Parte II – Propostas de ensino

Declínio de polinizadores como questão sociocientífica no ensino de biologia

Dália Melissa Conrado
Nei Nunes-Neto
Blandina F. Viana
Charbel N. El-Hani

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

CONRADO, D.M., NUNES-NETO, N., VIANA, B.F., and EL-HANI, C.N. Declínio de polinizadores como questão sociocientífica no ensino de biologia. In: CONRADO, D.M., and NUNES-NETO, N. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas* [online]. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 145-172. ISBN 978-85-232-2017-4.
<https://doi.org/10.7476/9788523220174.0007>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

DECLÍNIO DE POLINIZADORES COMO QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA NO ENSINO DE BIOLOGIA

Dália Melissa Conrado

Nei Nunes-Neto

Blandina F. Viana

Charbel N. El-Hani

Introdução

Diante dos atuais e graves problemas socioambientais,¹ o cidadão² deve ser capaz de atuar em contextos nos quais ele deverá mobilizar não só o conhecimento científico, mas também deverá ser capaz de argumentar e analisar argumentos, examinar e expli-

1 Problemas socioambientais são situações complexas das sociedades que envolvem prejuízos ao meio ambiente em diferentes escalas e amplitudes, que afetam a qualidade de vida humana e possuem natureza, causas, soluções e implicações multidimensionais, expressas em dimensões econômicas, tecnológicas, políticas e éticas. (JAMIESON, 2010)

2 Aqui, assumimos a noção de cidadão como um agente social responsável (GIROUX, 2004), capaz de: reconhecer e interpretar criticamente as relações de poder e opressão na sociedade; engajar-se de modo ativo e crítico em ações locais, nacionais e globais (GIROUX; GIROUX, 2006); e tomar decisões socialmente responsáveis, o que significa ter consciência de seu papel na sociedade, com compromisso de cooperação e corresponsabilidade social, na busca de melhor qualidade de vida em termos coletivos, e não apenas individuais. (CONRADO, 2013; SANTOS; MORTIMER, 2001) Para isso, a formação de cidadãos precisa ser condizente com uma preparação para participação

citar valores, educar outros cidadãos e participar da tomada de decisão e de ações individuais e coletivas sobre esses problemas. (BETTENCOURT; VELHO; ALMEIDA, 2011; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2015; JAROSZ, 2004; MINTEER; COLLINS, 2005; PINZINO, 2012; TOMAS; RITCHIE; TONES, 2011) Nesse sentido, a educação científica tem um papel essencial na abordagem de questões complexas, com o intuito de preparar o cidadão para lidar com esses problemas. (FENSHAM, 2012)

Para alcançar isso, Noss (2007) enfatiza a importância de incluir, na educação científica e, particularmente, no ensino de biologia, uma maior ênfase nas dimensões não-conceituais dos conteúdos, assim como uma maior contextualização socioambiental dos temas abordados. (DILLON, 2012; SADLER; ZEIDLER, 2004) Assim, podemos dizer que uma formação mais ampla – isto é, que considere as dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (CPA) dos conteúdos científicos – pode ser realizada a partir de estratégias de ensino que contextualizem social, filosófica ou historicamente temas relevantes no âmbito da educação científica. (CONRADO; NUNES-NETO, 2015) Esse tipo de abordagem contextualizada facilita a promoção do raciocínio crítico e sistemático (TORRES; MARTÍNEZ PÉREZ, 2011); melhora a compreensão e a aplicação dos conteúdos científicos no cotidiano (HODSON, 2013); e humaniza a ciência, por conectá-la às questões éticas e políticas. (BENCZE; ALSOP, 2009; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; MATTHEWS, 1994)

A formação de cidadãos informados, responsáveis, críticos e engajados ética e politicamente, capazes de atuar na busca de maior justiça social e sustentabilidade ambiental, tem sido assumida por diversos autores como um importante objetivo da educação científica. (BENCZE; CARTER; KRSTOVIC, 2014; HODSON, 2011; LEVINSON, 2010; PEDRETTI, 2003; REIS, 2013; SOLBES; VILCHES, 2004) Para alcançar esse objetivo, muitos autores têm defendido um currículo baseado em Questões Sociocientíficas (QSC), no contexto de uma abordagem pedagógica da educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). O ensino a partir de QSC tem sido apontado como uma estratégia eficiente para: melhorar a compreensão do conhecimento científico e da atividade científica, bem como de seu papel na sociedade; desenvolver habilidades argumentativas, atitudes de solidariedade e tolerância a diferentes pontos de vista; e empoderar os estudantes para ações sociopolíticas (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2015; REIS, 2013; HODSON, 2004) em relação aos problemas socioambientais atuais. (BENCZE; SPERLING; CARTER, 2012; CONRADO, 2013; HODSON, 2011; PEDRETTI; NAZIR, 2011; SANTOS, 2009)

As QSC são problemas controversos que, para sua solução, necessitam de conhecimentos científicos, mas envolvem não apenas estes, mas também outros tipos de conhecimentos, além de habilidades, valores e atitudes, como – possivelmente – aqueles provenientes de diferentes tradições culturais e religiosas, filosofias morais, entre

política, o que pode ser favorecida com uma educação baseada em questões sociocientíficas, no âmbito da educação CTSA. (SANTOS, 2009)

outras fontes. (BERNARDO; VIANNA; SILVA, 2011; CONRADO, 2013; CONRADO et al., 2012; HODSON, 2013; SADLER; ZEIDLER, 2004) Compreender, relacionar e incorporar esses diferentes aspectos na tomada de decisão sobre uma QSC possibilita ao estudante uma aprendizagem mais integral do conteúdo (isto é, menos fragmentada ou parcial, em termos de disciplinas ou áreas do conhecimento ou campos da atuação humana). Isso significa que haverá, da perspectiva das QSC, uma conexão mais forte e explícita entre conteúdos científicos e não científicos. (CONRADO, 2013) Além disso, as QSC, geralmente, estão contextualizadas em temas e situações locais, o que contribui para o engajamento ou o interesse afetivo dos estudantes, condição importante para uma compreensão mais aprofundada e para uma capacitação para ações de melhoria e redução de problemas encontrados nos sistemas socioecológicos.³ (BARTHEL; FOLKE; COLDING, 2010; FEINSTEIN, KIRCHGASLER, 2015; PRETTY, 2011; TOMAS; RITCHIE; TONES, 2011)

Neste capítulo, enfocamos, em particular, um problema socioambiental relevante para o ensino de biologia, a saber, a diminuição das abelhas nativas, o déficit de polinização e suas consequências na produção de alimentos. O déficit de polinização tem acometido diversos sistemas socioecológicos ao redor do mundo. (AIZEN et al., 2009) Esse problema tem repercussões complexas, e, didaticamente, podemos analisá-lo, ao menos, em uma dimensão ambiental, bem como em uma dimensão social. A primeira é imediatamente percebida, quando notamos que a redução da taxa de polinização de plantas com flores é uma consequência direta, ao menos em parte, da extinção local de abelhas nativas. (GARIBALDI et al., 2013) As causas dessa extinção ainda são objeto de investigação pela ecologia; porém, vários fatores que contribuem para esse fenômeno têm sido levantados, como a intensificação da agricultura com agrotóxicos (LIMA; ROCHA, 2012; POTTS et al., 2010) e a propagação de doenças, tanto por microrganismos patógenos emergentes, quanto por espécies exóticas. (DOUBLET et al., 2014; VANBERGEN et al., 2013)

Por sua vez, a dimensão social aparece quando notamos, por exemplo, que o déficit de polinização, por reduzir a produção de alimentos, tanto em quantidade quanto em qualidade, tende a gerar consequências para as sociedades humanas, como, por exemplo, o déficit nutricional. (AIZEN et al., 2009; STEFFAN-DEWENTER; POTTS; PACKER, 2005)

Trata-se de um problema relevante no cenário mundial atual, sendo um tema de interesse público, interdisciplinar e com grandes oportunidades para propostas de ensino inovadoras e para uma aprendizagem bem-sucedida na educação científica. Com base no exposto, o objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta de ensino para a educação

3 Sistemas socioecológicos são sistemas híbridos resultantes da forte interação entre os componentes humanos sociais e componentes estritamente ecológicos. Alguns exemplos são: fazendas, jardins, cidades, reservas extrativistas etc. (BERKES; COLDING; FOLKE, 2003; KREMEN; ILES; BACON, 2012; OSTROM, 2007)

científica de nível médio ou superior, baseada em uma QSC sobre declínio de polinizadores e produção de alimentos, sob uma perspectiva de educação CTSA, com a concomitante discussão dos meios de aplicação em sala de aula.

