



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



DOUTORADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

DÁLIA MELISSA CONRADO

**Questões Sociocientíficas na Educação CTSA:
contribuições de um modelo teórico para o
letramento científico crítico**

Salvador

2017

DÁLIA MELISSA CONRADO

**Questões Sociocientíficas na Educação CTSA:
contribuições de um modelo teórico para o
letramento científico crítico**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Charbel N. El-Hani.

Salvador
2017

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Conrado, Dália Melissa
Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de
um modelo teórico para o letramento científico crítico / Dália
Melissa Conrado. -- Salvador, 2017.
237 f. : il

Orientador: Charbel N. El-Hani.
Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ensino,
Filosofia e História das Ciências) -- Universidade Federal da
Bahia, Instituto de Física, 2017.

1. Formação de Professores. 2. Ética nas Ciências. 3. Ciência
- Estudo e Ensino. 4. Ensino de Ciências. 5. Educação Crítica.
I. El-Hani, Charbel N.. II. Título.

Dália Melissa Conrado

Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências
Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana

Aprovada em 01 de setembro de 2017.

Componentes da Banca Examinadora

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani (Universidade Federal da Bahia) – *orientador*
Doutor em Educação (2000), Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Walter Bazzo (Universidade Federal de Santa Catarina)
Doutor em Educação (1998), Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Irlan von Linsingen (Universidade Federal de Santa Catarina)
Doutor em Educação em Ciências (2002), Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Pedro Guilherme Rocha dos Reis (Universidade de Lisboa)
Doutor em Didáctica das Ciências (2004), Universidade de Lisboa

Prof.^a Dr.^a Rosiléia Oliveira de Almeida (Universidade Federal da Bahia)
Doutora em Educação (2008), Universidade Estadual de Campinas

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Miranda Guimarães (Instituto Federal da Bahia)
Doutora em Genética e Biologia Molecular (2009), Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Leonardo Fabio Martínez Pérez (Universidade Pedagógica Nacional)
Doutor em Educação para a Ciência (2010), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Às **mães**, em especial, *Ah Mi Nie, Lúcia, Fátima, Margareth, Clara, Iris, Cíntia.*

Pelos exemplos de amor, força, tolerância, coragem, generosidade e perseverança.



Agradecimentos

À família, aos novos e velhos amigos, colegas, professores e estudantes e ex-estudantes, por todo apoio, por todo aprendizado e pelas boas energias.

Ao esposo, companheiro e amigo, Nei.

Aos professores que participaram da banca examinadora e contribuíram de forma atenciosa, tanto no momento da qualificação (Alice Pagan, Charbel, Cláudia Sepúlveda, Leonardo Martínez Pérez, Pedro Reis, Rosiléia Almeida), quanto no momento da defesa final da tese.

Ao orientador, Professor Charbel, pelos exemplos de virtudes manifestadas em atos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC), incluindo colegas, professores e secretaria.

Ao Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFH BIO), e todos os seus membros.

À Universidade Federal da Bahia (UFBA) e à Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

À Universidade do País Vasco (UPV-Espanha), sobretudo à Professora Arantza Etxeberria.

À professora Alessandra Schnadelbach e aos estudantes da disciplina Biologia Geral da Universidade Federal da Bahia.

Aos estudantes da disciplina: Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/ UEFS).

Aos professores e pesquisadores que auxiliaram na avaliação deste trabalho.

A tod@s que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Obrigada, Hari Om!

道

Zigong perguntou sobre o Homem Nobre. O mestre respondeu:
[É aquele que] primeiro põe em prática o que tem a dizer e depois diz.
Confúcio, Os Analectos

[A virtude fala pelos atos, não por palavras e intenções]
G. Sinedino, 2012 (comentarista de *Os Analectos*)

“德不孤，必有鄰”

A virtude não é solitária, sempre há de ter vizinhos.
Confúcio, Os Analectos



Om mani padme hum

Resumo

CONRADO, D. M. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA:** contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 2017. 237p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2017.

As questões sociocientíficas (QSCs) têm sido adotadas, nas últimas décadas, na educação científica para abordar relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), com diferentes objetivos de ensino e de aprendizagem. Contudo, faltam aprofundamentos teórico-epistemológicos, éticos e pedagógicos sobre o uso de QSCs no ensino de ciências. Além disso, há pouca clareza nos fundamentos dos modelos teóricos propostos para a educação CTSA baseada em QSCs, o que dificulta a compreensão desses modelos e aumenta o risco de se reproduzir incoerências entre discurso e prática pedagógica, sobretudo quando se trata de alcançar um letramento científico crítico. Além disso, necessitamos desenvolver formas de superar determinados problemas de uma educação tradicional-tecnicista ainda hegemônica. Nesse contexto, com base em pressupostos da teoria crítica e do pós-positivismo; da educação CTSA nas vertentes sobre desenvolvimento moral e justiça socioambiental; em uma perspectiva não-antropocêntrica de ética das virtudes, e a partir do *design research*, nesta tese propomos um modelo teórico de ensino com base em QSCs e avaliamos suas características, visando a melhoria da capacidade de mobilização de conteúdos e da formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis. Para isso, analisamos modelos teóricos sobre o uso de QSCs no ensino de ciências; apresentamos e discutimos um modelo teórico para o uso de QSCs na perspectiva do letramento científico crítico; e avaliamos características de um modelo teórico, aplicado em uma sequência didática, para favorecer a mobilização de conteúdos de ecologia, evolução e ética e o alcance do letramento científico crítico, no contexto do ensino superior de biologia. Percebemos, por exemplo, que os modelos teóricos da literatura são predominantemente antropocêntricos e podem ser relacionados ao letramento científico epistêmico, funcional e crítico. O modelo teórico que propomos enfatiza dimensões ética e política da educação científica, e possui grande potencial para formar cidadãos socioambientalmente responsáveis capazes de tomada de decisão e ação no cotidiano. Esperamos que este trabalho possa contribuir para avanços na área de pesquisa e implementação de inovações educacionais sobre o uso de QSCs na educação.

Palavras-chave: formação de professores; ética na educação científica; conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais; ensino de ciências / biologia; educação crítica.

Abstract

Socio-scientific issues (SSI) have been adopted in the last decades in science education to address the relations between science, technology, society and environment (STSE), with different teaching and learning objectives. However, there is little theoretical-epistemological, ethical and pedagogical deepening on the use of SSI in science education. Furthermore, there is little understanding about the foundations of the theoretical models proposed for STSE education with SSI, which makes it difficult to understand these models and increases the risk of reproducing inconsistencies between discourse and pedagogical practice, especially when one wants to achieve critical scientific literacy. In addition, it is necessary to develop ways of overcoming some given problems of a traditional-technicism education. In this context, we grounded our approach on the assumptions from critical theory and post-positivism; from STSE education, in the moral development and socioenvironmental justice currents; from a non-anthropocentric perspective of virtue ethics; and, finally, from the design research as a methodological approach. Thus, we propose a theoretical model for SSI teaching, and an evaluation for its features, aimed to improve the capacity of contents mobilization and the education of socio-environmentally responsible citizens. For this, we analyzed theoretical frameworks about SSI in science education; we presented and discussed a theoretical framework for SSI teaching, aimed for critical scientific literacy; and we evaluated the characteristics of a theoretical model applied in a didactic sequence to enhance the contents mobilization about ecology, evolution and ethics, and, moreover, to reach the critical scientific literacy in the context of undergraduate biology education. We found out, for example, that the theoretical models in the literature are predominantly anthropocentric and may be related to epistemic, functional and critical scientific literacy. Our theoretical educational framework, by its turn, emphasizes the ethical and political dimensions of science education, and has great potential to form socio-environmentally responsible citizens capable of decision-making and action in everyday life. We hope that this work can contribute to advances in the area of research and implementation of educational innovations based on SSI.

Keywords: teacher education; ethics in science education; conceptual, procedural and attitudinal contents; science teaching / biology teaching; critical education.

Resumen

En las últimas décadas, en la educación científica, han sido adoptadas las cuestiones sociocientíficas (CSCs) para abordar las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), con diferentes objetivos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, hace falta profundizar el conocimiento de modo teórico-epistemológico, ético y pedagógico sobre el uso de CSC en la enseñanza de las ciencias. Hay poca aclaración sobre los fundamentos de los modelos teóricos propuestos para la educación CTSA basada en CSCs, lo que dificulta la comprensión de estos modelos y aumenta el riesgo de reproducir incoherencias entre discurso y práctica pedagógica, sobre todo cuando se trata de alcanzar una alfabetización científica crítica. Además, necesitamos desarrollar modos de superar determinados problemas de una educación tradicional-tecnicista aún hegemónica. En ese contexto, con base en los supuestos de la teoría crítica y del post-positivismo; de la educación CTSA en las vertientes sobre desarrollo moral y justicia socio-ambiental; en una perspectiva no-antropocéntrica de ética de las virtudes, y a partir del *design research*, esta tesis buscó proponer un modelo teórico de enseñanza basado en CSCs y evaluar sus características, para la mejora de la capacidad de movilización de contenidos y la formación de ciudadanos socio-ambientalmente responsables. Para esto, analizamos modelos teóricos sobre el uso de CSC en la enseñanza de ciencias; presentamos y discutimos un modelo teórico para el uso de CSCs en la perspectiva de la alfabetización científica crítica; y evaluamos características de un modelo teórico, aplicado en una secuencia didáctica, para favorecer la movilización de contenidos de ecología, evolución y ética así como el alcance de la alfabetización científica crítica, en el contexto de la enseñanza superior de biología. Se percibe, por ejemplo, que los modelos teóricos de la literatura son predominantemente antropocéntricos y pueden ser relacionados con la alfabetización científica epistémica, funcional y crítica. El modelo teórico que proponemos enfatiza dimensiones ética y política de la educación científica, y tiene gran potencial para formar ciudadanos socio-ambientalmente responsables capaces de toma de decisión y acción en el cotidiano. Esperamos que este trabajo pueda contribuir a los avances en el área de investigación e implementación de innovaciones educativas sobre el uso de CSC en la educación.

Palabras-clave: formación de profesores; ética en la educación científica; contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; enseñanza de las ciencias / biología; educación crítica.

Lista de figuras

Capítulo 2

Figura 1 – Exemplo de mapeamento dos elementos e relações entre os domínios CTSA para o tema poluição hídrica da Bahia de Todos os Santos.	82
Figura 2 – Representação das dimensões CPA do conteúdo escolar/acadêmico que podem ser didaticamente separadas em objetivos de aprendizagem.	95
Figura 3 – Uma síntese das convergências de objetivos de aprendizagem.	105
Figura 4 – Representação da unidade básica do modelo.	112
Figura 5 – Uma representação do modelo proposto para o ensino de ciências a partir de QSCs no contexto da Educação CTSA.	115

Capítulo 3

Figura 1 – Mapeamento de alguns elementos e relações entre CTSA, associados com o tema da QSC sobre o caso 2 (antibióticos e saúde), discutidos em aula.	153
Figura 2 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 1.	160
Figura 3 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 2.	161
Figura 4 – Exemplo de argumento considerando conhecimentos científicos e tecnológicos que justificam a tomada de decisão sobre o caso 2.	161
Figura 5 – Exemplo de argumento considerando condicionantes sociais e ambientais que justificam a tomada de decisão sobre o caso 2.	162
Figura 6 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 3.	163

Lista de quadros

Capítulo 1

Quadro 1 – Resultados da busca inicial de artigos por combinação de palavras-chave.	39
Quadro 2 – Características gerais dos artigos selecionados para análise.	42
Quadro 3 – Classificações encontradas para cada categoria avaliada nos artigos que propõem arcabouços teóricos.	44
Quadro 4 – Correspondências possíveis entre diferentes objetivos do ensino de ciências.	53

Quadro 5 – Características de destaque extraídas dos modelos analisados.	57
--	----

Capítulo 2

Quadro 1 – Alguns exemplos de questões norteadoras para discussão de relações CTSA de um caso sobre uma QSC.	88
--	----

Quadro 2 – Área com dimensão e exemplo de peso para cada dimensão sobre determinado conteúdo.	106
---	-----

Quadro 3 – Exemplo de relações entre dimensões dos conteúdos e áreas para, por exemplo, uma QSC sobre agrotóxicos.	107
--	-----

Quadro 4 – Exemplo de relações entre dimensões predominantes dos conteúdos e atividades para, por exemplo, uma QSC sobre agrotóxicos.	108
---	-----

Capítulo 3

Quadro 1 – Principais elementos da avaliação dos princípios de <i>design</i> .	136
--	-----

Quadro 2 – Parâmetros para avaliação da presença de discurso científico.	137
--	-----

Quadro 3 – Parâmetros para avaliar o alcance de letramento científico crítico.	138
--	-----

Quadro 4 – Diferentes modelos de saúde, teorias éticas e ontologia moral relacionadas ao caso 2, discutidos com os estudantes em sala de aula, após apresentação das decisões das equipes.	142
--	-----

Quadro 5 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 1.	147
--	-----

Quadro 6 – Alguns exemplos de componentes das relações CTSA associados com a QSC do caso 1 (monocultura de batatas).	149
--	-----

Quadro 7 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 2.	152
--	-----

Quadro 8 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 3.	154
--	-----

Quadro 9 – Alcance, pelas equipes, dos níveis para cada estágio de letramento científico crítico, na resolução do caso 3.	158
---	-----

Quadro 10 – Média das notas atribuídas pelos pesquisadores sobre a SD, considerando critérios relacionados aos níveis de letramento científico crítico.	166
---	-----

Quadro 11 – Média das notas atribuídas pelos pesquisadores sobre a SD, considerando critérios relacionados às dimensões conceituais, procedimentais, atitudinais dos objetivos de aprendizagem.	166
---	-----

Sumário

APRESENTAÇÃO	15
CAPÍTULO 1: Modelos teóricos para o uso de questões sociocientíficas no ensino de ciências: uma avaliação crítica de seus pressupostos	23
Introdução.....	23
1 Aspectos epistemológicos, pedagógicos e éticos da educação científica.....	26
1.1 <i>Fundamentos teórico-epistemológicos</i>	26
1.2 <i>Abordagens pedagógicas</i>	29
1.3 <i>Perspectivas éticas</i>	31
2 Vertentes CTSA que influenciam pesquisas e práticas no ensino de ciências.....	34
3 Pensamento Latino-Americano sobre CTSA e sua influência para o uso de QSCs no Brasil	35
4 Métodos	38
5 Resultados e Discussão.....	40
5.1 <i>Coerências entre fundamentos, métodos e fins em cada modelo analisado</i>	46
5.2 <i>Alinhamento dos modelos analisados com os objetivos da educação científica</i>	50
6 Considerações Finais	59
Referências	61
CAPÍTULO 2: Um modelo teórico para o ensino a partir de questões sociocientíficas: explicitando dimensões éticas e políticas dos conteúdos na educação científica	67
Introdução.....	67
1 Educação CTSA como contexto pedagógico na abordagem de QSCs	74
2 Questões Sociocientíficas como meio para a Educação CTSA.....	82
2.1 <i>Uso de casos e questões norteadoras para a abordagem das QSCs</i>	85
3 Aprendizagem de ciências considerando três dimensões dos conteúdos	91
3.1 <i>Dimensões dos conteúdos na educação CTSA</i>	91
3.2 <i>Estabelecendo objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo</i>	104

4 Adaptação da didática de três fases para a abordagem de QSCs no ensino de ciências: a estratégia das cinco fases.....	108
5 Um modelo para a abordagem de QSCs na educação científica	111
6 Considerações finais	116
Referências	118
CAPÍTULO 3: Implementação e avaliação de modelo teórico com questões sociocientíficas na educação CTSA: implicações para o ensino de biologia	126
1 Introdução.....	126
2 Métodos	129
3 Resultados e discussão	139
3.1 Conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados	139
3.2 Alcance dos níveis de letramento científico crítico nos argumentos	147
3.3 Presença de discurso scientificista em argumentos e questionários	159
3.4 Avaliação da SD pelos participantes	165
4 Considerações Finais	179
Referências	181
CONSIDERAÇÕES FINAIS	191
APÊNDICES DOS CAPÍTULOS.....	195
APÊNDICE A – Exemplos de fragmentos de texto para as categorias encontradas.....	196
APÊNDICE B – Descrição dos artigos analisados no capítulo 1	208
APÊNDICE C – Elementos da Sequência Didática	225
APÊNDICE D – Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	232
APÊNDICE E – Questionário A: Questões Norteadoras para discussão dos Casos 2 e 3.....	233
APÊNDICE F – Questionário B: Atividade Avaliativa Final	234
APÊNDICE G – Questionário C: Autoavaliação e Avaliação da Sequência Didática	235
APÊNDICE H – Formulário de Avaliação da SD por professores e pesquisadores.....	238

APRESENTAÇÃO

Este trabalho de tese se insere no contexto da pesquisa educacional baseada no *design research*, que avalia princípios de planejamento de inovações didáticas para problemas educacionais complexos. Nessa abordagem metodológica, a realização de planejamento, implementação e análise de protótipos de intervenções educacionais é acompanhada de pesquisa teórica, interações entre pesquisadores e professores, e contribuições tanto para a prática educativa quanto para a teoria educacional. Desse modo, os produtos do processo de pesquisa são, além de trabalhos acadêmicos vinculados à prática educativa e seus atores sociais, as próprias inovações educacionais.

Abordamos a temática das Questões Sociocientíficas (QSC) no contexto de uma educação que explicita relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente, a Educação CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), que tem sido considerada um caminho pedagógico para aperfeiçoar a formação de cidadãos. As QSCs são problemas socioambientais relevantes que podem ser abordados na educação científica, pois envolvem conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, incluindo aspectos científicos, tecnológicos, éticos, políticos, culturais, entre outros. Geralmente, são questões controversas úteis para a educação, pois permitem aplicar pressupostos da Educação CTSA no ensino, uma vez que podem mobilizar conteúdos interdisciplinares e contextualizados com a realidade social, além de abranger conhecimentos prévios e estimular o interesse, o engajamento e as discussões entre os estudantes.

Nesta tese, apresentamos uma síntese de um trabalho coletivo de pesquisa, análise e discussões, envolvendo a colaboração de investigadores e professores de diversos grupos de pesquisa (LEFH BIO-UFBA-Salvador; GCPEC-UEFS-Feira de Santana; ENCIMA-UFBA-Salvador; LABEA-UFBA-Salvador), além de contribuições, ainda iniciais, mas também muito expressivas e relevantes, de outras universidades (UNEB-Teixeira de Freitas, UEPB-Campina Grande, UFS-Itabaiana/Aracaju, UnB-Brasília, UFSC-Santa Catarina, UFGD-Dourados, UPN-Bogotá, UL-Lisboa, UM-Braga, UPV-San Sebastián, U of T-Toronto). Esperamos que as próximas etapas desse trabalho possam dar continuidade e fortalecer essas relações.

Para um melhor entendimento dessa tese como um produto de um trabalho

coletivo, cabe ressaltar, mesmo que brevemente, minhas motivações e meu percurso como pesquisadora em educação científica. Meu trabalho de iniciação científica do **Bacharelado em Ciências Biológicas** (1999-2003), na Universidade Estadual de Maringá – PR, orientado pela Professora Dra. Luzia Marta Bellini, sobre *educação ambiental em espaços não formais*, foi meu primeiro contato acadêmico com a ideia de que a educação científica deveria fomentar maior interação da ciência e da tecnologia, desenvolvidas no ambiente acadêmico, com a sociedade e a natureza. Nesse sentido, uma educação que desconsidera o contexto socioambiental dos estudantes é limitada e pouco aplicada na atuação social do sujeito/cidadão.

Na minha dissertação de **Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento** (2004-2006), na Universidade Federal da Bahia – BA, orientada pela Professora Dra. Sueli Almuíña Holmer Silva, sobre *educação ambiental no ensino fundamental*, pude perceber a importância de uma formação pedagógica qualificada dos professores de ciências, considerando interdisciplinaridade e inteligências múltiplas, para melhor compreensão e ação sobre as dimensões socioambientais dos conteúdos em sala de aula. Entre 2006 e 2009, tive oportunidades de vivenciar experiências como professora do ensino superior dos cursos de enfermagem, fisioterapia, educação física, gestão ambiental, educação ambiental, entre outros, que me auxiliaram na compreensão do papel docente e sua relação com as instituições educadoras (além de desenvolver a paixão pelo ensino), retornando à pesquisa acadêmica, no ingresso no doutorado.

Na minha tese de **Doutorado em Ecologia** (2009-2013), na Universidade Federal da Bahia – BA, orientada pelo Professor Dr. Charbel Niño El-Hani, sobre o *ensino de ecologia, evolução e ética na formação de biólogos, a partir da perspectiva CTSA*, percebi a fundamental importância da integração dos conteúdos em abordagens contextualizadas socioambientalmente para uma melhor formação de biólogos, a partir de um ponto de vista não apenas científico, mas também filosófico. Nesse período, tive a oportunidade de realizar um estágio de estudos no exterior com a Professora Dr.^a Cristina Beckert (*in memoriam*), da Universidade de Lisboa – Portugal, com a qual pude discutir com profundidade sobre *bases da ética, ética ambiental e ética animal*, áreas que me mostraram a importância do conhecimento e da prática da ética na vida cotidiana, individual e coletiva, principalmente se objetivamos a construção social de um mundo

mais justo e ambientalmente sustentável. A partir dessas experiências, avancei, com o LEFHBIO, numa jornada de pesquisa, discussão, planejamento, implementação, reflexão e mais pesquisas sobre o uso de questões sociocientíficas aliado a uma formação em ética na educação científica.

Durante a complementação de minha formação pedagógica, na **Licenciatura em Ciências Biológicas** (2013-2015), na Faculdade de Ciências da Bahia – BA, tive a oportunidade de conviver, discutir e refletir sobre as dificuldades e os desafios dos professores de ciências da educação básica, durante todo o curso, e, principalmente, durante o período de estágio, em que ministrei aulas e tive experiências com a educação básica, durante todo o ano de 2014. A convivência como professora regular dessas turmas me auxiliou, além do entendimento sobre as possibilidades de trabalho em equipe, unindo diferentes saberes, na percepção sobre a influência da afetividade, do exemplo e da postura que o docente estabelece com os jovens para a determinação e o interesse deles pela educação.

Durante um período de **Pós-doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências** (2015), na Universidad del País Vasco – Espanha, supervisionado pela Professora Dr.^a Arantza Etxeberria, em que trabalhei com *questões sociocientíficas na educação em saúde*, pude aprofundar sobre a importância da filosofia da educação e da filosofia moral para aprimorar a formação de qualquer profissional relacionado à educação, principalmente se o objetivo do educador estiver direcionado para a formação de sujeitos capazes de agir segundo virtudes morais (como, por exemplo, solidariedade, compaixão, benevolência, coragem, humildade) e epistêmicas (como, por exemplo, responsabilidade, precisão semântica, entendimento, rigor lógico, honestidade intelectual), diante dos problemas socioambientais atuais e da necessidade de se posicionar politicamente e eticamente de modo mais consciente e esclarecido. Além disso, durante minha estada no grupo *IAS-Research Center for Life, Mind and Society* (Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación, atualmente denominada Facultad de Educación, Filosofía y Antropología – UPV), no ano de 2015, pude entrar em contato e compartilhar conhecimentos e experiências com pesquisadores de diversos países, e participar de eventos internacionais que me auxiliaram na compreensão do papel da educação científica num contexto mais amplo, considerando a influência do modelo de

sociedade, da tecnologia, do poder e dos meios de comunicação na manutenção de práticas sociais, o que me mostrou a importância de se buscar o desenvolvimento colaborativo de inovações educacionais para aumentar a criticidade dos sujeitos, sobretudo em relação a determinados valores e discursos que direcionam práticas e ideologias hegemônicas condizentes com a manutenção de injustiças socioambientais.

O presente **Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências** (2014-2017), da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, foi uma grande oportunidade e experiência para meu amadurecimento enquanto professora e pesquisadora, na qual o contato mais direto e constante com professores, pesquisadores e estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências possibilitou uma integração interdisciplinar, envolvendo, sobretudo, ciências, educação e filosofia, além de maior aprofundamento epistemológico e metodológico sobre a área de ensino de ciências. Foi também a partir da maior interação com diferentes grupos de pesquisa em educação que compreendi a relevância do trabalho coletivo e do compartilhamento de saberes e práticas na convivência com diversas experiências e pontos de vista dos atores sociais, pois o trabalho colaborativo tem maior força e autenticidade quando a construção é realizada por aqueles que põe em prática, no seu cotidiano, o conhecimento, a tecnologia, e a forma de pensar e agir sobre o mundo. Assim, percebi, durante esse doutorado, que há maior empoderamento quando o processo formativo permite aos envolvidos aplicarem *sua reflexão e sua produção no seu próprio cotidiano*.

Nessa trajetória, muitas parcerias e discussões foram sendo estabelecidas, tanto relacionadas com o LEFH BIO, quanto na disciplina de pós-graduação que ministro (Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências), desde 2014, em parceria com o Professor Dr. Nei de Freitas Nunes-Neto, resultando em um maior amadurecimento em relação ao uso de QSCs no ensino e no acúmulo de experiências que tive nas áreas de educação científica e formação de professores de ciências. Um dos principais resultados dessas interações, além de artigos publicados em revistas e em eventos nacionais e internacionais, com diversos parceiros, foi a organização de um livro com a colaboração de 46 autores (pesquisadores e professores que atuam em seis países), relacionados à educação científica com questões sociocientíficas. Nesse

sentido, acredito que a presente tese se apresenta como mais um passo para a consolidação de marcos referenciais para uma maior representação brasileira da área de educação CTSA, a partir de QSCs, com ênfase em ética e política.

Contudo, a tarefa de inserção das QSCs nos currículos nacionais não é fácil e carece de movimentos acadêmicos, pedagógicos, políticos e de formação de professores. Nesse contexto, devido às potencialidades do uso de QSCs, numa perspectiva da Educação CTSA, e da necessidade de se estabelecer métodos e estratégias de ensino capazes de superar determinados problemas de uma educação tradicional-tecnicista hegemônica, este trabalho de tese objetiva propor um modelo teórico de ensino e avaliar suas características, com base em QSCs, para a melhoria da capacidade de mobilização de conteúdos e da formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis no contexto do Ensino Superior de Biologia.

Para isso, partimos de duas questões principais que orientam o trabalho:

- ✧ Que modelos de ensino, a partir da literatura sobre QSCs e educação CTSA, podem contribuir para o alcance de um letramento científico crítico (*i.e.* a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de ações sociopolíticas, em direção a maior justiça social e sustentabilidade ambiental)?
- ✧ Que características de um modelo teórico de ensino, com base em educação CTSA e QSCs, podem favorecer a mobilização de conteúdos de ética, evolução e ecologia no ensino superior de biologia, como parte da formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de ações sociopolíticas?

Com relação às perguntas da pesquisa, os objetivos do trabalho foram:

- ✧ Analisar modelos teóricos propostos na literatura sobre o uso de QSCs no ensino de ciências, discutindo a coerência entre fundamentos, meios e objetivos da educação e o potencial desses modelos para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.
- ✧ Elaborar e discutir um modelo teórico para o uso de QSCs voltado para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de ações sociopolíticas, na perspectiva do letramento científico crítico.
- ✧ Avaliar características desse modelo teórico, aplicado em uma sequência didática, para favorecer a melhoria da mobilização de conteúdos de ecologia,

ética e evolução e o alcance do letramento científico crítico, no contexto do ensino superior de biologia.

Tendo em vista que a metodologia de pesquisa por *design research* possui uma etapa de revisão em literatura, seguida da elaboração colaborativa de uma inovação educacional, e depois de uma fase de aplicação do protótipo dessa inovação, organizamos, nesse sentido, os capítulos dessa tese. A revisão e o mapeamento descritivo de modelos propostos para o uso de QSC no ensino de ciências, com discussão de pressupostos teórico-epistemológicos, pedagógicos e éticos, e suas possibilidades para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis constituíram o capítulo 1 da tese. A proposição e a discussão de um modelo teórico sobre o uso de QSCs na perspectiva de Educação CTSA, com base em determinados fundamentos teórico-epistemológicos, pedagógicos e éticos, considerando uma concepção ampla dos conteúdos e o objetivo de letramento científico crítico, constituíram o capítulo 2 da tese. E a avaliação de uma versão desse modelo de ensino, com base na análise de suas características, em uma Sequência Didática (SD) sobre ecologia, ética e evolução, para favorecer a melhoria da capacidade de mobilização de conhecimentos científicos e éticos e o alcance de um letramento científico crítico, aplicada no contexto do Ensino Superior de Biologia, constituiu o capítulo 3 da tese.

Os capítulos se integram da seguinte maneira: o primeiro busca uma descrição dos modelos na literatura consultada. Esse capítulo é necessário, pois, geralmente, a partir do que existe na literatura (modelos, teorias e dados) é que se pode elaborar novas propostas. Por isso, assumimos, para o capítulo 1, que uma descrição das propostas encontradas é condição de possibilidade para a elaboração de uma proposta concreta sobre o ensino, feita no capítulo 2, ou seja, conhecer o que já existe foi uma base para se propor algo novo. Nessa perspectiva, a proposição de um novo modelo refina o conhecimento do campo, uma vez que permite formas diferentes de se articular conceitos e possibilita explicações, intervenções e predições, etc. Nesse sentido é que a proposição de um modelo contribui para uma nova análise da literatura e dos modelos existentes, pois, a partir das inovações e dos avanços proporcionados pelo novo modelo teórico é possível uma reavaliação mais sofisticada da literatura, do que a anterior, por exemplo, reconhecendo distinções, qualificações, aspectos e questões que antes não foram

percebidos. Essa seria uma primeira circularidade entre descrição e proposição. De modo similar, há outra circularidade possível, aquela da relação entre o modelo teórico e os dados empíricos. No capítulo 3, avaliamos, empiricamente, uma versão prévia do modelo teórico proposto, a partir de uma intervenção didática aplicada no ensino superior de biologia. Assim, a versão anterior do modelo teórico proposto no capítulo 2, é apresentada e avaliada no capítulo 3, fornecendo subsídios para ajustes de alguns aspectos no modelo teórico, que então é apresentado (em uma versão atualizada) no capítulo 2. Em algum sentido, talvez pudesse ser suprimido um desses dois capítulos da tese; contudo, consideramos adequado e necessário expor esses dois momentos importantes: a discussão de um modelo teórico, com base na literatura e na avaliação empírica de algumas das características do modelo; e a discussão sobre uma pesquisa empírica que auxiliou o processo de ajustes no modelo teórico atual.

Em síntese, essa tese foi inspirada numa perspectiva de circularidade, em que a teoria discutida no capítulo 1 fundamenta a elaboração de um modelo teórico, avaliado no capítulo 3, que, por sua vez, é aperfeiçoado para uma nova versão, apresentada no capítulo 2. Assim, acreditamos que o capítulo 2 é um ponto de articulação entre duas complementariedades: a primeira articulação em um círculo de descrição-proposição nas relações com o capítulo 1, e a segunda, em um círculo de teoria-implementação empírica, nas relações com o capítulo 3.

No *design research*, ao mesmo tempo em que se avança na descrição da teoria relacionada ao tema de pesquisa, é possível modelar e analisar dados empíricos sobre sua aplicação. Ciclos dialéticos entre, de um lado, descrição e, de outro, proposição de modelos, teorias e dados, convergem em geral com a concepção do *design research*. Assim, a abordagem do *design research* torna-se adequada para essa tese e a continuidade de um programa de pesquisa, no sentido de aperfeiçoar e aplicar o modelo teórico proposto em diferentes contextos educacionais, aprofundando também teorias e métodos envolvidos.

Desse modo, com este trabalho, esperamos contribuir para aperfeiçoar a adoção de QSCs no ensino de ciências, com vistas ao alcance de um letramento científico crítico, e, com a melhoria da formação de cidadãos, no sentido de desenvolver maior capacidade

para tomada de decisão socioambientalmente responsável e de práticas sociais visando maior justiça social e sustentabilidade ambiental.

A seguir, apresentamos os capítulos da tese, que estão formatados de modo a facilitar sua posterior transição para o formato de artigo (uma vez que esperamos publicar, separadamente, os capítulos, como artigos em revistas), porém, sem perder as conexões entre eles. Ao final, concluímos com algumas considerações para os próximos ciclos iterativos da pesquisa, em que as reformulações no modelo e na sua teoria de base poderão, por sua vez, permitir avanços no programa de pesquisa e na implementação de inovações educacionais para a educação com base em QSCs.

CAPÍTULO 1: Modelos teóricos para o uso de questões sociocientíficas no ensino de ciências: uma avaliação crítica de seus pressupostos

Introdução

O comprometimento da educação científica com as transformações sociais para uma melhor atuação do cidadão na resolução de problemas socioambientais tem resultado no uso crescente, e cada vez mais articulado, de Questões Sociocientíficas (QSCs) no ensino de ciências, seja no Brasil (SANTOS, 2012; CARVALHO; CARVALHO, 2012; CONRADO, 2013), seja internacionalmente (ZEIDLER *et al.*, 2005; SADLER, 2011; REIS, 2013; HODSON, 2013; MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; BENCZE; ALSOP, 2014), sobretudo visando à formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

Nesse sentido, as QSCs têm sido empregadas no âmbito de diversas estratégias concretas e eficientes para a aplicação da Educação CTSA (ZEIDLER *et al.*, 2005; HODSON, 2011; PEDRETTI; NAZIR, 2011; SADLER, 2011), uma vez que o uso de QSCs permite o ensino explícito e a aprendizagem não apenas de conhecimentos, mas também de habilidades, valores e atitudes (HODSON, 2013; CONRADO, 2013; CONRADO *et al.*, 2016). Esta possibilidade vincula-se, assim, a uma concepção mais abrangente dos conteúdos do ensino e da aprendizagem (CONRADO; NUNES-NETO, *no prelo*). Um modo de conceber os conteúdos dessa forma é aquele esboçado por Coll *et al.* (1986) e Zabala (1998), para os quais os conteúdos podem ser organizados em três tipos ou dimensões principais: conceitual, procedural e atitudinal (CPA)¹. Desse modo, na educação científica, os processos de ensino poderão ser planejados, considerando, explicitamente, estratégias e atividades que favoreçam uma aprendizagem que vá além da mera memorização de conceitos e definições, o que tem sido comum numa perspectiva tradicional-tecnicista hegemônica da educação científica (MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012).

