulgação (Ciência Hoje, Revista Exame, Portal Educação; Sem abelha sem alimento); duas equipes citaram teses e dissertações; e vídeos de divulgação sobre agrotóxicos e polinizadores.

No questionário B, os estudantes mobilizaram conteúdos científicos relacionados à ecologia (biodiversidade, poluição ambiental, interações ecológicas, fragmentação de habitat, ecotoxicologia, agroecologia), à evolução (resistência bacteriana a antibióticos, seleção natural), à genética (variabilidade genética) e outros (fisiologia e saúde humana, reprodução bacteriana, fisiologia dos insetos). Além disso, todos os estudantes mencionaram a influência de valores e interesses sinistros de grandes corporações, de determinados grupos sociais ou de indivíduos no desenvolvimento e no uso da ciência e da tecnologia. Em uma questão de tomada de decisão sobre o uso de antibióticos, 26 estudantes mencionaram a importância de obedecer à autoridade médica para realizar um tratamento adequado para a cura de uma doença. Os raciocínios éticos antropocêntrico e utilitarista foram predominantes nas justificativas dos estudantes, seguido do raciocínio ético biocêntrico. Os raciocínios com base na ética ecocêntrica, deontológica e das virtudes estiveram presentes de forma implícita em menor frequência nas justificativas dos estudantes.

Durante as aulas, observamos o cumprimento de alguns conteúdos atitudinais, como na divisão de tarefas dentro das equipes, comportamentos de respeito durante as discussões em sala de aula. Outro aspecto relevante percebido pelos professores foi a demonstração de grande interesse dos estudantes pelas QSCs, o que influenciou a realização de estudos extraclasses pelos estudantes e permitiu maior envolvimento com os conteúdos abordados em sala de aula.



Conclusões

A educação científica, diante da gravidade dos problemas socioambientais atuais, deve ser condizente com uma formação de cidadãos para melhor tomada de decisão e participação sobre a resolução destes problemas. Um modo de se promover essa melhoria na capacitação dos cidadãos, é a partir da formação de professores de ciências.

Abordagens contextualizadoras e que possam mobilizar conteúdos em suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais favorecem uma formação mais integral do cidadão, ao desenvolver habilidades para: 1) buscar o conhecimento científico e as tecnologias necessários para a resolução de problemas cotidianos; 2) perceber os interesses de grupos e valores envolvidos na atividade científica e tecnológica e na percepção pública da ciência e da tecnologia; 3) avaliar o posicionamento individual e coletivo para participar da resolução desses problemas; 4) elaborar propostas para ações sociopolíticas.

A partir desse estudo, percebemos o potencial das QSCs para favorecer a mobilização de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino superior de biologia, e a formação de cidadãos para a ação sociopolítica. No entanto, houve baixa mobilização de conteúdos atitudinais, principalmente porque os estudantes possuem pouca formação em ética e política. Desse modo, estabelecemos esse desafio para se discutir nos próximos protótipos dessa SD e nas pesquisas futuras sobre QSCs na educação científica.

Referências

- Abrol, D. P. (2015). *Pollination Biology* (Vol. 1). *Pests and Pollinators of Fruit Crops*. Cham, Switzerland: Springer.
- Aizen, M. A. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103(9), 1579-1588.
- Arena, M., & Sgolastra, F. (2014) A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23, 324–334. doi 10.1007/s10646-014-1190-1
- Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Beckert, C. (2003). Dilemas da Ética Ambiental: estudo de um caso. *Revista Portuguesa de Filosofia, Filosofia e Ecologia: Elementos para uma Ética Ambiental*, 59(3), 675-687.
- Beckert, C., Pires, M. J., Fernandes, S., & Antunes, T. (2012). *Ética: teoria e prática*. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa.
- Begon, M., Townsend, C., & Harper, J. (2007). *Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas* (4.^a Ed). Porto Alegre: Artmed.
- Bencze, L., & Alsop, S. (2009). Ecojustice through responsibility Science Education. In *Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education* (pp. 1-28), Ottawa, ON: Carleton University.
- Bergandi, D. (2013). *The Structural Links between Ecology, Evolution and Ethics: the Virtuous Epistemic*



Circle. Dordrecht: Springer.