A estrutura do capítulo é a seguinte: na seção 2, apresentamos algumas bases ecológicas do problema do déficit de polinização, causado pelo declínio de abelhas. Isso oferecerá um contexto para, na seção 3, apresentarmos uma QSC específica sobre o tema, na forma de um caso, na qual apontamos os níveis de ensino adequados, as áreas do conhecimento que podem ser mobilizadas, as questões específicas sobre o caso para motivar interações em sala, os objetivos de aprendizagem sugeridos em relação às questões propostas e, por fim, algumas sugestões de como aplicar a QSC no ensino. Finalmente, na seção 4, apresentamos nossas considerações finais.

Causas e consequências do déficit de polinização por declínio de abelhas

A polinização é um processo ecossistêmico essencial, necessário para a produção de frutos e/ou sementes. (ABROL, 2015; VANBERGEN et al., 2013; POTTS et al., 2010) Mais de 87% das espécies de angiospermas do mundo (OLLERTON et al., 2011) e um terço das plantas cultivadas (KLEIN et al., 2007) necessitam de algum tipo de polinização animal para sua reprodução, sendo esse processo fundamental para a nutrição dos seres humanos. (EILERS et al., 2011; SAPIR; DORCHIN; MANDELIK, 2015) Particularmente, as abelhas se destacam como as principais polinizadoras da maior parte das plantas com flores, contribuindo tanto para a conservação da biodiversidade (ARENA; SGOLASTRA, 2014; PINKE, 2013), uma vez que a polinização por animais é crucial tanto para manter a variabilidade genética das plantas, quanto para a produção de alimentos para as populações humanas.

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) Na Europa, uma infestação por ácaros levou ao declínio de abelhas melíferas (*Apis mellifera*) em meados da década de 1970. (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012) Contudo, o maior alerta ocorreu após a divulgação mundial da perda de 30 a 90% das colmeias de apicultores norte-americanos ao final de 2006. (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; LIMA; ROCHA, 2012) No Brasil, um dos primeiros casos divulgados ocorreu em 2008. (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012) 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 et al., 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; KENNEDY et al., 2013) Apesar da grande vagilidade/mobilidade das abelhas e da tolerância de muitos polinizadores em níveis moderados de perturbação ambiental, a fragmentação de *habitats* leva à redução tanto da riqueza quanto da abundância de abelhas. (POTTS et al., 2010)

Abelhas melíferas, por serem consideradas comercialmente mais vantajosas (principalmente devido à produção de mel) e facilmente adaptáveis a diversos ambientes, têm sido amplamente introduzidas como meio de aumentar a polinização dos cultivos, sendo responsável por até 90% da produção de algumas monoculturas. (ARENA; SGO-LASTRA, 2014) Contudo, há evidências de que a *Apis mellifera* não substitui as abelhas silvestres na prestação desse serviço (GARIBALDI et al., 2013), apesar de haver alguma sobreposição de nicho. (GOULSON, 2003) Cabe notar que abelhas melíferas não são “funcionalmente equivalentes” às abelhas nativas, mas são, mais precisamente, “funcionalmente complementares” a estas, o que significa que, apesar de contribuírem para a polinização, as abelhas melíferas não substituem efetivamente as nativas, em caso de extinção destas. (GARIBALDI et al., 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) Além disso, a disseminação dos agrotóxicos pelo vento pode contaminar água, solo, plantas e animais. (PINHEIRO; FREITAS, 2010; SILVA et al., 2014)

Abelhas que estão expostas a doses subletais de agrotóxicos ficam mais suscetíveis à ação de agentes patogênicos que infectam suas colônias. (POTTS et al., 2010) Diante do uso inadequado dos agrotóxicos, há aumento da toxicidade e dos efeitos subletais, como alterações comportamentais, desorientação de voo, má formação de larvas e redução da prole. (CUTLER; SCOTT-DUPREE, 2014; GOULSON, 2003; 2013; LIMA; ROCHA, 2012) 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)

Em relação às consequências do declínio das abelhas, destacamos duas: influência na crise da biodiversidade e impactos na nutrição humana. (EILERS et al., 2011) Em primeiro lugar, é notável a influência do declínio das abelhas na crise da biodiversidade atual, que parece ser a sexta grande extinção em massa da vida na Terra. (BAR-NOSKY et al., 2011) Esta extinção em massa tem sido causada pelos impactos antrópicos sobre a biodiversidade, o que tem ocorrido através de diversos fatores, como introdução de espécies não nativas/exóticas, fragmentação ou redução de *habitat*, poluição (aquática, atmosférica e de solo) em diversas escalas temporais e espaciais,

aquecimento global, intensificação do uso da terra para agricultura e pecuária, entre outros. (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) Em particular, podemos assumir que o declínio de abelhas é um, dentre vários fatores, que leva à crise da biodiversidade. Isso ocorre porque a redução das abelhas leva a déficit de polinização, o que, por afetar a reprodução das plantas com flores, reduz a variabilidade genética destas. Uma vez que as plantas apresentem reduzida variabilidade genética, serão mais suscetíveis a perturbações provenientes do ambiente, podendo ser extintas com maior probabilidade. De forma similar, muitos outros animais, dependentes de plantas, também podem ser afetados, o que pode levar a uma cascata de efeitos nos ecossistemas. (DUNNE; WILLIAMS, 2009)

Já em relação à nutrição humana, apesar de ser difícil estabelecer as complexas relações com os polinizadores animais, estes, de fato, possuem importante papel na disponibilidade de macro e micronutrientes (provenientes de frutos e sementes) essenciais para a saúde humana. (EILERS et al., 2011) Os polinizadores afetam, assim, não apenas o rendimento e o preço do alimento, mas também seu valor nutricional, principalmente em países em desenvolvimento, que estão mais vulneráveis à escassez de alimentos e nutrientes. (CHAPLIN-KRAMER et al., 2014; EILERS et al., 2011; ELLIS; MYERS; RICKETTS, 2015; NICOLE, 2015) Isso tem sido discutido amplamente nos estudos relacionados à segurança alimentar ou segurança nutricional dos alimentos. (ABROL, 2015; SAPIR; DORCHIN; MANDELIK, 2015)

Podemos mencionar alguns exemplos. Na investigação da qualidade nutricional de amêndoas com a contribuição de animais para a polinização cruzada, Brittain e colaboradores (2014) mostraram que o valor nutricional e a qualidade comercial aumentam na presença do polinizador animal, principalmente em relação à vitamina E. Eilers e colaboradores (2011) calcularam as proporções de nutrientes em diferentes culturas do mundo, dependentes e independentes de polinizadores. Seus resultados indicaram que plantas de cultivos (que dependem parcial ou totalmente de animais polinizadores) contêm grande parte das vitaminas A, C e E, e parte de minerais, como cálcio, fluoreto e ferro, além de antioxidantes, como b-criptoxantina e b-tocoferol, de lipídios e do ácido fólico, importantes para a nutrição humana. Já Chaplin-Kramer e colaboradores (2014) avaliaram a dependência do teor de micronutrientes em culturas de diferentes regiões do mundo em relação a polinizadores animais e mostraram haver sobreposições entre esta dependência e a gravidade da desnutrição em relação a alguns micronutrientes nas pessoas ao redor do mundo. Se considerarmos o problema global da desigualdade de acesso a nutrientes, o declínio de polinizadores poderá agravar dificuldades de nutrição da população humana global. (EILERS et al., 2011)

Em um estudo empírico sobre saúde nutricional, Ellis, Myers e Ricketts (2015) levantaram alimentos que contribuíam para a ingestão de cinco nutrientes (vitamina A, zinco, ferro, ácido fólico e cálcio) em situações com e sem polinizadores e o risco de

deficiência desses nutrientes em quatro países em desenvolvimento. Seus resultados⁴ indicaram aumento de risco nutricional (devido à redução de ingesta de alimentos dependentes de polinizadores animais) em até 56% da população desses países, com destaque para a vitamina A (> 69%).

Em suma, a polinização animal é um processo ecológico fundamental, traz contribuições importantes para a economia e saúde humanas e tem sido afetado por diversos fatores, assim como tem consequências socioambientais relevantes. Cabe, assim, considerar seriamente este tema em sala de aula; além disso, a construção de uma QSC a seu respeito fornece um recurso importante para uma educação focada nas relações CTSA.

Uma QSC sobre declínio de polinizadores e produção de frutos

Essa QSC pode ser aplicada tanto no ensino médio como no ensino superior, sendo apenas necessário adaptá-la de acordo com os objetivos de aprendizagem. Se possível, seria interessante se professores de várias áreas pudessem participar da aplicação da QSC. As áreas do conhecimento relacionadas e suas respectivas subáreas de maior interesse a considerar, são: biologia (ecologia, biologia evolutiva, botânica, zoologia, fisiologia humana, saúde), filosofia (filosofia moral, epistemologia da ecologia, ética ambiental), geografia (climatologia, geologia), química (bioquímica), matemática (estatística), física (biofísica), ciências sociais/sociologia (cultura, comportamento social, política), história (história ambiental).