¹ Para uma elaboração desta proposta, que define conteúdos em suas dimensões conceitual, procedural e atitudinal, ver Conrado; Nunes-Neto (2015a). Ver também Capítulo 2 dessa tese.

Na última década, várias pesquisas relacionaram o ensino e a aprendizagem por QSCs com diversos objetivos educacionais, incluindo: a aprendizagem de conteúdos disciplinares; o desenvolvimento de habilidades argumentativas; a compreensão de aspectos epistemológicos da ciência; o desenvolvimento de atitudes positivas em relação à ciência; o aumento de sensibilidade moral, considerando a importância da formação de sujeitos responsáveis e participativos em relação às decisões que envolvem ciência e tecnologia (MARTÍNEZ PÉREZ, 2014; SADLER; FOULK; FRIEDRICHSEN, 2017). Contudo, a falta de ferramentas e modelos tem sido apontada como uma das limitações para seu uso (SAUNDERS; RENNIE, 2013; SADLER; FOULK; FRIEDRICHSEN, 2017).

Além disso, para se alcançar os fins estabelecidos para a educação CTSA a que se pretende, é razoável e lógico assumir que as propostas ou inovações educacionais baseadas no uso de QSCs precisam deixar clara uma coerência entre a) fundamentos, b) meios didáticos ou métodos e, por fim, c) finalidades ou fins sociais da educação. Esse alinhamento favorece o alcance do objetivo estabelecido pela sociedade². Por exemplo, no caso de uma educação científica que busca formar cidadãos socioambientalmente responsáveis (NASCIMENTO; EL-HANI, 2014), porém que *não adota* estratégias que promovam discussão de dimensões sociais, éticas e políticas dos problemas que afetam a natureza, podemos notar, com maior clareza, incoerências, frequentemente não percebidas, entre tais meios e fins. Ou seja, a expectativa, neste exemplo, é que apenas o ensino e a aprendizagem do conhecimento científico resultarão nos fins pretendidos, de formação de cidadãos engajados politicamente, mas, os fins escapam à ciência, dizendo respeito também a aspectos sociais e éticos, de naturezas bastante distintas da ciência. Tais incoerências possuem reflexo social negativo, pelo fato de que reforçam e mantêm problemas na formação dos cidadãos, naquilo que caberia à educação formal, podendo reproduzir esses problemas em outras esferas da vida em sociedade.

Desse modo, incoerências entre fundamentos, métodos e finalidades podem resultar em dificuldades de compreensão, aceitação e aplicação de propostas de ensino baseadas em QSCs nos diferentes contextos da educação científica, além de prejudicar a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

² Em particular, para essa tese, se defendemos uma educação na perspectiva do letramento científico crítico, esta deve ter pressupostos, fundamentos e meios os mais alinhados possíveis, de modo a favorecer o alcance da formação de cidadãos capazes de tomada de decisão socioambientalmente responsável.

A despeito da relevância de se esclarecer e explicitar coerências entre esses elementos, não temos visto trabalhos na literatura contemplando uma análise dos pressupostos de arcabouços teóricos sobre a adoção de QSCs no ensino de ciências. Na medida em que não apenas a aplicação de propostas de ensino a contextos particulares (por exemplo, em pesquisa empírica) tem relevância para a área, mas também a construção de modelos teóricos, sobretudo no contexto latino-americano, percebemos tal lacuna como uma limitação da literatura, a ser superada. Concordamos com Levinson (2006); Kahn e Zeidler (2017), por exemplo, quando afirmam que a área de ensino de ciências carece de maior clarificação conceitual, sobretudo em relação a seus arcabouços teóricos. Esse esclarecimento conceitual contribui, sobretudo, para a formação de professores, por aumentar as oportunidades para melhor compreensão e uso de estratégias e arcabouços teóricos relacionados à educação CTSA.

Para isso, precisamos explicitar nosso entendimento sobre arcabouços teóricos (em inglês, *frameworks*), que utilizamos aqui como sinônimo do termo *modelo*. Contudo, *modelo* é um termo polissêmico, estando associado, assim, a vários e diferentes significados. De acordo com Black (1962 *apud* Dutra, 2009), há quatro tipos principais de modelos, associados a diferentes contextos de seu uso: a) em escalas (ex. representações em escala, como na maquete), b) analógicos (ex. representação de determinadas relações da estrutura do objeto original, como numa cultura de células), c) matemáticos (ex. função matemática, formas geométricas ou algébricas que indicam relações entre variáveis), d) teóricos. Aqui, adotamos o entendimento de modelo como modelo teórico. Em linhas gerais, o modelo teórico é uma representação abstrata e simplificada da realidade, na medida em que é construído e não descoberto, e por isso está sempre sujeito a diferentes pontos de vista e valores. Os modelos teóricos como construções sociais visam a determinados fins epistêmicos, como compreensão, explicação, previsão e intervenção (de/sobre objetos, fenômenos ou eventos), o que depende dos contextos que determinam sua aplicação. Esses modelos indicam relações de analogia entre dois sistemas (alvo ou objeto e modelo do alvo/objeto representado). No nosso caso, os modelos teóricos são abstrações construídas sobre fenômenos sociais, mais precisamente, associados à educação científica (alvo), podendo ser uma contribuição teórica para a área. Numa concepção pragmática dos modelos, podemos

considerá-los como ferramentas eficientes de investigação e de intervenção. Na abordagem metodológica do *design research*, por exemplo, modelos são um dos possíveis resultados de uma pesquisa educacional.

Nesse contexto, o objetivo desse capítulo é analisar os fundamentos de modelos teóricos explícitos propostos na literatura sobre o uso de QSCs no ensino de ciências, buscando discutir as coerências entre fundamentos, métodos e finalidades explicitados nas propostas e as possibilidades destes modelos para promover a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

1 Aspectos epistemológicos, pedagógicos e éticos da educação científica

Considerando que os fundamentos de propostas educacionais podem ser organizados e são orientados a partir de certos pressupostos *teórico-epistemológicos* (isto é, com relação ao conhecimento, seus modos de obtenção e validação, assim como seu estatuto); *pedagógicos* (isto é, com relação à compreensão dos processos educacionais); e *éticos* (isto é, com relação aos valores e ações humanos), a seguir, caracterizamos, brevemente, alguns desses aspectos que, caso não explicitados e articulados de forma consciente, podem gerar incoerências entre fundamentos, métodos e finalidades da educação, pois, segundo Levinson (2006); Aranha (2006); Fourez (2008), entre outros, quaisquer propostas pedagógicas são baseadas em determinados fundamentos teóricos e valores. Ainda, como argumentam Kahn e Zeidler (2017), tanto em geral na área da educação científica, quanto de modo específico nas pesquisas sobre QSCs dentro desta área, a falta de rigor teórico e conceitual, na definição dos termos utilizados, por exemplo, tem sido uma limitação importante para o avanço das pesquisas. Por isso, é cabível uma análise desses pressupostos gerais para esclarecer e compreender melhor as bases dos arcabouços teóricos e sua influência na educação científica.

1.1 Fundamentos teórico-epistemológicos

Conforme Mertens (2014), Howell (2013) e Grix (2010), pontos de vista

epistemológicos diversos influenciam a pesquisa em educação, e não é diferente com o uso de QSCs. Nesse contexto, podemos, de forma geral, distinguir cinco principais posicionamentos, com base em uma síntese das posições dos autores supracitados: 1) o pós-positivismo; 2) o interpretativismo; 3) o transformacionismo; 4) o pós-estruturalismo; 5) o pós-modernismo.

O pós-positivismo, apesar de superar em muitos aspectos o positivismo lógico³, ainda mantém seu enfoque na explicação e na predição dos fenômenos, na análise ou no controle de variáveis, no estabelecimento de modelos, e na adoção de procedimentos padronizados, valorizando aspectos como a objetividade e a probabilidade (HOWELL, 2013; GRIX, 2004). Além disso, já no caminho da superação do positivismo lógico, tal posicionamento considera a influência do contexto histórico e social do que é estabelecido na ciência e dos valores e crenças do pesquisador na interpretação do que é observado (MERTENS, 2014); por exemplo, o pós-positivismo considera explicitamente a influência de tais fatores – como nos trabalhos dos pós-positivistas Thomas Kuhn ou Paul Feyerabend – na rejeição ou na aceitação de teorias científicas.

Por sua vez, o interpretativismo inclui as abordagens de pesquisa em educação baseadas na fenomenologia (EHRICH, 2003), no construtivismo (CRESWELL, 2008) e no interacionismo (COHEN; MANION; MORRISON, 2007), que buscam desvelar e esclarecer sentidos das interações entre os sujeitos, compreender a experiência humana sob um ponto de vista subjetivo, e possui ênfase na compreensão dos fatores socioculturais e caminhos dos sujeitos na construção social do conhecimento e do seu mundo (GRIX, 2010). Além disso, não utiliza os métodos das ciências naturais para o estudo dos fenômenos sociais, e os pesquisadores geralmente fazem parte ou interagem com a pesquisa, sendo os resultados de uma investigação construídos nessas interações, durante a interpretação de significados que emergem dos resultados

³ Há diferenças relevantes que cabem ser destacadas entre o positivismo lógico e o pós-positivismo. Por exemplo, o pós-positivismo supera o viés descontextualizado em termos históricos e sociais da prática científica (GIL-PEREZ *et al.*, 2001). Além disso, o pós-positivismo também supera o princípio da verificação (a ideia de que só podemos aceitar uma proposição se ela for testável, ou seja, acessível aos sentidos; o que vincula a posição positivista a um empirismo, por vezes, até ingênuo). Alguns autores (e.g. CRESWELL, 2008; COHEN; MANION; MORRISON, 2007), que buscam fundamentar teoricamente a área de pesquisa em ensino não consideram com profundidade essas distinções, abordando apenas pressupostos do positivismo lógico, como se assim também fosse para o pós-positivismo, o que consideramos uma perspectiva limitada sobre essa tendência.

(HOWELL, 2013; PHOTHONGSUNAN, 2010; MACK, 2010).

O transformacionismo, também denominado de ‘teoria crítica’ por alguns autores (GIROUX, 1997; KINCHELOE; McLAREN, 2002; BLAKE; MASSCHELEIN, 2003; COHEN; MANION; MORRISON, 2007), tem como principal característica o questionamento do *status quo*, e, a partir disso, a busca pela transformação das relações sociais, principalmente em situações de desigualdade social ou de grupos socialmente marginalizados, e incluindo a perspectiva da emancipação humana, a partir do esclarecimento dos indivíduos sobre as relações de poder e controle sobre suas próprias vidas (MERTENS, 2014; MACK, 2010). Nessa perspectiva, compreender processos históricos e estruturas sociais de dominação e ideologias hegemônicas que manipulam parte da sociedade é uma etapa para a organização de atividades políticas voltadas para a transformação social (HOWELL, 2013; GIROUX, 1997).

Já no pós-estruturalismo, há o reconhecimento das estruturas de linguagem como formas de dominação ideológica e manutenção de sistemas de crenças e enfoque na desconstrução de significados e símbolos do discurso, analisando o signo como uma entidade indeterminada (HOWELL, 2013). Adicionalmente, essa perspectiva critica oposições binárias da democracia liberal moderna (que exclui certos grupos), sendo essa perspectiva congruente com aspectos do multiculturalismo (PETERS; BURBULES, 2004).

Por fim, o pós-modernismo é uma perspectiva que questiona todo discurso autoritário e os grandes arcabouços teóricos ou filosofias universais, assumindo uma postura céтика antifundamentalista (negando a possibilidade de que a razão e o conhecimento humanos estejam fundados em bases seguras), assim tendem a negar regras pré-estabelecidas, comprometendo-se com a ambiguidade, o relativismo, a fragmentação, a aleatoriedade e a descontinuidade (HOWELL, 2013; COOPER, 2003; CROTTY, 1998).

Apesar de existirem diversas classificações na literatura sobre paradigmas ou orientações teóricas que influenciam a pesquisa em educação, consideramos que a síntese acima referida é capaz de suprir a necessidade de avaliar, de um modo geral, os fundamentos teórico-epistemológicos dos modelos teóricos que utilizam QSCs no ensino de ciências. Supomos isso, ao menos, para uma primeira análise.

1.2 Abordagens pedagógicas

Em relação aos aspectos pedagógicos que influenciam a educação, conforme Libâneo (2005), as condições atuais das sociedades contemporâneas determinaram e reforçaram tendências no ensino, que o autor classifica em cinco grandes correntes: 1) racional-tecnológica; 2) neocognivistas; 3) sociocríticas; 4) holísticas; 5) pós-modernas. Aqui, seguiremos esta categorização de Libâneo⁴.

A primeira tendência, também denominada neotecnismo, tem como principal objetivo a formação de sujeitos para o sistema produtivo, com base na racionalidade técnica/instrumental, e ênfase em métodos de ensino voltados para a transmissão de conhecimentos e habilidades, visando a manutenção do *status quo*, sugerindo uma distinção entre a educação para formar mão-de-obra eficaz e para formar os líderes do processo produtivo. Essa abordagem tem sido considerada, por vários autores, como tradicional e tecnicista, sendo ainda muito comum na educação científica (CHAUÍ, 2014; LUCKESI, 2011; ARANHA, 2006; MIZUKAMI, 1996).

A segunda corrente enfatiza a cognição no processo de construção do conhecimento e considera a aprendizagem a partir de conflitos sociocognitivos, contextualizados pela cultura, pela afetividade e pelo meio social. De modo geral, explicita, como fundamento de suas estratégias pedagógicas, aspectos de interação social, linguagem, representações sociais e processos psicológicos, considerando a dimensão social da aprendizagem, os conhecimentos prévios dos estudantes, a valorização do estudante como protagonista do processo de transformação de sua realidade, e os critérios racionais para a compreensão do mundo. Esta abordagem inclui as tendências relacionadas ao construtivismo (LEÃO, 1999; BASTOS, 1998).

Na terceira corrente, objetiva-se a formação crítica de sujeitos capazes de compreender e transformar determinados aspectos das relações sociais, como, por exemplo, as desigualdades socioeconômicas, geralmente explicitando ideologias, políticas e currículo oculto. Nessa abordagem, geralmente se adota o método dialético de construção do conhecimento formal (ANTONIO, 2008), além de contribuições das

⁴ O próprio Libâneo (1985) possui uma classificação básica de duas tendências pedagógicas principais: a liberal e a progressista. Numa versão posterior deste trabalho, pretendemos classificar os modelos da literatura também de acordo com essa categorização, mais clássica.

teorias histórico-cultural e sociocultural de Vygotsky (CUNHA; GIORDAN, 2012; VIEIRA, 2009); teoria da ação comunicativa de Habermas (SILVA; GASPARIN, 2006; BASTOS; OLIVEIRA, 2006); e da pedagogia histórico-crítica (SAVIANI, 2008).

A quarta corrente prioriza a integração entre todo e parte (por exemplo, entre local e global, individual e coletivo), e é influenciada por tendências como multiculturalismo, interdisciplinaridade, contextualização do conhecimento escolar com o conhecimento do cotidiano e múltiplas dimensões do conhecimento. Nessa abordagem, estão incluídas perspectivas que consideram o papel da educação virtual (*i.e.* com o uso de redes virtuais e softwares) (TORRES; CASTANEDA; AGUIRRE, 2006); a educação para a complexidade (associado ao pensamento complexo) (BEHRENS, 2007; BEHRENS, OLIARI, 2007); e a pedagogia da terra ou ecopedagogia (educação a partir de ética e ecologia para cidadania planetária) (GADOTTI, 2001; 2005).

A quinta corrente representa abordagens baseadas na construção de conhecimentos a partir do diálogo, considerando vozes e discursos de diferentes grupos culturais, além de questionar figuras de autoridade e explicitar relações entre poder e saber das instituições educativas e seu papel de controle social. Apesar de ter nomenclatura semelhante à corrente pós-modernista, das perspectivas teórico-epistemológicas acima, ela tem correspondência em menor medida com essa corrente e em maior medida com a corrente pós-estruturalista, devido às suas características. Nessa tendência, estão inclusas as denominadas *teorias pós-críticas em educação* (LOPES, 2013; PARAÍSO, 2004).

Para cada uma dessas correntes, o autor apresenta respectivas subcategorias, distinguidas a partir de modalidades de ensino e de aprendizagem associadas a teorias mais específicas de campos da pedagogia, da sociologia e da filosofia. Contudo, neste artigo, em que buscamos estabelecer apenas uma distinção básica entre as diferentes correntes, na educação científica, não adotaremos as outras modalidades organizadas pelo autor⁵. Do mesmo modo, cabe ressaltar que outros autores da filosofia da educação brasileira (e.g., MIZUKAMI, 1996; ARANHA, 2006; SAVIANI, 2008; 2013) adotam diferentes classificações para as tendências ou teorias pedagógicas na educação.

⁵ Um refinamento para uma análise mais sofisticada, nas subcategorias, poderia ser feito, contudo, em uma nova versão do trabalho, possivelmente embasada na presente análise.

Adotamos a classificação de Libâneo (2005), por se tratar de um ponto de vista mais contemporâneo, em consonância com as tendências atuais que têm fundamentado a construção de modelos teóricos para o currículo como, por exemplo, com base em QSCs.

1.3 Perspectivas éticas

Toda ação educativa é imbuída de valores, e, desse modo, nenhum processo educativo é neutro (SAVIANI, 2013; FOUREZ, 2008; ARANHA, 2006). Além disso, a própria educação CTSA geralmente considera, explicitamente, questionamentos éticos, posicionamentos e tomadas de decisão dos estudantes (REIS, 2013a), e as QSCs, por sua natureza controversa, necessitam do esclarecimento de valores e interesses dos atores sociais envolvidos (CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013). Assim, consideramos ser fundamental esclarecer aspectos éticos que orientam as propostas curriculares com base em QSCs.

Inicialmente, sugerimos distinguir duas perspectivas sobre a noção de *valor*, nos apoiando na literatura em filosofia moral. Uma perspectiva avalia o valor da ação humana, enquanto a outra avalia o valor dos sujeitos e objetos no mundo.

A primeira perspectiva tem como foco a ação, a conduta humana e, assim, neste campo, a discussão será sobre os critérios utilizados para atribuir valor moral à ação (por exemplo, se ela é certa ou errada; boa ou ruim, recomendável ou não recomendável, etc.) e, portanto, se deve ou não ser realizada. Na medida em que esta perspectiva busca as razões, os critérios, os argumentos que fundamentam a ação, temos, portanto, uma disposição de um agente moral⁶. A pergunta que se coloca desta perspectiva é: *com base em que critério pode-se atribuir valor à ação?* Ou, *porque devo/devemos agir de um certo*

⁶ Em nosso argumento, utilizamos a distinção entre agentes e pacientes morais com base no trabalho de Regan (1984). Um agente moral é todo e qualquer ser humano capaz de emitir juízos éticos. Parece, no mínimo, razoável supor que todos os agentes morais são pacientes morais; o contrário não é razoável, pois para considerarmos algo ou alguém digno de consideração moral, não se assume como requisito que seja capaz de emitir juízos éticos. Por exemplo, há boas razões (internas a várias perspectivas éticas) para considerar moralmente, seja uma criança normal de 2 anos de idade, seja uma pessoa idosa em estado de coma, seja um cachorro adulto, porém nenhum deles – é razoável supor, seguindo o método do equilíbrio reflexivo (BONJOUR; BAKER, 2010) – poderia ser considerado, ao menos, de modo igualmente razoável, um agente moral. Agentes morais e pacientes morais estão estreitamente relacionados, *de fato*, porém é adequada a sua distinção, em termos da discussão teórica. Por um lado, a discussão sobre o valor da ação está preponderantemente relacionada às características ou escolhas dos agentes morais; enquanto, por outro lado, a discussão sobre o valor dos objetos é sobre o próprio estabelecimento do conjunto daqueles que devem compor o conjunto dos pacientes morais.

modo? E busca-se responder a isto com base nas três principais tradições éticas da filosofia moral ocidental: 1) a ética das virtudes; 2) o utilitarismo; e 3) a deontologia (RACHELS, 2006; WARBURTON, 2007; BECKERT, 2012).

No ocidente, a ética das virtudes faz referência às qualidades necessárias aos agentes morais para uma boa conduta, voltada a uma vida boa. Desde a perspectiva Aristotélica sobre as virtudes, é importante avaliar o encaixe de cada ser humano no todo social. Por isso, podemos dizer que esta é uma ética teleológica ou funcionalista, ou seja, acerca da função ou do papel que cada ser humano cumpre no todo social de que é parte. Para essa tradição, a pergunta sobre “o que se deve fazer?”, terá como referência o que um agente considerado virtuoso faria (HURTSHOUSE, 2013; BECKERT, 2012; BONJOUR; BAKER, 2010).

Por sua vez, de acordo com a ética utilitarista (a principal variante do consequencialismo⁷), cujos principais teóricos foram Bentham e Mill, nos séculos XVIII e XIX, uma ação é boa quando ela tem uma consequência que maximize o bem (medido em termos de felicidade, de prazer, ou por formas de evitar a dor, por exemplo), para o máximo possível de envolvidos (BONJOUR; BAKER, 2010; SINGER, 2004).

A ética deontológica, por fim, cujo representante máximo na modernidade foi Kant, nos séculos XVIII e XIX, afasta-se das anteriores na sua análise das ações, por não buscar critério para a justificação das ações, seja nas suas consequências, seja nas virtudes dos agentes. De modo contrastante, Kant baseava o julgamento das ações humanas no critério do *imperativo categórico*. Este já foi formulado de diferentes maneiras, superando, inclusive, muitas das limitações do pensamento kantiano original; uma delas afirmado que devemos agir de acordo com o princípio de tratar cada ser humano (ou cada sujeito-de-uma-vida, se considerarmos a reformulação proposta por Tom Regan, no século XX) como um fim em si mesmo, não como um meio para fins alheios (REGAN, 2013; BECKERT, 2012; BONJOUR; BAKER, 2010).

A segunda perspectiva, para uma análise dos valores e dos fundamentos éticos,

⁷ Conforme o próprio nome da teoria, no consequencialismo, o critério para a atribuição do valor moral da ação tem como referência as consequências da ação. Assim, aquilo que segue/ocorre como consequência ou efeito da ação é a base para o juízo moral sobre a ação (se a consequência for considerada boa, então a ação é boa e se a consequência for considerada ruim, a ação é qualificada como ruim). Vale ressaltar que, para a ética consequencialista, o agente moral não reflete sobre a ação, mas reflete sobre suas consequências (BECKERT, 2012; BONJOUR; BAKER, 2010).

desde nossa perspectiva, está associada ao valor dos objetos de consideração moral (isto é, se o objeto é digno ou indigno, merecedor ou não, de consideração moral; e, neste sentido, se tem valor intrínseco ou não), portanto, estreitamente associada ao domínio ontológico da comunidade moral, ou dos pacientes morais. Essa segunda perspectiva é importante porque as teorias morais não explicitam, por si mesmas, os envolvidos, isto é, os seres com os quais devemos nos preocupar quando formulamos juízos éticos sobre o valor das nossas ações, e quando agimos. Assim, de uma forma resumida, trata-se de definir interesses de quem ou o que se deve levar em conta nas decisões e ações em que cabem juízos morais, pelos agentes morais. A pergunta que se coloca desta perspectiva é: *quem ou o que tem valor intrínseco e quem ou o que tem valor extrínseco?* Aqui, utilizaremos três categorias: 1) o antropocentrismo⁸, 2) o biocentrismo; 3) o ecocentrismo.

A perspectiva antropocêntrica assume que somente os seres humanos merecem consideração moral e somente ações que afetam os humanos merecem um exame moral. Sumariamente, a espécie humana possui valor intrínseco (*i.e.* um valor atribuído a algo por sua própria natureza), enquanto outros indivíduos possuem valor instrumental (*i.e.* um valor atribuído a algo por seu uso atual ou potencial), sendo que a consideração moral ocorre de acordo com interesses de agrupamentos sociais humanos (VAZ; DELFINO, 2010; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013).

A perspectiva biocêntrica, por sua vez, se caracteriza por propor a consideração moral de organismos individuais humanos e não-humanos. Nesse sentido, os agentes morais possuem uma obrigação moral para com os outros seres vivos (FELIPE, 2009). O biocentrismo pode ser considerado uma ampliação da ética animal, uma vez que ele considera que não apenas os animais (ou alguns deles) têm um valor próprio, mas as plantas também, assim como qualquer outro ser vivo que possui interesses de bem-estar e desenvolvimento; logo, também devem ser considerados como pacientes morais, pelos agentes morais (BECKERT, 2004; VAZ; DELFINO, 2010). Para Varandas (2003), o raciocínio ético biocêntrico orienta a atribuição de direitos a todos os indivíduos

⁸ Apesar de relevante, não estabelecemos, *a priori*, por esta ser uma análise inicial e preliminar, distinções internas ao antropocentrismo (como aquelas que aparecem na explicitação dos preconceitos racista ou sexista, ou algum tipo de ética oligárquica, com base em preconceito de classe). Possivelmente, no futuro, poderemos ampliar para considerar estas categorias.

biológicos, colocando para o agente moral um compromisso ético sobre todas as entidades vivas (CONRADO, 2013).

Por fim, na perspectiva ecocêntrica, há orientação para a expansão da consideração moral a entidades ambientais coletivas, inclusive a elementos abióticos, espécies e ecossistemas. Nesse sentido, o enfoque sobre a consideração moral não está em indivíduos, mas em totalidades ecológicas (VAZ; DELFINO, 2010; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; NUNES-NETO, 2015); e, assim, é considerado moralmente reprovável qualquer ato humano que prejudique a integridade e a estabilidade dos ecossistemas. De modo geral, o raciocínio ético ecocêntrico orienta a atribuição de direitos ao meio ambiente, porém, a definição dos interesses para a consideração moral torna-se complexa e difusa, uma vez que limites/fronteiras entre o todo e a parte (ou entre indivíduo e comunidade) não são simples de se estabelecer (HÖLLODOBLER; WILSON, 2009), por exemplo, na ideia de organismos como superecossistemas (CULLICOTT, 2013).

2 Vertentes CTSA que influenciam pesquisas e práticas no ensino de ciências

Uma vez que grande parte⁹ dos estudos sobre QSCs foram desdobramentos dos estudos CTSA, para o campo da educação – dada a própria origem histórica dos trabalhos com QSCs no ensino de ciências (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; 2014; KOLSTØ, 2001), cabe classificar os modelos teóricos sobre o uso de QSCs nas diferentes tendências da educação CTSA. Considerando que os estudos CTSA (na sociologia, na política e na educação) são base para o desenvolvimento dos estudos com QSCs, neste trabalho, pressupomos que os modelos propostos para o uso de QSCs estão, ao menos, embebidos no contexto pedagógico da educação CTSA. Nos estudos relacionados à educação CTSA, Pedretti e Nazir (2011), a partir de uma revisão da literatura, indicam a presença de divergências internas, com diferentes enfoques, ênfases ou tendências entre autores e obras que abordam a Educação CTSA. As autoras elaboram um panorama

⁹ Parte dos estudos com QSCs está relacionada com áreas de estudos sociais da ciência e da tecnologia, sem relações diretas com a educação.

geral dessas tendências, considerando variados enfoques, objetivos da educação científica, abordagens dominantes e estratégias de ensino e aprendizagem, mapeando seis vertentes ou tendências da educação CTSA estabelecidas nos últimos 40 anos: 1) aplicação e desenho; 2) histórica; 3) raciocínio lógico e argumentação; 4) valores e desenvolvimento moral; 5) sociocultural e multiculturalismo; 6) justiça socioambiental e ativismo.

A primeira vertente enfoca a compreensão e a aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos para a resolução de problemas sociais do cotidiano. Na segunda categoria, a ênfase está sobre aspectos históricos e socioculturais da ciência e sua conexão com a compreensão da atividade científica no contexto social interno à própria ciência. Na terceira vertente, prioriza-se a organização do pensamento a partir de técnicas de comunicação e argumentação, com alguns trabalhos voltados para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. A quarta vertente está centrada no reconhecimento dos valores relacionados à ciência e à tecnologia, com ênfase sobre os aspectos éticos e ao desenvolvimento cognitivo e moral do estudante. A quinta vertente prioriza a integração de aspectos socioculturais da ciência e da tecnologia, às atividades políticas, econômicas e culturais. A sexta vertente refere-se à formação de ativistas, no sentido de cidadãos capazes de agir para transformar a sociedade em direção a maior justiça social e ambiental, a partir de ações sociopolíticas.

Apesar das divergências, várias dessas vertentes podem influenciar uma mesma proposta curricular com base em QSCs. Com base no argumento de Pedretti e Nazir (2011), as vertentes são como dimensões ou aspectos da Educação CTSA, e podem combinar-se de distintos modos, não sendo mutuamente excludentes. Para assegurar que a adoção de determinadas vertentes da Educação CTSA esteja de acordo com perspectivas pedagógicas e objetivos educacionais assumidos, cabe compreender e explicitar que tendências da educação CTSA fundamentam arcabouços teóricos na literatura relacionados às QSCs.

3 Pensamento Latino-Americano sobre CTSA e sua influência para o uso de QSCs no Brasil

O Pensamento Latino-Americano sobre CTS (PLACTS) surgiu na década de 1960, no intuito de refletir como políticas públicas poderiam incentivar e orientar o desenvolvimento da ciência e da tecnologia (VACCAREZZA, 1998), principalmente no sentido da importação de tecnologias, como consequência da abertura do mercado para a expansão de empresas transnacionais, no período após a segunda guerra mundial (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996). Conforme Auler e Delizoicov (2015), logo que o PLACTS envolveu outras áreas do conhecimento, além das ciências da natureza, como as humanidades, foram incentivadas as discussões sobre o processo de transferência de ferramentas e conhecimentos tecnológicos, que se aliava à transferência de um modelo de sociedade, seguindo imposições de países industrializados, em detrimento de uma discussão do desenvolvimento da ciência e da tecnologia aliado à solução de problemas da sociedade local, no contexto latino-americano. Nesse contexto, foram realizadas críticas ao modelo linear de inovação, que afirmava que o desenvolvimento científico e tecnológico nos países latino-americanos seria suficiente para um desenvolvimento econômico e social (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996).

Entre as décadas de 1970 e 1980, com uma maior aproximação do PLACTS com a perspectiva Freireana de educação, houve maior ênfase no combate aos mitos do cientificismo (como o mito da neutralidade científica, ou o mito do salvacionismo tecnológico), em direção a uma compreensão crítica das relações entre CTSA, a partir de uma educação problematizadora (AULER; DELIZOICOV, 2015). Assim, apesar de grandes avanços do PLACTS, no contexto educacional brasileiro, este ainda se mostra como um campo recente, principalmente quando convergimos esse referencial teórico com a adoção das QSCs na educação científica (SANTOS; SILVA; SILVA, *no prelo*), uma vez que esta adoção se alinha à abordagem dos conteúdos a partir de temas geradores.

Apesar do expressivo número de contribuições de pesquisas latino-americanas sobre o uso de QSCs no ensino de ciências, sobretudo na última década, realizando uma busca e uma análise rápida na literatura ibero-americana (ver, por ex., em sites de eventos acadêmicos, como SIACTS, ENPEC), não encontramos trabalhos que apresentem uma análise aprofundada e sistemática de modelos teóricos sobre ensino a partir de QSCs, assim como não encontramos propostas explícitas de modelos teóricos sobre o ensino com QSCs. Entre os trabalhos encontrados, é mais comum a aplicação

de modelos teóricos existentes, ou a avaliação de características das QSCs, a fim de discutir, com base em análise de dados empíricos ou com base na literatura, diversos aspectos envolvendo o uso de QSCs em diferentes contextos educacionais. Esses trabalhos têm, sobretudo, um núcleo consolidado, na Universidad Pedagógica Nacional da Colômbia, o grupo de pesquisa Alternativas para o Ensino de Ciências (ALTERNACIÊNCIAS), que, desde 2003, realiza investigações, com importantes contribuições para melhorias na educação científica, sobretudo considerando aspectos de desenvolvimento de ações sociopolíticas por parte dos estudantes.

Cabe acrescentar que, diferentemente de alguns autores – como Hodson (2010) e Levinson (2006), que propõem seus respectivos modelos de educação com QSCs, baseados no contexto dos países (que se autodenominam) desenvolvidos –, se pressupomos uma formação científica para uma cidadania global equitativa, demandamos por modelos abrangentes que possam ser aplicados a quaisquer contextos, independentes de questões geopolíticas, uma vez que, frequentemente, QSCs abordam situações controversas que ultrapassam fronteiras socialmente construídas (ou ao menos aquelas construídas de um ponto de vista cultural específico), como os problemas socioambientais (por exemplo, aquecimento global, extinção de espécies, desigualdade social, preconceito de classe, sexismo, especismo, uso de organismos geneticamente modificados, epidemias, etc.). Mais especificamente, nossa perspectiva expõe uma articulação entre o local e o global, pois, além de reconhecer as diferenças legítimas e peculiaridades de cada região ou cultura, nos movimentamos para além delas, em direção a uma abordagem mais abrangente sobre questões que afetam as relações da sociedade como um todo.