- Bernardo, J. R. da R., Vianna, D. M., & Silva, V. H. D. da. (2011). A construção de propostas de ensino em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) para abordagem de temas sociocientíficos. In W. L. P. dos Santos, & D. Auler (Orgs), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas* (pp. 373-393). Brasília: UnB.
- Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 230-238. doi: 10.1016/j.tree.2012.10.012.
- Chaplin-Kramer, R., Dombeck, E., Gerber, J., Knuth, K., Mueller, N. Mueller, M., ... Klein, A.-M. (2014). Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proceedings of the Royal Society B*, 281: 20141799. doi:10.1098/rspb.2014.1799
- Coll, C., Pozo, J. I., Saravia, B., & Valls, E. (1992). *Los contenidos en la reforma: enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Buenos Aires: Santillana S.A.
- Conrado, D. M., & El-Hani, C. N. (2010). Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. In *II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, II SINECT* (pp. 1-16). Ponta Grossa, PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Conrado, D. M., El-Hani, C. N., & Nunes-Neto, N. F. (2013). Sobre a ética ambiental na formação do biólogo. *Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental*, 30(1), 120-139.
- Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. F. (2015). Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. In *Atas do XVI ENEC – Encontro Nacional de Educação em Ciências* (pp. 432-435). Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa: APEduC.
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2014). Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na Educação Científica como Estratégia para Formação do Cidadão Socioambientalmente Responsável. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 14, 77-87.
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2015). Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. *Educação em Revista*, 31, 329-357.
- Conrado, D. M., Souza, M. M. O. R., Cruz, L. M. S., Nunes-Neto, N. F., & El-Hani, C. N. (2013). Evolução e ética na tomada de decisão em questões sociocientíficas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. esp., 803-807.
- Conrado, D. M., Sepulveda, C., Leal, F. B., Carvalho, I. N., Cruz, L. M. S., Souza, M. M. O. R., ... El-Hani, C. N. (2011). Construção e validação de ferramenta para investigação das relações entre conhecimento sobre evolução e tomada de decisão socialmente responsável em questões sócio-científicas. In *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII ENPEC* (pp.1-14). Campinas, SP: ABRAPEC.
- Conrado, D. M., Leal, F. B., Carvalho, I. N., Cruz, L. M. S., e Souza, M. M. O. R., Almeida, T. P. ... El-Hani, C. N. (2012). Uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão de estudantes do ensino médio sobre questões socioambientais. *Revista Contemporânea de Educação*, 7, 345-368.
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N. F., Viana, B. F., & El-Hani, C. N. (2015). Socioscientific issues about bees, pollination and food production in biology teaching. In *Programme 11th Conference of the*



European Science Education Research Association, ESERA (pp. 1-4). Helsinki: ESERA.

Eilers, E. J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S., Garber, A. K., & Klein, A-M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS ONE*, 6(6), e21363. doi:10.1371/journal.pone.0021363 .

Futuyma, D. J. (2005). *Evolution*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Gallai, N. Salles, J., Settele, J. & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68, 810-821.

Garibaldi, L. Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M., Bommarco, R., Cunningham, S., ... Klein, A-M. (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.

Grix, J. (2010). *The Foundations of Research* (2.ª Ed.). New York: Palgrave Macmillan.

Hodson, D. (2011). *Looking to the Future: building a curriculum for social activism*. Auckland: Sense.

Hodson, D. (2013). Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 313-331.

Lima G. Z. de, & Linhares, R. E. C. (2008). Escrever bons problemas. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 2(32), 197-201.

Lima, M. C., & Rocha, S. A. (2012). *Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento*. Brasília: Ibama.

Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge.

Méheut, M. (2005). Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In K. Boersma et al. (Eds.). *Research and Quality of Science Education*. Dordrecht: Springer.

Middleton, J., Gorard, S., Taylor, C., & Bannan-Ritland, B. (2008). The "Compleat" Design Experiment: From Soup to Nuts. In Kelly, A. E.; Lesh, R. A. e Baek, J. Y. (eds.). *Handbook of Design Research Methods in Education: Innovations in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Learning and Teaching*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

Nicole, W. (2015). Pollinator Power. Nutrition Security Benefits of an Ecosystem Service. *Environmental Health Perspectives*, 123(8), A210-A215. doi: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.123-A210>.

Nunes-Neto, N. F. (2015). The environmental crisis as a good case for an intellectual and practical integration between philosophy and science. *Science & Education*, 24, 1285-1299.

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321-326. doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

Pinke, M. (2013). How far is world agricultural production likely to be threatened by pollinator declines? *Journal of Sustainability*, 1(1), 1-9.

Potts, S. Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.



- Plomp, T., & Nieveen, N. (2009). *An introduction to educational Design Research*. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3, 1-10.
- Ricklefs, R. (2010). *A Economia da Natureza* (6.ª Ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Ridley, M. (2006). *Evolução* (3.ª Ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Sá, L. P., & Queiroz, S. L. (2010). *Estudo de casos no ensino de química* (2.ª Ed.). Campinas, SP: Átomo.
- Sadler, T., & Zeidler, D. (2004). The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88, 4-27.
- Sapir, Y., Dorchin, A., & Mandelik, Y. (2015). Indicators of Pollinator Decline and Pollen Limitation. In R. H. Armon, & O. Hañnninen (Eds.), *Environmental Indicators* (pp.103-115). Dordrecht, Netherlands: Springer. doi 10.1007/978-94-017-9499-2_8
- Savin-Baden, M., & Major, C. H. (2004). *Foundations of Problem-based Learning*. Great Britain: MPG Books, Open University Press.
- Singer, P. (2004). *Compendio de Ética*. Madrid: Alianza.
- Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argument* (2.ª Ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- Vanbergen, A. J., & Initiative, t. I. P. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 251–259. doi:10.1890/120126
- Vaz, S. A. G., & Delfino, A. (2010). *Manual de ética ambiental*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Wagoner, K. M., Boncristiani, H. F., & Rueppell, O. (2013). Multifaceted responses to two major parasites in the honey bee (*Apis mellifera*). *BMC Ecology*, 13(26), 1-3. doi:10.1186/1472-6785-13-26
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Zabala, A., & Arnau, L. (2008). *11 Ideas clave: como aprender y enseñar competencias*. 4.reimp., Barcelona: Graó.