Efetivamente, são muitas as áreas que apontamos acima como possíveis de serem abordadas. Caberá ao professor individualmente ou ao grupo de professores envolvidos determinar – de acordo com seus próprios contextos pessoais, contexto da escola, tempo disponível, interesses pedagógicos etc. – a melhor composição e articulação entre as diferentes áreas que oferecerão contexto, dentro do currículo, à aplicação desta QSC.

O Quadro 1 apresenta o caso (“O envenenamento das abelhas”) que veicula a proposta de ensino baseada em QSC. Uma versão desse caso foi aplicada ao ensino superior de biologia, e resultados parciais de pesquisa envolvendo esse caso podem ser encontrados em Conrado (2017), Conrado e colaboradores (2015, 2016) e Conrado e Conrado (2016a, 2016b).

4 Cabe fazer a ressalva de que os resultados de risco dependem também dos hábitos alimentares e das condições locais, uma vez que muitos dos participantes consumiam alimentos locais, obtendo nutrientes de alimentos que não estão entre aqueles que o mercado analisa. Outra limitação do trabalho é que não foi considerada a interação de nutrientes no organismo, por exemplo, a dependência de absorção intestinal de um nutriente pela presença de outro.

Quadro 1 – QSC sobre declínio de abelhas e produção de alimentos, apresentada na forma de um caso para o ensino de ciências

O envenenamento das abelhas

Imagine que seu tio é um apicultor e tem enfrentado problemas em relação ao seu vizinho que cultiva maçãs e usa um agrotóxico neonicotinoide. Seu tio lhe diz:

_ Minhas abelhas estão morrendo envenenadas! Meu vizinho diz que está usando o agrotóxico seguindo as instruções e que o SINDIVEG (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal) afirma que não há estudos conclusivos sobre a influência dos agrotóxicos na saúde das abelhas. O que você sabe sobre isso?

Você, sabendo que as abelhas contribuem com o aumento da produtividade de mais 70% dos cultivos agrícolas, decide fazer uma investigação:

_ Eu e meus colegas vamos ver o que podemos fazer para lhe ajudar.

Seu tio lhe responde:

_ Muito obrigado! O que eu preciso saber é: se minhas abelhas estão, de fato, sendo prejudicadas pelo veneno do vizinho; se eu posso fazer algo para evitar a intoxicação de minhas abelhas; se eu posso dizer algo para que meu vizinho deixe de usar agrotóxicos em sua plantação. Além disso, os insetos e as flores estão trabalhando juntos há milênios e não é certo interferir com tanto veneno.

Quando você expõe o caso do seu tio ao seu grupo, seu amigo Paulo duvida da redução das abelhas:

_ Será que as abelhas estão mesmo desaparecendo? As lixeiras estão sempre cheias de abelhas!

Sua amiga Júlia, que já conhecia alguns polinizadores de plantas produtoras de frutos de interesse comercial, diz:

_ Mesmo que não estivessem morrendo, temos que preservar as abelhas! Esse vizinho não sabe que as maçãs dele dependem dos polinizadores das redondezas?

Você responde:

_ Talvez ele esteja apostando em outras formas de polinização... Mas, até onde eu sei, com as abelhas, a qualidade do fruto é melhor, e aí o preço final pode ser maior.

Sua amiga Fernanda retruca:

_ Que o preço das frutas e dos legumes tem aumentado, isso tem. Mas será que as abelhas têm algo a ver com isso?

Finalmente, Paulo completa:

_ Mas o mercado sempre está cheio de frutas e legumes (tanto em variedade quanto em quantidade). Os produtos chegam a estragar nas prateleiras! Como isso é possível?

Fonte: elaborado pelos autores com base em Conrado e colaboradores (2015).

Abaixo, propomos algumas questões orientadoras sobre o caso para serem discutidas em sala de aula e que podem direcionar sua resolução, pelos estudantes.

- Q1. Sobre a dúvida de Paulo, há declínio nas populações de abelhas no mundo? Justifique.
- Q2. Quais as formas de polinização? Classifique, com exemplos.
- Q3. Sobre a dúvida de Fernanda, qual a relação entre o desaparecimento das abelhas e a queda na quantidade e na qualidade dos alimentos?
- Q4. Quais as possíveis interações ecológicas que animais estabelecem com as plantas? Dê alguns exemplos, classificando-os.

- Q5. Sobre o comentário de Júlia, como a diversidade e a abundância de polinizadores podem afetar a produtividade em diversas culturas?
- Q6. Como podemos explicar a afirmação do tio: “*os insetos e as flores estão trabalhando juntos há milênios*”, a partir de conhecimentos da biologia evolutiva? Exemplifique, utilizando a abelha e a flor da macieira.
- Q7. Quais as principais ações antrópicas sobre o ambiente que podem levar à redução de polinizadores? Justifique.
- Q8. A polinização pode ser caracterizada como serviço ecossistêmico? Justifique.
- Q9. Que (tipos de) valores podem ser atribuídos aos serviços de polinização?
- Q10. Há relações entre a monocultura e o uso de agrotóxicos? Justifique.
- Q11. Quais as vantagens e desvantagens da monocultura? Liste os diferentes argumentos.
- Q12. Como os agrotóxicos podem afetar a sobrevivência das abelhas e a qualidade de vida humana?
- Q13. O que o seu tio e o vizinho dele precisam saber sobre o uso de agrotóxicos e suas consequências para a biodiversidade? Liste, por ordem de prioridade, as informações e os conhecimentos relevantes.
- Q14. Quais as alternativas para evitar o uso de agrotóxicos, como os neonicotinoides?
- Q15. A biodiversidade (por exemplo, o número de espécies) está relacionada às propriedades ecossistêmicas (por exemplo, a ciclagem de matéria)? Como as abelhas e as plantas estão envolvidas nos fluxos de matéria dos ecossistemas?
- Q16. Sobre o comentário “*Mesmo que não estivessem morrendo, temos que preservar as abelhas!*”, quais os principais motivos (e com base em que valores) para ações de preservação ou conservação ambiental?
- Q17. Quais os significados socioecológico e econômico da disponibilidade contínua e abundante de frutas e legumes nos grandes centros urbanos?
- Q18. Descreva brevemente as normas legais do seu país para o uso de agrotóxicos.
- Q19. Que estratégias sua equipe adotará para ajudar a resolver o problema de seu tio?

Objetivos de aprendizagem

A seguir, apresentamos alguns objetivos de aprendizagem para o ensino de ciências que poderão ser alcançados a partir desta proposta de ensino, com base neste caso e nas questões orientadoras acima. Para facilitar o reconhecimento da articulação entre esses

objetivos e as questões orientadoras, inserimos estas últimas entre parênteses em cada objetivo.

Conceituais

- Compreender e relacionar fatos históricos e dados estatísticos sobre redução das populações de abelhas; sobre diversidade e abundância de polinizadores e sua relação com a produtividade agrícola; uso e efeitos de agrotóxicos e suas consequências ambientais; conservação ambiental e de polinizadores (Q1; Q5; Q7; Q10; Q11; Q12; Q13; Q15; Q16).
- Definir, compreender e aplicar nos contextos específicos conceitos e/ou princípios científicos, relativos à polinização, ao ecossistema, à fragmentação de *habitat*, às funções ecológicas, aos bens e serviços ecossistêmicos, à biodiversidade, ao mutualismo, à anatomia e à fisiologia de plantas, à produção de biomassa, à estabilidade ecossistêmica, aos agrotóxicos, às mudanças climáticas, aos ciclos biogeoquímicos, às interações ecológicas, à coevolução, à natureza, ao valor, à alimentação e ao especismo, à monocultura e à variabilidade genética, ao fechamento de restrições,⁵ à agroecologia, à bioacumulação, ao nicho ecológico, ao fluxo de matéria e energia e à ciclagem de nutrientes, à exclusão competitiva, à teoria da seleção natural (Q2 a Q16).

Procedimentais

- Realizar levantamento bibliográfico visando obter informações sobre os temas (Q1 a Q19).
- Elaborar e analisar argumentos sobre déficit de polinização e suas consequências socioambientais (Q1 a Q19).
- Classificar a polinização em diferentes tipos (Q2).
- Analisar e construir gráficos comparativos sobre eficiência de polinização entre diferentes espécies de polinizadores (Q3; Q5).
- Explicar a relação entre riqueza e abundância de espécies e taxas de polinização (Q1; Q3; Q5; Q11).

5 O conceito de fechamento de restrições é baseado na ideia de uma organização causal circular, introduzida por Kant (1802) e reinterpretada à luz da biologia teórica dos séculos XX e XXI (MORENO; MOSSIO, 2015; MOSSIO; SABORIDO; MORENO, 2009) e aplicada à ecologia. (COOPER; EL-HANI; NUNES-NETO, 2016; NUNES-NETO; MORENO; EL-HANI, 2014) Por exemplo, o conceito de função ecológica e o conceito (ou princípio teórico) de um fechamento organizacional que temos desenvolvido, em paralelo, em investigações sobre os fundamentos epistemológicos e éticos do entendimento sobre sistemas ecológicos e socioecológicos dos pontos de vista da epistemologia da ecologia e da ética ambiental, respectivamente, podem ser mobilizados para contextualizar o ensino de Ecologia quanto a estes assuntos.