Nessa perspectiva, nos parece fundamental considerar contribuições do PLACTS, para a educação CTSA e a educação com base em QSCs. Uma contribuição expressiva no contexto brasileiro poderia ser caracterizada pelo trabalho de Santos (2009), em que ele propõe uma educação científica numa perspectiva freireana, fortemente fundamentada numa abordagem crítica, considerando um viés pós-colonialista, desde a América Latina. Além disso, vários trabalhos nacionais têm sugerido o uso de QSCs para aumento de criticidade dos estudantes (e.g. LOPES; CARVALHO, 2012).

Devido à escassa literatura, principalmente nacional, seja sobre análises críticas

de diferentes modelos teóricos, quanto a seus fundamentos, seja sobre propostas claras para embasar o uso de QSCs, em perspectivas teoricamente consistentes, é relevante avaliar criticamente os vários modelos existentes, afim de, inicialmente, reconhecer o que pode ser aplicado no contexto brasileiro, e, num momento posterior, extrair dessa análise elementos que possam ser articulados em um modelo teórico mais adequado para o contexto brasileiro (ou, em alguma medida, para o contexto latino-americano).

4 Métodos

A presente pesquisa se apresenta como uma revisão crítica da literatura, de modo sistemático e que permita reconhecer algumas questões relevantes sobre o assunto, sendo, para isso, necessário selecionar, identificar, organizar e classificar informações, segundo um padrão coerente (BELL, 2005).

Para a definição do *corpus* de análise, foram selecionados, até janeiro de 2017, os artigos disponíveis nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Science Direct*, a partir da combinação de três grupos de palavras-chave, disponíveis nos campos “Título”, “Resumo”, “Palavras-Chave”: *SSI OR socioscientific OR socio-scientific OR controversial** *OR socially relevant issues* (relacionados ao grupo 1) *AND science education OR scientific education OR environment* education OR science literacy OR scientific literacy* (relacionados ao grupo 2) *AND framework OR approach OR perspective OR epistemolog** *OR assumption OR bases OR curricul* OR model OR propos* OR view OR theory* (relacionados ao grupo 3). Também realizamos a busca com a combinação desses termos nos idiomas espanhol (*CSC; controversi*; polémico; controvertido; sociocientífic*; cuestión* socialmente Y marco teórico; modelo; abordaje; enfoque; perspectiva; epistemología; suposición; premisa; bases; curricul*; propuesta; punto de vista; teoría Y educación científica; enseñanza de las ciencias; educación ambiental; cultura científica; alfabetización científica; formación científica*) e português (*QSC; controvers*; sociocientífic*; sócio-científic*; quest* socialmente E arcabouço teórico; modelo; abordagem; perspectiva; epistemologia; pressuposto; bases; curricul*; propos*; ponto de vista; teoria E ensino de ciências; educação científica; educação ambiental; letramento científico; alfabetização científica; literacia científica*). Além disso, incluímos artigos que

não estavam presentes nas bases de dados acima, porém que foram encontrados no *Google Acadêmico* e *Eric* (nos primeiros 200 resultados), a partir de uma busca com os mesmos termos.

Após o primeiro levantamento (ver Quadro 1), com base na combinação das palavras-chave, em que encontramos 86 artigos no *Scopus*, 39 artigos no *Science Direct* e 9 artigos no *Scielo*, além de 398 resultados no *Eric* e 34.900 resultados (e mais 18.830 resultados com as palavras traduzidas) no *Google Acadêmico*, realizamos uma filtragem, a partir de uma leitura dos resumos, para seleção de artigos pertinentes aos objetivos da pesquisa, que abordassem a QSC no contexto educacional e, além disso, eliminamos artigos repetidos (que constavam em mais de uma das bases de dados).

Quadro 1 – Resultados da busca inicial de artigos por combinação de palavras-chave.

Banco de Dados	Grupos de palavras-chaves	Número de resultados para o idioma inglês	Número de resultados para o idioma espanhol	Número de resultados para o idioma português
Scopus	1	2.886	3	19
Scopus	1 e 2	37	0	0
Scopus	1 e 3	156	0	1
Scopus	1 e 2 e 3	86	0	0
Science Direct	1	268.610	20	1.217
Science Direct	1 e 2	63	0	0
Science Direct	1 e 3	139.993	0	1
Science Direct	1 e 2 e 3	39	0	0
Scielo	1	1.029	1.824	1.824
Scielo	1 e 2	0	1	0
Scielo	1 e 3	594	102	0
Scielo	1 e 2 e 3	9	0	0
Eric	1	223.867	93	0
Eric	1 e 2	21.469	0	0
Eric	1 e 3	10.710	0	0
Eric	1 e 2 e 3	398	0	0

Para a seleção final de nossa amostra, foram realizadas leituras de reconhecimento e seleção daqueles artigos que apresentavam **explicitamente** um modelo para o uso de QSCs na educação científica (ou seja, apenas artigos que indicaram, em seus objetivos, a apresentação de um modelo para o uso de QSCs). Além disso, como pretendemos comparar fundamentos, meios e fins dos modelos propostos, selecionamos aqueles artigos em que se menciona, mesmo que de forma implícita, o *objetivo da educação a ser almejado pelo modelo*. Assim, uma vez selecionados os

trabalhos, a partir da busca pelos termos nas bases de dados, a seleção final dos artigos levou em consideração informações disponibilizadas pelos próprios autores dos trabalhos. Nesse caso, a caracterização dos trabalhos, pelos seus autores, *como sendo um trabalho de proposição de modelo teórico sobre QSC*, foi assumida como um critério necessário para a inclusão do trabalho em questão no *corpus* de análise.

Após a etapa de pré-análise e organização dos artigos selecionados, foi realizada uma leitura mais detalhada dos textos para sua compreensão, análise e classificação nas categorias relacionadas ao referencial teórico acima descrito, seguindo uma análise de conteúdo (BARDIN, 1977). Assim, organizamos nossas categorias *a priori*, de acordo com seis critérios relevantes para a análise: objetivos da educação científica (com categorias que foram refinadas, conforme a leitura dos artigos selecionados); tendências teórico-epistemológicas; abordagens pedagógicas; perspectivas das principais teorias éticas ocidentais; aspectos da ontologia moral; vertentes da educação CTSA. Consideramos o modelo proposto e sua explicação como unidade de análise para cada um dos artigos selecionados. Um professor-doutor da Universidade Federal da Bahia auxiliou com a validação de 80% das classificações encontradas, a partir de uma amostragem aleatória dos materiais analisados.

5 Resultados e Discussão

Todos os quinze artigos analisados mencionam o termo QSC (no inglês *SSI*, de *Socioscientific Issues*), utilizando-o, em muitos casos, como sinônimo de termos como: questões socialmente vivas/agudas, controvérsias sociocientíficas, questões controversas, questões sociocientíficas controversas. Os autores são professores de Universidades nos seguintes países: Brasil, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Noruega, Nova Zelândia, Reino Unido (Inglaterra e Escócia), e Suécia. O Quadro 2 indica características gerais de cada artigo selecionado.

Após a análise dos artigos, considerando o referencial teórico descrito acima, algumas tendências predominantes foram encontradas nas abordagens propostas (Quadro 3). É importante esclarecer que a indicação de uma tendência predominante com relação a algum aspecto não invalida a possibilidade de elementos de outras

tendências estarem presentes, em menor medida, na proposta e na discussão do modelo, em cada texto. Por exemplo, classificamos o texto 9 (HODSON, 2010), numa tendência transformacionista, quanto ao aspecto teórico-epistemológico. Porém, numa observação mais detalhada, que inclui a própria trajetória acadêmica do autor, percebemos elementos do pós-positivismo (como nos trabalhos sobre Natureza da Ciência e o ensino de ciências de uma perspectiva contextualizada por História e Filosofia da Ciência, mais dos anos 1980, que estão sendo mobilizados na elaboração do seu modelo atual). Ainda em relação a um modelo pertencer a duas categorias de um aspecto analisado, podemos considerar as diferentes tendências da educação CTSA, para o modelo apresentado por este autor: apesar de ser classificado na vertente da justiça socioambiental, como sua tendência predominante, possui elementos – como o próprio autor deixa perceber – das vertentes histórica (pois inclui elementos de História e Filosofia da ciência), valores e desenvolvimento moral (pois indica a importância de se reconhecer valores e ideologias da ciência e usa isso como base para o reconhecimento dos próprios valores do estudante) e sociocultural e multiculturalismo (pois valoriza diferentes culturas e formas de conhecimento na resolução de QSCs).¹⁰ Também podemos fazer uma interpretação semelhante, a partir de um movimento complementar entre as diferentes tendências (que para a análise consideramos como categorias) para cada critério. Assim, este procedimento de identificar tendências predominantes converge, inclusive, com a proposta de Pedretti e Nazir (2011) sobre as vertentes CTSA. Para as autoras, as diferentes vertentes¹¹ não são mutuamente exclusivas, mas podem ser combinadas em diferentes autores, obras e grupos de pesquisa. Assim, é possível combinar e integrar diferentes vertentes em trabalho pedagógico ou de pesquisa. Nós recomendamos essa combinação (desde que não incorra em incoerências), em vista de que cada vertente tem suas limitações, que podem ser superadas a partir da incorporação das qualidades de outras vertentes.

¹⁰ Outro exemplo é a comparação entre os trabalhos atuais de Levinson (2017) e o *framework* analisado (LEVINSON, 2006), em que há um movimento do autor para perspectivas que envolvem mais diretamente ética e política (realizando, por exemplo, trabalhos com base em Bencze e Simonneaux, que classificamos em abordagens mais críticas).

¹¹ Inclusive as autoras utilizam o termo *currents* como uma metáfora para correntes de rios, ou afluentes, que podem convergir, misturando suas águas/mesclando-se.

Quadro 2 – Características gerais dos artigos selecionados para análise.

Código	Título	Autores	Ano	Revista / Anais
01	Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues	S. D. Kolstø	2001	Science Education
02	Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education.	D. L. Zeidler; T. D. Sadler; M. L. Simmons; E. V. Howes.	2005	Science Education
03	Towards a Theoretical framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues.	R. Levinson	2006	International Journal of Science Education
04	From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education	L. Colucci-Gray; E. Camino; G. Barbiero; D. Gray	2006	Science Education
05	Science for life – a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases.	M. Ekborg; M. Ideland; C. Malmberg	2009	Nordina: Nordic Studies in Science Education
06	Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education	W. L. P. dos Santos	2009	Science Education
07	Ecojustice Through Responsibilist Science Education	L. Bencze; S. Alsop	2009	Canadian Society for the Study of Education Conference
08	SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues	S.-N. Chang Rundgren; C.-J. Rundgren	2010	Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching

Quadro 2 – Características gerais dos artigos selecionados para análise. (cont.)

Código	Título	Autores	Ano	Revista / Anais
09	Science Education as a Call to Action	D. Hodson	2010	Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education
10	Educational configurations for teaching Environmental Socioscientific Issues within the perspective of Sustainability.	J. Simonneaux & L. Simonneaux	2012	Research in Science Education
11	Developing students' futures thinking in science education	A. Jones; C. Bunting; R. Hipkins; A. McKim; L. Conner; K. Saunders	2012	Research in Science Education
12	A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science.	K. J. Saunders & L. J. Rennie	2013	Research in Science Education
13	Socio-scientific Issues based Teaching and Learning: Hydrofracturing as an Illustrative context of a Framework for Implementation and Research.	T. D. Sadler; C. D. Murakami	2014	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
14	Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences).	S. Kahn; D. L. Zeidler	2016	Journal of Science Teacher Education
15	Evolution of a Model for Socio-Scientific Issue Teaching and Learning	T. D. Sadler; J. A. Foulk; P. J. Friedrichsen,	2017	International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology

Quadro 3 – Classificações encontradas para cada categoria avaliada nos artigos que propõem arcabouços teóricos.

Código	Objetivos da Educação	Fundamentos teóricos	Abordagens Pedagógicas	Perspectivas Éticas	Vertentes CTSA
01	Empoderar cientificamente cidadãos para tomada de decisão sobre QSCs	Pós-positivistas	Neocognitivistas	Utilitarista; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação; Histórica
02	Letramento científico funcional, considerando desenvolvimento moral de jovens	Pós-positivistas	Holísticas	Virtudes; Antropocêntrico	Valores e desenvolvimento moral
03	Letramento científico do cidadão para tomada de decisão informada por ciência sobre QSCs	Pós-positivistas	Neocognitivistas	Deontológico; Virtudes; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação
04	Capacitação para compreensão, reflexão e ação sobre questões socioambientais complexas e controversas	Interpretativistas	Holísticas	Virtudes; Antropocêntrico; Ecocêntrico	Valores e desenvolvimento moral; Sociocultural e multiculturalismo
05	Aumento de interesse pela ciência e seu uso no cotidiano para lidar com QSCs	Pós-positivistas	Neocognitivistas	Utilitarista; Antropocêntrico	Aplicação e <i>design</i>
06	Empoderamento do estudante para ações sociopolíticas, rumo a maior justiça social	Transformacionismo	Sociocríticas	Deontológico; Antropocêntrico	Justiça socioambiental
07	Letramento científico e tecnológico para a formação de ativistas capazes de ações sociopolíticas	Transformacionismo	Sociocríticas; Holísticas	Virtudes; Ecocêntrico	Justiça socioambiental; Valores e desenvolvimento moral
08	Letramento científico, voltado à compreensão das relações CTSA	Pós-positivistas	Holísticas	Deontológico; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação
09	Letramento científico e político do cidadão para a execução de ações sociopolíticas sobre problemas socioambientais	Transformacionismo	Sociocríticas; Holísticas	Virtudes; Deontológico; Ecocêntrico	Valores e desenvolvimento moral; Justiça socioambiental

Quadro 3 – Classificações encontradas para cada categoria avaliada nos artigos que propõem arcabouços teóricos.
 (cont.)

Código	Objetivos da Educação	Fundamentos teóricos	Abordagens Pedagógicas	Perspectivas Éticas	Vertentes CTSA
10	Cidadania científica, participativa, na perspectiva da sustentabilidade	Pós-positivistas	Sociocríticas	Utilitarista; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação; Sociocultural e multiculturalismo
11	Avaliar e posicionar-se sobre futuros possíveis, considerando a ciência num contexto abran-gente e seu uso em diversos níveis sociais	Pós-positivistas	Holísticas	Utilitarista; Antropocêntrico	Sociocultural e multiculturalismo; Raciocínio lógico e argumentação
12	Letramento científico funcional, com ênfase sobre a promoção do pensamento ético do cidadão na tomada de decisão informada	Interpretativistas	Holísticas	Nenhuma teoria ética predominante; Antropocêntrico	Valores e desenvolvimento moral; Sociocultural e multiculturalismo
13	Cidadania global e engajada, visando participação ativa em discursos e práticas voltados à justiça social	Pós-positivistas	Neocognitivistas	Utilitarista; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação
14	Letramento científico funcional, associado ao raciocínio sociocientífico e à tomada de perspectiva	Interpretativistas	Holísticas	Virtudes; Deontológico; Antropocêntrico; Biocêntrico	Valores e desenvolvimento moral; Raciocínio lógico e argumentação; Sociocultural e multiculturalismo
15	Desenvolvimento de identidade para discutir QSCs	Pós-positivistas	Neocognitivistas	Virtudes; Antropocêntrico	Raciocínio lógico e argumentação

5.1 Coerências entre fundamentos, métodos e fins em cada modelo analisado.

De um modo geral, todos os artigos apresentam certa coerência entre fundamentos, meios e fins da educação científica a partir de QSCs, sendo alguns trabalhos mais alinhados (por exemplo, artigos 2, 3, 5, 7, 9, 11), e outros menos alinhados (por exemplo, artigos 1, 13, 15).

No modelo do artigo 5, por exemplo, a ênfase sobre aspectos relacionados ao conhecimento científico, contextualizado por casos sobre QSCs, facilita o interesse dos estudantes para a aplicação da ciência em questões cotidianas. Apesar de ser um modelo em que os componentes poderiam, em nossa perspectiva, ter características mais críticas¹², não há contradições entre as classificações nas categorias analisadas e os objetivos da educação assumidos pelos autores. No modelo do artigo 7, os autores superam uma perspectiva ética antropocêntrica, ao adotarem um posicionamento ecocêntrico, consistente com a ideia defendida na corrente de justiça socioambiental, além de criticar pensamentos e práticas hegemônicas em relação ao alcance da consideração moral. Adicionalmente, ao fomentar a educação para virtudes para agir no âmbito dos sistemas socioecológicos, em busca de maior justiça a indivíduos, sociedades e ambientes, a partir de trabalho coletivo e denúncia de valores e ideologias dos atores sociais envolvidos nas QSCs, há coerência com a formação de identidade e caráter do estudante, o que se alinha à corrente do desenvolvimento moral e às abordagens pedagógicas sociocríticas. Ainda, ressalta-se que os três trabalhos (artigos 6, 7 e 9) que defendem a educação CTSA voltada para a justiça socioambiental o fazem em consonância com abordagens pedagógicas sociocríticas, e com a perspectiva teórica-epistemológica transformacionista, indicando um adequado alinhamento e coesão entre fundamentos, meios e fins.

Ainda assim, algum grau de inconsistência pode ser notado, em alguns artigos analisados. Por exemplo, no artigo 1, apesar do autor mencionar a importância da autonomia e da participação crítica sobre QSCs, assume apenas processos de ensino e

¹² Nesse modelo, consideramos que o potencial da QSC é subutilizado por não fomentar algo que é possibilitado na adoção de QSCs na educação científica, relacionado ao aprofundamento sobre aspectos éticos e políticos para melhor tomada de decisão do cidadão, voltado a um letramento científico crítico, por exemplo.

aprendizagem conceituais, sem adotar métodos para uma reflexão crítica sobre o *status quo* e ideologias e valores que orientam ações individuais e coletivas; ou seja, falta consideração sobre aspectos éticos e políticos para o alcance do objetivo de empoderar cidadãos. O modelo, da forma como foi apresentado, dificulta a preparação do estudante para mudar estruturas e práticas sociais, que mantêm, por exemplo, problemas socioambientais, pois não há aprofundamento sobre conexões entre CTSA e uma perspectiva crítica sobre processos de manipulação e dominação social. No artigo 15, não há implicação direta e simples, entre a defesa da formação de identidade do sujeito, e o predomínio de estratégias em que prevalece o desenvolvimento cognitivo-motor, em que predominam dimensões conceituais e procedimentais dos conteúdos, numa ênfase das relações CTSA conforme raciocínio lógico e argumentação. Do modo como é apresentado, parece que tanto a abordagem pedagógica como a tendência de educação CTSA adotadas são insuficientes para o alcance desse objetivo do ensino de ciências, que deveria incluir, explicitamente, uma formação ética, conforme nossa perspectiva. Nesse quesito de alinhamento entre, por um lado, meios didáticos, e, por outro, fins pretendidos da educação científica, o mesmo podemos dizer para o artigo 13, ou seja, a adoção de abordagens utilitarista, antropocêntrica, neocognitivistas é insuficiente para o alcance de empoderamento e engajamento para justiça social global, uma vez que essas perspectivas não fomentam desenvolvimento de virtudes, ampliação de consideração moral, concepção ampla de conteúdos, além do que não contemplam a complexidade de pensamentos e ações individuais e coletivas. No artigo 14, em que se recomenda que o estudante assuma o ponto de vista do outro, caso esse movimento não seja adequadamente refletido, a perspectiva de assumir o lugar do outro poderia reforçar, por exemplo, estereótipos de identidade, principalmente sobre minorias sociais, frequentemente excluídas da consideração moral. Dessa forma, o alcance de um letramento científico funcional, veiculado pela empatia e capacidade de raciocínio, poderia ser dificultado. Este não é, contudo, um problema interno da ideia de fomentar a empatia e a capacidade de raciocínio; o problema é muito mais sobre como adotá-las, sem perceber que seria necessário algo mais, como, por exemplo, a própria reflexão crítica sobre valores, a fim de superar limitações de usar apenas tais ideias. Outro

exemplo de inconsistência seria a adoção uma perspectiva ética antropocêntrica para o desenvolvimento de empatia em situações que envolvem animais não-humanos.

Apesar das diferentes abordagens, apresentadas na literatura, que podem fundamentar os modelos teóricos sobre o uso de QSCs no ensino de ciências, percebemos uma predominância de posicionamentos pós-positivistas (nove artigos) e antropocêntricos (treze artigos). Isso pode indicar uma tendência na literatura em desconsiderar outros posicionamentos e fundamentos para a educação científica com QSCs, inviabilizando um aprofundamento na abordagem das QSCs, por exemplo, a partir de um raciocínio ético biocêntrico, que considera moralmente todos os seres vivos, enquanto indivíduos com um valor intrínseco, independente do uso humano. Contudo, oito trabalhos estão associados à perspectiva ética das virtudes, e seis artigos à vertente da educação CTSA por valores e desenvolvimento moral. Adicionalmente, quase todos os artigos classificados na vertente sociocultural e multiculturalismo estiveram relacionados com a teoria ética das virtudes. Isso é uma característica esperada, uma vez que um dos objetivos gerais da educação CTSA é a inserção de discussões éticas sobre as controvérsias relacionadas às QSCs. Outra característica comum na educação CTSA é o incentivo a habilidades relacionadas à comunicação científica, a partir de argumentação e lógica. Nesse trabalho, identificamos oito artigos que destacam a importância dessa formação, classificados na vertente raciocínio lógico e argumentação.

Em relação às abordagens pedagógicas, seis artigos foram caracterizados nas perspectivas holísticas, cinco nas cognitivistas e quatro artigos com predominância nas perspectivas sociocríticas (sendo que dois desses – os artigos 7 e 9 – apresentam também influência de abordagens holísticas, ou seja, não se restringem a apenas uma vertente pedagógica, mas ampliam para outro conjunto, de modo a aumentar a possibilidade de alcance dos objetivos educacionais). As abordagens holísticas e sociocríticas são grandes categorias que têm influenciado o desenvolvimento de inovações didáticas, principalmente no sentido de superar problemas das perspectivas tradicionais e tecnicistas, mas também voltadas a uma visão mais ampla do ensino de ciências, incluindo interdisciplinaridade, contextualização socioambiental e política, e aumento de participação ativa do estudante na mobilização de conteúdos para a resolução de problemas socioambientais do cotidiano. Por outro lado, as abordagens

neocognitivistas, apesar de terem características e estratégias muito relevantes para a formação científica dos estudantes, quando predominantes no contexto educacional, podem representar, em alguma medida, a manutenção de perspectivas mais conservadoras, hegemônicas e conceitualistas, no âmbito da pesquisa e da aplicação em educação, que muitas vezes dificulta o engajamento e a formação necessária do estudante para perceber, refletir e superar valores e práticas hegemônicos que contribuem para a manutenção ou o agravamento dos problemas socioambientais atuais. A percepção e a reflexão sobre valores e práticas hegemônicos demandam sensibilização (ex. empatia), criticidade (ex. não se acomodar com as opções estabelecidas), engajamento (ex. sentir-se parte) e participação ativa (ex. reconhecer a importância da participação individual e coletiva), atitudes que são mais facilmente mobilizadas em estratégias pedagógicas holísticas e sociocríticas.

Em alguns casos, não foram explicitadas¹³ as bases teóricas dos *frameworks*, o que pode indicar ausência ou insuficiente reflexão sobre a coerência entre fundamentos, meios e fins da educação científica, sendo essa reflexão essencial para melhor qualificar essas propostas e aumentar as possibilidades de aplicação na educação científica.

Alguns trabalhos não explicitam as noções de valor que adotam com relação à natureza não-humana, tornando-se mais difícil esclarecer a perspectiva ética com relação ao alcance da consideração moral. Na medida em que, neste trabalho, discutimos e explicitamos quatro critérios relevantes para a organização clara de modelos teóricos sobre QSCs, indicamos a importância destes critérios para a proposição de novos modelos teóricos, mais abrangentes e capazes de esclarecer consonâncias entre fundamentos, meios e fins da educação científica a partir de QSCs.

Em nossa perspectiva, a abordagem antropocêntrica, presente na maior parte dos artigos analisados, é insuficiente para a consideração de problemas socioambientais, uma vez que a desconsideração moral da natureza não-humana (*i.e.* de outros organismos, comunidades, ecossistemas, etc.) é um problema moral relevante¹⁴

¹³ Além disso, cabe destacar que o que o autor escolhe para justificar seu argumento é o que ele valoriza, e o que ele não explica é o que ele provavelmente não considera relevante ou adequado para o contexto (desde o ponto de vista do autor). Nesse sentido em que se poderia refletir sobre discursos e valores nas propostas educacionais, por exemplo sobre QSCs, o que não é objetivo desse trabalho.

¹⁴ Consideramos ao menos dois conjuntos de razões para a superação do antropocentrismo no engajamento humano em ações voltadas à resolução dos problemas socioambientais. Inicialmente, por

(JAMIESON, 2010), que influencia a própria resolução das QSCs (CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013).

Como forma de fornecer mais detalhes sobre as análises realizadas, no Apêndice A, poderão ser encontrados Quadros com fragmentos de cada texto analisado para exemplificar cada categoria encontrada nos aspectos analisados. Também, no Apêndice B, poderá ser localizada uma descrição geral e sucinta de cada um dos artigos analisados, com algumas informações relevantes que justificam as classificações encontradas.

5.2 Alinhamento dos modelos analisados com os objetivos da educação científica.

Pelos resultados encontrados, que podem ser observados no quadro 3 (e com maior detalhes nos apêndices A e B), podemos organizar os principais *objetivos da educação científica* em três grandes grupos: compreensão e uso da ciência (relacionado a um letramento científico epistêmico); desenvolvimento moral (relacionado a um letramento científico funcional); ação sociopolítica e ativismo (relacionado a um letramento científico crítico), sendo possível perceber três padrões gerais nos artigos analisados:

- I. Abordagens pedagógicas neocognitivistas estão, geralmente, associadas com objetivos da educação com QSC voltada à compreensão da ciência e seu uso na tomada de decisão e nas discussões sobre QSC, com base teórica-epistemológica pós-positivista.
- II. Abordagens pedagógicas holistas estão, geralmente, relacionadas com objetivo da educação com QSC voltada ao letramento científico funcional, considerando

questões biológicas (ex. senciência; autonomia biológica); estéticas (ex. beleza paisagísticas de determinados ecossistemas); e culturais/religiosas (ex. valor sociocultural de espécies e ambientes naturais) (e.g. NUNES-NETO, 2015; FELIPE, 2009; SINGER, 2004; REGAN, 1984). Em segundo lugar, associada a essas questões, o antropocentrismo não enfatiza as condições de possibilidade naturais extrínsecas à humanidade, ou seja, a atribuição de um valor meramente instrumental à natureza não humana, como na comodificação da natureza, deixa desprotegida a própria natureza não humana, uma vez que não atribui o valor à natureza por suas próprias características. Nesse sentido, submeter, por exemplo, a natureza às regras do mercado financeiro, significa aceitar que a natureza tem apenas valor de troca (CONRADO; NUNES NETO, 2015b). Alternativamente, a atribuição de valor intrínseco à natureza não humana permite considerar profundamente as condições de possibilidade para a sobrevivência da própria humanidade.

a reflexão e o desenvolvimento moral, com base teórica-epistemológica interpretativista.

- III. Abordagens sociocríticas estão, geralmente, associadas com objetivos da educação voltada à participação social, a partir de práticas de ações sociopolíticas e/ou justiça social, com base teórica-epistemológica transformacionista. Vale ressaltar que nesse grupo ocorrem os dois únicos trabalhos (artigos 7 e 9) em que prevalece um raciocínio ético não-antropocêntrico sobre a ontologia moral antropocêntrica predominante nos outros artigos.

Podemos fazer uma analogia dos três padrões aqui encontrados aos três *contextos para a educação científica*, sinalizados por Aikenhead (1997), com relação a pressupostos teóricos-epistemológicos da prática educativa, que podem ser vistos como orientações que dominam práticas sociais do meio educacional. O primeiro contexto descrito pelo autor é o *empírico-analítico* (relacionado a aspectos do positivismo e do racionalismo técnico ocidental), o que aqui poderíamos comparar, em algum sentido, com nosso primeiro padrão, principalmente por sua ênfase em dimensões científicas e tecnológicas da QSC. O segundo contexto indicado pelo autor é o *interpretativismo* (relacionado à compreensão de linguagem, conceitos e pontos de vista dos estudantes), que poderia ter compatibilidade com nosso segundo padrão, principalmente pela ênfase em dimensões sociais da QSC. E o terceiro contexto referido pelo autor é a *teoria crítica* (relacionado ao combate às relações humanas de opressão), que associamos com nosso terceiro padrão, sobretudo pela ênfase em dimensões éticas e políticas da QSC. Aikenhead (1997) sugere que o professor saiba se movimentar nesses três contextos, com consciência sobre aquele que exerce predominante influência sobre sua abordagem, para cada momento no currículo e na formação do cidadão. Por exemplo, momentos em que o conhecimento científico historicamente acumulado deve ser compreendido, ou que técnicas e procedimentos devem ser memorizados, ou momentos de reflexão sobre melhorias nas relações entre estudantes e professores; ou, ainda, momentos para o empoderamento dos estudantes em relação à percepção (e posteriormente tomada de decisão e ação) sobre aspectos de dominação, controle e exclusão social a partir da ciência e da tecnologia. De modo semelhante, consideramos que as diferentes

abordagens teórico-epistemológicas, pedagógicas, éticas, e das relações CTSA possam ser combinadas num mesmo modelo para o uso de QSCs, com diversas estratégias de ensino e atividades que poderão ser planejadas pelo professor de acordo com diferentes objetivos de aprendizagem, para cada momento da formação do estudante, uma vez que esses três padrões não são mutuamente excludentes. Contudo, ressaltamos que, para realizar essa combinação de elementos em um modelo teórico, é relevante e necessário que essas estratégias estejam alinhadas com os objetivos últimos da educação científica adotados, a fim de evitar incoerências.

Adicionalmente, Shamos (1995), buscando definir com maior precisão o conceito de letramento científico, adota uma classificação em três categorias: cultural, funcional, verdadeiro. O primeiro, mais básico, refere-se ao conhecimento mínimo da ciência do cotidiano, que se relaciona, em algum sentido, com aspectos socioculturais; o segundo comprehende, além do conhecimento básico, a apropriação e a mobilização da ciência em diferentes contextos, sendo o sujeito capaz de dialogar com especialistas; o último é descrito como o conhecimento das teorias científicas e o domínio de habilidades associadas à atividade científica, como pensamento lógico e raciocínio analítico e dedutivo, o que incluem determinadas virtudes epistêmicas consideradas para o cientista. Dessa maneira, para o autor, não há, na definição de letramento científico, relações diretas às dimensões política e ética.

Por fim, considerando os objetivos da educação científica, Hodson (2010; 2011), com base em Sheng (1975), também faz uma distinção entre: *letramento científico prático* (relacionado à ciência do cotidiano, considerando os usos dos conhecimentos científicos e das tecnologias pelo indivíduo); *letramento científico cultural* (relacionado ao conhecimento do patrimônio científico e das teorias científicas contextualizadas no meio sócio-histórico-cultural, discutindo o valor intrínseco daqueles considerados moralmente); e *letramento científico cívico* (relacionado à tomada de decisão sobre valores e questões sociopolíticas e éticas que envolvem ciência e tecnologia, considerando necessidades para a formação de cidadãos). Os três padrões aqui encontrados poderiam se relacionar, respectivamente, com as diferentes definições de letramento científico colocadas por Hodson (2010). Assim, no Quadro 4, podemos perceber algumas semelhanças entre os significados das categorias desses autores, com relação aos nossos resultados.

Para o autor, o letramento científico crítico, apesar de estar altamente relacionado com o letramento científico cívico, não estaria associado apenas com ele, mas poderia se sobrepor aos três tipos de letramento citados. Concordamos com essa concepção, sobretudo se considerarmos que para exercer ações sociopolíticas, voltadas para o bem-estar de indivíduos, sociedades e ambientes, em questões que envolvem ciência e tecnologia, é necessário mobilizar conhecimentos sobre ciência e tecnologia que envolvem tomada de decisões no cotidiano; relacionar essas questões com o contexto sócio-histórico-cultural, discutindo valores e desenvolvimento moral; e tomar decisões individuais e coletivas e agir, considerando o contexto sociopolítico e aspectos éticos, para a transformação social no sentido de uma melhor convivência em sociedade, levando em conta também as relações com o ambiente e os outros seres vivos.

Quadro 4 – Correspondências possíveis entre diferentes objetivos do ensino de ciências.

Autores / Categorias	Hodson (2010; 2011)	Aikenhead (1997)	Shamos (1995)	Dimensões predominantes
LC epistêmico	LC prático	CX empírico-analítico	LC cultural e LC verdadeiro	Epistêmica
LC funcional	LC cultural	CX interpretativista	LC funcional	Ética e Afetiva
LC crítico	LC cívico	CX teoria crítica	–	Ética e Política

Legenda: LC (letramento científico); CX (contexto).

No contexto da educação científica, é comum adotar o letramento científico como um dos seus principais objetivos. Particularmente, podemos notar um ponto relevante sobre as relações entre os vários pontos de vista sobre letramento científico, sobretudo se levarmos em conta os diferentes objetivos da educação científica, aqui expostos.