- Descrever técnicas de mensuração de processos ecológicos, como produção de biomassa, e de resíduos/níveis de agrotóxicos em organismos, como plantas e animais (Q3; Q10; Q11; Q12).
- Elaborar e analisar argumentos sobre ambientes sustentáveis (Q3; Q5; Q7; Q8; Q9; Q11; Q12; Q16; Q17; Q18; Q19).

Atitudinais

- Trabalhar em equipe e respeitar diferentes pontos de vista (Q1 a 19).
- Identificar e avaliar valores sociais nos discursos, na legislação e nas ações relacionadas à conservação ou à preservação de serviços ecossistêmicos, como a polinização (Q7; Q8; Q9; Q10; Q14; Q16; Q17; Q18).
- Discutir valores dos serviços ecossistêmicos e valores intrínsecos e instrumentais das espécies e dos ecossistemas (Q7; Q8; Q9; Q16; Q17).
- Planejar práticas para a manutenção de populações de polinizadores silvestres e seus *habitats* e para a redução dos problemas relacionados ao uso de agrotóxicos, como eventos de divulgação e de construção coletiva de jardins e ambientes atrativos para polinizadores como abelhas (Q7; Q8; Q9; Q11; Q12; Q14; Q16; Q19).

A depender de como e em que nível de ensino o caso for aplicado, sugerimos usar o caso sobre a QSC juntamente com atividades de argumentação ou de debate entre grupos na sala de aula, inserindo questões adicionais que possam promover condições para a aprendizagem dos conteúdos selecionados para a unidade didática. É importante estabelecer uma relação clara entre as questões feitas aos estudantes e os objetivos de aprendizagem, representados nas suas dimensões CPA. (COLL et al., 1992; ZABALA; ARNAU, 2010)

Meios para aplicação e discussão da QSC no ensino

A partir desse caso, os estudantes, em equipes, deverão investigar: as causas da morte das abelhas; suas consequências para a produção e a qualidade de alimentos dependentes de polinização; o significado socioecológico da disponibilidade de alimentos; as diferenças entre abelhas nativas e não nativas; as consequências socioambientais da monocultura; o uso de agrotóxicos e consequências para a biodiversidade, entre outros temas.

Podemos adotar diferentes técnicas para favorecer o processo de resolução da QSC em sala de aula. Aqui, apresentamos algumas sugestões.

Adoção de estratégias do método de Aprendizagem Baseada em Problemas

Na medida em que a QSC se refere a um problema do mundo real, com implicações práticas, sugerimos a adoção do método (ou de alguns elementos do método, de acordo com os contextos do professor ou do grupo) de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP; ou PBL, do inglês *Problem-Based Learning*), para orientar a análise e a resolução do caso pelos estudantes, mas de modo a preservar a possibilidade de desenvolverem múltiplas abordagens e mobilizarem múltiplos conhecimentos e pensamentos para resolvê-la.⁶ Isso porque a ABP é centrada na aprendizagem de conteúdos e habilidades de maneira inter-relacionada e contextualizada em problemas reais, criando condições para uma maior aprendizagem de ambos, além de explicitar a dimensão atitudinal no planejamento dos conteúdos a serem ensinados. (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014; DEELMAN; HOEBERIGS, 2009)

Além disso, a ABP é uma abordagem centrada no estudante, que visa empoderá-lo para a condução de pesquisa, integração de teoria e prática e aplicação de conhecimentos e habilidades para desenvolver soluções viáveis para os problemas propostos, mostrando-se alinhada com o uso de QSC no ensino. (SAVERY, 2006) Na ABP, os estudantes assumem papel ativo e maior responsabilidade no processo de aprendizagem, analisando os problemas de modo a estabelecer seus pontos-chave e as lacunas de conhecimento que eles têm – e, assim, definindo o que precisam aprender. (BARROWS, 2002) Eles desenvolvem, assim, habilidades e valores para o trabalho em equipe e a resolução de problemas, como autonomia, criatividade, pensamento crítico e argumentação. (LEE; TAN, 2004) Para isso, eles utilizam ferramentas e técnicas para

6 Apesar da ABP ser amplamente usada em diferentes cursos, desde seu desenvolvimento na escola de medicina da Universidade McMaster, no Canadá, sua efetividade para atingir determinados objetivos de aprendizagem ainda continua em debate. Contudo, estudos empíricos têm apoiado a efetividade da ABP, como mostram várias meta-análises que comparam o ensino via ABP com o ensino baseado em exposições centradas no professor, por exemplo, ALBANESE; MITCHELL, 1993; DOCHY et al., 2003; GIJBELS et al., 2005. Uma metassíntese qualitativa de oito meta-análises, buscando estabelecer enunciados de valor generalizáveis sobre a efetividade da ABP, mostrou que essa abordagem é mais efetiva no que diz respeito à retenção de longo termo, ao desenvolvimento de habilidades e à satisfação de professores e estudantes, enquanto o ensino baseado em exposições é mais efetivo para a retenção de curto termo. (STROBEL; VAN BARNEVELD, 2009) Entre as razões pelas quais as disputas continuam quanto à efetividade da ABP encontram-se: o fato de que os estudos empíricos sobre sua efetividade, usado nas meta-análises, em geral, têm limites importantes quanto às suas bases de dados e instrumentos, e as meta-análises disponíveis não são independentes, mas relacionadas umas com as outras (ALBANESE; DAST, 2014); a valorização da aprendizagem de conteúdos conceituais, frequentemente em detrimento dos procedimentais e atitudinais, e a contínua suspeita de que eles não são tão efetivamente aprendidos na ABP; e os limites da extensão da ABP de cursos mais focados diretamente na ação prática (como Medicina ou Engenharia) para cursos de natureza mais básica (como Biologia ou Física). Contudo, nossa experiência com o uso de ABP, nos níveis de pós-graduação e graduação, nos últimos cinco anos, têm sido bastante positiva, em termos do engajamento, da motivação e da aprendizagem dos estudantes.

organizar, planejar, avaliar e apresentar conteúdos relacionados ao caso. (SAVIN-BADEN; MAJOR, 2004)

Tanto para observar e avaliar o desenvolvimento das equipes quanto para auxiliá-los em suas atividades, o professor deverá acompanhar as equipes, se possível com a ajuda de tutores. Ao longo do processo de resolução do problema, os professores e tutores atuam como mediadores, colocando para os estudantes os tipos de questões metacognitivas que gostariam que os estudantes fizessem a si mesmos. (BARROWS, 2002)

Uma das técnicas mais comuns da ABP é o uso dos chamados “sete passos” (GIJSELAERS, 1995; MAURER; NEUHOLD, 2012), uma rotina organizacional para orientar as ações dos estudantes para a resolução do caso. Essa estratégia permite organizar ações e reuniões de trabalho em equipe, visando promover maior alcance dos objetivos de aprendizagem e desenvolver habilidades relacionadas à autoaprendizagem e à aprendizagem coletiva. (BRANDA, 2009; BUFREM; SAKAKIMA, 2003; DEELMAN; HOEBERIGS, 2009)

Essa rotina deve ser explicada aos estudantes logo no início da aplicação da QSC e, em seguida, integralmente, a cada reunião de grupo/equipe e também ao longo da resolução do caso. Os sete passos são (ARAÚJO; ARANTES, 2009; CONRADO, 2013; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014):

- Esclarecer o problema e os termos e conceitos presentes em sua formulação: entender a relação do(s) problema(s) com a realidade e esclarecer frases e conceitos desconhecidos ou que pareçam confusos para o grupo. Para isso, é necessário realizar leitura atenciosa e interpretação do caso pela equipe para diminuir ao máximo as dúvidas sobre o(s) problema(s) contido(s) no mesmo, bem como esforçar-se para esclarecer conceitos, usando o repertório de conhecimentos e a capacidade de argumentação do grupo. Durante a resolução do caso, novos problemas poderão ser identificados e, por isso, é importante realizar este passo em todas as aulas, sendo que, nas primeiras reuniões, gastar-se-á mais tempo neste passo;
- Definir o problema: descrever exatamente que fenômenos devem ser explicados e entendidos, esclarecendo a situação e o tipo de decisão a tomar. Para isso, é importante que a equipe indique pontos considerados relevantes. O aumento de informações sobre o caso pode ampliar muito as áreas de conhecimento envolvidas e, por isso, a equipe deverá estabelecer prioridades de acordo com o tempo disponível para a resolução do caso;
- Chuva de ideias (*brainstorming*): usar conhecimentos prévios, o senso comum e a capacidade argumentativa do grupo para formular explicações e buscar respostas ao problema, sem preocupação com a exatidão das informações ou preconceitos sobre as ideias sugeridas. Neste passo, é realizada uma análise do(s) problema(s) definido(s) anteriormente, usando os conhecimentos acumulados

até o momento. É importante que todos discutam e participem, sem medo da imprecisão das informações que surgirem;

- Detalhar explicações, sistematizando e estruturando resultados da chuva de ideias: a partir do que emergiu na chuva de ideias, construir hipóteses que explicam e possam fundamentar a resolução do problema, de forma coerente e detalhada, levantando as lacunas do conhecimento que precisam ser preenchidas por meio de estudo. Deve ser realizado um resumo dos aspectos considerados importantes que surgiram na chuva de ideias, o que auxiliará no estabelecimento, na próxima fase, do que deverá ser investigado sobre o problema;
- Propor objetivos de aprendizagem autodirigida: a partir da sistematização dos resultados da chuva de ideias e da construção de hipóteses, definir as lacunas de conhecimento no grupo, o que precisa ser estudado para avançar na resolução do problema, os meios e recursos para realizar a investigação e as ações necessárias para pesquisar a respeito de tais lacunas. Este é um passo em que a equipe formula seus objetivos de aprendizagem, diante da conclusão do passo anterior. Além disso, a equipe se organiza para o próximo passo, respeitando prazos e divisão de tarefas;
- Busca de informações e estudo individual: estudar conteúdos selecionados para preencher lacunas necessárias e relevantes do conhecimento. Neste passo, é comum realizar consultas sistemáticas à biblioteca, à internet ou a materiais disponíveis em sala de aula. Muitas vezes, um estudo complementar mais aprofundado poderá ser feito em horários extraclasse. É importante que as fontes de informações sejam diversificadas, mas, principalmente, confiáveis. A equipe deve estar atenta aos vieses ideológicos ou ao fornecimento de informações parciais (por exemplo, aquelas que deliberadamente negligenciam outras versões importantes da informação ou do dado apresentado, silenciando-as como parte da estratégia de convencer a audiência de uma certa tese);
- Avaliação: compartilhar conclusões do estudo individual com o grupo, integrar conhecimentos adquiridos e avaliar o processo de aquisição desses conhecimentos; a organização geral do grupo; e o avanço na resolução do problema. Deve-se propor novas hipóteses e soluções para o problema, bem como refletir sobre o processo de aprendizagem. Ao final desta etapa, a equipe deverá saber o que foi aprendido, o que ainda precisa ser aprendido, quais os principais resultados, qual o desempenho de cada componente da equipe, qual a proximidade que se encontram da resolução do caso e o que pode ser feito para melhorar as dificuldades encontradas. Caso uma resolução do caso que seja satisfatória para a equipe não tenha sido alcançada, deve-se retornar à chuva de ideias e dar andamento aos passos a partir disso (pode ser necessário retornar aos passos de esclarecimento e definição do

problema, caso o grupo conclua não ter resolvido o problema por falta de clareza a seu respeito).

A fim de que se cumpra essa rotina em sala de aula, na organização do trabalho com a QSC, sugerimos o planejamento das aulas de forma que o professor possa acompanhar os momentos de: leitura e questionamentos sobre o caso; mobilização de conteúdos diversos para a resolução do caso; socialização de resultados encontrados; e trabalhos em equipe (TOLEDO JÚNIOR et al., 2008), pois isso facilitará o processo avaliativo do desempenho das equipes ao longo do processo da resolução do caso. Um último momento poderia ser reservado para a apresentação e o debate da resolução do caso pelas equipes, síntese dos conteúdos abordados e avaliações finais. Desse modo, a avaliação da aprendizagem poderá utilizar dados referentes ao início, durante o trabalho com a QSC e ao final dele. Uma vez que os objetivos de aprendizagem são amplos, a avaliação na ABP deve considerar, além dos conteúdos explorados e aprendidos, a avaliação do processo e dos produtos de aprendizagem, bem como a autoaprendizagem dos conteúdos pelo estudante; as interações em sala de aula; a organização da equipe; as dificuldades encontradas; as estratégias de aprendizagem adotadas. (SAVIN-BADEN; MAJOR, 2004) Duch e Groh (2001) acrescentam ainda que o método avaliativo deve considerar a capacidade do estudante de pensar criticamente, avaliar evidências e informações, justificar conclusões. Ademais, deve incluir habilidades além da realização mecânica de tarefas, durante as aulas e ao final do trabalho com a QSC. As ações dos professores e tutores também devem ser avaliadas pelos participantes.

Elaboração de mapas conceituais

Uma estratégia que também consideramos interessante é o uso de mapas conceituais para a organização dos conteúdos aprendidos pelos estudantes durante a sequência didática. O mapeamento conceitual é uma estratégia da teoria da aprendizagem significativa na qual são representadas espacialmente relações hierárquicas entre conceitos. (MOREIRA, 2013) Cabe destacar que o mapa conceitual permite conectar conhecimentos prévios com conhecimentos novos adquiridos e comparar diferentes modo de organização de conhecimentos sobre o mesmo tema ou questão.⁷ (MOREI-

7 Apesar de sua conexão com uma visão cognitivista da aprendizagem, consideramos que os mapas conceituais podem ser apropriados por perspectivas diferentes da aprendizagem, como, por exemplo, as sociointeracionistas, com as quais estamos comprometidos. Isso demanda, contudo, colocar de lado pressupostos da teoria da aprendizagem significativa que estão subjacentes aos mapas, como, por exemplo, o de que o cérebro armazenaria conceitos e proposições que constituiriam nossas estruturas de conhecimento, as quais seriam, então, representadas em mapas conceituais. (NOVAK; CAÑAS, 2008) Se esses pressupostos forem postos de lado, esses mapas passarão a ser vistos como estratégias representacionais que não capturam estruturas cognitivas internas dos sujeitos, mas construtos socialmente compartilhados que estão disponíveis num contexto social, como representações coletivas, as quais são aprendidas pelos sujeitos, mas de uma maneira na qual

RA, 2013; NOVAK, 2010) Durante a resolução da QSC, estudantes podem beneficiar-se com a construção e a reconstrução de mapas à luz de novos conhecimentos, bem como com a comparação de mapas feitos por diferentes integrantes do grupo ou diferentes grupos.

Mapas conceituais podem ser usados para facilitar a aprendizagem ou como parte do processo avaliativo, pois indicam a organização do conhecimento e explicitam relações entre conceitos considerados importantes. (CARABETTA JÚNIOR, 2013; TAVARES, 2007) Além disso, podemos utilizar essa ferramenta para organizar argumentos a respeito de um tema.

Há várias formas de organizar um mapa conceitual, mas, basicamente, ele pode ser elaborado hierarquizando principais palavras-chave (conceitos) e conectando-as com linhas, rotuladas de modo a indicar as relações entre os conceitos, com verbos ou frases (termos de ligação). (AGUIAR; CORREIA, 2013; MOREIRA, 2010) Exemplos de conceitos e relações também podem ser representados num mapa conceitual.

Apesar de indicarmos o mapa conceitual como ferramenta útil para a organização de informações sobre um tema, é necessário esclarecer as limitações dessa estratégia para a aprendizagem de habilidades e valores. A razão disso é que o mapeamento conceitual é uma estratégia que visa facilitar a aprendizagem de conhecimentos (isto é, parte da dimensão conceitual do conteúdo). Por isso mesmo, se quisermos adotar estratégias capazes de capturar de modo mais preciso habilidades e valores (e, indo além, atitudes ou ações sociopolíticas), será necessário adotar métodos de representação mais complexos. Parece-nos que o uso de mapas baseados na Teoria Ator-Rede, de Bruno Latour (2005), conforme sugerido por Bencze, Sperling e Carter (2012), no contexto do ativismo WISE,⁸ é uma possibilidade a ser avaliada no futuro, como meio de seguir nessa direção.