Para Saunders e Rennie (2013), o letramento científico é um modo de capacitar os sujeitos para terem consciência, conhecimento, competência e confiança ao lidar com a ciência no cotidiano. Contudo, em uma análise mais precisa do termo, podemos perceber relações de subdeterminação entre o que denominamos letramento científico epistêmico, o letramento científico funcional e o letramento científico crítico.

No letramento científico epistêmico (também considerado na literatura como simplesmente letramento científico), a formação do sujeito pode ser interpretada no sentido de contribuir para a manutenção do *status quo*, com conhecimentos, habilidades,

valores e atitudes aplicadas ao campo da ciência. Por ser o termo *letramento científico* um conceito teoricamente vago, na prática, associa-se, predominantemente à *compreensão da ciência* (seja de forma contextualizada por algum aspecto em que a ciência se associa, ou não), enfatizando, por um lado, aspectos de natureza da ciência, com viés epistemológico, histórico e sociológico da ciência, e desvalorizando, por outro lado, aspectos morais e políticos envolvidos com a ciência. Por exemplo, uma formação técnico-científica, ou mesmo pautada por história da ciência – mas que não questiona valores morais da (ou associados à) atividade científica – pode contribuir para formar mão-de-obra especializada; contudo, não necessariamente formaria pessoas capazes de agir para uma mudança do *status quo*. No caso de uma educação restritamente técnica e científica, se vivêssemos em uma sociedade justa e ambientalmente sustentável, um letramento científico (aquele que não especifica questões éticas e políticas relevantes socialmente) talvez fosse suficiente. Uma vez que esse não é o cenário em que vivemos (por ser esta uma situação contrafactual, isto é, apenas imaginada, para fins do argumento), então o letramento científico deve explicitar dimensões éticas e políticas.

Por sua vez, no letramento científico funcional, podemos considerar que há, explicitamente, uma contribuição da formação científica do sujeito para certa finalidade. Assim, o letramento científico ocorre em razão de um *telos* (para o conceito de função, ver NUNES-NETO; EL-HANI, 2009), atribuindo, por exemplo, uma razão para uma formação que supere aquela associada meramente ao acúmulo de conhecimento científico e tecnológico. De modo geral, toda função, dentro de um sistema maior, contribui para o funcionamento deste, ou seja, essa abordagem explicita uma função que se cumpre no sistema que o contém (NUNES-NETO; EL-HANI, 2009), no caso, a sociedade. Comumente, o letramento científico funcional especifica a função do letramento científico, considerando, explicitamente, sua dimensão ética, uma vez que evidencia valores, interesses e discussões sobre certo e errado relacionados com o desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso, considera relevante processos de humanização a partir da aproximação do estudante com a QSC, promovendo desenvolvimento de aspectos afetivos, como sensibilidade, compaixão, solidariedade, etc. Apesar de evidenciar o desenvolvimento moral, ele não questiona o sistema social em que está inserido, adotando-o politicamente; ou seja, se o modelo de sociedade não

é discutido, a formação do sujeito é condicionada por este modelo. Portanto, o letramento científico funcional, no âmbito de uma sociedade com certas práticas e ideologias hegemônicas – que, a princípio, não são discutidas –, não especifica (ao menos logicamente) a *direção da funcionalidade* atribuída ao letramento científico na sociedade (que poderia, então, por exemplo, ser *para* a manutenção de injustiças, tecnocracias, etc.). Nesse sentido, ele ainda é vago na sua definição sobre o direcionamento sociopolítico que esta abordagem busca contribuir para a sociedade, por não problematizar essa contribuição, numa dimensão política e crítica. Por exemplo, por não explicitar os fins (sociopolíticos) pelo qual se busca desenvolvimento moral, essa abordagem poderia cumprir bem o preparo de indivíduos para uma melhor convivência, porém, ainda, numa sociedade orientada por uma lógica neoliberal (que, afinal, mantém desigualdades sociais e problemas ambientais, por, no mínimo, desconsiderar moralmente vários grupos humanos, de seres vivos não humanos e sistemas da natureza).

Por fim, no letramento científico crítico, que explicita e envolve diretamente discussões sobre organização das sociedades, valores, ideologias, relações de opressão, e que busca apontar pressupostos ocultos da educação, da ciência e da sociedade, podemos considerar que essa abordagem envolve, explicitamente, aspectos éticos e também políticos. Dessa forma, sob nossa perspectiva, se, por um lado, nem todo letramento científico funcional é crítico (ao menos não no significado estabelecido aqui), por outro lado, todo letramento científico crítico é funcional, uma vez que cumpre determinada função social, neste caso, relacionada à crítica, a partir de inclusão de dimensões ética e política na educação científica.

Portanto, para alcançar transformação social, no sentido da construção de uma sociedade mais justa, mais equitativa, e mais ambientalmente sustentável, é necessária uma precisão explícita que possa distinguir entre: a) uma *educação para manutenção do status quo*, que é a principal função social de uma educação reproduzora dos valores e ideologias dominantes da sociedade, que, particularmente, não prepara o sujeito para questionar tradições e práticas hegemônicas; e b) uma *educação crítica*, que permita discutir, revelar e refletir sobre sistemas e práticas injustas, de opressão, ou ambientalmente insustentáveis, e que possa preparar o sujeito para questionar

ideologias, valores e práticas hegemônicos, para que este sujeito (ou este grupo) se sinta capaz, confiante e protagonista nas ações sociopolíticas a favor de mudanças sociais necessárias.

Desse modo, o letramento científico crítico pode ser relacionado com uma educação científica¹⁵ voltada à formação de ativistas, que são cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de dialogar criticamente, considerando o passado e o presente, questionando discursos autoritários, além de reconhecer forças antidemocráticas que neguem a justiça social e política, assim como a sustentabilidade ambiental, de ser participativo e crítico nas esferas públicas local, nacional e global, compreendendo as relações entre elas, buscando um mundo mais justo socialmente e sustentável ambientalmente (CONRADO *et al.*, 2012; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014; BENCZE; ALSOP, 2009; GIROUX; GIROUX, 2006; HODSON, 2003; 2010; 2011).

Para Hodson (2011), a expressão “letramento científico crítico” carrega um extenso significado, sobretudo, de que a função mais importante do letramento científico é a de proporcionar independência intelectual e autonomia pessoal do sujeito, de modo que este seja capaz de avaliar diferentes posicionamentos, ideologias e valores envolvidos nas práticas sociais. O autor elenca vários elementos para descrever o significado do termo:

[...] primeiro, uma independência da autoridade; segundo, uma disposição para testar a plausibilidade e a aplicabilidade de princípios e ideias para si mesmo, seja pela experiência ou por uma avaliação crítica do testemunho de outros; terceiro, uma inclinação para observar para além do superficial e abordar os fundamentos ideológicos da ciência e da tecnologia, as estruturas econômicas e políticas que as sustentam e as normas e práticas que acomodam algumas visões e alguns participantes, mas marginalizam ou excluem outros; quarto, sensibilidade para as interações complexas de classe, raça, gênero, linguagem, conhecimento e poder; quinto, uma habilidade para dar forma às intenções e escolher um curso de ação de acordo com uma escala de valores auto-formulada; sexto, um compromisso para crítica e constante reavaliação de seus próprios conhecimentos, crenças, atitudes e valores (HODSON, 2011, p.27, *tradução nossa*).

¹⁵ Cabe notar que a execução de uma educação científica associada ao letramento científico crítico demanda movimentos individuais e coletivos, em diferentes aspectos, como, por exemplo, aqueles relacionados às políticas públicas, aos currículos, à formação de professores, ao comprometimento de atores sociais com determinados valores e práticas, etc.

O uso do qualificador “crítico” denota, para o autor, uma aproximação de uma concepção mais politizada e rigorosa, em termos lógicos e analíticos, do que mais tradicionalmente se propõe na educação científica.

Ainda que os artigos 6, 7 e 9 estejam relacionados ao letramento científico crítico, percebemos algumas limitações para seu alcance no contexto educacional: o artigo 6 é antropocêntrico e não explicita formação ética; o artigo 7 já é mais sociocultural e político, mas também não explicita formação ética; e o artigo 9 é ainda muito vago, em relação à como se usar o modelo em sala de aula, além de ser aplicado a um contexto geo-sócio-político de países desenvolvidos, que possuem, em geral, menos problemas de desigualdade social dentro dos limites de suas fronteiras, e maior poder socioeconômico para manutenção do bem-estar social de sua população. Desse modo, se determinadas questões históricas, culturais, políticas e éticas não são problematizadas em conjunto, ao abordar uma QSC no ensino de ciências, perder-se-á a oportunidade de desenvolver criticidade, contribuindo para o ocultamento dessas questões e, por fim, a manutenção do *status quo*, ao invés da transformação social para maior justiça social e sustentabilidade ambiental.

Por fim, consideramos que, a partir da análise destes modelos, podemos destacar de cada um deles, de forma criteriosa, certos aspectos ou características os quais poderão contribuir para constituir o nosso próprio modelo teórico para o uso de QSCs, no ensino de ciências, visando um letramento científico crítico. Ou, ainda, poderão ser usados como base para a elaboração de princípios de *design*, em pesquisa educacional. Esses aspectos podem ser visualizados no Quadro 5.

Quadro 5 – Características de destaque extraídas dos modelos analisados.

Artigo(s)	Elemento
1 e 2 e 7 e 14	Discussão sobre natureza da ciência
1 e 3 e 14 e 15	Adoção de atividades para o desenvolvimento de raciocínio lógico e argumentativo
1 e 2 e 5	Consideração de conteúdos a serem abordados com base no contexto curricular
2 e 14 e 15	Elaboração e adoção de casos para apresentação das QSCs
2 e 6	Exploração dos discursos e diálogos em sala de aula

2 e 8 e 11 e 14	Tomada de decisão
2 e 12	Discussão explícita sobre valores envolvidos nas QSCs
3 e 4 e 14	Fomento a disposições comunicativas e virtudes nas discussões sobre QSCs
3 e 12	Consideração de vozes não hegemônicas
3 e 15	Análise de formas de narrativas e consideração de evidências
4 e 7	Adoção de ferramentas e estratégias para o desenvolvimento do cidadão ativo e responsável
4 e 14	Colocar-se no lugar do outro e consideração de aspectos emocionais
4 e 14	Desenvolvimento de virtudes para lidar com conflitos, com base na não-violência
5 e 6	Uso de QSCs como ponto de partida para discussões em sala de aula
5 e 9	Mobilização de conhecimentos e procedimentos científicos relacionados à investigação sobre a QSC
6 e 7	Fomento de ações sociopolíticas e ativismo relacionados às QSCs
6 e 9	Politização da educação científica
7 e 9	Discussão e mapeamento das relações CTSA
7	Reflexão sobre o discurso hegemônico e a manipulação da sociedade para o consumismo
7 e 9	Consideração de níveis de Letramento Científico Crítico
8	Consideração de dimensões do conteúdo científico e sua relação com outras áreas do conhecimento a partir de abordagens interdisciplinares
8 e 11	Uso de contextos reais como base para QSCs
9 e 11	Consideração/Conciliação de interesses em diferentes escalas, como pessoal, regional, local e global
10	Conhecimento científico engajado e contextualizado, estratégias didáticas problematizadoras e críticas
10	Atividades para o desenvolvimento de pensamento crítico
11	Uso de questões norteadoras para orientar a discussão sobre QSCs
11	Estabelecimento de cenários futuros e análise de riscos
11 e 13	Influência do contexto sociocultural externo da sala de aula
12	Consideração explícita da dimensão ética das QSCs e ensino de teorias éticas no ensino de ciências,
12 e 13 e 15	Uso cíclico do modelo para seu aperfeiçoamento a partir de pesquisa
13	Consideração de experiências prévias dos estudantes e atributos do professor
13 e 15	Organização de sínteses de ideias e práticas em atividade culminante
14	Consideração de diferentes atores sociais envolvidos
15	Definição explícita de objetivos de aprendizagem

6 Considerações Finais

Nesse trabalho, discutimos os arcabouços teóricos apresentados na literatura que apoiam o uso de QSCs no ensino de ciências, considerando quatro aspectos importantes para a fundamentação de propostas de ensino e/ou estrutura curricular: teórico-epistemológicos, pedagógicos, éticos e vertentes de educação CTSA. Defendemos que essa fundamentação deva ser baseada em pressupostos coerentes, considerando explicitamente os objetivos últimos da educação científica a partir do uso de QSCs. Deste modo, poder-se-á assegurar uma maior consistência entre fundamentos, meios e fins da educação científica com base em QSCs e permitir seu uso de modo mais efetivo e esclarecido.

A partir de nossa análise, agrupamos três padrões, que podem ser relacionados com o letramento científico epistêmico, o letramento científico funcional, e o letramento científico crítico. Contudo, não estamos afirmando que essas características sejam fixas dos padrões encontrados, por estes se tratarem de tendências. Cabe ressaltar também que as categorias de análise podem ser refinadas, se considerarmos outros critérios, como, por exemplo, o posicionamento ontológico-epistemológico dos artigos, ou as subcategorias das abordagens pedagógicas, das perspectivas éticas e dos pressupostos teórico-epistemológicos, ou ainda a combinação de categorias de educação CTSA, o que pode levar a um maior aprofundamento da análise dos pressupostos desses modelos teóricos. Além disso, lembramos de que os resultados desse trabalho representam uma possível parcela da literatura sobre os modelos teóricos de ensino com base em QSC, uma vez que não utilizamos todas as bases de dados disponíveis para selecionar nossa amostra, como, por exemplo, livros, capítulos de livros, teses, apresentações em congressos específicos da área de educação científica e aqueles artigos em que os autores, mesmo que possivelmente tenham apresentado um *framework*, por algum motivo, não afirmaram explicitamente em seus resumos, títulos ou palavras-chave. Dessa forma, o presente trabalho indica um mapeamento inicial sobre o tema, que poderá ser ampliado e refinado de diversas maneiras, como, por exemplo, com o aumento da abrangência de materiais nas bases de dados ou com a especificação de outros critérios e categorias de análise, para melhor compreensão e caracterização sobre fundamentos,

meios e fins relacionados com propostas educacionais para o uso de QSCs. Não obstante, consideramos relevante o domínio de abrangência da análise aqui empreendida, pois foram localizados os principais autores de diversos países, nas principais bases de dados internacionais, estas que têm influenciado o campo do ensino de ciências.

Outro ponto importante é que os modelos analisados, em grande medida, tratam as QSCs de uma perspectiva ética antropocêntrica, sendo uma restrição importante a apontar, sobretudo se levarmos em conta as consequências socioambientais de tomadas de decisão e ações que desconsiderem moralmente outros seres vivos (negando-lhes a atribuição de valor intrínseco), além dos riscos de se restringir círculos de consideração moral, por exemplo, em direção a uma ética antropocêntrica que exclui determinados grupos sociais (ex. ética oligárquica). Desse modo, se buscamos uma abordagem ética mais condizente com a perspectiva do letramento científico crítico, devemos refletir sobre a importância de se adotar éticas não-antropocêntricas.

Nesse capítulo, em particular, temos um trabalho de descrição da literatura, em termos do mapeamento dos pressupostos e das características de modelos teóricos educacionais que oferecem uma base de conhecimento, valores e práticas para refletir criticamente sobre novas abordagens, envolvendo diversos atores sociais. Como veremos com mais detalhes nos capítulos seguintes, defendemos que perspectivas teórico-epistemológicas com base no pós-positivismo e no transformacionismo, abordagens pedagógicas holistas e sociocríticas, perspectivas éticas biocêntrica e de virtudes e educação CTSA nas vertentes valores e desenvolvimento moral e justiça socioambiental são mais adequadas para o alcance do letramento científico crítico.

Considerando esses aspectos, também destacamos a importância da participação colaborativa dos diversos atores sociais envolvidos no contexto educacional para a elaboração e a proposição de um modelo teórico possível de educação científica a partir de QSCs, segundo determinados e esclarecidos pontos de vista sobre sociedade e natureza, e voltados para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, categoria na qual se inclui a formação de professores. Nesse sentido, o trabalho tem um escopo abrangente na formação geral de cidadãos e, especificamente, para cursos relacionados à formação docente.

Por fim, vale notar que, se defendemos modelos teóricos na educação científica para o alcance de letramento científico crítico, devemos considerar um alinhamento coerente com esse objetivo da educação científica, assim como com o contexto do PLACTS (ou seja, considerando condições e questões da América Latina, mas que não se restringem a ela), para o desenvolvimento de uma abordagem teórica consistente, com características que favoreçam a formação de indivíduos capazes de agir na construção de sociedades mais justas socialmente e mais sustentáveis ambientalmente.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. A Framework for Reflecting on Assessment and Evaluation. *In: Proceedings of the Globalization of Science Education: International Conference on Science Education*. Seoul, Republic of Korea, v.XXII, p.195-199, 1997.
- ANTONIO, R. M. **Teoria Histórico-Cultural e Pedagogia Histórico-Crítica**: o desafio do método dialético na didática. Maringá, PR: Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. Universidade Estadual de Maringá, 2008.
- ARANHA, M. L. de A. **Filosofia da Educação**. 3.ed.rev.ampl. São Paulo: Moderna, 2006.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas Críticas**, v.21, n.45, p.275-296, Brasília, 2015.
- AZEVEDO, R. O. M. et al. Questões sociocientíficas com enfoque CTS na formação de professores de Ciências: perspectiva de complementaridade. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v.9, n.18, p.84-98, 2013.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições, 1977.
- BASTOS, F. Construtivismo e Ensino de Ciências. *In: NARDI, R. (Org.). Questões atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 1998, p.9-25.
- BASTOS, C. V. R. A.; OLIVEIRA, S. V. Ação comunicativa e ação dialógica: contribuições para uma educação libertadora. **Aprender: Cadernos de Filosofia e Psicologia da Educação**. Vitória da Conquista, ano IV, n.7, p.119-134, 2006.
- BECKERT, C. Interesses e direitos: duas perspectivas sobre ética animal. *In: BECKERT, C. VARANDAS, M. J. (orgs). Éticas e políticas ambientais*. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, 2004. p.37-58.
- BECKERT, C. **Ética**. Lisboa: Centro de Filosofia da Faculdade de Lisboa, 2012.
- BEHRENS, M. A. O paradigma da complexidade na formação e no desenvolvimento profissional de professores universitários. **Educação** (Porto Alegre). v.30, n.3, p.439-455, 2007.
- BEHRENS, M. A.; OLIARI, A. L. T. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional à complexidade. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 7, n. 22, p. 53-66, set./dez. 2007.
- BELL, J. **Doing your Research Project**: A guide for first-time researchers in education, health and social science. 4.ed. Maidenhead, Berkshire: Open University Press –

- McGraw-Hill, 2005.
- BENCZE, L; ALSOP, S. (eds). **Activist science and technology education**. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands, 2014.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: **Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education**, p.1-28, Ottawa, ON: Carleton University, 2009.
- BLAKE, N.; MASSCHELEIN, J. Critical Theory and Critical Pedagogy. In: BLAKE, N. et al. (eds.). **The Blackwell Guide to the Philosophy of Education**. Cornwall, UK: Blackwell Publishing, 2003. p.38-56.
- BONJOUR, L.; BAKER, A. **Filosofia**. Textos Fundamentais Comentados. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CARVALHO, L. M. O.; CARVALHO, W. L. P. (orgs). **Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012.
- CHANG RUNDGREN, S.-N.; RUNDGREN, C.-J. SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. In: **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v.11, n.1, 2010.
- CHAUÍ, M. **A ideologia da competência**. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.
- CLÉMENT, P. Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices. In: **Proceedings of the Conference of the European Science Education Research Association**, ESERA, Univ. Minho, Braga: ESERA Summer School, p.9-18, 2006.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. 6.ed. London: Routledge, 2007.
- COLL C. et al. **Los contenidos en la reforma**: enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Buenos Aires: Santillana, 1992.
- COLUCCI-GRAY, L. et al. From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. **Science Education**, v.90, n.2, p.227-252, 2006.
- CONRADO, D. M. **Uso de conhecimentos evolutivo e ético na tomada de decisão por estudantes de biologia**. 2013. 220p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, 2013.
- 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 (REMEA)**, v. 30, n. 1, p. 120–139, jan./ jun. 2013.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. In: **Atas do Encontro Nacional de Educação em Ciências**, 16, p.432-435, Lisboa: ENEC, 2015a.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Ethical dimensions in contents linked to ecosystem services in ecology teaching. In: **Book of Abstracts of the Meeting of the International Society for Philosophy, History and Social Studies of Biology - ISHPSSB 2015**, v.1. p.6, Montreal: UQAM, UdeM, CIRST, 2015b.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Questões sociocientíficas para a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino de ciências. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (Orgs.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, *no prelo*.
- CONRADO, D. M. et al. Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. **Indagatio**

- Didactica**, v.8, n.1, p.1132-1147, 2016.
- COOPER, D. E. Postmodernism. In: CURREN, R. (ed.). **A companion to the philosophy of education**. Oxford: Blackwell Publishing, 2003, p.206-217.
- CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 3.ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2008.
- CROTTY, M. **The foundations of social research**: meaning and perspective in the research process. London: Sage, 1998.
- CUNHA, M. B.; GIORDAN, M. As Percepções na Teoria Sociocultural de Vigotski: uma análise na escola. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.5, n.1, p.113-125, 2012.
- DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **Redes**, v.3, n.7, Buenos Aires, p.13-512, 1996.
- DUTRA, L. H. **Introdução à teoria da ciência**. 2.ed. Florianópolis: UFSC, 2009.
- EKBORG, M.; IDELAND, M.; MALMBERG, C. Science for life – a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases. **Nordina: Nordic Studies in Science Education**, v.5, n.21, p.35-46, 2009.
- EHRICH, L. C. Phenomenology: the quest for meaning. In: O'DONOGHUE, T. A.; PUNCH, K. F. (eds.). **Qualitative Educational Research in Action**: Doing and Reflecting. London: Routledge Falmer Taylor & Francis Group, 2003. p.42-69.
- FELIPE, S. T. Antropocentrismo, sencientismo e biocentrismo: perspectivas éticas abolicionistas, bem-estaristas e conservadoras e o estatuto de animais não-humanos. **Revista Páginas de Filosofia**, v.1, n.1, p.2-30, jan./jul., 2009.
- FOUREZ, G. **Educar**: docentes, alunos, escolas, éticas, sociedades. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2008.
- GADOTTI, M. Pedagogia da terra: Ecopedagogia e educação sustentável. In: TORRES, C. A. **Paulo Freire y la agenda de la educación latinoamericana en el siglo XXI**. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2001.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GIROUX, H. K. **Pedagogy and the Politics of Hope**: Theory, Culture, and Schooling (a critical reader). Boulder, CO: Oxford, Westview, 1997.
- GRIX, J. **The Foundations of Research**. 2.ed. New York: Palgrave Macmillan, 2010.
- HODSON, D. Science Education as a Call to Action. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**. v.10, n.3, p.197-206, 2010.
- HODSON, D. **Looking to the Future**: Building a Curriculum for Social Activism. Auckland: Sense, 2011.
- HODSON, D. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v.13, n.4, p.313-331, 2013.
- HÖLLODOBLER, B.; WILSON, E. O. **The superorganism**: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies. New York: London: WW Norton & Company, 2009.
- HOWELL, K. **An Introduction to the Philosophy of Methodology**. London: Sage, 2013.
- HURTHOUSE, R. Normative Virtue Ethics. In: Shafer-Landau, Russ (ed.). **Ethical Theory**: An Anthology. 2.ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p.645-652.
- JAMIESON, D. **Ética e meio ambiente**: uma introdução. São Paulo: SENAC, 2010.

- JONES, A. et al. Developing students' futures thinking in science education. **Research in Science Education**, v.42, p.687-708, 2012.
- KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences). **Journal of Science Teacher Education**, v.27, n.3, p.261-281, 2016.
- KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. A Case for the Use of Conceptual Analysis in Science Education Research. **Journal of Research in Science Teaching**, v.54, n.4, p.538-551, 2017.
- KINCHELOE, J. L.; McLAREN, P. Rethinking critical theory and qualitative research. In: ZOU, Y.; TRUEBA, E. T. (eds.). **Ethnography and schools**: Qualitative Approaches to the Study of Education. Oxford: Rowman & Littlefield, 2002. p.87-138.
- KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v.85, n.3, p.291-310, 2001.
- LEÃO, D. M. M. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, n.107, p.187-206, 1999.
- LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. **International Journal of Science Education**, v.28, n.10, p.1201-1224, 2006.
- LEVINSON, R.; PARRISE consortium. Socio-scientific based learning: taking off from STEPWISE. In: BENCZE, L. (Ed.), **Science & technology education promoting wellbeing for individuals, societies environments**. Dordrecht: Springer, 2017. p. 477-502.
- LIBÂNEO, J. C. As teorias pedagógicas modernas revisitadas pelo debate contemporâneo na educação. In: LIBÂNEO, J. C.; SANTOS, A. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas: Alínea, 2005. p.19-62.
- MACK, L. The Philosophical Underpinnings of Educational Research. **Polyglossia**, v.19, p.5-11, 2010.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. **Questões sociocientíficas na prática docente**: ideologia, autonomia e formação de professores. São Paulo: Unesp, 2012.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. **TED**: Tecné, Episteme y Didaxis, n.36, p. 77-94, 2014.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas à prática de professores de ciências. **Educação e Pesquisa**, v.38, p.728-742, 2012.
- MERTENS, D. M. **Research and evaluation in education and psychology**: integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods. 4.ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.
- MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino**: As abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.
- NASCIMENTO, S.; EL-HANI, C. N. A abordagem do tema Ambiente e a formação do cidadão socioambientalmente responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.2, p.225-234, 2014.
- NUNES-NETO, N. F. The Environmental Crisis as a good case for an intellectual and practical integration between Philosophy and Science. **Science & Education**. v.24, p.1285-1299, 2015.
- NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. O que é função? Debates na Filosofia da Biologia Contemporânea. **Scientiae Studia**, v.7, p.353-401, 2009

- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. **Science Education**, v.95, p.601-626, 2011.
- PETERS, M. A.; BURBULES, N. C. **Poststructuralism and Educational Research**. Lanham, MD: Rowman and Littlefield Publishers, 2004.
- PHOTHONGSUNAN, S. Interpretive paradigm in educational research. **Galaxy: The IELE Journal**, v.2, n.1, p.1-4, 2010.
- RACHELS, J. **Introducción a la filosofía moral**. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science Education for Citizenship**: Teaching Socio-scientific Issues. Philadelphia: Open University Press, 2003.
- REGAN, T. Animal Rights and Environmental Ethics. In: BERGANDI, D. (Ed.), D. **The Structural Links between Ecology, Evolution and Ethics**: The Virtuous Epistemic Circle. Dordrecht: Springer, 2013. p.117-126.
- REGAN, T. **The Case for Animal Rights**. University of California Press: Berkeley, 1984.
- REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v.3, n.1, p.1-10, 2013.
- SADLER, T. D. **Socio-scientific Issues in the Classroom**: Teaching, Learning and Research, Gainesville: Springer, 2011.
- SADLER, T. D.; MURAKAMI, C. D. Socio-scientific Issues based teaching and learning: hydrofracturing as an illustrative context of a framework for implementation and research. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.2, p.331-342, 2014.
- SADLER, T. D.; FOULK, J. A.; FRIEDRICHSEN, P. J. Evolution of a model for socio-scientific issue teaching and learning. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v.5, n.2, p.75-87, 2017, 2017.
- SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, p. 49-62, 2012.
- SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v.93, n.2, p.361-382, 2009.
- SANTOS, W. L. P.; SILVA, K. M. A.; SILVA, S. M. B. Perspectivas e desafios de estudos de QSC na educação científica Brasileira. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. **Questões Sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino, perspectivas e subsídios para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, *no prelo*.
- SAUNDERS, K. J.; RENNIE, L. J. A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. **Research in Science Education**, v.43, p.253-274, 2013.
- SILVA, M. C. A.; GASPARIN, J. L. A teoria da Ação Comunicativa de Jürgen Habermas e suas Influências sobre a Educação Escolar. In: **Atas do VII Seminário Nacional de Estudos e Pesquisas**. UNICAMP, Campinas, 2006.
- SIMONNEAUX, J.; SIMONNEAUX, L. Educational configurations for teaching Environmental Socioscientific Issues within the perspective of Sustainability. **Research in Science Education**, v.42, p.75-94, 2012.
- SINGER, P. **Liberatação animal**. Porto Alegre: Lugano, 2004.
- STEWART, C. O. Socioscientific controversies: A Theoretical and Methodological Framework. **Communication Theory**, v.19, p.129-145, 2009.
- TORRES, R. R.; CASTANEDA, M. M.; AGUIRRE, M. S. O. Educação em rede: uma visão emancipadora. **Revista Brasileira de Educação**, v.11, n.31, p.191-193, 2006.

- VAZ, S. A. G.; DELFINO, Â. **Manual de ética ambiental**. Lisboa: Universidade Aberta, 2010.
- VIEIRA, R. A. Implicações pedagógicas da abordagem histórico-cultural: aproximações. In: **Anais do IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE e o III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia – ESBPp**. p.3998-4009, Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009.
- WARBURTON, N. **Elementos básicos de filosofia**. 2.ed. Lisboa: Gradiva, 2007.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ZEIDLER, D. et al. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education, **Science Education**, n. 89, p.357–377, 2005.

CAPÍTULO 2: Um modelo teórico para o ensino a partir de questões sociocientíficas: explicitando dimensões éticas e políticas dos conteúdos na educação científica

Introdução

A educação científica tem buscado contribuir com a formação de cidadãos capazes de compreender a natureza da ciência e aplicá-la no cotidiano, principalmente devido ao agravamento dos problemas socioambientais e a relevância do conhecimento científico nesse contexto (BELL; LEDERMAN, 2003; PEDRETTI, 2003). No entanto, o domínio do conhecimento científico não é suficiente para o enfrentamento desses problemas pelos cidadãos, sobretudo se aprendido de modo isolado de outros conhecimentos, habilidades, valores e atitudes (HODSON, 2011; HEMPEL, 2014).

Como instituição social, caracterizada por práticas humanas e ideologias, a educação influencia a formação de pessoas que atuarão para atenuar ou agravar as condições e os problemas socioambientais (ARANHA, 2006; FOUREZ, 2008; TAN, 2009). Nesse sentido, uma educação que se pretenda neutra, *por omissão*, contribui para a manutenção dos problemas tal como eles estão. Por exemplo, uma educação que pretenda manter-se neutra com relação às questões de gênero, por não abordar o sexism explicitamente nos processos de ensino e aprendizagem (e.g., em discussões sobre consideração moral, alterização, violência de gênero, identidade sexual e determinismo genético) e nas políticas educacionais (por exemplo, com a inclusão desse tema no currículo escolar), é uma educação que exclui ou negligencia o tema no universo escolar/acadêmico. Uma vez que já não há equidade na convivência social entre pessoas de diferentes gêneros, em diferentes contextos, tal omissão (assim como outras, inclusive em outros contextos) contribui para a perpetuação de práticas sociais que aumentam a gravidade do problema em foco, como, por exemplo, maior frequência de eventos de preconceito ou segregação de gênero, manifestados concretamente nos atos violentos contra mulheres.

Em particular, cabe notar que a assunção desta suposta neutralidade na educação é, muitas vezes, comum na abordagem pedagógica *tradicional*, entendida como aquela que (sendo predominante desde a popularização das escolas, na idade moderna, nos séculos XVI e XVII, no ocidente, associada a ordens religiosas) mantém um grupo de conhecidas estratégias e métodos de ensino consolidados e que ainda persistem atualmente em muitas salas de aula (ARANHA, 2006; FOUREZ, 2008). Algumas características gerais da educação tradicional, principalmente quanto à sua organização social, são, por exemplo: a disposição enfileirada das carteiras dos estudantes; o uso de um sinal sonoro para indicar mudança de disciplina (com analogia ao sinal de fábrica que indica mudança de turno); a autoridade para a transmissão ativa do conhecimento centrada no professor; a obediência e a passividade como características desejadas no estudante; a homogeneização dos êxitos, expressos no alcance da memorização de conceitos, etc. Essa educação cumpre a função social de reproduzir um modelo de sociedade, mantendo o *status quo* (BOURDIEU, 2007).

A educação científica, em particular, sob uma perspectiva da abordagem tradicional (também considerada aqui como educação científica tradicional-tecnicista, pois, no ensino de ciências, é predominante o ensino de técnicas e procedimentos), pode ser descrita a partir de características, como:

- ✧ *Ênfase na transmissão de conhecimentos científicos consolidados culturalmente* (i.e., transferência de informações do professor para os estudantes, desconsiderando conhecimentos prévios destes, e valorizando apenas um ponto de vista, hegemônico, sobre a ciência).
- ✧ *Descontextualização socioambiental* (i.e., que não considera explicitamente a ciência como uma atividade humana relacionada a um contexto sociocultural e ambiental mais complexo e abrangente, no qual há influências mútuas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente).
- ✧ *Conceitualismo* (i.e., predomínio de exposição, pelo professor, e memorização, pelos estudantes, de fatos, termos e definições científicos, os quais são assumidos como o verdadeiro objeto da educação, em detrimento de aprendizagem de valores, normas e atitudes).

- ❖ *Tecnicismo* (i.e., predomínio de apresentação e reprodução de procedimentos técnicos e experimentos científicos, em detrimento de valores, normas e atitudes presentes na ciência e na tecnologia).