Organização e explicitação de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

A mobilização de conteúdos relacionados à QSC poderá ser facilitada se houver o esclarecimento de elementos que compõem as relações entre CTSA associados ao caso. O Quadro 2 apresenta alguns elementos de CTSA encontrados na abordagem da QSC a partir desse caso.

não são jamais internalizadas completamente, sempre permanecendo como estruturas emergentes na relação entre cérebro, corpo e ambiente. (MORTIMER et al., 2014)

8 WISE é um acrônimo para *Well-being of Individuals, Societies and Environment* que tem sido apresentado como uma finalidade para o ativismo, na perspectiva do método STEPWISE. (BENCZE; CARTER, 2011; BENCZE; SPERLING; CARTER, 2012)

Quadro 2 – Alguns exemplos de componentes CTSA na QSC sobre declínio de abelhas e produção de alimentos

Exemplos	
Elementos da relação CTSA	C Conhecimentos científicos sobre: a importância ecológica de abelhas, seu comportamento, distribuição geográfica, fisiologia, imunologia, relações com outras espécies animais e vegetais, funções ecológicas, dependência nutricional, susceptibilidade aos agrotóxicos e poluição, condições de <i>habitats</i> , construção de nicho. Dados estatísticos comparativos e previsão de flutuações e perda de resiliência em populações de polinizadores.
	T Técnicas e tecnologias de: cultivo com e sem agrotóxicos; melhoramento genético para maior resistência de plantas e animais a perturbações externas; hibridação; controle biológico; manejo integrado de pragas; robótica para monitoramento ambiental e polinização; mensuração de resíduos de agrotóxicos no ambiente e nos organismos.
	S Diálogos e ações sobre: hábitos alimentares; estrutura fundiária; modos socioeconômicos de produção; política de incentivos à monocultura ou a formas alternativas de cultivo, a exemplo dos agroecológicos; plantio de jardins com flores; saúde nutricional; fiscalização no uso de toxinas nos cultivos; movimentos sociais para divulgar e exigir ações políticas e legislação de proteção ambiental local e global; pressão popular para a promoção de políticas públicas de preservação e conservação de polinizadores; valorização de polinizadores por sua utilidade à espécie humana ou por seu valor intrínseco como seres vivos; consideração moral antropocêntrica, biocêntrica, ecocêntrica; criação de ambientes e paisagens amigáveis a polinizadores.
	A Condições ambientais e fenômenos naturais/ecológicos: mudanças climáticas; dispersão de toxinas pelo vento; proliferação de parasitas, vírus e outros patógenos; coevolução entre plantas com flores e animais polinizadores; desertificação; resiliência e capacidade de suporte do planeta.

Fonte: elaborado pelos autores com base em Conrado (2017).

Os estudantes poderão discutir as relações entre esses elementos, de modo a desenvolver conhecimentos, habilidades, valores e atitudes relacionados com os conteúdos CPA selecionados pelo professor.

Adoção de textos e vídeos sobre o tema da QSC

Outra sugestão para o trabalho com o caso em sala de aula é o uso de textos e vídeos de apoio para subsidiar a discussão sobre o tema da QSC. Vídeos e textos geralmente são recursos úteis para enriquecer e complementar discussões em sala de aula. (KRASILCHIK, 2004) Particularmente, no ensino de ciências, ambos os recursos poderão estimular momentos de reflexão e questionamento sobre a ciência, seus diferentes aspectos (como éticos, econômicos etc., que evidenciam controvérsias), além de auxiliar na compreensão do tema e suas implicações. (FEDERICO AGRASO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2006; LINHARES; REIS, 2013) Cabe ressaltar que os estudantes poderão buscar, em diversas fontes de informações e pontos de vista, fundamentos de várias áreas do conhecimento e dados específicos sobre o tema, o que estimula a realização de atividades relacionadas à pesquisa acadêmica. No Quadro 3, algumas indicações de textos e vídeos sobre o tema da QSC são fornecidas.

Quadro 3 – Alguns recursos didáticos sobre abelhas, polinização e agrotóxicos

Título	Autores	Ano	Fonte
Agrotóxicos e polinizadores: isso combina?	Fabiana Oliveira da Silva e colaboradores	2014	http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/57-polinizadores?download=1077:agrototoxicos-polinizadores-isso-combina
Agricultura e Polinizadores	Associação Brasileira de Estudos das Abelhas (A.B.E.L.H.A.)	2015	http://www.abelha.org.br/publicacoes/ebooks/Agricultura-e-Polinizacao.pdf
Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento	Maria Cecília de Lima e Sá de Alencar Rocha	2012	http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/efeitosdosagrotoxicossobreabelhasilvestresnobrasil.pdf
Polinizadores e pesticidas: princípios e manejo para os agroecossistemas brasileiros	Breno Magalhães Freitas e José Nunes Pinheiro	2012	http://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/polinizadores-e-pesticidas-final-.pdf
Água & Polinização: qual a importância dessa relação para a vida na Terra?	Walter Costa Neto e colaboradores	2014	http://www.semabelhasemalimento.com.br/wp-content/uploads/2015/02/CARTILHA_agua_polinizacao_BAIXA.pdf
Biologia da Polinização	André Rodrigo Rech e colaboradores (organizadores)	2014	http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/57-polinizadores?download=1076:biologia-da-polinizacao
Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil	Cláudia Inês da Silva e colaboradores	2014	http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/57-polinizadores?download=1042:guia-ilustrado-de-abelhas-polinizadoras-no-brasil
Why bees are disappearing (legendado)	Marla Spivak	2013	https://www.ted.com/talks/marla_spivak_why_bees_are_disappearing https://www.youtube.com/watch?v=201FKBtYAwc
Vanishing of the Bees	George Langworthy; Maryam Henein (diretores)	2009	https://www.youtube.com/watch?v=u-JjQH_HUHQ
Silence of the Bees	Doug Shultz (escritor)	2007	https://www.youtube.com/watch?v=bqSIRhXcbqk
Every city needs healthy honey bees (legendado)	Noah Wilson-Rich	2012	https://www.ted.com/talks/noah_wilson_rich_every_city_needs_healthy_honey_bees
The hidden beauty of pollination (legendado)	Louie Schwartzberg	2011	https://www.ted.com/talks/louie_schwartzberg_the_hidden_beauty_of_pollination
A plea for bees (legendado)	Dennis van Engelsdorp	2008	https://www.ted.com/talks/dennis_vanengelsdorp_a_plea_for_bees
The first 21 days of a bee's life (legendado)	AnandVarma	2015	https://www.ted.com/talks/anand_varma_a_thrilling_look_at_the_first_21_days_of_a_bee_s_life
A plant's-eye view (legendado)	Michael Pollan	2007	https://www.ted.com/talks/michael_pollan_gives_a_plant_s_eye_view

Fonte: elaborado pelos autores com base em Conrado (2017).

Orientação a partir dos níveis de letramento científico

Por fim, considerando um currículo para uma educação científica com a finalidade de formar indivíduos capazes de ações sociopolíticas, em direção a maiores: justiça social e sustentabilidade ambiental, conforme a recomendação de Hodson (2004b, p. 3), poderão ser implementadas atividades e discussões, envolvendo quatro estágios de letramento científico. Apontamos abaixo alguns aspectos, associados à QSC e ao caso que a representa em nossa proposta, que podem ser explicitados para cada um desses estágios:

- Reconhecer relações entre CTSA: por exemplo, nas relações entre as ciências envolvidas no estudo dos sistemas ecológicos e as tecnologias de produção de alimentos; no uso e no desenvolvimento de agrotóxicos, que são influenciados pela cultura capitalista desde a Revolução Verde; no desenvolvimento da monocultura e sua relação com a concentração de terras e de poder, além de questões relacionadas ao mercado e aos prejuízos ambientais; no desenvolvimento do conhecimento e das técnicas que baseiam modos alternativos de cultivo agrícola, a exemplo da agroecologia;
- Compreender que o desenvolvimento científico e tecnológico, por vezes, ocorre a partir de interesses particulares, com benefícios para alguns em detrimento de outros: por exemplo, nos interesses de multinacionais no desenvolvimento de novos agrotóxicos e transgênicos resistentes a eles. Ou, alternativamente, nos interesses políticos que podem favorecer ou não a divulgação de técnicas e pesquisas sobre agroecologia, também vinculados à ciência e tecnologia;
- Desenvolver o próprio ponto de vista e definir posições valorativas: por exemplo, na reflexão sobre as dimensões éticas e políticas de questões socioambientais relacionadas à agricultura com agrotóxicos ou à agroecologia; valores ambientais e consideração moral de sujeitos envolvidos nos serviços ecossistêmicos e na manutenção da biodiversidade;
- Tomar decisão e agir: por exemplo, na organização de abaixo-assinados ou cartas públicas destinadas ao executivo, legislativo e/ou judiciário; na organização de palestras e produção vídeos para divulgação em comunidades afetadas pelos problemas em pauta; em projetos de extensão universitária; na realização de campanhas virtuais de ativismo socioambiental (em *sites* como Avaaz, Change, ou Petição Pública), a fim de angariar apoio a causas específicas (como, por exemplo, políticas públicas para a proteção dos polinizadores), associadas ao problema maior; desenvolvimento de páginas de internet informativas e de troca de experiências; organização de eventos locais coletivos em que sejam convidados representantes de diversos grupos envolvidos com a questão em discussão (como ecólogos, agricultores, empresários, jornalistas científicos e ativistas); obtenção de conhecimento e ação em relação a projetos de lei em tramitação no legislativo que tenham relação com a questão. (CARVALHO et al., 2015)

Considerações finais

Neste capítulo, apresentamos uma proposta de ensino baseada em QSC sobre o declínio de abelhas e a produção de alimentos, para uso na educação científica de nível médio ou superior, sob uma perspectiva de educação CTSA. Discutimos, além disso, meios para sua aplicação em sala de aula.

O uso de QSC na educação CTSA tem sido apontado como uma estratégia para uma formação mais integral e ampla de cidadãos para lidar com problemas socioambientais. Essa formação integral envolve a aprendizagem das dimensões CPA dos conteúdos científicos, que pode ser realizada a partir de casos contextualizados pela abordagem CTSA.

A partir das ideias desenvolvidas no presente trabalho, de futuras experiências em sala de aula e de interação com professores de ciências, esperamos aprimorar o uso dessa estratégia para preparar cidadãos para ações sociopolíticas sobre os problemas socioambientais, que, dessa forma, contribuam para a melhoria das condições sociais e ambientais.

Referências

- ABROL, D. P. *Pollination biology: pests and pollinators of fruit crops*. Cham, Switzerland: Springer. 2015. v. 1.
- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013.
- AIZEN, M. A. et al. How much does agriculture depend on pollinators? lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, London, v. 103, p. 1579-1588, 2009.
- ALBANESE, M. A.; DAST, L. Problem-based learning: outcomes evidence from the health professions. *Journal on Excellence in College Teaching*, Oxford, v. 25, n. 3/4, p. 239-252, 2014.
- ALBANESE, M. A.; MITCHELL, S. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, Philadelphia, v. 68, p. 52-81, 1993.
- ARAÚJO, U. F.; ARANTES, V. M. Comunidade, conhecimento e resolução de problemas: o projeto acadêmico da USP Leste. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Org.). *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior*. São Paulo: Summus, 2009. p. 101-122.
- ARENA, M.; SGOLASTRA, F. A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, London, v. 23, n. 3, p. 324-334, 2014.
- BARNOSKY, A. D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, London, v. 471, p. 51-57, 2011.

- BARROWS, H. S. Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Education*, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 119-122, 2002.
- BARTHEL, S.; FOLKE, C.; COLDING, J. Social-ecological memory in urban gardens – Retaining the capacity for management of ecosystem services. *Global Environmental Change*, Oxford, v. 20, p. 255-265, 2010.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN SOCIETY FOR THE STUDY OF EDUCATION, 2009. Ottawa. *Proceeding...* Ottawa: Carleton University, 2009. p. 1-28.
- BENCZE, J. L.; CARTER, L.; KRSTOVIC, M. Science & technology education for personal, social & environmental wellbeing: challenging capitalists' consumerist strategies. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 39-56, 2014.
- BENCZE, L.; CARTER, L. Globalizing Students Acting for the Common Good. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 48, n. 6, p. 648-669, 2011.
- BENCZE, L.; SPERLING, E.; CARTER, L. Students' research informed socio-scientific activism: Re/vision for a sustainable future. *Research in Science Education*, Dordrecht, v. 42, n. 1, p. 129-148, 2012.
- BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2003.
- BERNARDO, J. R. da R.; VIANNA, D. M.; SILVA, V. H. D. da. A construção de propostas de ensino em Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) para abordagem de temas sociocientíficos. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Org.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília, DF: UnB, 2011. p. 373-393.
- BETTENCOURT, C.; VELHO, J. L.; ALMEIDA, P. A. Biology teachers' perceptions about Science-Technology-Society (STS) education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, New York, v. 15, p. 3148-3152, 2011.
- BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S. G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 230-238, 2013.
- BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. *Revista Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 83, p. 263-294, 2014.
- BRANDA, L. A. A aprendizagem baseada em problemas: o resplendor tão brilhante de outros tempos. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Org.). *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior*. São Paulo: Summus, 2009. p. 236.
- BRITTAİN, C. et al. Pollination and plant resources change the nutritional quality of almonds for human health. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 9, n. 2, p. 1-7, 2014.

BUFREM, L. S.; SAKAKIMA, A. M. O ensino, a pesquisa e a aprendizagem baseada em problemas. *Transinformação*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 351-361, 2003.

CARABETTA JÚNIOR, V. A utilização de mapas conceituais como recurso didático para a construção e inter-relação de conceitos. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, p. 441-447, 2013.

CARVALHO, I. N. et al. Projetos de lei no ensino de ciências: possibilidades para modelagem de questões socio-científicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia, SP. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015.

CHAPLIN-KRAMER, R. et al. Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proceedings of the Royal Society B*, London, v. 281, n. 1794, p. 1-7, 2014.

COLL, C. et al. *Los contenidos de la reforma: enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana, 1992.

CONRADO, D. M. *Uso de conhecimentos evolutivo e ético na tomada de decisão por estudantes de biologia*. 2013. 220 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CONRADO, D. M. *Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico*. 2017. 239 f. Tese (Doutorado em Ensino, História e Filosofia das Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Cientificismo: uma análise crítica do discurso no ensino superior de biologia. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA EM EDUCAÇÃO, 5., 2016, Porto. *Atas...* Porto: Universidade Lusófona do Porto, 2016a. p. 1054-1059.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Análise crítica do discurso sobre imagens da ciência e da tecnologia em argumentos de estudantes de biologia. *Revista de Pesquisa Qualitativa*, São Paulo, v. 4, n. 5, p. 218-231, 2016b.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N.; NUNES-NETO, N. F. Sobre a ética ambiental na formação do biólogo. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande, v. 30, n. 1, p. 120-139, jan./ jun. 2013.

CONRADO, D. M. et al. Socioscientific issues about bees, pollination and food production in biology teaching. In: CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION, 11., 2015. *Proceeding...* Helsinki: ESERA, 2015. p. 1-4.

CONRADO, D. M. et al. Uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão de estudantes do ensino médio sobre questões socioambientais. *Revista Contemporânea de Educação*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 345-368, 2012.

- CONRADO, D. M. et al. Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. *Indagatio Didactica*, Aveiro, v. 8, n. 1, p. 1132-1147, jul. 2016.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 16., 2015, Lisboa. *Anais...* Lisboa: ENEC, 2015. p. 432-435.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 31, p. 329-357, 2015.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na Educação Científica como Estratégia para Formação do Cidadão Socioambientalmente Responsável. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 14, p. 77-87, 2014.
- COOPER, G. J.; EL-HANI, C. N.; NUNES-NETO, N. F. Three approaches to the teleological and normative aspects of ecological functions. In: ELDREDGE, N. et al. (Ed.). *Evolutionary Theory: a hierarchical perspective*. Chicago: University of Chicago Press, 2016.
- CUTLER, G. C.; SCOTT-DUPREE, C. D. A field study examining the effects of exposure to neonicotinoid seed-treated corn on commercial bumble bee colonies. *Ecotoxicology*, [S.l.], v. 23, p. 1755-1763, 2014.
- DEELMAN, A.; HOEBERIGS, B. A ABP no contexto da Universidade de Maastricht. In: ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Org.). *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior*. São Paulo: Summus, 2009. p. 79-100.
- DILLON, J. Science, environment and health education: towards a reconceptualisation of their mutual interdependences. In: ZEYER, A.; KYBURZ-GRABER, R. (Ed.). *Science, environment, health: towards a renewed pedagogy for science education*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 87-101.
- DOCHY, F. et al. Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 13, p. 533-568, 2003.
- DOUBLET, V. et al. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honey bee mortality across the life cycle. *Environmental Microbiology*, Oxford, v. 17, n. 4, p. 969-983, 2014.
- DUCH, B. J.; GROH, S. E. Assessment strategies in a problem-based learning course. In: DUCH, B. J.; GROH, S. E.; ALLEN, D. E. (Ed.). *The power of problem-based learning: a practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*. Sterling: Stylus Publishing, 2001. p. 95-108.
- DUNNE, J. A.; WILLIAMS, R. J. Cascading extinctions and community collapse in model food webs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, London, v. 364, p. 1711-1723, 2009.