Em suma, tal educação assume como seu objetivo a transmissão eficiente (pelo professor) e a suposta aprendizagem (pelo estudante) de informações acumuladas ao longo da história e, por isso mesmo, há pouco espaço para um incentivo à crítica, ao diálogo, à criatividade ou à reflexão sobre valores, ideologias e contextos relacionados à ciência e à tecnologia (MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; CONRADO; EL-HANI, 2010; FOUREZ, 2008, 1995; BARRETT; PEDRETTI, 2006; ARANHA, 2006; KNIGHT; WOOD, 2005; HODSON, 2004; MATTHEWS, 1994).

Contudo, cabe reconhecer as contribuições das estratégias de ensino inerentes à abordagem tradicional-tecnicista, na educação científica, para a aprendizagem de fatos, conceitos e técnicas, mas isso não é suficiente para a formação do cidadão, sobretudo diante dos desafios contemporâneos. A deficiência para o ensino de ciências está no predomínio dessas estratégias e dos modelos de ensino baseados na abordagem tradicional-tecnicista, que dificultam o cumprimento de muitos dos objetivos educacionais estabelecidos para a educação científica, uma vez que essas estratégias estão fundamentadas em pressupostos que reproduzem modelos e ideologias dominantes do sistema social vigente (LUCKESI, 2011; FOUREZ, 2008). Por sua vez, tal sistema social que apoia a manutenção e o predomínio da abordagem tradicional-tecnicista na educação científica contribui para o aumento de problemas e danos a indivíduos, sociedades e ambientes (BENCZE; ALSOP, 2009), por privar o cidadão de uma formação mais ampla e crítica, seja na educação básica, seja na superior.

Nesse sentido, a educação científica, quando privilegia apenas a aprendizagem das dimensões conceituais e procedimentais dos conteúdos científicos, está contribuindo para a formação de cidadãos acríticos em relação às influências mútuas entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (VON LINSINGEN; CASSIANI, 2010), pois desprivilegia ou negligencia dimensões éticas que inevitavelmente estarão presentes tanto na atividade científica quanto nas escolhas e ações cotidianas dos cidadãos (FOUREZ, 1995; 2008).

Muitos trabalhos têm ressaltado a importância de serem explicitados os valores associados à ciência e à tecnologia, indicando a relevância da dimensão atitudinal do conteúdo – ou algo similar – no ensino de ciências (HODSON, 2014; SANTOS, 2012; GOERGEN, 2007; ZEIDLER *et al.*, 2005; SADLER, 2004a), sobretudo para: dar conta da diversidade de interesses e capacidades dos estudantes, que não podem ser reduzidos a uma dimensão puramente conceitual e/ou procedural (ZABALA, 1998); uma melhor compreensão da atividade científica (LACEY, 2010); a mobilização de conteúdos científicos no cotidiano (CONRADO, 2013); o reconhecimento da influência de valores no desenvolvimento científico e tecnológico (SADLER, 2004a); a percepção de pertencimento a uma comunidade e responsabilidade em relação aos problemas socioambientais, que afetam esta comunidade, por exemplo (MARTÍN, 2006).

Adicionalmente, não é suficiente, também, fomentar uma *educação para a democracia*, quando não se esclarecem os *valores* presentes nos diversos grupos sociais e que alguns valores são dominantes em detrimento de outros de acordo com determinados ideais de sociedade. Este não esclarecimento pode levar, por exemplo, à aceitação acrítica de ideias ou de raciocínios contraditórios, pois inadvertidamente podem-se assumir bases éticas (em termos dos fundamentos teóricos sobre ações e valores) incompatíveis com certos ideais sociais. Por exemplo, assumir o princípio da utilidade (que afirma que as ações devam visar resultados que maximizem o bem para o máximo de envolvidos), pode ser incompatível com a formação de cidadãos para um mercado de trabalho que beneficia um pequeno grupo, com prejuízos à grande parte da população e do meio ambiente. Trata-se de assumir, por escassez de uma reflexão crítica sobre valores, uma incompatibilidade entre, de um lado, os fundamentos e os meios (isto é, as bases éticas, nos valores e ações) e, de outro, os fins (isto é, os ideais sociais a serem alcançados). Por exemplo, uma democracia que – com base em certos fundamentos ideológicos – privilegie ações, como o individualismo, a competição, a exclusão, a manipulação, o consumismo, fundamentadas em uma tendência ética egoísta e concretizadas numa maior valorização do bem privado sobre o bem público, é incompatível com os fins de justiça social e sustentabilidade ambiental, ideais, via de

regra, associados a maior *altruísmo*¹⁶ (SINGER, [1981] 2011). Desse modo, se o objetivo da educação for formar cidadãos capazes de mobilizar, nas práticas cotidianas, determinados conhecimentos, habilidades e valores voltados à superação de problemas socioambientais em sociedades democráticas (a partir de participação social ativa, baseada em virtudes), as estratégias adotadas na educação tradicional-tecnicista, apesar de conterem elementos que oferecem contribuições relevantes (que podem ou não ser necessárias), não são, certamente, suficientes para o alcance desse objetivo da educação, sobretudo, por ocultar valores envolvidos nos processos de transmissão dos conhecimentos historicamente acumulados, o que também reforça a não importância de se refletir sobre os valores na tomada de decisão do sujeito e na sua prática social.

Tentativas de superação dos problemas da educação científica tradicional-tecnicista têm acontecido em diversas frentes de atuação, por diferentes atores sociais. Por exemplo, alguns têm recomendado investir na qualidade da formação de professores que atuarão ou atuam na educação científica (e.g. MARTÍNEZ PÉREZ, 2012); outros na elaboração colaborativa de materiais instrucionais, sequências didáticas e recursos pedagógicos (MARTÍNEZ PÉREZ; VILLAMIZAR FÚQUENE, 2014; SARMENTO *et al.*, 2013; VELLOSO, 2009; SÁ; QUEIROZ, 2007; 2010); além de ações para a promoção de mudanças em nível jurídico ou político (e.g. BRASIL 1997; 1998). Certamente, tais recomendações não são mutuamente excludentes, sendo razoável imaginar que uma

¹⁶ O altruísmo tem relação com um conjunto de valores que precisa ser mais fomentado, seja nas relações sociais em geral, seja nas instituições de ensino, em particular; pois viabiliza a convivência em uma sociedade baseada em bem-estar, confiança, segurança, paz, etc. (KRAUT, 2016). Neste sentido, valores associados ao altruísmo, como respeito, solidariedade, comprometimento com a política local, justiça e não-violência, estão vinculados à aprendizagem e ao exercício da cidadania (LODI; ARAÚJO, 2007), e são considerados relevantes no desenvolvimento moral do estudante, conforme Sadler (2004a); Zeidler *et al.* (2005); Colucci-Gray *et al.* (2006); Lodi e Araújo (2007); Bencze e Alsop (2009); Guimarães, Carvalho e Oliveira (2010); Hodson (2003; 2010); Conrado, El-Hani e Nunes-Neto (2013); Saunders e Rennie (2013); Silva e Santos (2014), e outros. Além disso, faz-se necessária também, em articulação com uma educação moral, uma educação política efetiva, já que sem esse estímulo na educação, os cidadãos podem se tornar politicamente apáticos e não participativos (PINZANI, 2013), uma vez que podem até *compreender* um problema socioambiental, mas não serem capazes de *perceber*, *refletir* e *agir* sobre a influência de valores e ideologias (individuais e coletivos) nas decisões que afetam esse problema. Por exemplo, o estudante pode *saber* sobre os malefícios individuais, sociais e ambientais do uso do cigarro, *conhecer* os efeitos dos componentes do cigarro no organismo, *entender* que não deve fumar em locais fechados, mas, ainda assim, não ser capaz de *optar* por não fumar e *agir* em relação à sua decisão, por diversas razões, por exemplo, desconhecer (na teoria e na prática) ideologias hegemônicas de consumo e de valorização da satisfação imediata de desejos, presentes em diversos contextos educativos, que exercem controle e reforçam determinados hábitos e decisões individuais e coletivas, o que pode restringir a liberdade de escolha do sujeito.

solução mais profunda e duradoura para aumentar a qualidade dos processos de ensino e aprendizagem, assim como da formação de professores e estudantes críticos e participativos, dependa de uma articulação equilibrada e consciente de diversas destas frentes de atuação, em esforços coletivos, de médio e longo prazos.

A própria explicitação de ideologias, fundamentos filosóficos e valores é um pressuposto necessário para compreender e esclarecer as finalidades da educação e, a partir disso, assumir compromissos e métodos condizentes com a formação pretendida para o sujeito, considerando o sistema social que o contém. Nesse contexto, a formação de cidadãos capazes de agir em favor de maior justiça social e sustentabilidade ambiental, a partir de ações sociopolíticas, tem sido apontada como um importante objetivo da educação científica, conhecida como letramento científico crítico (BENCZE, 2014; HODSON, 2011; BENZCE; ALSOP, 2009; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, *no prelo*).

O letramento científico crítico pode ser relacionado com uma educação científica voltada à formação de ativistas sociais, que são cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de dialogar criticamente, considerando o passado e o presente, questionando discursos autoritários, além de reconhecer forças antidemocráticas que neguem a justiça social e política (assim como a sustentabilidade ambiental), e de ser participativo e crítico nas esferas públicas local, nacional e global, compreendendo as relações entre elas, buscando um mundo mais justo socialmente e sustentável ambientalmente, seja com ações individuais ou coletivas (CONRADO *et al.*, 2012; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014; BENCZE; ALSOP, 2009; GIROUX; GIROUX, 2006; HODSON, 2003; 2010; 2011). Para isso, em nosso entender, algumas vezes, seria necessária uma transformação pessoal, que aumente o senso de pertencimento e de coletividade, além da predisposição para o desenvolvimento de virtudes. Assim, essa abordagem destaca (e revela) dimensões ética e política que não estão explícitas em outras formas de letramento científico.

Para Hodson (2011), nesse sentido, a expressão “letramento científico crítico” carrega um extenso significado, sobretudo, de que sua função mais importante é a de desenvolver independência intelectual e autonomia pessoal do sujeito, de modo que este seja capaz de avaliar diferentes posicionamentos, ideologias e valores envolvidos nas

práticas sociais, com destaque para aquelas relacionadas com ciência e tecnologia. O autor menciona características relacionadas com o letramento científico crítico, como: a capacidade para agir de modo independente de discursos e práticas autoritários; a habilidade de percepção aprofundada sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade, economia e política, para além do que está aparente, na superfície, de modo a reconhecer que determinados pontos de vista podem excluir certos grupos; a sensibilidade para interagir considerando diferentes gêneros, linguagens, conhecimentos, etc.; a disposição para tomar decisões e agir conforme consciência sobre seus princípios e valores; a assunção crítica e constante de refletir e avaliar os próprios conhecimentos, crenças, atitudes e valores.

Para Hodson (2004; 2011), o letramento científico crítico pode ser alcançado a partir do desenvolvimento do estudante em quatro níveis de sofisticação: a) identificar impactos sociais da ciência e da tecnologia e a influência cultural sobre elas; b) reconhecer que o desenvolvimento científico e tecnológico relaciona-se à distribuição de riqueza e poder, e que os benefícios para alguns podem ocorrer à custa de prejuízos a outros; c) avaliar e estabelecer pontos de vista próprios e posições de valor; d) tomar decisões, preparar-se e agir sobre problemas socioambientais.

Neste âmbito, enfatizamos as bases teóricas de uma abordagem de educação científica contextualizada por problemas socioambientais em níveis local, regional, global, objetivando uma formação mais crítica e integral dos estudantes, consoante com a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, a partir do alcance do letramento científico crítico. Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar e discutir um modelo teórico para a educação científica (particularmente, o ensino de ciências), alternativo ao modelo tradicional-tecnicista (baseado em métodos e estratégias voltados para acumulação acrítica de conceitos e técnicas, ocultando a valores envolvidos na ciência e na tecnologia), fundamentado na Educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), baseado no ensino sobre questões sociocientíficas (QSCs), a partir de contribuições da literatura, e considerando os conteúdos nas dimensões CPA (conceituais, procedimentais e atitudinais; isto é, contemplando, explicitamente, as dimensões ética e política dos conteúdos), voltado ao alcance de um letramento científico crítico.

Para alcançar esse objetivo, discutiremos: os fundamentos da Educação CTSA, nas vertentes que enfatizam a explicitação dos valores morais e ações para maior justiça social e sustentabilidade ambiental; o uso de QSCs, como casos com questões norteadoras/orientadoras, de forma a atingir determinados objetivos de aprendizagem, com a finalidade de formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis; e a consideração de múltiplas dimensões dos conteúdos (*i.e.*, os objetos dos processos de ensino e aprendizagem). A síntese que propomos neste trabalho – concretizada em um modelo teórico para o ensino de ciências – pode ser caracterizada como uma “síntese integrativa” (*integrative synthesis*), conforme Pickett *et al.* (2007), ou seja, como uma combinação criteriosa de diferentes elementos provenientes de abordagens teóricas já existentes sobre o assunto, os quais, uma vez articulados de uma nova maneira, resultam em uma síntese nova.

Assim, consideramos vários elementos dos modelos para o uso de QSCs, no ensino de ciências, propostos na literatura (discutidos e analisados no capítulo 1 dessa tese) para articularmos em nossa própria proposta.

Em particular, a partir de uma síntese dos três temas principais acima, apresentaremos um modelo teórico, no qual as propostas de ensino baseadas em QSCs são compostas de três elementos principais, articulados em uma unidade didática básica (voltada para o letramento científico crítico): QSCs elaboradas como histórias ou casos; questões norteadoras para abranger relações CTSA; objetivos de aprendizagem, considerando três dimensões dos conteúdos. Por fim, apontamos algumas perspectivas relacionadas à adoção desse modelo teórico no ensino de ciências.

1 Educação CTSA como contexto pedagógico na abordagem de QSCs

No âmbito do movimento CTSA, a educação sob esta perspectiva (Educação CTSA) busca, a partir de maior contextualização, interdisciplinaridade e criticidade, alcançar um ensino mais humanitário e menos tecnocrático¹⁷, em especial no âmbito da

¹⁷ Aqui, entendemos a tecnocracia como um modelo político de responsabilização de especialistas sobre problemas da sociedade que envolvem a ciência e a tecnologia, pressupondo-se que estes especialistas tomariam decisões corretas e benéficas, de um modo ideologicamente neutro e sem conflito de interesses

educação científica e tecnológica (VON LINSINGEN, 2007; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2006; AULER; BAZZO, 2001; SANTOS, 2012). Pretende-se que as situações didáticas (que contextualizam os conteúdos científicos) contribuam para o aumento do interesse e o reconhecimento da importância desses conteúdos pelos estudantes para a solução de problemas do seu próprio cotidiano (EKBORG; IDELAND; MALMBERG, 2009; TORRES-MERCHÁN, 2011).

Como notam Barrett e Pedretti (2006), a educação CTSA, em qualquer situação em que ela é adotada, não é sempre uma educação transformadora, uma vez que ela se apresenta concretamente dentro de uma ou mais vertentes, as quais possuem objetivos diferentes. Além disso, uma Educação CTSA pode ser implementada muito mais para manter o *status quo* social e político, do que para promover mudanças efetivas rumo a maior equidade, justiça e sustentabilidade. Contudo, pensamos que, na educação CTSA, a promoção do letramento científico deve estar alinhada a uma educação transformadora, tomando como inspiração a pedagogia crítica de Paulo Freire (SANTOS, 2009; BARRETT; PEDRETTI, 2006; FREIRE, 1996), no sentido de superar a mera transmissão das informações sobre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Assim, buscamos uma educação CTSA orientada para promover condições para que os estudantes avaliem criticamente valores e interesses das estruturas sociais, engajando-se em ações para a promoção de uma sociedade mais justa e ambientalmente mais sustentável, compatível com os objetivos do letramento científico crítico. Isso significa ampliar o escopo da educação científica, em um contexto interdisciplinar e voltado aos problemas socioambientais atuais.

Em relação às abordagens da educação CTSA, discutidas no capítulo anterior, de acordo com Pedretti e Nazir (2011), nossa proposta é preponderantemente alinhada com as vertentes: 1) valores e desenvolvimento moral; e 2) justiça socioambiental e ativismo. Porém, também consideramos elementos das correntes baseadas em raciocínio lógico e argumentação; sociocultural e multiculturalismo; e histórica.

(AULER; DELIZOICOV, 2006). Nesse contexto, as soluções para os problemas socioambientais estariam condicionadas ao avanço científico e tecnológico. Segundo Von Linsingen (2007), a educação CTSA tem como um dos seus objetivos superar o salvacionismo e o determinismo tecnológico, e, para isso, seria necessária uma mudança na concepção de ciência e tecnologia, tanto nos cidadãos, em geral, quanto no currículo e nas políticas públicas.

Na vertente centrada nos valores e no desenvolvimento moral, representada por autores como Zeidler (2014) e Sadler (2004), buscamos explicitar, no planejamento do ensino, o reconhecimento dos valores relacionados à ciência e da importância da ética. Recomendamos atividades para discutir aspectos éticos das QSCs, além de práticas para o desenvolvimento de virtudes (epistêmicas e morais) relacionadas ao diálogo, à negociação, à investigação e à criticidade na tomada de decisão sobre problemas socioambientais que envolvam ciência (ZEIDLER *et al.*, 2005; LEVINSON, 2006). Na vertente que prioriza a formação de ativistas em favor da justiça socioambiental, representada por autores como Bencze e Alsop (2009) e Hodson (2011), buscamos explicitar: as influências mútuas entre política, economia e ciência; os fundamentos dos juízos morais; além de destacar atividades para desenvolver responsabilidade cívica e pensamento crítico para a realização de ações sociopolíticas que, muitas vezes, ultrapassam os limites físicos da escola. As principais atividades sugeridas são: a discussão de ideologias, valores e diferentes formas de opressão e manipulação da sociedade; a investigação sobre experiências relacionadas ao ativismo; o desenvolvimento de planos de ação; a organização de debates e projetos envolvendo a comunidade local; o uso de múltiplas formas de comunicação, como redes e grupos virtuais; o planejamento de movimentos sociais relacionados a uma QSC (HODSON, 2011; BENCZE; CARTER, 2011).

Conforme Pedretti e Nazir (2011), são colocadas algumas críticas em relação a essas vertentes, como, por exemplo, as objeções de que normas éticas (associadas, por exemplo, ao que é bom, justo e correto) são relativas e sobre a dificuldade de estabelecer um consenso global de valores. Inicialmente, podemos responder a estas críticas por meio de reflexões provenientes da filosofia moral.

As discussões sobre ética, atualmente, são caracterizadas por uma grande diversidade de pontos de vista, assim como há falta ou precariedade de ensino e de formação sobre o assunto (SAUNDERS; RENNIE, 2013; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2017). Nesse contexto, é comum as pessoas assumirem – principalmente aquelas que estão orientadas por um estado de pensamento pré-reflexivo, próprio do cotidiano – que ética é algo relativo. Contudo, se a ética fosse, de fato, relativa, e não existissem valores universais ou normas gerais mais abrangentes,

haveria um esvaziamento da própria ética, e, portanto, da fundamentação racional da conduta humana, o que está intimamente relacionada a bases e princípios que possibilitam a convivência humana em sociedade. No contexto de assumir que a ética é relativa, derivada da assunção de um relativismo cultural¹⁸, é comum atribuir a característica dela ser relativa à cultura; assim, se diz que as atribuições de valor e recomendações sobre o que devemos fazer, são relativas à cultura; ou seja, em suma, a cultura em que cada um vive – com seus próprios valores e crenças – é o que dita o que deve e o que não deve ser feito. Esta posição relativista, no entanto, apresenta diversos problemas, relacionados, inclusive, com a própria possibilidade de manutenção de sociedades ao longo do tempo.

A esse respeito, Rachels (2006), ao discutir os problemas associados à assunção de um relativismo ético, aborda que uma das origens da ética está relacionada ao controle da violência entre os seres humanos que viviam em grupos e, dessa forma, segundo o autor, haveria um critério universal para o estabelecimento de regras morais que independem de códigos morais de diferentes culturas, por ser algo geral, presente em todas as culturas, e que se configura como condição de possibilidade para a convivência social e, assim, para o desenvolvimento das diferentes culturas. Para Rachels (2010), a *prática social que não causa danos e sofrimento a quem é afetado por ela* define um padrão ético culturalmente neutro, porque considera o valor intrínseco da vida dos envolvidos, de modo a orientar padrões de certo e errado independente da cultura em questão. Isso não significa que esse padrão ético está *claramente* presente nas culturas (e determina todas as suas tradições), mas que seria uma base comum em suas origens.

Um problema da relativização da ética com relação a padrões culturais está em assumir que os critérios para o que se *deve fazer* são dados com base apenas em elementos de uma cultura *em particular*, não por algum padrão supra-cultural, ou seja, presente em todas as culturas. Aquele que defende uma relativização do certo e do errado, do que se *deve* e do que *não se deve* fazer, com base apenas na própria cultura, precisaria responder, no mínimo, uma difícil questão: como justificar (como corretas) relações de opressão, ou até mesmo de violência física, que, historicamente, fazem parte

¹⁸ Apesar de relevante, as discussões que envolvem distinções e assunções associadas ao relativismo cultural, às perspectivas interculturais e ao pluralismo cultural não são objetos de estudos dessa tese. Atualmente, temos trabalhos em preparação sobre essas discussões.

de certas culturas? Isso frequentemente está associado às faláciais tradicionalista (apelo à tradição para justificar a ação) ou naturalista (apelo à natureza como base para ação). Por exemplo, seria correto permitir a retirada de partes dos órgãos genitais de meninas, em algumas regiões, com base no fato de que isto é parte de uma tradição cultural (mesmo sabendo que elas sentem dores e são susceptíveis a infecções e sofrimento, pelos costumes)? Outro exemplo ilustra o mesmo ponto: seria correto continuar a permitir touradas, nos países onde ocorrem, porque isto é parte de uma tradição cultural (mesmo sabendo que eles sentem dores e são submetidos a grande estresse e sofrimento, pelo entretenimento humano)? Um último exemplo: a violência contra uma mulher brasileira é um erro, precisamente porque é parte de uma cultura (que condena o ato); ou porque é um ato de violência, que desrespeita um direito básico, que é o direito de não ser agredido (ou não sofrer nenhum tipo de violência), seja no Brasil, seja em qualquer outro país do mundo? (ou seja, independente de cultura específica) Parece-nos mais razoável pensar contra um relativismo ético, seguindo a Rachels (2006). Assim, muitas manifestações culturais (associadas ao que devemos fazer) seriam muito mais instâncias (isto é, exemplos ou ocorrências de uma classe ou categoria) nas diversas culturas específicas (com todas os vieses, riquezas, e dinâmicas que estas apresentam) de padrões morais mais amplos, que, em última instância, transcendem as culturas. Por exemplo, a prática da *não violência* pode ser orientada por valores globais supraculturais (*i.e.*, independente de uma cultura em particular), como o altruísmo e a tolerância.

Portanto, apesar da possibilidade de se assumir, em algum sentido, um relativismo cultural, isso não significa assumir condicionalmente um relativismo ético¹⁹, uma vez que muitas práticas culturais são apenas convenções sociais, e, portanto, produtos culturais, que podem mudar com a transformação da sociedade, ao longo do tempo; já os critérios universais que estão no surgimento da ética, estes não são meras convenções sociais

¹⁹ O debate metaético relacionado ao relativismo não é trivial e caberia um trabalho mais aprofundado sobre a natureza da moralidade, o que desviaria do propósito dessa tese. Assim, para um maior aprofundamento sobre o tema, recomendamos a leitura de Singer (2004); Dreier (2006); Sturgeon (2010); Rachels (2006; 2010); Shafer-Landau (2013); Rachels; Rachels (2014). Particularmente, esses autores defendem que não se pode assumir um relativismo ético (e, portanto, a falta de objetividade e universalidade em ética) como resultado de se reconhecer, para determinados contextos, um relativismo cultural.

(RACHELS; RACHELS, 2014), e, dessa forma, são estabelecidos enquanto condição de possibilidade para a convivência em sociedades.

Em termos de educação CTSA, por exemplo, avaliar situações em que há sofrimento de grupos envolvidos, em uma QSC, refletindo e realizando juízos morais sobre as *ações que causam sofrimento*, é uma forma de desenvolver criticidade, porque se permite alcançar razões profundas – frequentemente ocultadas – da exclusão da consideração moral. Refletir sobre hábitos e discutir práticas sociais que não concordamos, da nossa própria cultura, com base no esclarecimento dos valores envolvidos, também é um importante exercício de criticidade, que pode contribuir para uma transformação social e empoderamento dos cidadãos (além do alcance de um letramento científico crítico).

Em relação às críticas relacionadas à adoção de um tipo de democracia como forma padronizada de organização da sociedade, e à adoção de um arcabouço filosófico específico (como, por exemplo, a teoria crítica ou as correntes pós-estruturalistas) para justificar a necessidade de empoderamento e emancipação do cidadão (o que excluiria outros arcabouços filosóficos da educação, com diferentes propósitos, como o de obediência às tradições culturais e a manutenção do *status quo*); em primeiro lugar, cabe notar que será a partir de uma reflexão ética e política adequada (isto é, no mínimo, bem aprofundada e explícita quanto aos pressupostos assumidos do que é comumente realizado) que uma sociedade ou grupo poderá definir o justo, o bom e o correto. Geralmente, tal reflexão tem como base a filosofia moral, que oferece critérios para decidir sobre os ideais mencionados, o que implica em assumir explicitamente certas posições políticas. Assim, o mais importante, neste ponto, nos parece, é o estabelecimento de critérios claros para definir o bom, o justo e o correto, entendendo que a adoção de um critério claro, de um certo ponto de vista, com certos interesses (como não poderia deixar de ser, por tratar-se de discussões filosóficas), não exclui a possibilidade de novas visões, de novos critérios, potencialmente divergentes. Com relação à objeção que aponta para uma aparente tensão entre empoderamento e emancipação, de um lado, e a adoção de um arcabouço teórico específico, de outro, acreditamos que ela não seja, de fato, problemática, desde que se aceite a perspectiva de uma relação dialética – e assim, possivelmente, tensionada – entre a teoria filosófica

específica subjacente, e a prática social (*práxis*) do empoderamento, da reflexão e do ativismo, explorando, assim, as possíveis contribuições mútuas entre teoria e prática social. Neste sentido, a prática do pensamento crítico em sala de aula, com todas as possibilidades filosóficas que lhe fundamentam, parece ter um papel muito relevante, uma vez que é uma manifestação de emancipação e empoderamento na educação.

As outras vertentes da Educação CTSA que também influenciam nosso modelo estão, principalmente, relacionadas às seguintes atividades de ensino sugeridas:

- ✧ *Atividades de raciocínio lógico e argumentação*: como parte do conteúdo científico que prioriza procedimentos e atitudes essenciais para processos de comunicação científica, representando oportunidades de aprender a ciência, aprender sobre ciência, e articular-se para tomada de decisão responsável, uma vez que o processo argumentativo está vinculado à escolha de determinadas informações, que é orientada por ideologias, valores, interesses, etc. Nesse sentido, além das atividades de argumentação, sugerimos análise de atores sociais (*stakeholders*); uso de modelos de tomada de decisão; debates sobre riscos e benefícios, relacionados à QSC.
- ✧ *Atividades para a consideração de outros conhecimentos, além do conhecimento científico*: para refletir sobre a natureza da ciência e combater o cientificismo²⁰, a partir de ampla contextualização do tema abordado na QSC, com discussão dos limites dos conhecimentos científicos e técnicos e de articulação com conhecimentos culturais, valores, crenças, ideologias e histórias semelhantes.
- ✧ *Atividades para compreensão de aspectos históricos e sociais da ciência*: como atividades de simulação, narrativas históricas, assunção de diferentes papéis sociais, a fim de explicitar fatores históricos, sociais e econômicos que influenciam a ciência e sua divulgação.

Particularmente, uma atividade que sugerimos, para abordar a discussão das relações CTSA de uma QSC, nas perspectivas que defendemos (explicadas acima), é a

²⁰ O cientificismo pode ser entendido como a hegemonia cultural e a supervalorização da ciência como única forma de conhecimento verdadeiro sobre a realidade e, consequentemente, confiança na explicação científica como única possível e crença exagerada no poder da ciência. Modelos de educação tradicionais, tecnicistas e pouco críticos tendem a reforçar, seja explicitamente, ou por omissão, o cientificismo, nas aulas de ciências (CONRADO; CONRADO, 2016a; 2016b; CONRADO, 2013).

representação em mapas das relações CTSA, com base em Bencze (2008²¹), exemplificada na Figura 1. Nesse mapeamento, poderão ser percebidas as influências mútuas entre conhecimentos científicos e tecnologias e condicionantes socioambientais. O professor também pode elaborar questões para auxiliar o estudante na organização das informações entre diferentes culturas, valores e crenças e o papel da ciência nas discussões e análise de QSCs. Essa figura representa, sobretudo, a complexidade das QSCs, explicitando relações que muitas vezes estão ocultas numa abordagem disciplinar e predominantemente conceitual do conteúdo em sala de aula. Nesse sentido, essa concepção dos conteúdos em rede permite ao professor (ou também aos estudantes) selecionar o que é mais relevante (ou estruturante) para cada momento, relacionando com os objetivos de ensino e de aprendizagem, sem perder a concepção das inter-relações entre os conteúdos. A partir da elaboração dessas relações, representadas em um mapa, será possível, inclusive, perceber os diferentes atores sociais envolvidos e as conexões entre diferentes disciplinas.

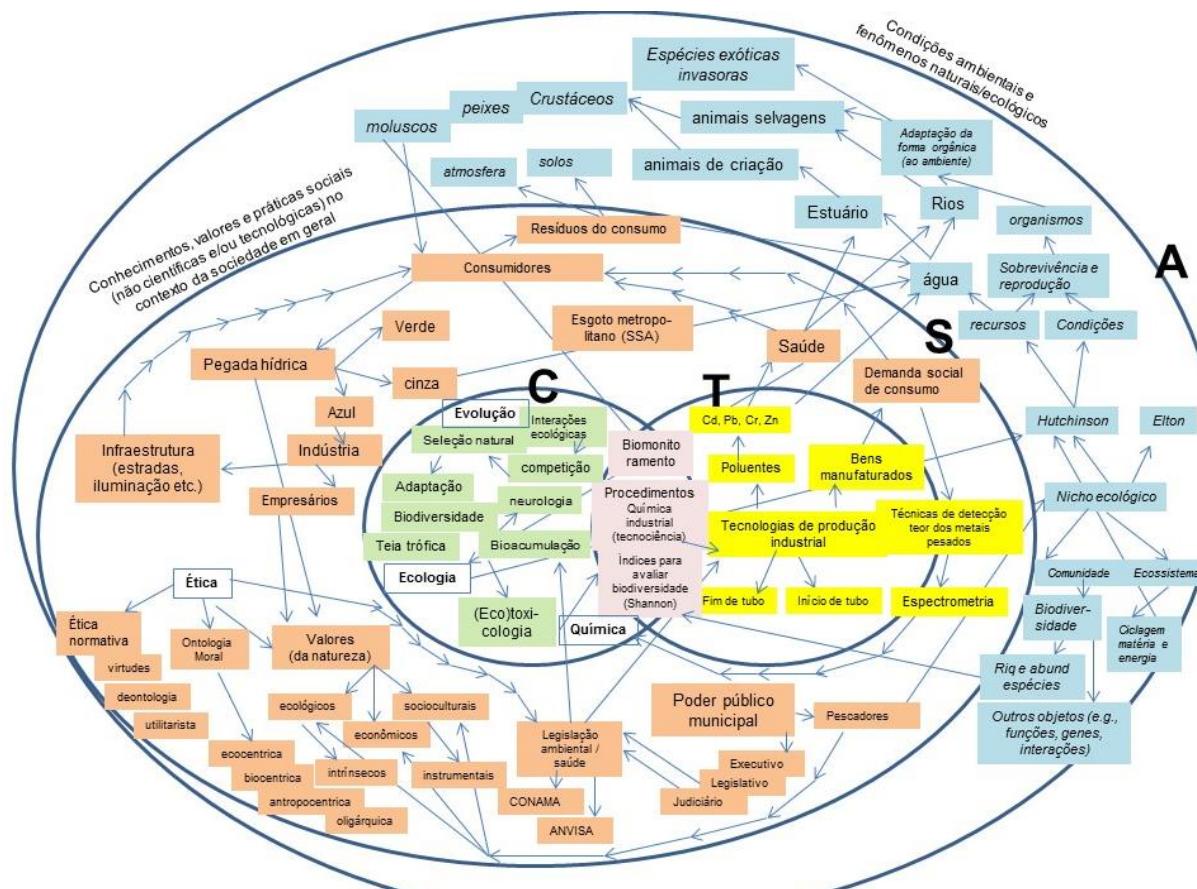
De um modo geral, apesar de suas particularidades, em todas as suas vertentes, o enfoque da Educação CTSA na educação científica tem permitido uma melhor compreensão dos papéis docente e discente voltados ao "[...] desenvolvimento de atitudes e valores correspondentes à compreensão da ciência como uma atividade cultural" (MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013, p. 25), combatendo os denominados mitos do cientificismo (SANTOS; MORTIMER, 2002; AULER, 2007; CONRADO; EL-HANI, 2010; CONRADO; CONRADO, 2016), assim como possibilitou a integração explícita de aspectos éticos e políticos no ensino de ciências (HODSON, 2011). Contudo, ainda são apontadas dúvidas e dificuldades para a implementação da educação CTSA no ensino de ciências, particularmente nessas duas vertentes (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; SAUNDERS; RENNIE, 2013; HODSON, 2013; BAZZUL, 2014). Neste contexto, uma reorganização curricular é necessária, sendo que inovações educacionais, como estratégias de ensino voltadas ao ativismo e às ações sociopolíticas, têm sido propostas e desenvolvidas, nos últimos anos, a fim de atender a estas

²¹ A figura na qual nos baseamos para organizar um mapeamento de relações CTSA foi encontrada no site: <https://webspace.oise.utoronto.ca/~benczela/STSEEd.html>

demandas (REIS; NG-A-FOOK; GLITHERO, 2015; BENCZE; CARTER; KRSTOVIC, 2014; REIS, 2014; 2013; MARTÍNEZ PÉREZ, 2012).

O modelo que propomos neste capítulo, para aplicar tais pressupostos da Educação CTSA, baseia-se no uso de QSCs, a partir de uma visão ampla de conteúdos, seções que abordaremos a seguir.

Figura 1 – Exemplo de mapeamento dos elementos e relações entre os domínios CTSA para o tema poluição hídrica da Bahia de Todos os Santos



Fonte: Conrado *et al.* (em preparação).

2 Questões Sociocientíficas como meio para a Educação CTSA

Apesar de diferentes maneiras de considerar as relações entre as QSCs e a Educação CTSA, seguimos uma tendência nacional, segundo Azevedo *et al.* (2013), de considerar o uso das QSC como forma de viabilizar a Educação CTSA no contexto

educacional, sendo que as propostas de ensino baseadas em QSC, portanto, contemplam as relações CTSA (CONRADO, 2013; PEDRETTI; NAZIR, 2011; BENCZE; ALSOP, 2009). As QSCs são importantes situações ou problemas complexos ou pouco definidos, que envolvem conteúdos inter ou multidisciplinares, sendo que os conhecimentos científicos são fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas. Além do conhecimento científico, particularmente, conhecimentos de filosofia (sobretudo de ética) e história são relevantes e geralmente mobilizados na resolução desses problemas, uma vez que envolvem discussões sobre valores, controvérsias, com posicionamento e tomada de decisão (SADLER; BARAB; SCOTT, 2007; RATCLIFFE; GRACE, 2003; KOLSTØ, 2001). Bons exemplos de temas sobre QSCs são: aquecimento global, perda de biodiversidade, extinção de abelhas com consequente redução da produção de vegetais, poluição hídrica, racismo, entre outros.

Ainda, cabe ressaltar que, no intuito de potencializar a aprendizagem sobre algum tema, a conexão afetiva/emocional entre a controvérsia sociocientífica e o estudante é um fator essencial para seu engajamento na resolução do problema e na busca de ferramentas e conhecimentos relacionados ao tema (KERCKHOFF; REIS, 2014; SADLER, 2004b). Abordar temas relacionados diretamente com o contexto dos estudantes facilita seu envolvimento e aumenta a possibilidade de discussão e percepção sobre diversos aspectos da situação, além de permitir participação real nos processos de tomada de decisão. O engajamento e a aproximação afetiva/emocional auxiliam na percepção de que o estudante é um responsável direto e, por isso, necessário para promover mudanças no sentido de resolver ou mitigar os problemas socioambientais atuais, sejam aqueles que o afetam diretamente ou indiretamente. Nesse sentido, segundo Reis (2013a), as QSCs são úteis para uma melhor aprendizagem de conteúdos científicos aliada ao desenvolvimento cognitivo e ético dos estudantes. Do mesmo modo, Zeidler *et al.* (2005) consideram o uso de QSCs como uma estratégia pedagógica com metas claramente definidas e voltada, inicialmente, para o conhecimento e a compreensão das interligações entre CTSA, mas também uma forma de considerar crenças e desenvolvimento moral dos estudantes.

As QSCs podem ser planejadas e transpostas para o ensino, no âmbito de uma estratégia didática ou um método de ensino que permita aos estudantes mobilizar e

aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado com o entorno e o cotidiano, assim como compreender criticamente a natureza da ciência e desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento crítico (KRSTOVIC, 2014; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013; SOLBES, 2013; TORRES MERCHÁN, 2011).

Portanto, as propostas de ensino baseadas em QSCs, quando adotadas como uma estratégia ou um método de ensino, na educação científica, tendem a estar associadas às seguintes características:

- ✧ estimulam *discussões interdisciplinares* sobre um tema, geralmente, veiculado nos *meios de comunicação de massa* (HODSON, 2013; MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; CHANG RUNDGREN; RUNDGREN, 2010; EKBORG; IDELAND; MALMBERG, 2009);
- ✧ explicitam *implicações éticas* (REIS, 2013a; SAUNDERS; RENNIE, 2013; SADLER; ZEIDLER, 2004) e *ambientais* (COLUCCI-GRAY *et al.*, 2006; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013);
- ✧ mobilizam *conhecimentos científicos de fronteira* (BENCZE; ALSOP, 2009; REIS; NG-A-FOOK; GLITHERO, 2015; HODSON 2013);
- ✧ envolvem discussão de *valores morais, interesses e opiniões* (ZEIDLER *et al.*, 2005; HODSON, 2004; SADLER, 2004a; BERKOWITZ; SIMMONS, 2003); e
- ✧ possibilitam *tomada de decisão e ação* dos participantes (MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013; HODSON, 2011, 2013; SANTOS, 2009; RATCLIFFE; GRACE, 2003).

No âmbito da educação científica formal, as propostas de ensino baseadas em QSCs podem ser utilizadas para desenvolver nos estudantes:

- ✧ *compreensão e reflexão crítica* sobre as relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente, uma vez que se exploram diferentes dimensões e pontos de vista sobre um conteúdo científico (SOLBES, 2013; HODSON, 2013; MARTÍNEZ PÉREZ, 2012; SANTOS, 2009);
- ✧ *habilidades* de busca, seleção, análise e avaliação de informações sobre um tema controverso, o que envolve o estudante em um *processo investigativo* (KRSTOVIC, 2014; REIS, 2014; TORRES-MERCHÁN, 2011);

- ✧ *capacidade de raciocínio moral* para avaliar e julgar a situação, a partir da explicitação de valores e diferentes cursos de ação envolvidos (GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; TORRES-MERCHÁN, 2011; REIS, 2013a; ZEIDLER *et al.*, 2005);
- ✧ *envolvimento e desenvolvimento de maior senso de responsabilidade* enquanto parte da população capaz de intervir sobre o desenvolvimento científico e tecnológico e seus impactos sociais (REIS, 2013b; SANTOS, 2009; LEVINSON, 2006);
- ✧ oportunidades para que realizem *ações sociopolíticas* e iniciativas de *ativismo*, o que pode conduzir a transformações de suas identidades enquanto pessoas (REIS; NG-A-FOOK; GLITHERO, 2015; BENCZE; CARTER; KRSTOVIC, 2014; HODSON, 2011; 2013; BENCZE; ALSOP, 2009).

No contexto da aplicação das propostas de ensino baseadas em QSCs, é importante que a aprendizagem de ciências para a formação de cidadãos mais autônomos e participativos considere não apenas o conhecimento científico, mas também conhecimentos prévios e valores socioculturais do entorno do sujeito (HODSON, 2011). Por fim, em uma estrutura curricular, com base em QSCs, pode-se superar uma relação (ainda presente em salas de aula de modo muito comum) em que, de um lado, há o estudante, passivo e receptor de informação, e, do outro, há o professor, centralizador e transmissor da informação, para uma relação em que o estudante constróiativamente seus conhecimentos, estimulado para mobilizar dados, teorias, técnicas e valores para auxiliar na resolução de um problema real. O professor, nessa relação, atua muito mais como um consultor crítico, que orienta e facilita a aprendizagem, além de fornecer apoio emocional e teórico, a partir de atividades de reflexão sobre as informações, sofisticação de argumentos, entre outras. Essa relação não se restringe, necessariamente, a estudantes e professores, mas pode também envolver, por exemplo, a comunidade local. A esse tipo de relação, Hodson (2011) denomina *comunidade de aprendizagem*, a qual depende, para seu próprio funcionamento, do esclarecimento de regras ou normas sociais como respeito, corresponsabilidade, tolerância e boa vontade.

2.1 Uso de casos e questões norteadoras para a abordagem das QSCs

Inspirando-nos em Sá e Queiroz (2010), Lima e Linhares (2008) e Velloso *et al.* (2009), assim como em trabalhos prévios nossos (CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2015; CONRADO, 2013; CONRADO *et al.*, 2012), nos parece adequado abordar QSCs na forma de casos, construídos como histórias curtas, contendo, se possível, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural(is) dos estudantes. A este elemento das propostas de ensino baseadas em QSCs denominamos simplesmente *caso ou história*. A organização de uma sequência de eventos na forma de uma história, como no uso de narrativas, é um modo de explicitar diferentes interpretações, pontos de vista, crenças e juízos de valor, além de permitir a aproximação do tema controverso com o estudante, contribuindo para sua sensibilização e seu engajamento (ZEIDLER *et al.*, 2005; LEVINSON, 2006). As narrativas, conforme Faraco (1992), são compostas por enredo; pessoas ou personagens; lugar da ocorrência dos fatos; narrador e foco narrativo (*i.e.* ponto de vista do narrador, podendo ser um personagem da história ou um narrador que não participa da história). Como recurso didático, as narrativas possibilitam o diálogo e a articulação entre os conteúdos de diferentes áreas do conhecimento, além de suscitar a participação indireta do leitor sobre os fatos, processos e atividades da ciência (SANTOS; CARMO, 2015).

O uso de casos – como temos defendido – nos permite observar possíveis tomadas de decisão, que envolverão, sobretudo, os elementos da dimensão atitudinal. Na discussão sobre razões que influenciam a tomada de decisão, além dos conhecimentos científicos e tecnológicos e conhecimentos não científicos e não tecnológicos, elementos de ética poderão ser colocados, pelo professor, como: as teorias éticas que fundamentam a justificativa para a decisão tomada (RACHELS, 2006; SINGER, [1981] 2011); e a ontologia moral para a consideração moral dos envolvidos (FELIPE, 2009; SINGER, [1981] 2011). Nesse sentido, o uso de casos sobre QSCs, além de aumentar o interesse dos estudantes pela ciência, contextualizada em situações cotidianas (EKBORG; IDELAND; MALMBERG, 2009; CONRADO, 2013), potencializa a promoção de habilidades de pensamento crítico, desenvolvimento moral e também auxilia na configuração de um ambiente para o desenvolvimento de empatia e engajamento, tanto no discurso, como na reflexão sobre relações CTSA (ZEIDLER *et al.*, 2005; KAHN; ZEIDLER, 2016).

Contudo, o caso por si só pode ser mal ou subutilizado para o desenvolvimento de habilidades, conhecimentos e atitudes, uma vez que é amplo, complexo, etc., o que pode dificultar o alcance dos objetivos de aprendizagem pelos estudantes. Deste modo, a fim de mobilizar determinados aspectos, sobretudo dos problemas sociocientíficos presentes no caso, de acordo com nossa abordagem, no contexto educacional, sugerimos a utilização do que chamamos de *questões norteadoras* (podendo ser também denominadas orientadoras ou mobilizadoras). Estas são, simplesmente, questões claramente colocadas como perguntas sobre o caso e/ou sobre aspectos globais que podem estar instanciados no caso, e que demandarão, dos estudantes, ações condizentes com os objetivos de aprendizagem previamente definidos. Conforme Fullick e Ratcliffe (1996), as questões norteadoras se aproximam da estratégia de discussões, em grupos, sobre questões que dirigem, de modo equilibrado, a atenção dos estudantes para a natureza do problema, as possíveis soluções e estimulam um debate crítico acerca dos valores que fundamentam as diferentes soluções. Jones *et al.* (2012) indicam o uso de questões norteadoras para mostrar complexidades, diferentes escalas (pessoal, local, nacional, global, etc.) e múltiplas perspectivas. Ainda, as questões norteadoras podem ter diferentes graus de profundidade sobre a discussão de determinados aspectos do caso. Desse modo, os estudantes poderão, inicialmente, responder questões mais gerais sobre o caso, e, conforme a ocorrência de discussões que sugerem aprofundamento de alguns conteúdos, outras questões, mas específicas, poderão ser elaboradas pelos estudantes ou sugeridas pelos professores, segundo os objetivos de aprendizagem estabelecidos.

Em relação ao desenvolvimento de argumentos sobre o caso (que apresenta a QSC), as respostas às questões norteadoras/orientadoras podem contribuir, por exemplo, para a elaboração de componentes de um argumento, como dados, garantias, justificativas, apoios teóricos, exemplos, refutações, qualificações e contra-argumentos possíveis para a solução do caso (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FREDERICO-AGRASO, 2006; OSBORNE; EDURAN; SIMON, 2004; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Esse processo levará ao aumento da compreensão de teorias e conceitos científicos, da investigação sobre técnicas e tecnologias, do entendimento de implicações e influências de sociedade, política e valores de atores sociais envolvidos, dos juízos

sobre esses atores sociais e consequências socioambientais das diferentes decisões, e, por fim, das tomadas de decisões socialmente responsáveis, sendo todos esses aspectos relacionados à QSC aplicada nas aulas de ciências. Além disso, os estudantes poderão praticar o trabalho coletivo, as colaborações entre universidade/escola e comunidade do entorno, as discussões sobre os meios de comunicação de massa, a divulgação de informações e de resultados sobre a investigação acerca da QSC, entre outras atividades que extrapolam os limites do trabalho em sala de aula.

Cabe notar que propomos questões norteadoras como parte do modelo, para apresentar e discutir questões sistematicamente colocadas pelo professor (ou até pelos estudantes, se já souberem lidar com as QSCs em sala de aula, ou, ainda, se souberem se organizar para definir conteúdos que representam lacunas de aprendizagem). Essas questões constituem um meio para fomentar processos dialógicos e de argumentação em ambientes de aprendizagem, sobretudo quando relacionam o caso aos objetivos de aprendizagem. Para promover adoção de posição (assunção ‘de um lado’) dos estudantes e discussão sobre valores envolvidos no caso, recomendamos que os casos, que expõem QSCs, direcionem os estudantes a *tomarem decisões*, discutindo relações CTSA envolvidas e levando ao engajamento dos estudantes. Especificamente, a fim de discutir as possibilidades de posicionamentos, sugerimos, como exemplos, no Quadro 1, algumas questões norteadoras/orientadoras gerais, a serem colocadas pelo professor, mas que também poderão ser aprofundadas pelos estudantes. Para cada questão, organizamos uma breve explicação, indicando sua importância para o acompanhamento do caso a ser exposto e discutido pelos estudantes.

Quadro 1 – Alguns exemplos de questões norteadoras para discussão de relações CTSA de um caso sobre uma QSC.

Que decisão você tomaria com relação ao caso? Por quê?

O estudo de casos em sala de aula nem sempre exigirá uma tomada de decisão pelos estudantes, pois a resolução do caso poderia ser simplesmente a compreensão de relações CTSA ou, também, o caso poderia ser utilizado apenas para contextualizar socialmente um tema e aproximar este do estudante, com vistas a aumentar o interesse pelos conteúdos relacionados. Desse modo, esse tipo de questão geral é relevante por, no mínimo, três razões: a) explicitar a tomada de decisão auxilia no posicionamento dos estudantes, o que contribui

para seu engajamento com a QSC e, em certa medida, reforça a importância da participação deles enquanto atores sociais; b) a tomada de decisão exige algum tipo de justificativa, o que auxilia na exposição dos conteúdos considerados relevantes pelos estudantes, além de indicar a relevância do conteúdo aprendido para a resolução de problemas socioambientais; c) promove discussões e explicitação de valores que orientam as decisões e possibilidades de ações sobre o caso.

Que conhecimentos científicos e tecnológicos são relevantes para a compreensão e a tomada de decisão sobre o caso?

Sugerimos essa questão geral, envolvendo conteúdos relacionados à ciência e à tecnologia como um modo de direcionar, explicitamente, esses conteúdos, ainda de modo geral, para os estudantes. Isso é fundamental, pois, muitas vezes, os estudantes não conseguem distinguir os conhecimentos de ciência e tecnologia que devem ser entendidos e aplicados para a compreensão e a solução do caso. Questões mais específicas, sobre conteúdos relacionados diretamente com os objetivos de ensino e de aprendizagem do contexto escolar podem derivar dessa questão geral.

Que condicionantes sociais e ambientais são relevantes para a compreensão e a tomada de decisão sobre o caso?

Esse tipo de questão geral contribui para que os estudantes percebam que apenas conhecimentos científicos e tecnológicos não são suficientes para a compreensão e a resolução de um caso sobre uma QSC, uma vez que ela envolve questões sociais complexas. Além disso, o componente ambiental está sempre presente, pois nossa sobrevivência enquanto organismo (e enquanto ser social) depende de condições ambientais mínimas, relacionadas com interações que nós estabelecemos com outros seres e com a natureza. Assim, aspectos culturais, éticos, políticos, econômicos, ambientais, etc. vão influenciar a escolha de determinados conteúdos para a compreensão do caso e caminhos para a solução do caso. A questão geral pretende explicitar alguns desses componentes, que poderão ser aprofundados em questões mais específicas, de acordo com os objetivos de ensino e de aprendizagem estabelecidos.

Quais as consequências socioambientais de sua decisão?

Sugerimos essa questão geral para indicar a importância da reflexão por parte dos estudantes sobre a responsabilidade de nossas decisões e ações, explicitando questões éticas e políticas, nas consequências para o sujeito que toma a decisão e para outros (como outros seres vivos e a natureza). Dessa forma, os estudantes poderão discutir, refletir e fazer juízo moral sobre as diferentes consequências possíveis de suas decisões. Esse é um exercício interessante que, inclusive, contribui para avaliar se a decisão tomada, de fato, contribui para a resolução do caso.

Por fim, cabe notar que nossa perspectiva está apoiada em pressupostos teórico-epistemológicos pós-positivistas, particularmente mais orientados pela perspectiva da *epistemologia engajada*²² de Hugh Lacey (2010) (e não tanto pelas perspectivas mais

²² A epistemologia engajada se refere a um trabalho filosófico baseado na teoria crítica, de articulação de questões epistemológicas e temas abstratos da ciência com grandes problemas concretos da humanidade,

clássicas dentro do pós-positivismo, como a de Kuhn ou Lakatos), que visa uma crítica às estratégias materialistas de produção de conhecimento, valores e aplicações tecnológicas, como, por exemplo, a que está presente na construção de conhecimento e práticas envolvendo os transgênicos, os agrotóxicos e o grande agronegócio. Nesse sentido, Lacey é um filósofo da ciência que assume uma articulação entre aspectos do pós-positivismo com o transformacionismo. Contudo, ainda que a posição assumida pelo autor nos pareça muito mais adequada em termos de fundamento teórico e para nossos propósitos sociais (justamente por colocar mais ênfase em valores), pensamos que é importante considerar aspectos de filosofia moral, em particular, numa educação científica com explicitação das teorias éticas normativas, dos valores envolvidos nas relações entre CTSA e das diferentes posições quanto ao alcance da consideração moral. Uma apreciação adequada dos problemas socioambientais – da nossa perspectiva – depende de olhares sobre tais problemas que advenham da filosofia moral e da ética ambiental, sobretudo no sentido de contestar as causas últimas (não apenas de conhecimento, mas em grande medida de valores, ações e práticas sociais) da crise ambiental atual, assim como dos graves problemas de injustiça que afetam a natureza e a humanidade. Por exemplo, trata-se de contestar, de modo claro e contundente, o antropocentrismo, visando uma perspectiva (seja biocêntrica, seja ecocêntrica, seja alguma combinação criteriosa de ambas) na qual mais seres – sem grandes prejuízos²³ para os seres humanos – sejam moralmente considerados por sua própria natureza (ou seja, por seu valor intrínseco). Assim, por contestarmos determinados valores (ex. competição e individualismo) e práticas sociais (ex. especismo e consumismo) hegemônicos, buscando uma formação crítica, ética e política dos estudantes, também nos apoiamos em perspectivas teórico-epistemológicas transformacionistas.

relacionados, por exemplo, à produção de alimentos, aos movimentos populares e às críticas ao neoliberalismo (OLIVEIRA, 1998).

²³ O debate sobre *necessidades humanas*, sobretudo se considerarmos interesses *primários* e *secundários*, não é trivial e caberia um estudo e uma discussão particular sobre o assunto, o que não é o propósito desse trabalho. Desse modo, sugerimos, inicialmente, a leitura de Singer (2004; [1981]2011); Beckert (2012) e Felipe (2009).

3 Aprendizagem de ciências considerando três dimensões dos conteúdos

Nessa seção, defenderemos que as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) dos conteúdos da educação científica são objetos adequados para uma educação científica com base na perspectiva da educação CTSA, e para uma formação mais integral dos estudantes. Para isso, discutimos uma concepção mais ampla dos conteúdos escolares/acadêmicos, especificamente nas dimensões CPA, e que abrangem o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes essenciais voltados para uma formação mais integral dos sujeitos enquanto indivíduos efetivamente engajados em participação social. Em seguida, apresentamos um modo de se abordar essas dimensões, a partir do planejamento de objetivos de aprendizagem, de modo a explicitar dimensões CPA dos conteúdos.

3.1 Dimensões dos conteúdos na educação CTSA

Zabala (1998) e Coll *et al.* (1992) organizam uma tipologia de conteúdos de forma a esclarecer critérios que orientem a prática educativa de modo a alcançar determinados fins da educação. Para isso, precisamos saber e ter esclarecimentos sobre *o que se ensina e por que motivos*. A respeito das razões da educação, Luckesi (2011), Fourez (2008), Bourdieu (2007), Aranha (2006), Barrett e Pedretti (2006), entre outros autores, discutem, essencialmente, duas funções comumente assumidas da educação: aquela voltada para a *reprodução* do próprio sistema de conhecimentos, valores, ideologias e crenças, com o objetivo de manter o *status quo*; e aquela voltada para a *transformação* do sistema vigente, a partir de questionamento, crítica e movimentos sociais. De modo geral, a primeira está baseada em abordagens pedagógicas tradicionais, com métodos transmissivos, e que, de certo modo, isolam ou fragmentam a instituição educativa de outros espaços sociais, enquanto a segunda se baseia em abordagens pedagógicas críticas, com métodos participativos e de reflexão sobre a prática social, e que integram a instituição educativa como parte da sociedade, ou seja, o contexto educativo é o contexto social.

Podemos perceber a influência das abordagens pedagógicas tradicionais na própria ideia sobre a aprendizagem de conteúdos, em geral. Muitas vezes, o conteúdo é relacionado apenas a conceitos, conhecimentos, informações e seu aprendizado como resultado de memorização, acumulação e até mesmo compreensão destes conceitos, conhecimentos, informações. Contudo, esses processos são insuficientes para uma compreensão ampliada do contexto em que tais conhecimentos e informações se inserem, além da aplicação destes para determinados fins sociais.

De fato, diante dos problemas socioambientais atuais e da necessidade de indivíduos comprometidos, responsáveis e capazes de participar ativamente para a redução ou a solução desses problemas, apenas o acúmulo de conhecimentos, seja científicos, tecnológicos ou mesmo filosóficos, não é suficiente (HEMPEL, 2014; CONRADO, 2013; SAVIN-BADEN; MAJOR, 2004). Ainda, conforme Villa e Poblete (2007), o aumento do conhecimento científico e das tecnologias tem acompanhado o crescimento das desigualdades sociais em todo o planeta, ao invés de melhorarmos nossas formas de conviver. No contexto da educação científica, Noss (2007) discute as dificuldades de se cumprir uma formação adequada de cidadãos, quando se coloca ênfase apenas na aprendizagem de conceitos e procedimentos, negligenciando valores e normas presentes no campo da ciência, quando esta interage com a sociedade.

Além disso, na educação tradicional-tecnicista, não há reconhecimento da complexidade e da multidimensionalidade dos conteúdos e dos objetivos educativos, pois as estratégias e os métodos de ensino não permitem questionar os próprios conhecimentos científicos e tecnológicos, sua inserção e necessidade na sociedade, assim como interesses e ideologias envolvidos. Por exemplo, ainda há grande necessidade de refletir e discutir mais sobre questões éticas referentes aos processos de produção, uso e descarte de agrotóxicos, sobretudo no caso do Brasil, o maior consumidor mundial do produto (ANDRADE *et al.*, 2016; CARNEIRO *et al.*, 2015; FERNANDES; STUANI, 2015; OLIVEIRA, 2010).

Desse modo, no âmbito de uma formação integral do sujeito, as intenções educacionais devem estar para além da aprendizagem de conceitos, teorias e princípios, pois, segundo Zabala e Arnau (2010) e Zeidler *et al.* (2005), tudo aquilo que desenvolva

capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social também deve ser considerado como conteúdo de aprendizagem.

Nesse contexto, Zabala (1998) destaca a importância de se explicitar aprendizagens que geralmente estão implícitas nos currículos e, principalmente, nos planos e nas salas de aula, sendo considerado como *currículo oculto* (KENTLY, 2009), incluindo normas, valores e crenças não declarados ou não explicitados como parte do currículo, mas que, de fato, são transmitidos aos estudantes por meio de regras sociais subjacentes ou subliminares às próprias rotinas e modos de organização do processo educativo nas salas de aula e nas escolas (GIROUX, 2001). É necessário *desocultar o currículo oculto* e proceder a este movimento a partir da explicitação detalhada, mas equilibrada, dos conteúdos que se pretende ensinar. Assim, é possível se estabelecer uma relação mais clara e honesta entre três elementos: os próprios conteúdos em suas dimensões; os meios ou métodos para abordá-los no dia-a-dia dos processos educativos; e a finalidade que se pretende para a educação dentro do todo social.

No caso de uma educação CTSA, e mesmo orientada por QSCs, que busca explicitar valores e tecer relações entre CTSA, pretender, no ensino de ciências, menos do que a abordagem pode oferecer, pode ser interpretado como, além de um desperdício de oportunidade para a formação integral do sujeito, um risco de um aprendizado implícito, acrítico e não reflexivo de determinados valores, ideologias, uma vez que se insere, explicitamente, no conteúdo a ser aprendido e avaliado, apenas conhecimentos, informações (ou até alguns procedimentos e técnicas), como se o processo educativo fosse ideologicamente, politicamente e eticamente neutro, em termos valorativos, reforçando a redução da importância de uma formação ética e política do estudante para lidar, por exemplo, com problemas socioambientais atuais. Portanto, se o objetivo da educação científica é o preparo de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de ações sociopolíticas em direção à maior justiça social e sustentabilidade ambiental, um ensino de ciências que oculta questões éticas, políticas, econômicas, históricas, etc. do processo de aprendizagem, abordando somente aspectos conceituais e técnicos da ciência, terá uma contribuição limitada para o alcance de tal objetivo da educação.

No contexto da formação integral do estudante, numa perspectiva de ampliação da concepção de conteúdo escolar/acadêmico, Coll *et al.* (1992) e Zabala (1998)

diferenciam e caracterizam, metodologicamente, com base em processos cognitivos e condutais da aprendizagem, três tipos de conteúdos: conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA). Assim, neste trabalho, a definição das dimensões CPA dos conteúdos foi inspirada nas propostas de Coll *et al.* (1992); Zabala (1998) e Zabala e Arnau (2010), mas também em algumas convergências desses autores com os trabalhos de Clément (2006)²⁴ e Villa e Poblete (2007)²⁵.

No âmbito da síntese que propomos, assumimos a terminologia de Coll *et al.* (1992) e de Zabala (1998), para os elementos constituintes das dimensões CPA dos conteúdos, pois esta nos parece a proposta mais bem elaborada e precisa, tendo, inclusive, influenciado a formulação dos parâmetros curriculares nacionais do Brasil (BRASIL, 1997).

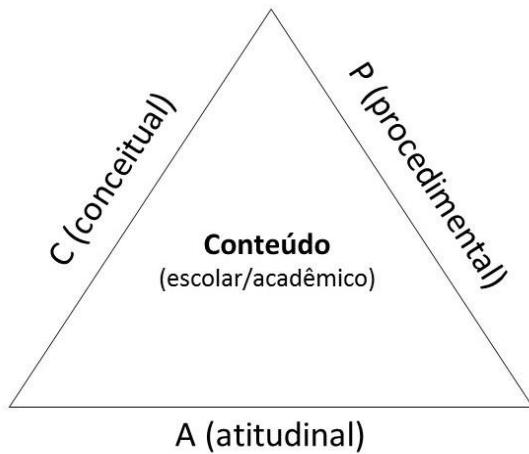
É importante notar que a distinção dos conteúdos em suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais é artificial e metodológica, criada para auxiliar na compreensão de um fenômeno complexo, que ocorre de maneira integral – cognitiva, comportamental e socialmente – que é *a aprendizagem do conteúdo*. De fato, como bem nota Zabala (1998, p. 39), ao invés de ser *a realidade tal como ela é*, “[...] a tipificação das características destes elementos, que denominamos conteúdos, é uma *construção intelectual para compreender o pensamento e o comportamento das pessoas*.” (grifo nosso). Portanto, ressaltamos que essa distinção dos conteúdos nas dimensões CPA representa, sobretudo, uma maneira de explicitar essas dimensões para fins didáticos e de pesquisa, pois os conteúdos (e as dimensões dos conteúdos) são selecionados por atores sociais influenciados por seus valores, objetivos e contextos sociais.

Na Figura 2, pode ser visualizada uma síntese das concepções de Clément (2006), Coll *et al.* (1992) e Zabala (1998), a fim de orientar a organização dos objetivos de aprendizagem dos conteúdos.

²⁴ No seu modelo KVP (de *Knowledge, Values, Practices*) de transposição didática, Clément (2006) apresenta os conteúdos aprendidos como concepções que possuem três dimensões que devem ser consideradas nos processos de ensino e aprendizagem: os conhecimentos, os valores e as práticas sociais.

²⁵ Apesar das várias diferenças, a principal convergência entre estes autores está na ideia de que os processos de ensino e de aprendizagem *não contemplam* e *não devem contemplar* apenas informações ou conhecimentos, mas devem incluir explicitamente outros elementos, como habilidades, técnicas, valores e atitudes. Por isso mesmo todos eles tendem a ampliar a extensão do conjunto dos conteúdos de ensino e aprendizagem.

Figura 2 – Representação das dimensões CPA do conteúdo escolar/acadêmico que podem ser didaticamente separadas em objetivos de aprendizagem



Fonte: Inspirado em Coll *et al.* (1992); Zabala (1998); Clément (2006); Conrado; Nunes-Neto (2015; *no prelo*); Conrado *et al.* (2015, 2016).

3.1.1 Dimensão conceitual dos conteúdos²⁶

A dimensão conceitual dos conteúdos refere-se predominantemente a um campo epistemológico e pode ser compreendida, inicialmente, a partir de três categorias: fatos, conceitos e princípios.

Fatos são informações, acontecimentos, dados, eventos ou fenômenos concretos que geralmente são repetidos, de modo a serem memorizados e integrados nas estruturas de conhecimento do estudante. Compreendem os eventos de natureza empírica, como fenômenos particulares, e instanciações de padrões gerais. Não precisam, necessariamente, ser compreendidos, mas é suficiente que sejam memorizados e reproduzidos, por exemplo, a partir de exercícios de repetição. São exemplos de fatos: na anatomia, os nomes de músculos; na evolução, o ano da publicação da obra “A Origem das Espécies”; na geologia, a classificação das rochas; e na química, o número atômico do elemento Hidrogênio.

Os conceitos se referem, segundo Zabala (1998, p. 42), ao “conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns”. Contudo, aqui nós consideramos

²⁶ Apesar de adotarmos a mesma terminologia de Zabala (1998) para os elementos constituintes das dimensões dos conteúdos, propomos reinterpretações ou reelaborações dos significados dos termos colocados pelos autores, no sentido de tornar mais precisa a abordagem que considera as dimensões CPA dos conteúdos e ainda mais claramente fundamentada nos seus pressupostos teóricos-filosóficos.

que um conceito deve ser entendido como *um termo com seu significado preciso*, uma vez que um determinado termo (e.g., banco) pode assumir, a depender dos contextos particulares, diferentes significados (e.g., instituição financeira, assento, ou ainda pode ser um verbo). Uma característica importante dos conceitos, que os diferencia dos fatos, ainda que não dos princípios, é sua generalidade, ou seja, conceitos são entidades teóricas que se referem a um conjunto amplo de eventos, fenômenos ou fatos, ao invés de um particular. Exemplos de conceitos relevantes nas ciências da vida são: biodiversidade (riqueza e abundância de espécies); gene (fragmento funcional do material genético); função (capacidade de uma parte de um sistema que contribui para uma capacidade do sistema que a contém); nicho ecológico (hipervolume n -dimensional que contém condições e recursos que limitam a sobrevivência e a reprodução dos organismos)²⁷.

Por sua vez, os princípios se referem, conforme Zabala (1998, p.42), às “mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações”. Zabala destaca, em sua definição, o aspecto de mudança, de relação, associado aos princípios, com o que estamos de acordo. Entretanto, mais precisamente, em nossa concepção, adequada para a educação científica, além de tratarem do aspecto da mudança ou da relação, os princípios devem ser compreendidos também com relação aos objetivos da ciência. Assim, eles são elementos teóricos que possibilitam *explicações, previsões e descrições* de fatos e, como tais, são componentes importantes de teorias, modelos, generalizações ou normas naturais (como as regularidades naturais, em forma de lei). De modo geral, assim, em termos epistemológicos, no que cabe às explicações científicas, eles cumprem o papel de *explanans*, (isto é, a estrutura teórica destinada a explicar certos fatos ou fenômenos, estes últimos, por sua vez, o *explanandum*). Ainda, os princípios podem ser entendidos como constituintes de representações ou modelos de natureza teórica, e como sendo

²⁷ Cabe notar que a própria lista dos conceitos, que compõe uma determinada teoria na ciência, ou, ainda, as definições particulares dos termos dependerão sempre da perspectiva teórica assumida no campo, o que não caracteriza os conceitos como imutáveis e independentes de um contexto sócio-histórico da ciência. Isto é claro, por exemplo, com relação aos termos biodiversidade, gene, função e nicho, mencionados acima. Todos esses termos dependem de certa perspectiva teórica (como um paradigma, programa de pesquisa ou tradição de pesquisa) construída num determinado período histórico, por determinados sujeitos e com base em determinados valores, necessidades e interesses.

compostos de conceitos e instanciados em fatos. Estes são alguns exemplos de princípios: na biologia, seleção natural e exclusão competitiva; na física, a 2^a lei da termodinâmica; na química, lei ou princípio da conservação da energia.