- EILERS, E. J. et al. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 6, n. 6, p. 1-6, 2011.
- ELLIS, A. M.; MYERS, S. S.; RICKETTS, T. H. Do Pollinators Contribute to Nutritional Health? *PLoS ONE*, San Francisco, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2015.
- FEDERICO AGRASO, M.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. ¿Clonación terapéutica?: decisiones sobre dilemas éticos en el aula. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, Barcelona, n. 49, p. 43-50, 2006.
- FEINSTEIN, N. W.; KIRCHGASLER, K. L. Sustainability in science education? how the next generation science standards approach sustainability, and why it matters. *Science Education*, [S.l.], v. 99, n. 1, p. 121-144, 2015.
- FENSHAM, P. J. Preparing citizens for a complex world: the grand challenge of teaching socio-scientific issues in science education. In: ZEYER, A.; KYBURZ-GRABER, R. (Ed.). *Science, environment, health: towards a renewed pedagogy for science education*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 7-29.
- GARIBALDI, L. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, Washington, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.
- GIJBELS, D.; et al. Effects of problem-based learning: a meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, Washington, v. 75, n. 1, p. 27-61, 2005.
- GIJSELAERS, W. Perspectives on problem-based learning. In: GIJSELAERS, W. et al. (Ed.). *Educational innovation in economics and business administration: the case of problem-based learning*. Dordrecht: Kluwer, 1995. p. 39-52.
- GIROUX, H. A. Cultural studies, public pedagogy, and the responsibility of intellectuals. *Communication and Critical/Cultural Studies*, Oxfordshire, v. 1, p. 59-79, 2004.
- GIROUX, H. A.; GIROUX, S. S. Challenging neoliberalism's new world order: the promise of critical pedagogy. *Cultural Studies/Critical Methodologies*, Thousand Oaks, v. 6, p. 21-32, 2006.
- GOULSON, D. Review: an overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, v. 50, n. 4, p. 977-987, 2013.
- GOULSON, D. Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Palo Alto, Calif., v. 34. p. 1-26, 2003.
- HAMPSON, G. P. Eco-logical education for the long emergency. *Futures*, Guildford, v. 44, p. 71-80, 2012.
- HODSON, D. Challenging traditional views of the nature of science and scientific inquiry. In: ALSOP, S.; BENCZE, L.; PEDRETTI, E. (Ed.). *Analysing exemplary science teaching: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice*. London: Open University Press, 2004a. p. 96-105.

- HODSON, D. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. be prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, Toronto, v. 13, n. 4, p. 313-331, 2013.
- HODSON, D. Going Beyond STS: towards a curriculum for sociopolitical. *Science Education Review*, Queensland, v. 3, n. 1, p. 2-7, 2004b.
- HODSON, D. *Looking to the future: building a curriculum for social activism*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. In: SEMANA DOS POLINIZADORES, 3., 2012, Petrolina. *Anais...* Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. p. 213-226. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69296/1/Abelha.pdf>>.
- JAMIESON, D. *Ética e meio ambiente: uma introdução*. Tradução de André Luiz de Alvarenga. São Paulo: SENAC, 2010.
- JAROSZ, L. Political ecology as ethical practice. *Political Geography*, [S.l.], v. 23, p. 917-927, 2004.
- KAHN, R. *Critical pedagogy, ecoliteracy, and planetary crisis: the ecopedagogy movement*. New York: Peter Lang, 2010. (Counterpoints: Studies in the Postmodern Theory of Education, v. 359).
- KENNEDY, C. M. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, Oxford, v. 16, n. 5, p. 584-599, 2013.
- KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Biological Sciences*, [S.l.], v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.
- KNIGHT, J. K.; WOOD, W. B. Teaching more by lecturing less. *The American Society for Cell Biology*, Bethesda, v. 4, n. 4, p. 298-310, 2005.
- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de biologia*. São Paulo: EDUSP, 2004.
- KREMEN, C.; ILES, A.; BACON, C. Diversified farming systems: an agroecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society*, Wolfville, v. 17, n. 4, p. 44-63, 2012.
- LATOUR, B. *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- LEE, M. G. C.; TAN, O. S. Collaboration, dialogue, and critical openness through problem-based learning processes. In: TAN, O.-S. (Ed.). *Enhancing thinking through problem-based learning approaches: international perspectives*. Singapore: Cengage Learning, 2004. p. 133-144.
- LEVINSON, R. Science education and democratic participation: an uneasy congruence? *Studies in Science Education*, Inglaterra, v. 46, n. 1, p. 69-119, 2010.

- LIMA, M. C.; ROCHA, S. A. *Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento*. Brasília, DF: Ibama, 2012.
- LINHARES, E.; REIS, P. A discussão de controvérsias sócio-científicas a partir de documentários em vídeo. In: MEMBIELA, P.; CASADO, N.; CEBREIROS, M. I. (Ed.). *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias: retos e perspectivas no ensino das ciencias*. Ourense: Edita Educación, 2013. p. 115-120.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: World Resources Institute, 2005.
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. London: Routledge, 1994.
- MAURER, H.; NEUHOLD, C. Problems everywhere? strengths and challenges of a problem-based learning approach in european studies. *Higher Education Academy Social Science Conference*. Liverpool, May 2012. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1997614>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- MINTEER, B. A.; COLLINS, J. P. Ecological ethics: building a new tool kit for ecologists and biodiversity managers. *Conservation Biology*, Boston, v. 19, n. 6, p. 1803-1812, 2005.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: UFRGS, 2013.
- MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro, 2010.
- MORENO, A.; MOSSIO, M. *Biological autonomy: a philosophical and theoretical enquiry*. Dordrecht: Springer, 2015.
- MORTIMER, E. F. et al. Conceptual profiles: theoretical-methodological bases of a research program. In: MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (Ed.). *Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 3-33.
- MOSSIO, M.; SABORIDO, C.; MORENO, A. An Organizational Account for Biological Functions. *British Journal for the Philosophy of Science*, Aberdeen, v. 60, p. 813-841, 2009.
- NICOLE, W. Pollinator power: nutrition security benefits of an ecosystem service. *Environmental Health Perspectives*, Research Triangle Park, v. 123, n. 8, p. A210-A215, 2015.
- NOSS, R. F. Values are a good thing in conservation biology. *Conservation Biology*, Boston, v. 21, n. 1, p. 18-20, 2007.
- NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, Research Triangle Park, v. 6, n. 3, p. 21-30, Sep. 2010.

- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. *Technical Report IHMC CmapTools*, Florida, p. 1-36, 2008. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- NUNES-NETO, N.; MORENO, A.; EL-HANI, C. N. Function in ecology: an organizational approach. *Biology and Philosophy*, Dordrecht, v. 29, n. 1, p. 123-141, 2014.
- OSTROM, E. Sustainable social-ecological systems: an impossibility? In: ANNUAL MEETINGS OF THE AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, "Science and Technology for Sustainable Well-Being". San Francisco, 2007.
- PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education: preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. In: ZEIDLER, D. (Ed.). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 219-239.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On, *Science Education*, [S.l.], v. 95, n. 4, p. 601-626, 2011.
- PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.
- PINKE, M. How far is world agricultural production likely to be threatened by pollinator declines? *Journal of Sustainability*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1-9, 2013.
- PINZINO, D. W. *Socioscientific Issues: A path towards advanced scientific literacy and improved conceptual understanding of socially controversial scientific theories*. 2012. 35 f. Theses (Dissertations Education Specialist) – University of South Florida, 2012. Disponível em: <<http://scholarcommons.usf.edu/etd/4387>>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, Amsterdam, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- PRETTY, J. Interdisciplinary progress in approaches to address social-ecological and ecocultural systems. *Environmental Conservation*, Lausanne, v. 38, n. 2, p. 127-139, 2011.
- REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.
- SADLER, T.; ZEIDLER, D. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, [S.l.], v. 88, p. 4-27, 2004.
- SANTOS, W. L. P. dos. Scientific literacy: a freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, [S.l.], v. 93, n. 2, p. 361-382, 2009.

- SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.
- SAPIR, Y.; DORCHIN, A.; MANDELIK, Y. Indicators of pollinator decline and pollen limitation. In: ARMON, R. H.; HANNINEN, O. (Ed.). *Environmental Indicators*. Dordrecht: Springer, 2015. p. 103-115.
- SAVERY, J. R. Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 9-20, 2006.
- SAVIN-BADEN, M.; MAJOR, C. H. *Foundations of Problem-based Learning*. Great Britain: MPG Books: Open University Press, 2004.
- SILVA, F. O. et al. *Agrotóxicos e polinizadores: isso combina?* Rio de Janeiro: Funbio, 2014.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 22, n. 3, p. 337-48, 2004.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S. G.; PACKER L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, Amsterdam, v. 20, n. 12, p. 651-652, Dec. 2005.
- STROBEL, J.; VAN BARNEVELD, A. When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 44-58, 2009.
- TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, 2007.
- TOLEDO JÚNIOR, A. C. de C. et al. Aprendizagem baseada em problemas: uma nova referência para a construção do currículo médico. *Revista Médica de Minas Gerais*, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 123-131, 2008.
- TOMAS, L.; RITCHIE, S. M.; TONES, M. Attitudinal Impact of Hybridized Writing About a Socioscientific Issue. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], v. 48, n. 8, p. 878-900, 2011.
- TORRES, N. Y.; MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. Desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones sociocientíficas de los xenobióticos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, [S.l.], n. 29, p. 65-84, 2011.
- VANBERGEN, A. J. et al. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Washington, v. 11, p. 251-259, 2013.
- WAGONER, K. M.; BONCRISTIANI, H. F.; RUEPPELL, O. Multifaceted responses to two major parasites in the honey bee (*Apis mellifera*). *BMC Ecology*, London, v. 13, n. 26, p. 1-3, 2013.
- ZABALA, A.; ARNAU, L. *Como aprender e ensinar competências*. Porto Alegre: Artmed, 2010.