Diferentemente dos fatos, os conceitos e princípios são elementos abstratos, que necessitam ser compreendidos (sobretudo quanto a seu significado), e não meramente memorizados, pelos estudantes. Da nossa perspectiva, a compreensão ocorre, sobretudo, a partir da mobilização em situações concretas em que eles são necessários, como, por exemplo, no oferecimento de explicações científicas, na articulação entre diferentes fatos, conceitos e princípios; na interpretação de fatos novos; ou até mesmo na elaboração de novos conceitos ou princípios.

A seleção de atividades, em uma intervenção didática com base em QSCs, para a aprendizagem da dimensão conceitual dos conteúdos, deve considerar, além da possibilidade de estimular o estudante com casos relacionados ao seu contexto, a mobilização de fatos, conceitos, princípios em contextos distintos daquele apresentado no tema (ou no caso particular, no qual se expõe a QSC); a conexão com conhecimentos prévios do estudante; e a quantidade de informações possíveis de se abordar no tempo escolar/acadêmico disponível. É também essencial selecionar conhecimentos científicos relevantes, que estão no cotidiano do estudante; planejar uma estrutura teórica de conteúdos básicos que devem ser alcançados pelos estudantes, ajustando entre o que é específico da QSC, o que é relevante, e em quantidade suficiente para o nível cognitivo (KOLSTØ, 2001).

Ainda, devemos considerar que, em geral, nos currículos escolares e acadêmicos, a maior parte do conteúdo explícito é composto de fatos, conceitos e princípios, reduzindo o espaço para outras dimensões do conteúdo. Na medida em que há excesso de elementos da dimensão conceitual dos conteúdos, faz-se necessário uma seleção dos conteúdos – a fim de promover uma redução consciente e equilibrada da quantidade de fatos, conceitos e princípios no ensino de ciências (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011; CARVALHO, 2016), tanto para melhor aproveitamento da aprendizagem da própria dimensão conceitual dos conteúdos, quanto para permitir – a partir desta redução – maior presença explícita de elementos das dimensões procedural e atitudinal dos

conteúdos nas aulas de ciências. Este é um desafio importante para o ensino de ciências atualmente.

3.1.2 Dimensão procedural dos conteúdos

A dimensão procedural dos conteúdos refere-se predominantemente a um campo metodológico e pode ser compreendida, inicialmente e didaticamente, a partir de três categorias: técnicas, procedimentos e métodos. De um modo geral, Coll *et al.* (1992, p.101) definem os conteúdos procedimentais como “[...] conjuntos de ações, de formas de atuar e de chegar a resolver tarefas [...] solucionar problemas, para chegar a objetivos ou metas, para satisfazer propósitos e para conseguir novos aprendizados”.

Procedimentos representam ações (cognitivas e motoras) ordenadas, para se alcançar um fim determinado, com base em técnicas consensualmente aceitas (ZABALA, 1998). Exemplos de procedimentos são: elaboração de um argumento; construção de um gráfico; ou, ainda, confecção de uma maquete.

Técnicas são as atividades necessárias para se realizar um procedimento. São exemplos de técnicas: resenha de uma obra, a partir do destaque de pontos principais; análise de um argumento, por meio de sua estrutura; seleção de materiais, conforme palavras-chave do assunto; realização de medidas com régua; classificação de elementos em um conjunto com base em algum critério.

Métodos, em nossa abordagem, representam uma perspectiva mais geral de uma ação, que envolve técnicas e procedimentos variados, em categorias específicas de acordo com seus objetivos. De um modo geral, nos parece adequado organizar hierarquicamente estes elementos: os métodos podem ser compostos por procedimentos e estes podem ser compostos por técnicas. Exemplos de métodos são: descrição; comparação; explicação; experimentação.

Os conteúdos, ao serem abordados nessa dimensão mais metodológica, são melhor compreendidos quando ocorre uma exemplificação prévia à realização da tarefa, além de ser necessário que essas ações sejam repetidas, exercitadas, em diferentes contextos, e consideradas também a partir da reflexão sobre sua prática. Nesse sentido, as atividades relacionadas aos conteúdos procedimentais devem partir de situações em que o estudante perceba claramente a função e a importância do procedimento, do método ou da técnica. Por isso, e particularmente em relação à resolução de QSCs,

recomenda-se, na intervenção didática, haver momentos de ‘modelagem’ (*sensu* HODSON, 2011), de modo a explicar os diferentes procedimentos, assim como momentos de auxílio orientado (similar à fase de prática guiada, de HODSON 2011), de modo a acompanhar o desempenho do estudante na execução e no domínio das tarefas relacionadas ao conteúdo. Por exemplo, se um objetivo de aprendizagem for o desenvolvimento de habilidades argumentativas, é importante que os procedimentos, os critérios e as técnicas para um bom argumento sejam ensinados e demonstrados, para depois serem praticados e avaliados em termos da aprendizagem do estudante. Contudo, algumas tarefas podem ter como objetivo de aprendizagem a própria elaboração do procedimento (COLL *et al.*, 1992), a partir dos conhecimentos e capacidades prévios dos estudantes. Nesse caso, o estudante precisará construir, pouco a pouco, o caminho metodológico, selecionando técnicas e métodos para se alcançar a meta estabelecida. Então, nestes casos, o conteúdo a ser aprendido não se limitaria ao conhecimento e à execução de uma sequência de passos, mas à criação destes para alcançar um resultado geral ou específico, associado à resolução do problema.

Coll *et al.* (1992) observam que os procedimentos, técnicas e métodos possuem graus de automatização. Isso significa que o estudante, inicialmente, ao aprender sobre essa dimensão do conteúdo, poderá apresentar dificuldades iniciais e executar as atividades desde um modo mais rudimentar até uma maneira mais precisa e automática. Por exemplo, a aprendizagem sobre o procedimento de manipulação do microscópio, que demanda o domínio de técnicas manuais, pode ser inicialmente difícil para um estudante de biologia, ou trivial para um estudante de pós-graduação de área que lida diariamente com esse aparelho, em suas atividades de pesquisa. Além disso, o domínio de um procedimento, uma técnica ou um método pode ocorrer para diferentes contextos, como, por exemplo, o uso adequado do microscópio para observar lâminas de diferentes materiais. Considerando que há níveis de dificuldade, complexidade, aplicação e tempo para a realização de tarefas, podemos organizar tabelas para avaliar o progresso do estudante com base nesses critérios (VILLA; POBLETE 2007; ZABALA, 1998).

Ainda nesse contexto, também esclarecemos que a dimensão procedural dos conteúdos deve ser compreendida, como Zabala (1998) propõe, em um eixo cognitivo-motor (de ação técnica). Desse modo, a execução dos procedimentos, técnicas e

métodos será por ora mais cognitiva e linguística (como, por exemplo, uma *explicação* de um fenômeno) e por outras vezes mais motora (como, por exemplo, uma *experimentação* ou *manipulação* de reagentes em laboratório).

Por fim, Coll *et al.* (1992) alertam os professores para que saibam distinguir entre, de um lado, os procedimentos, técnicas e métodos como objetivos de aprendizagem para os estudantes e, de outro, os recursos, métodos e estratégias para os professores, como veículos da prática pedagógica em sala de aula. Ou seja, o recurso ou o método adotado para o ensino e a aprendizagem (esperada) nem sempre é equivalente ao procedimento ou ao método que o estudante precisa aprender. Por exemplo, o uso de textos de divulgação pode ser um recurso didático adotado pelo docente para facilitar a aprendizagem de determinados conceitos, enquanto a elaboração de um texto de divulgação para a aprendizagem de procedimentos pode ser um objetivo de aprendizagem estabelecido para o estudante.

3.1.3 Dimensão atitudinal dos conteúdos

A dimensão atitudinal dos conteúdos refere-se predominantemente a um campo axiológico; e, neste âmbito, do nosso ponto de vista, principalmente, ético-político. Assim, ela pode ser compreendida, inicialmente, a partir de três categorias: valores, normas e atitudes.

Os valores são parâmetros ou critérios para juízo moral sobre condutas com base na ética. As normas são padrões ou regras de comportamento estabelecidos e compactuados para um grupo ou coletividade. As atitudes são tendências ou predisposições de conduta dos sujeitos com base em normas e valores (VILLA; POBLETE, 2007; ZABALA, 1998). Esses elementos dos conteúdos precisam ser vivenciados em situações concretas e simuladas para que se exerçite e se reflita sobre as próprias ações e as de outros atores sociais.

Para Zabala (1998), o valor é aprendido quando, além da compreensão sobre o conceito do valor, são relacionados e assumidos critérios morais para seu juízo. Assim, esses critérios morais permitirão a avaliação da própria atuação do sujeito e das ações de outros. Todos os valores que consideramos nesta dimensão atitudinal são fundamentados na ética e, por conseguinte, são condições para ações em que cabe juízo moral. Neste sentido, da perspectiva ético-política que caracteriza a dimensão atitudinal,

as ações são examinadas e devem ser realizadas de um ponto de vista normativo ético-político, não apenas técnico. Para nós, aqui está uma diferença relevante entre as ações consideradas de uma perspectiva ético-política (isto é, desde uma dimensão atitudinal) e as ações técnicas ou os procedimentos (isto é, desde uma dimensão procedural).

Conforme Zabala (1998, p.47), aprende-se uma atitude “[...] quando a pessoa pensa, sente e atua de uma forma mais ou menos constante frente ao objeto concreto a quem dirige essa atitude”. Quanto às normas, para Zabala (1998, p. 47):

Podemos dizer que se aprendeu uma norma em diferentes graus: num primeiro grau, quando se trata de uma simples aceitação, embora não se entenda a necessidade de cumpri-la (além da necessidade de evitar uma sanção); em segundo grau, quando existe uma conformidade que implica certa reflexão sobre o que significa a norma e que pode ser voluntária ou forçada; e em último grau, quando se interiorizaram as normas e se aceitam como regras básicas de funcionamento da coletividade que regem.

Elaborando sobre isso, podemos dizer que, quanto maior a reflexão sobre as razões que justificam a ação, o conhecimento sobre normas e a consciência sobre valores morais relacionadas às atitudes, menor a ocorrência de disposições intuitivas, e, assim podemos dizer, maior a reflexividade crítica sobre as ações. De nossa perspectiva, esta maior reflexividade crítica sobre os elementos constituintes da dimensão atitudinal dos conteúdos relaciona-se positivamente com o grau de autonomia do estudante.

De modo geral, para ocorrer aprendizagem da dimensão atitudinal dos conteúdos, é necessário, além de conhecer, refletir, analisar e avaliar as normas e os valores envolvidos na situação-problema, “[...] uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação” (ZABALA, 1998, p. 48). Nesse sentido, a aprendizagem de valores, normas e atitudes é, via de regra, a mais complexa, pois: a) envolve, em maior grau, elementos de afetividade e interesse; b) influencia a compreensão e a reflexão sobre as dimensões conceituais e procedimentais relacionadas ao conteúdo; e, ainda, c) abrange a rede de relações estabelecidas no ambiente educativo.

Devido a essas características, é importante considerar a dinâmica das relações entre a comunidade escolar, envolvendo ativamente os estudantes e professores em processos de sensibilização e de participação quanto às normas e aos valores promovidos na unidade educativa, seja a sala de aula, seja a escola, seja uma

comunidade de aprendizagem mais abrangente. Apesar da importância de se abordar explicitamente valores, normas e atitudes em sala de aula, a seleção dos objetivos de aprendizagem relacionados a essa dimensão deve ocorrer de acordo com as necessidades, os interesses, os conteúdos prévios, e os contextos sociais envolvidos.

No âmbito do trabalho com QSCs, devemos considerar os conflitos e as controvérsias como oportunidades de promover o debate e a reflexão crítica sobre valores, normas, atitudes, pontos de vista e tomadas de decisão distintos. Saunders e Rennie (2013) afirmam que o raciocínio ético a ser ensinado, a partir de QSCs, é muito mais para a exploração respeitosa de diferentes pontos de vista, do que sobre a decisão final dos estudantes. Nós discordamos, em parte, dessa uniformidade retratada pelos autores, uma vez que, em primeiro lugar, apesar de ser fundamental respeitar e tolerar diferentes pontos de vista, não segue que qualquer e toda decisão deva ser aceita, sem questionamentos, o que está em consonância, inclusive, com o próprio desenvolvimento do pensamento crítico (como veremos logo abaixo). Para Levinson (2006), apesar de ser essencial a abertura para discussão em sala de aula, não se deve propor uma aceitação acrítica em relação aos pontos de vista dos outros, mas submeter a questionamentos todos os pontos de vista possíveis. Em segundo lugar, apesar de um bom desenvolvimento moral depender do desenvolvimento de pensamento crítico e de habilidades argumentativas, é fundamental, também, a prática sobre a decisão, ou seja, que os estudantes percebam que ética não trata apenas de justificar teoricamente suas decisões, mas de avaliar moralmente ações, com base em valores morais. Caso isso não seja levado em conta, corre-se o risco de cometer e aceitar a *akrasia*²⁸ (*i.e.* saber que está errado, mas não ser capaz de mudar sua prática). Portanto, para a resolução dos problemas socioambientais atuais, o discurso não é suficiente, é necessário avaliar que ações precisamos mudar (HODSON, 2010; BEARZI, 2009).

Abaixo, algumas questões norteadoras que poderiam ser abordadas na discussão de uma QSC:

²⁸ *Akrasia* é um conceito aristotélico que indica a disposição para agir contra o melhor julgamento possível. Assim, para Aristóteles, a pessoa que comete *akrasia* avalia e toma decisões corretas, mas falha na implementação da ação correta, pois é impulsionado por seus apetites e/ou vícios, e, assim, não tem controle sobre si mesmo (KRAUT, 2016).

- ✧ Com base em seus conhecimentos de ética, que teoria ética (consequencialismo individualista; utilitarismo, deontologia ou ética das virtudes) justificaria a sua tomada de decisão, com relação ao caso? Explique.
- ✧ Quem são os envolvidos no caso? Que perspectiva sobre o alcance da consideração moral (antropocentrismo, biocentrismo, ecocentrismo) você adotaria? Justifique.
- ✧ Você acredita ser possível conciliar interesses da natureza não-humana (como animais não-humanos, plantas, microrganismos, etc.), com interesses humanos (direitos sociais, acesso à cultura, etc.)? Justifique.

Propomos que as análises do papel da ética no ensino de ciências devem estar articuladas, do nosso ponto de vista, com o fomento do raciocínio lógico e do pensamento crítico, o que significa estar “bem informado sobre o tema, e não se limitar às ideias dominantes que reproduzem e legitimam o sistema estabelecido” (PUIG; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2014, p.240). Em especial, com relação ao pensamento crítico, Villa e Poblete (2007, p.76) afirmam que:

O pensamento crítico vai mais além das habilidades de análise lógica, já que, como aponta Brookfield (1987), implica colocar em questão os aparentes subjacentes em nossas formas habituais de pensar e atuar e, com base nesse questionamento crítico, estar preparado para pensar e fazer de forma diferente. Para Moya (2005), o pensamento crítico é o pensamento dos que questionam: por que as coisas são assim?, por que as coisas não podem ser de outro modo?, por que você acredita que as coisas são assim?, por que alguém pode querer que as coisas sejam assim? [...] Em consequência, diremos que uma pessoa desenvolveu a competência de pensamento crítico na medida em que se interroga sobre as coisas e se interessa pelos fundamentos nos quais se assentam as ideias, as ações, os valores e juízos tanto próprios como alheios.

Por fim, em relação a um posicionamento neutro ou a uma não tomada de decisão sobre uma QSCs, pelo professor, Hodson (2011; 2013) advoga o termo “imparcialidade comprometida”, que significa assumir uma posição, mas também não deixar de considerar mais possibilidades. Deste modo, o professor pode, por um lado, se posicionar e se comprometer, mostrando a importância de se assumir posicionamentos em questões controversas, porém, de outro lado, sem impor sua posição aos estudantes, indicando as possibilidades da forma mais equilibrada possível; além de considerar argumentos e

tolerar outros pontos de vista, numa discussão crítica, com atitudes relacionadas à empatia e à não-violência (COLUCCI-GRAY *et al.*, 2006).

3.2 Estabelecendo objetivos de aprendizagem nas três dimensões do conteúdo

Considerando a importância de se explicitar as três dimensões dos conteúdos, desde o planejamento didático, a fim de evitar o predomínio da dimensão conceitual, em nossa proposta de modelo de uso de QSCs, indicaremos como as dimensões CPA dos conteúdos podem ser utilizadas para a definição dos objetivos de aprendizagem no ambiente escolar ou acadêmico.

A aprendizagem a partir das dimensões CPA dos conteúdos contribui para uma formação integral do estudante, uma vez que permitem o desenvolvimento de habilidades para refletir sobre sua própria ação e a importância de seu papel diante dos problemas socioambientais atuais. Nesse contexto, Villa e Poblete (2007) organizam objetivos de aprendizagem em três categorias de competências:

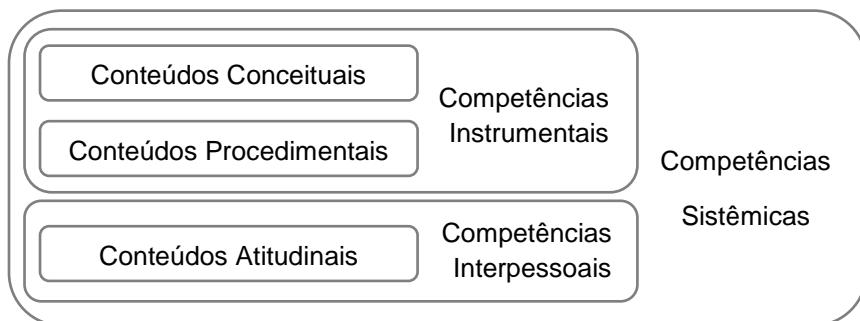
- ✧ *instrumentais*, que são habilidades motoras e cognitivas que possibilitam o exercício da profissão (por exemplo: capacidades de pensamento lógico, planejamento e comunicação verbal e escrita). Nesse sentido, predominam capacidades biológicas, relacionadas a movimentos, pensamentos, etc., do eixo cognitivo-motor;
- ✧ *interpessoais*, que estão relacionadas a atitudes para uma boa convivência social (por exemplo: capacidades para trabalho em equipe e automotivação), o que envolve aprendizagem e prática de virtudes epistêmicas ou morais (como, por exemplo: racionalidade, precisão semântica, honestidade, responsabilidade, autorreflexão, solidariedade, compaixão, empatia). Nesse sentido, predominam capacidades humanas enquanto ser cultural, ético, político²⁹; e

²⁹ Cabe considerar que essas habilidades dependem do desenvolvimento de habilidades intrapessoais (como autoconhecimento, autocontrole, capacidade de lidar consigo) e do desenvolvimento de identidade (perceber seu papel no mundo). Apesar dos autores não mencionarem explicitamente, podemos considerar que habilidades intrapessoais são também relevantes na formação do sujeito. De acordo com Villa; Poblete (2007), o sentido ético, a comunicação, o trabalho em equipe, o tratamento de conflitos e a negociação são competências genéricas interpessoais, enquanto a liderança, o espírito empreendedor e a gestão são competências genéricas sistêmicas. Nós consideramos essas habilidades como parte de uma capacidade intrapessoal, logo envolvendo capacidades interpessoais e sistêmicas.

- ❖ *sistêmicas*, que podem ser consideradas como aquelas capacidades de compreensão e participação no todo (por exemplo, capacidade de gestão, criatividade e liderança); além do sentido de pertencimento e da ação humana para a manutenção de um sistema como um todo (por exemplo, uma cidade, uma sociedade, um ecossistema, um planeta) (MARTÍN, 2006).

Essas três categorias organizadas por Villa e Poblete (2007) podem ser consideradas em convergência com a tipologia de conteúdos de Coll *et al.* (1992) e Zabala (1998), na Figura 3. Nessa figura, podemos visualizar que a abordagem das dimensões conceituais e procedimentais do conteúdo, na educação científica tradicional-tecnicista, restringe o foco dos processos educativos ao aprendizado do que Villa e Poblete (2007) chamam de competências instrumentais. Apesar de não considerarmos os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais como tipos de conteúdos, e nem as categorias instrumentais, interpessoais e sistêmicas como competências (que consideramos muito mais como capacidades e habilidades), utilizamos uma síntese das ideias dos autores supracitados, com fim didático, para visualizar os elementos a serem abordados explicitamente como objetivos de aprendizagem na educação científica, para que esta possa contribuir, de fato, para formar cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de ação sociopolítica (HODSON, 2011; 2013; REIS, 2013a) sobre problemas socioambientais que envolvem a ciência e a tecnologia.

Figura 3 – Uma síntese das convergências de objetivos de aprendizagem.



Fonte: Baseado nas propostas de Coll *et al.* (1992), Zabala (1998), e Villa e Poblete (2007).

Deste modo, para o estabelecimento de objetivos de aprendizagem, em vistas do desenvolvimento de capacidades e habilidades instrumentais, interpessoais e sistêmicas, recomendamos considerar os conteúdos a serem aprendidos em diferentes fases da unidade/intervenção didática. Todos os conteúdos possuem, de nossa perspectiva, as três dimensões invariavelmente; o que variará entre os conteúdos será a predominância ou a explicitude de uma dimensão sobre as outras. Assim, em determinados momentos, um conteúdo terá uma dimensão conceitual predominante (por exemplo, em atividades de leitura e de definição de termos), em outros momentos dos processos de ensino e aprendizagem terá destaque a dimensão procedural (por exemplo, em atividades de investigação, elaboração de argumentos ou uso de equipamentos), e por fim, em outros, a dimensão atitudinal será a preponderante (por exemplo, em atividades de discussão de legislação e valores morais, emissão de juízo moral, trabalho colaborativo ou organização de ações sociopolíticas). No Quadro 2, podemos visualizar um modo de organizar esses objetivos, considerando os diferentes pesos/predominâncias das dimensões dos conteúdos, em diferentes áreas do conhecimento. No Quadro 3, inserimos um exemplo de como isso pode ser feito, considerando uma QSC sobre agrotóxicos.

Quadro 2 – Área com dimensão e exemplo de peso para cada dimensão sobre determinado conteúdo.

Área	Dimensões e exemplos de predominância			
	Conceituais	Procedimentais	Atitudinais	Total
área 1	C(a1) – 60%	P(a1) – 30%	A(a1) – 10%	100%
área 2	C(a2) – 10%	P(a2) – 70%	A(a2) – 20%	100%
área 3	C(a3) – 20%	P(a3) – 20%	A(a3) – 60%	100%

Fonte: Inspirado em Chang Rundgren; Rundgren (2010); Zabala (1998).

Quadro 3 – Exemplo de relações entre dimensões dos conteúdos e áreas para, por exemplo, uma QSC sobre agrotóxicos.

ÁREA	Conteúdo	DIMENSÕES		
		Conceituais	Procedimentais	Atitudinais
Ecologia	<i>Biodiversidade</i>	C(eco): conceito de biodiversidade	P(eco): medida de biodiversidade	A(eco): legislação ambiental sobre conservação da biodiversidade
Evolução	<i>Seleção Natural</i>	C(evo): teoria de seleção natural	P(evo): cálculo de frequência alélica	A(evo): uso adequado de agrotóxicos, após reflexão crítica
Ética	<i>Biocentrismo</i>	C(eti): definição de biocentrismo	P(eti): procedimentos de lógica e argumentação	A(eti): reflexão, discussão e ação, segundo ampliação de consideração moral
Fisiologia humana	<i>Ação dos agrotóxicos</i>	C(fis): fatos sobre agrotóxicos no organismo	P(fis): mensuração de resíduos de agrotóxicos	A(fis): discussão sobre valor da vida e direitos humanos
Economia	<i>Valor</i>	C(eno): fatos históricos sobre transações comerciais	P(eno): precificação vs comodificação	A(eno): valoração dos serviços ecossistêmicos afetados pelos agrotóxicos

Ao organizar os diferentes conteúdos, explicitando suas dimensões, torna-se mais fácil visualizar a importância ou o predomínio de cada uma das dimensões, além de se perceber melhor também a contribuição das diversas áreas para a compreensão, a tomada de decisão e a ação sobre determinadas QSCs. As três dimensões dos conteúdos também poderiam ser organizadas em termos de atividades a serem realizadas em sala de aula, como no exemplo do Quadro 4, para uma QSC sobre agrotóxicos.

Considerando a multidimensionalidade do conteúdo e, *ipso facto*, dos objetivos de aprendizagem, é importante notar, salvo limitações³⁰, as contribuições da denominada taxonomia de Bloom, conhecida por três domínios: cognitivo (com base no conhecimento); psicomotor (com base nas habilidades); e afetivo (com base nas atitudes), associados a objetivos de aprendizagem (FERRAZ; BELHOT, 2010), que poderiam ser explicitados no planejamento didático, em forma de verbos (como compreender, aplicar, avaliar, etc.), o que auxilia na organização das atividades em torno das QSCs.

Quadro 4 – Exemplo de relações entre dimensões predominantes dos conteúdos e atividades para, por exemplo, uma QSC sobre agrotóxicos.

Dimensão	Atividades
C	Conhecer o histórico da produção de agrotóxicos no Brasil e no mundo
C	Conhecer efeitos dos agrotóxicos no ambiente e na saúde humana
C	Relacionar o aumento da resistência de insetos ao uso de agrotóxicos
P	Realizar medidas de contaminação por agrotóxicos em insetos
P	Investigar técnicas alternativas ao uso de agrotóxicos
P	Analizar gráficos sobre riscos e benefícios dos agrotóxicos
A	Discutir valores, ideologias e interesses sobre o uso de agrotóxicos
A	Planejar movimentos sociais virtuais contra o uso de agrotóxicos
A	Organizar debates públicos locais de incentivo à agroecologia

4 Adaptação da didática de três fases para a abordagem de QSCs no ensino de ciências: a estratégia das cinco fases

Hodson (2011) sugere a abordagem de QSCs considerando três momentos em sala de aula, que ele denomina didática de 3 fases: a modelagem (em que o professor explica quais os procedimentos para se atingir os objetivos de aprendizagem); a prática guiada (em que os estudantes realizam os procedimentos com o auxílio, o acompanhamento e o apoio do professor); e a aplicação (em que os estudantes realizam

³⁰ Uma vez que a taxonomia de Bloom está associada a uma abordagem pedagógica tecnicista, recomendamos apenas o uso instrumental desses verbos para facilitar a distinção e a organização dos objetivos de aprendizagem nessas três dimensões.

os procedimentos independentemente do professor). Essa estrutura é adequada para o uso de QSCs em salas de aula, principalmente devido ao fato de que os estudantes não estão acostumados com a dinâmica e com atividades relativas às três dimensões dos objetivos de aprendizagem.

Outra autora que possui uma abordagem semelhante é Hunter (1985), em que alguns itens foram propostos para auxiliar no planejamento do ensino de modo a maximizar a aprendizagem escolar. Também conhecido como modelo instrucional de Hunter de tomada de decisão para o planejamento do ensino pelos professores, muitos dos elementos propostos pela autora influenciaram a educação geral norte-americana (que, por consequência, teve influência também no Brasil), considerando relações entre conteúdos a serem aprendidos e comportamentos do professor e dos estudantes.

As etapas do modelo de Hunter (que não necessitam ser aplicadas em ordem) são: *conjunto antecipatório* (em que o professor indica um tema interessante aos estudantes); *explicitação de objetivos e propósitos* (em que o professor mostra objetivos de aprendizagem e sua importância); *entrada* (em que o professor apresenta os conteúdos, a partir de diferentes estratégias, como leitura, investigação, discussão, observação, desafios, etc.); *modelagem* (em que o professor mostra o que deve ser feito, do início ao fim para o aprendizado de um conteúdo); *verificação de compreensão* (em que o professor avalia se os estudantes compreenderam as etapas anteriores); *prática guiada* (em que o professor auxilia os estudantes a realizarem as ações necessárias para o aprendizado de conteúdos, realizando com eles os procedimentos ou fornecendo apoio e acompanhando o processo); *prática independente* (em que os estudantes realizam por conta própria, geralmente fora da sala de aula, as ações necessárias para o aprendizado de conteúdos); *encerramento* (em que o professor realiza um fechamento, revisando com os estudantes pontos principais do que foi aprendido) (HUNTER, 1993; REYNOLDS; VANNEST; FLETCHER-JANZEN, 2014).

Os trabalhos de Hunter foram criticados em relação às limitações dos elementos que a autora propôs, que, ao serem repetidos em sequência, por vários ciclos, pode reduzir o interesse do estudante e as oportunidades para a criatividade e o pensamento divergente (SANTOS; SEABRA, 2014).

De qualquer modo, ainda que façamos uso de algumas ideias de Hunter, o ponto principal, para nós, está em assumir uma inspiração, com adequação ao nosso contexto, de modo coerente, de algumas ideias da autora. Nesse sentido, combinamos algumas ideias de Hunter, com uma série de outros elementos, como a pesquisa e a prática colaborativa, orientada por *design research* e pela constituição das comunidades de práticas.

Desta forma, com base no denominado modelo de Hunter e, a partir de uma adaptação da didática de três fases de Hodson para o uso de QSCs, recomendamos, a seguir, cinco fases para facilitar a implementação do modelo que propomos neste capítulo. Essa forma de organização, que facilita o desenvolvimento de atividades envolvidas em um ensino baseado em QSCs, denominamos *estratégia das cinco fases*, que são:

- ✧ *Fase de preparo*: apresentação de bases do uso de QSCs na Educação CTSA (caso os estudantes nunca tenham tido contato ou tiveram pouco contato com métodos participativos ou estratégias de estudos de caso); explicação de pré-requisitos, como determinados conhecimentos, habilidades e atitudes relevantes para o alcance dos objetivos de ensino.
- ✧ *Fase de modelagem*: explicitação dos objetivos de aprendizagem; apresentação de um caso baseado em QSC, com discussão com base em conhecimentos prévios; apresentação de ferramentas que auxiliem a resolução do caso (e que estejam inseridos como objetivos de aprendizagem, como, por exemplo, modelos de argumentação, técnicas de investigação; formas de mensuração de variáveis); apresentação da resolução do caso pelo professor e discussão com estudantes, indicando o alcance dos objetivos de aprendizagem; discussão sobre dificuldades e a importância da mobilização de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para a participação na resolução de QSCs.
- ✧ *Fase de prática guiada*: explicitação dos objetivos de aprendizagem; apresentação de um caso baseado em QSC (que pode ser da mesma temática do caso na fase anterior ou abordar um assunto diferente); acompanhamento do processo de aprendizagem pelos estudantes, com discussão de dúvidas, realização de atividades sobre dificuldades dos estudantes, fornecimento de materiais e apoios;

apresentação e discussão das decisões e soluções encontradas para o caso pelos estudantes; momentos de orientação, síntese e exposição pelo professor; avaliação da fase por estudantes e professor.

- ✧ *Fase de prática independente:* explicitação dos objetivos de aprendizagem; apresentação de um caso baseado em QSC (que pode ser da mesma temática do caso na fase anterior ou abordar um assunto diferente); monitoramento do processo de aprendizagem pelos estudantes; apresentação e discussão das decisões e soluções encontradas para o caso; momentos de síntese e apresentação pelo professor; avaliação da fase por estudantes e professor.
- ✧ *Fase de síntese:* fechamento das discussões e conclusões, orientada pelo professor; avaliação do que se aprendeu no ciclo, considerando as fases anteriores, em termos de alcance dos objetivos do ensino e da aprendizagem, em âmbitos individual e coletivo.

Dependendo do formato e da complexidade do caso, ao invés de vários casos (sobre várias QSCs), o professor pode optar por abordar apenas um caso (ou vários casos sobre uma mesma QSC), em todas as fases, organizando um aumento da complexidade dos problemas ou controvérsias, ao longo da sequência didática ou da proposta de ensino, de modo a abordar os conteúdos pretendidos. O professor também poderia planejar repetições de uma das fases (por exemplo, da fase de modelagem, para que os estudantes tenham mais contato com a metodologia, ou, ainda, da fase de prática guiada, para abordar junto com os estudantes a realização das atividades), de acordo com o contexto e com os objetivos de ensino e de aprendizagem. Os estudantes, sobretudo do nível superior e de licenciaturas, também poderiam propor temas sobre QSCs, buscando casos reais em que eles poderiam alcançar objetivos de aprendizagem, por exemplo, na fase de prática independente.

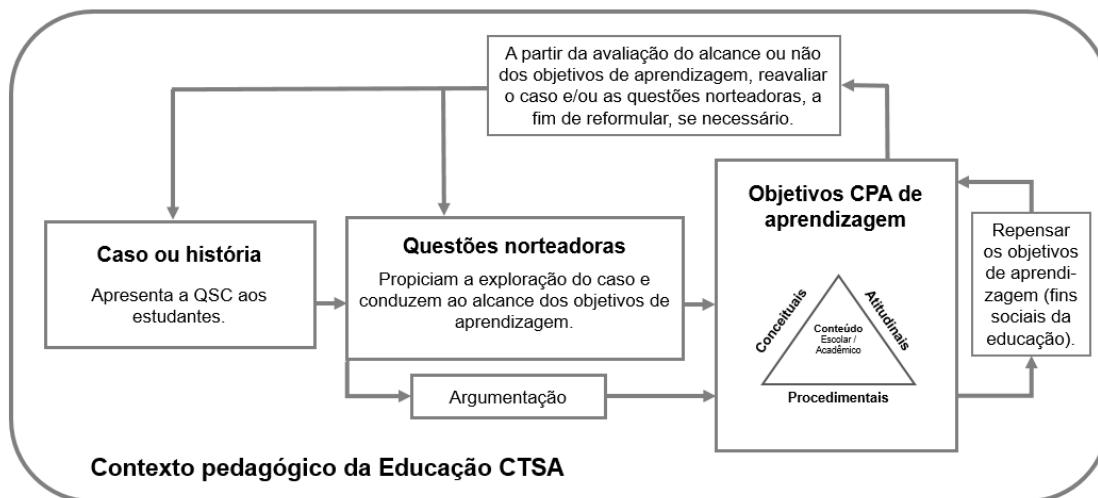
5 Um modelo para a abordagem de QSCs na educação científica

A partir do exposto, a respeito do ensino de ciências, sob perspectivas da Educação CTSA, voltadas para o desenvolvimento moral e a formação de ativistas,

considerando as três dimensões dos conteúdos e o objetivo da educação científica voltado ao letramento científico crítico, abaixo apresentamos, na Figura 4, a representação da unidade básica do nosso modelo³¹, para o uso de QSCs em propostas de ensino. Nessa unidade, destacamos três elementos (caso, questões norteadoras e objetivos CPA de aprendizagem).

O caso, que introduz a QSC aos estudantes, é acompanhado de questões norteadoras, que orientam a exploração do caso, com vistas ao alcance de determinados objetivos de aprendizagem. Devido à importância da argumentação para a comunicação científica, para a mobilização de conteúdos científicos e para uma melhor tomada de decisão (CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2015; SÁ; QUEIROZ, 2007; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FREDERICO-AGRASO, 2006; OSBORNE; EDURAN; SIMON, 2004; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000), ressaltamos e recomendamos o uso das questões norteadoras para o desenvolvimento de habilidades argumentativas, que deverão estar explicitadas nos objetivos de aprendizagem.

Figura 4 – Representação da unidade básica do modelo: estrutura de três elementos (caso, questões norteadoras e objetivos CPA de aprendizagem) para abordagem de QSCs em sala de aula, a partir do contexto pedagógico da Educação CTSA.



Fonte: Baseado em Conrado; Nunes-Neto, *no prelo*.

³¹ Cabe ressaltar que o presente modelo teórico, suas bases e recomendações de aplicação na prática educativa poderiam ser interpretados como uma tecnologia social, porém seria necessária uma elaboração sobre a própria ideia de tecnologia social (e sua inserção no contexto de uma educação transformadora), o que não é a intenção deste trabalho.

Para a implementação da unidade didática acima, também sugerimos a adoção de estratégias e atividades individuais e coletivas de: investigação; mapeamento de relações entre CTSA; discussões de questões controversas, com base na literatura; debates sobre discursos; reflexão sobre valores e interesses de *stakeholders* e outros envolvidos na QSC; reflexão sobre os próprios valores e práticas; planejamento de ações sociopolíticas.

Se objetivamos o alcance de um letramento científico crítico, a unidade apresentada para a abordagem de QSCs em sala de aula deve ser considerada em um contexto mais amplo (histórico e geograficamente), envolvendo, inicialmente, a situação didática, mas também considerando as relações com outros ambientes de aprendizagem; a experiência prévia de professores e estudantes; os conhecimentos, habilidades, valores e atitudes da comunidade escolar/acadêmica; as influências da situação político-educacional. As normas e os valores sociais, em diferentes níveis hierárquicos, colocam condições, limitações e oportunidades para decisões e ações que ocorrem no meio escolar/acadêmico. Nesse sentido, uma vez que a comunidade escolar/acadêmica geralmente não está habituada a lidar com o ensino e a aprendizagem de conteúdos nas dimensões CPA, a partir de casos sobre QSCs com questões norteadoras que fomentem o alcance de objetivos de aprendizagem explícitos, recomendamos a adoção da estratégia das cinco fases, que podem favorecer a implementação do modelo. Desse modo, a unidade básica poderia se repetir nas fases de modelagem, prática guiada e prática independente (conforme exemplificado na Figura 5); ou ser abordada nas cinco fases (se for optado por trabalhar apenas um caso, por exemplo).

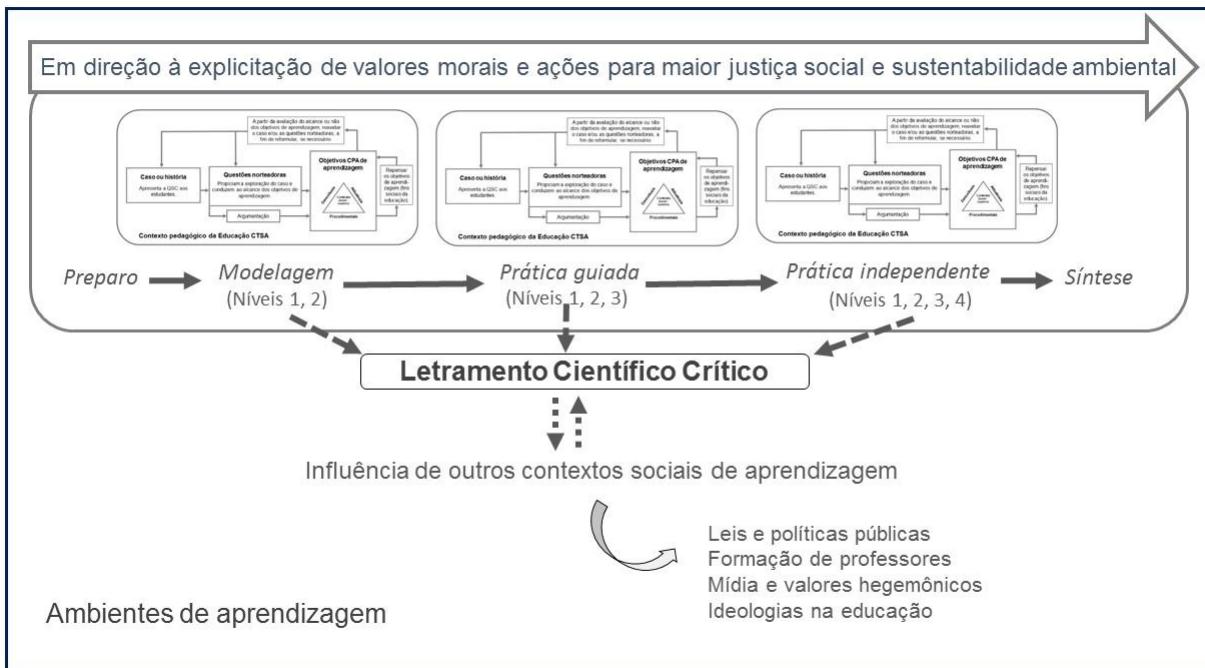
Nessa mesma linha de raciocínio, podemos relacionar a estratégia das cinco fases ao alcance dos diferentes níveis do letramento científico crítico (*sensu* Hodson, 2004; 2011): as fases de preparo e modelagem podem contribuir para o alcance dos dois primeiros níveis, pois a introdução aos estudos CTSA na educação e a noção de como resolver QSCs auxiliam no reconhecimento das relações CTSA e da influência de interesses e valores de grupos sociais que estão no poder no desenvolvimento científico e tecnológico; a fase de prática guiada também contribui para o terceiro nível do letramento científico crítico, uma vez que induz à participação social, ao debate e ao posicionamento refletido e crítico. Por fim, as duas últimas fases reforçam os três

primeiros níveis, mas também apoiam a tomada de decisão e a execução de ações sociopolíticas.

Ainda considerando a estratégia das cinco fases, cabe notar que a execução de ações sociopolíticas não está condicionada, *obrigatoriamente*, às duas últimas fases, uma vez que podemos reconhecer, a todo momento, que executamos ações sociopolíticas, e, desse modo, podemos conectar a reflexão sobre essas ações sociopolíticas cotidianas relacionadas a uma QSC. Por exemplo, quando optamos ou não por separar o lixo para reciclagem, estamos realizando uma ação sociopolítica sobre uma QSC relacionada ao consumo e à poluição. Porém, quando percebemos, por exemplo, a partir de uma vivência em sala de aula (relacionada a um caso sobre reciclagem), as relações entre CTSA associadas à pesquisa e à produção de tecnologias sobre reciclagem (conexão com o nível 1 do letramento científico crítico); os diversos valores e interesses que dominam o discurso hegemônico sobre os benefícios do consumo, ao mesmo tempo que ocultam dados sobre poluição e prejuízos à saúde humana e ambiental, principalmente para aqueles não considerados moralmente (relação com nível 2); a necessidade de tomarmos um posicionamento, a favor ou contra o aumento do consumo e suas consequências socioambientais, com base em valores morais (relação com nível 3); e tomamos a decisão de agir conforme esse posicionamento adotado, planejando intervenções em nossas práticas sociais (relação com nível 4), poderíamos (por exemplo) não apenas realizar a separação do lixo, mas também atuarmos na conscientização e na sensibilização de pessoas sobre o assunto (e tudo que aprendemos relacionado à QSC); na exigência de medidas políticas para reduzir o incentivo ao discurso hegemônico do consumismo e para aumentar o incentivo a modos e meios de consumo consciente e com menor impacto socioambiental; na busca e na avaliação de modelos alternativos ao modelo dominante de consideração moral dos envolvidos nos processos de produção, consumo e descarte, etc. Portanto, os diferentes níveis de letramento científico crítico podem ser abordados considerando, a princípio, ações sociopolíticas cotidianas sobre QSCs, desde o início de uma intervenção educacional. Além disso, é possível que, em cada uma dessas cinco fases, possam ser abordados os quatro níveis de letramento científico crítico e discutidas as diversas ações sociopolíticas, com níveis de aprofundamento variados. Desse modo, outra configuração seria possível

para representar as relações entre a unidade básica do modelo (Figura 4) com as cinco fases e os níveis de letramento científico crítico.

Figura 5 – Uma representação do modelo proposto para o ensino de ciências a partir de QSCs no contexto da Educação CTSA.



Concomitantemente, vale notar que é necessário um esforço coletivo no sentido de contemplar os vários fatores contextuais que determinam ou influenciam a unidade básica do nosso modelo. Isto pode se configurar a partir de: discutir políticas públicas para a melhoria das condições de ensino; aplicar e aperfeiçoar, com pesquisa e implementação, inovações educacionais, a exemplo desse modelo; discutir a formação de professores a partir desse modelo e/ou outros que abordem QSCs na educação CTSA; debater o papel e a influência dos meios de comunicação de massa na manutenção e no reforço de determinados valores hegemônicos (como competição, egoísmo e consumismo) que desfavorecem o letramento científico crítico, além de determinadas ideologias na educação (como seu papel meramente transmissivo e reproduutor de valores conservadores que mantêm o *status quo*; ou a ideia de conteúdo escolar/acadêmico reduzido à sua dimensão conceitual).

Por fim, os estudos de implementação e avaliação de modelos teóricos de ensino (ou de outras inovações educacionais) devem considerar a adequação destes a diversos contextos, como idade e nível cognitivo dos estudantes envolvidos; adaptação ao currículo e ao contexto didático (JONES *et al.*, 2012); tempo escolar; possibilidades de uso de estratégias complementares ou de maior domínio dos docentes; necessidades e dinâmica dos professores.

Portanto, acreditamos que a capacitação dos sujeitos para ações sociopolíticas e, a longo prazo, a formação de ativistas, que implica em transformações de identidades pessoais dos estudantes, podem seguir a estrutura que propomos para a abordagem das QSCs em salas de aula ou comunidades de aprendizagem mais abrangentes. Muito embora não nos pareça necessário que ações sociopolíticas e iniciativas de ativismo estejam sempre presentes no alcance dos objetivos CPA de aprendizagem, nos parece que alcançar certos objetivos CPA de aprendizagem pode conduzir a ações sociopolíticas e ativismo, pois, de modo interessante, há uma certa progressão entre dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais ao longo dos estágios e níveis da estrutura curricular para o letramento científico crítico, proposta por Hodson (2004; 2011) e operacionalizada aqui por nós. Em outras palavras, ao passo em que a aprendizagem de fatos, conceitos e princípios, assim como de procedimentos, técnicas e métodos é ponto de partida e meio, o alcance da aprendizagem de valores, normas e atitudes, culminando idealmente com a prática de ações sociopolíticas e iniciativas duradouras de ativismo, é – ou deveria ser – o ponto de chegada de uma estrutura curricular condizente com a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

6 Considerações finais

Neste capítulo, apresentamos uma abordagem possível para o ensino de ciências que visa superar problemas da educação tradicional-tecnicista, e, ainda, é alinhada com certas vertentes da educação CTSA, que enfatizam dimensões ética e política da educação científica, principalmente aquelas orientadas ao desenvolvimento moral e à explicitação de valores, e voltada ao ativismo sociopolítico, em direção a ações sociopolíticas para maior justiça social e sustentabilidade ambiental. Mais precisamente,

propusemos um modelo teórico, levando em conta contribuições destas duas vertentes da Educação CTSA, com uma estrutura de três elementos interconectados (casos que expõem QSCs, questões norteadoras e objetivos CPA de aprendizagem), num contexto relacionado a outros ambientes de aprendizagem e influenciado por valores e práticas de atores sociais desses ambientes, como uma heurística possível para a abordagem com QSCs.

Considerando o exposto, buscamos uma educação CTSA, por meio de QSCs, como parte de uma formação social e política, para uma participação ativa crítica do estudante na sociedade. Para isso, discutimos uma abordagem capaz de evidenciar o currículo oculto e o pensamento hegemônico, principalmente relacionados a determinados valores e ideologias, e alinhada com estratégias para *identificação, engajamento e transformação* dos problemas socioambientais atuais, tendo em conta, ainda, as virtudes e o valor intrínseco de todos os seres vivos. Podemos dizer que essas características estão intimamente relacionadas com o objetivo do alcance de um letramento científico crítico, a partir da educação CTSA.

Parece-nos muito importante que as aplicações de propostas de ensino baseadas em QSCs, seguindo o modelo teórico que aqui expusemos, tenham como meta o fomento de ações sociopolíticas e, a mais longo prazo, a formação de ativistas sociopolíticos. Para isso, é importante que os atores sociais envolvidos no ensino de ciências – apesar de todos os contratemplos que enfrentam no exercício de suas atividades profissionais – estejam preparados para utilizar sua autonomia e as oportunidades de que dispõem para uma formação efetiva de estudantes capazes de se engajarem em causas sociais e ambientais relevantes, uma vez que o contexto socioambiental afeta a todos e que nossas ações, sejam elas conscientes ou não, podem contribuir para manter ou resolver problemas socioambientais relevantes. Nesse contexto, os desafios da educação científica são complexos e devemos considerar múltiplos métodos, porém com esclarecimento e coerência entre fundamentos, meios e fins. Para isto, torna-se cada vez mais relevante o estabelecimento de *comunidades de prática*, para trabalhos colaborativos, entre professores do ensino básico, pesquisadores em educação científica e tecnológica e estudantes de pós-graduação. Isso significa que o processo de formação crítica deve estar presente em todos os níveis da educação, principalmente no contexto

da formação docente. A partir da maior frequência de momentos de aplicação, discussão de teorias e resultados, conseguiremos realizar um refinamento do modelo, por meio de sua aplicação empírica e discussão teórica no contexto acadêmico/ escolar, com vistas ao alcance de seus objetivos.

Num mundo que já se encontra hoje em crise, as novas gerações podem enfrentar desafios socioambientais muito maiores do que as dificuldades atuais e os jovens precisam estar preparados. Neste sentido, a comunidade escolar/acadêmica, juntamente com pesquisadores e outros atores sociais precisam assumir compromissos e ações para o preparo desses jovens para tais desafios. A proposição colaborativa de inovações educacionais com diálogo e participação ativa entre aqueles envolvidos com o ensino e com a pesquisa contribuirá para reforçar relações dialéticas entre, de um lado, *descrições* e análises da literatura sobre teorias e modelos educacionais, e, de outro, *proposições* de novas abordagens teóricas, mais refinadas, após análise crítica e síntese de aspectos dos diferentes modelos avaliados, para o alcance de determinados fins sociais, considerando de modo horizontal os diferentes saberes (conhecimentos, valores e práticas) dos atores sociais envolvidos no contexto educacional.

Nessa perspectiva, que se alinha bem com a abordagem metodológica do *design research*, é possível desenvolver processos de refinamento mútuo, à medida que novos ciclos dialéticos são realizados, por meio de contribuições, tanto da literatura (e, dessa forma, da pesquisa), quanto da aplicação (e, dessa forma, da implementação) de versões do modelo proposto, ou de outras contribuições. Esse movimento, envolvendo diversos atores sociais, tem potencial para repercutir no desenvolvimento acadêmico da área e também na aceitação e no uso desses modelos teóricos para a abordagem de QSCs na prática educativa.

Referências

ANDRADE, M. A. S. et al. Agrotóxicos como questão sociocientífica na Educação CTSA. **Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental (REMEA)**, v.33, n.1, p.171-191, 2016.

ARANHA, M. L. de A. **Filosofia da Educação**. 3.ed.rev.ampl. São Paulo: Moderna, 2006.

- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v.1, n. esp., p.1-20, 2007.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**. Bauru. v.7, n.1, p.1-13, 2001.
- BARRETT, S.; PEDRETTI, E. Conflicting orientations to science – technology – society – environment education. **School Science and Mathematics**, v.106, n.5, p.21-31, 2006.
- BAZZUL, J. Science Education as a Site for Biopolitical Engagement and the Reworking of Subjectivities: Theoretical Considerations and Possibilities for Research. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (eds.). **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Heidelberg: New York: London, Springer, 2014.
- BEARZI, G. When swordfish conservation biologists eat swordfish. **Conservation Biology**, v.23, n.1, p.1-2, 2009.
- BECKERT, C. **Ética**. Lisboa: Centro de Filosofia da Faculdade de Lisboa, 2012.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: **Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education**, p.1-28, Ottawa, ON: Carleton University, 2009.
- 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**, v.14, n.2, p.39-56, 2014.
- BERKOWITZ, M. W.; SIMMONS, P. Integrating science education and character education: the role of peer discussion. In: ZEIDLER, D. (ed.) **The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p.117-138. (Science & Technology Education Library, 19)
- BORTOLETTO, A; CARVALHO, W. L. P. Temas Sociocientíficos: Análise dos Processos Argumentativos no Contexto Escolar. In: CARVALHO, L. O. de; CARVALHO, W. L. P. de. (Orgs.). **Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012, p.249-270.
- BOURDIEU, P. **Escritos de Educação**. 9.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais (1ª a 4ª séries)**. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais (5ª a 8ª séries)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CARNEIRO, F. F. et al. (orgs.). **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- CARVALHO, I. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como Selecionar Conteúdos de Biologia para o Ensino Médio? **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.1, n.1, p.67-100, 2011.
- CLÉMENT, P. Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices. In: **Proceedings of Conference of the European Science Education Research Association, ESERA**, Univ. Minho, Braga: ESERA Summer School, p.9-18, 2006.
- COLL, C. et al. **Los contenidos de la Reforma**. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Madrid: Santillana, 1992.
- COLUCCI-GRAY, L. et al. From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. **Science Education**, v.90, n.2, p.227-252, 2006.

- 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**, n.14, p.345-368, ago./dez. 2012.
- CONRADO, D. M. *et al.* Evolução e ética na tomada de decisão em questões sociocientíficas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. esp., p.803-807, 2013.
- 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** (RBPEC), v.14, p.77-87, 2014.
- CONRADO, D. M. *et al.* Socioscientific issues about bees, pollination and food production in biology teaching. *In: Programme of 11th Conference of the European Science Education Research Association* (ESERA), Helsinki, Finlândia: ESERA, p.1-4, 2015.
- CONRADO, D. M. *et al.* Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. **Indagatio Didactica**, v.8, n.1, p.1132-1147, julho, 2016.
- CONRADO, D. M. **Uso de conhecimentos evolutivo e ético na tomada de decisão por estudantes de biologia**. 2013. 220p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, 2013.
- CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Cientificismo: uma análise crítica do discurso no ensino superior de biologia. *In: Atas do 5º Congresso Ibero Americano de Investigação Qualitativa em Educação* (CIAIQ), Porto: Universidade Lusófona do Porto, p.1054-1059, 2016a.
- 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**, v.4, n.5, p.218-231, 2016b.
- CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. *In: Atas do II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia* (II SINECT), Ponta Grossa, UTFPR, 2010.
- 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** (REMEA), v.30, n.1, p.120–139, jan./ jun. 2013.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Análise de argumentos em uma questão sociocientífica no ensino de biologia. **Revista da SBEnBio** (Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia), n.9, p.5522-5534, 2016.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. *In: Atas do XVI ENEC – Encontro Nacional de Educação em Ciências*. p.432-435, 2015, Lisboa.
- DREIER, J. Moral Relativism and Moral Nihilism. *In: COPP, D. (ed.). The oxford handbook of Ethical Theory*. New York: Oxford University Press, 2006. p.240-264.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v.84, n.3, p.287-312, 2000.
- EKBORG, M.; IDELAND, M.; MALMBERG, C. Science for life – a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases. **Nordina: Nordic Studies in Science Education**, v.5, n.21, p.35-46, 2009.

- FARACO, C. **Trabalhando com a narrativa**. 2.ed. São Paulo: Ática, 1992.
- FELIPE, S. T. Antropocentrismo, sencentismo e biocentrismo: perspectivas éticas abolicionistas, bem-estaristas e conservadoras e o estatuto de animais não-humanos. **Revista Páginas de Filosofia**, v.1, n.1, p.2-30, jan./jul., 2009.
- FERNANDES, C. S.; STUANI, G. M. Agrotóxicos no Ensino de Ciências: uma pesquisa na educação do campo. **Educação & Realidade**. Porto Alegre, v.40, n.3, p.745-762, 2015.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.17, n.2, p.421-431, 2010.
- FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, UNESP, 1995.
- FOUREZ, G. **Educar**: docentes, alunos, escolas, éticas, sociedades. Aparecida, SP: Idéias e Letras, 2008.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FULLICK, P.; RATCLIFFE, M. (Eds.) **Teaching ethical aspects of science**. Totton: Bassett Press, 1996.
- GIROUX, H. A. **Theory and Resistance in Education**. London: Bergin & Garvey, 2001.
- GIROUX, H. A.; GIROUX, S. S. Challenging neoliberalism's new world order: the promise of critical pedagogy. **Cultural Studies/Critical Methodologies**, v.6, p.21-32, 2006.
- GOERGEN, P. Educação moral hoje: cenários, perspectivas e perplexidades. **Educação & Sociedade**, Campinas, v.28, especial, n.100, p.737-762, 2007.
- GUIMARÃES, A. G.; CARVALHO, W. L. P. de; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência & Educação**, v.16, n.2, p.465-477, 2010.
- GUIMARAES, A. P. M. et al. Teaching ethics in science education: beyond anthropocentrism in theory and practice. In: **9th World Environmental Education Congress**. Vancouver, Canada. Sep., 2017.
- HEMPEL, M. Ecoalfabetización: el conocimiento no es suficiente. **Gobernar para la sostenibilidad**. La situación del mundo 2014. Barcelona: Icaria editorial, 2014, p.79-93.
- HODSON, D. Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. **The Science Education Review**, v.3, v.1, p.2-7, 2004.
- HODSON, D. **Looking to the Future**: Building a Curriculum for Social Activism. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- HODSON, D. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. Be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, Canadá, v.13, n.4, p.313-331, 2013.
- HUNTER, M. **Enhancing Teaching**. New York: McMillan College, 1993.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FREDERICO-AGRASO, M. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento em sala de aula. **Educação em Revista**, v.43, p.13-33, 2006.
- KENTLY, F. D. Comparison of hidden curriculum theories. **European Journal of Educational Studies**, v.1, n.2, p.83-88, 2009.
- KERCKHOFF, A. S.; REIS, G. Responsible stewards of the earth: Narratives of youth activism in high school (science). In: BENCZE, L; ALSOP, S. (eds). **Activist science and technology education**. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands, 2014, p.465-476.

- KNIGHT, J. K.; WOOD, W. B. Teaching more by lecturing less. **The American Society for Cell Biology**, v.4, Winter, p.298-310, 2005.
- KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v.85, n.3, p.291-310, 2001.
- KRAUT, R. Aristotle's Ethics. In: ZALTA, E. N. (ed.). **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Stanford, CA: Metaphysics Research Lab, Stanford University, edição de primavera, 2016. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/aristotle-ethics/>>. Acesso em: 10 de março de 2016.
- KRAUT, R. Altruism. In: ZALTA, E. N. (ed.). **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Stanford, CA: Metaphysics Research Lab, Stanford University, edição de outono, 2016. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2016/entries/altruism/>>. Acesso em: 12 de julho de 2017.
- KRSTOVIC, M. Preparing Students for Self-Directed Research-Informed Actions on Socioscientific Issues. In: BENCZE, L; ALSOP, S. (eds). **Activist science and technology education**. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands, 2014, p.399-417.
- LACEY, H. **Valores e atividade científica 2**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2010.
- LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. **International Journal of Science Education**, v.28, n.10, aug. 2006, p.1201-1224.
- LIMA, G. Z. de; LINHARES, R. E. C. Escrever bons problemas. **Revista Brasileira de Educação Médica**, n.32, v.2, p.197-201, 2008.
- LODI, L.H.; ARAÚJO, U.F. Ética e Cidadania e Educação: Escola, democracia e cidadania. In: BRASIL. **Ética e cidadania**: construindo valores na escola e na sociedade. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2007, p.69-84.
- LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. 3.ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- MARTÍN, M. M. Conocer, manejar, valorar, participar: los fines de una educación para la ciudadanía. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.42, p.69-83, 2006.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. M. **Questões sociocientíficas na prática docente**: ideología, autonomía e formación de profesores. São Paulo: UNESP, 2012.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas à prática de professores de ciências. **Educação e Pesquisa**, v.38, p.728-742, 2012.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; PARGA LOZANO, D. L. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA **Góndola**, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, v.8, n.1, p.23-35, 2013.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; VILLAMIZAR FÚQUENE, D. P. **Unidades didácticas sobre cuestiones socio científicas**: construcciones entre la escuela y la universidad. Bogotá: Colciencias; Alternaciencias; Universidad Pedagógica Nacional, 2014.
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching**: The role of History and Philosophy of Science. Routledge: London, 1994.
- NOSS, R. F. Values are a good thing in Conservation Biology. **Conservation Biology**, v.21, n.1, p.18–20, 2007.
- OLIVEIRA, M. B. A epistemologia engajada de Hugh Lacey. **Manuscrito**, Campinas, SP, v.21, n.2, p.113-135, 1998.

- OLIVEIRA, R. J. O Ensino das Ciências e a Ética na Escola: Interfaces Possíveis. **Química Nova na Escola**, v.32, n.4, p.227-232, 2010.
- OSBORNE, J.; EDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argument in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, n.10, p.994-1020, 2004.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. **Science Education**, v.95, n.4, p.601-626, 2011.
- PEDRETTI, E.; FORBES, J. STSE education: from curriculum rhetoric to classroom reality. **Orbit**, v.31, n.3, p.39-41, 2000.
- PINZANI, A. Democracia versus tecnocracia: apatia e participação em sociedades complexas. **Lua Nova [online]**, n.89, p.135-168, 2013.
- PUIG, B.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. Argumentação e pensamento crítico sobre determinismo biológico a respeito das “raças” humanas. In: VIEIRA, R. M. **Pensamento crítico na educação: perspetivas atuais no panorama internacional**. Aveiro: UA, 2014, p.237-250.
- RACHELS, J. **Introducción a la filosofía moral**. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- RACHELS, J. **Problemas da filosofia**. 2.ed. Lisboa: Gradiva, 2010. (Coleção Filosofia Aberta, 19)
- RACHELS, J.; RACHELS, S. **A coisa certa a fazer**: leituras básicas sobre filosofia moral. 6.ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science education for citizenship**: teaching socio-scientific issues. Maidenhead, UK: Open University Press, 2003.
- REGAN, T. Animal Rights and Environmental Ethics. In: BERGANDI, D. (Ed.), D. **The Structural Links between Ecology, Evolution and Ethics**: the Virtuous Epistemic Circle. Dordrecht: Springer, 2013, p.117-126.
- REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v.3,n.1,p.1-10, 2013a.
- REIS, P. Factors of success regarding classroom discussions of SSI: a cross-case study. **Les dossiers des sciences de l'éducation**, n.29, p.67-80, 2013b.
- REIS, P. Acción Socio-Política sobre Cuestiones Socio-Científicas: Reconstruyendo la Formación Docente y el Currículo, **Revista Uni-pluri/versidad**, Lisboa, v.14, n.2, 2014.
- REIS, G.; NG-A-FOOK, N.; GLITHERO, L. Provoking EcoJustice: taking citizen science and youth activism beyond the school curriculum. In: MUELLER, M. P.; TIPPINS, D. J. (Eds.). **EcoJustice, Citizen Science and Youth Activism**: situated tensions for Science Education. Cham, Switzerland: Springer, 2015, p.39-61.
- REYNOLDS, C. R.; VANNEST, K. J.; FLETCHER-JANZEN, E. (eds.) **Encyclopedia of Special Education**: a reference for the education of children, adolescents, and adults disabilities and other exceptional individuals, 4 Volumes. 4.ed. Somerset, NJ: Wiley, 2014.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**. v.30, n.8, p.2035-2042, 2007.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Átomo, 2010.
- SADLER, T. D. Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of science literacy. **Science Educator**, v.13. p.39-48, 2004a.
- SADLER, T. D. Moral sensitivity and its contribution to the resolution of socio-scientific issues. **Journal of Moral Education**, v.33, n.3, p.339-358, 2004b.

- SADLER, T. D.; BARAB, S. A.; SCOTT, B. What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? **Research in Science Education**, v.37, p.371-391, 2007.
- SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, v. 88, p.4-27, 2004.
- SANTOS, E. L.; CARMO, R. S. Histórias explicativas para o ensino de fotossíntese e abordagem da natureza da ciência no ensino médio de biologia. In: **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**. Águas de Lindóia, SP, 2015.
- SANTOS, M. G.; SEABRA, F. O modelo de Madeline Hunter: um contributo para a análise da controvérsia. In: **Atas do XII Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação**, Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, p.1851-1859, 2014.
- SANTOS, W. L. P. dos. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, Brasília, v.93, n.2, p.361-382, 2009.
- SANTOS, W. L. P. Educação CTS e Cidadania: Confluências e Diferenças. **Amazônia** (UFPA), v.9, p.49-62, 2012.
- SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio – pesquisa em educação em ciências**, v.2, n.2, p.133-162, 2002.
- SARMENTO, A. C. de H. et al. Investigando princípios de *design* de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência & Educação**, Bauru, v.19, n.3, p.573-598, 2013.
- SAUNDERS, K. J.; RENNIE, L. J. A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. **Research in Science Education**, v.43, p.253-274, 2013.
- SAVIN-BADEN, M.; MAJOR, C. H. **Foundations of Problem-based Learning**. Great Britain: MPG Books: Open University Press, 2004.
- SHAFER-LANDAU, R. (ed.). **Ethical theory: an anthology**. 2.ed. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell, 2013.
- SILVA, S. M. B.; SANTOS, W. L. P. dos. Questões sociocientíficas e o lugar da moral nas pesquisas em ensino de ciências. **Interacções**. v.10, n.31, p.124-148, 2014.
- SINGER, P. **Compendio de Ética**. Madrid: Alianza, 2004.
- SINGER, P. **The Expanding Circle: Ethics, Evolution, and Moral Progress**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, [1981] 2011.
- SOLBES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de La Ciencias**, v.10, n.2, p.148-158, 2013. doi:10498/15113.
- STURGEON, N. L. Relativism. In: SKORUPSKI, J. (ed.). **The Routledge Companion to Ethics**. Oxfordshire, UK: Routledge Taylor & Francis, 2010, p.356-365.
- TAN, M. Science Teacher Activism: the case of environmental education. **Journal for Activist Science & Technology Education**, v.1, n.1, p.32-43, 2009.
- TORRES-MERCHÁN, N. Y. El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. **Zona Próxima**, Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte, n.14, p.126-141, 2011.
- VELLOSO, A. M. S. et al. Argumentos elaborados sobre o tema "corrosão" por estudantes de um curso superior de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n.2, p.593-616, 2009.

- VILLA, A.; POBLETE, M. **Aprenizaje basado en competencias**: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Bilbao: Universidad de Deusto, 2007.
- VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**. v.1, n.esp., p.1-19, nov. 2007.
- VON LINSINGEN, I.; CASSIANI, S. Educação CTS em perspectiva discursiva: contribuições dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia. **Redes**, v.16, n.31, p.163-182, 2010.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.
- ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender a ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- ZEIDLER, D. *et al.* Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education. **Science Education**, n.89, p.357-377, 2005.

CAPÍTULO 3: Implementação e avaliação de modelo teórico com questões sociocientíficas na educação CTSA: implicações para o ensino de biologia

1 Introdução

Diante dos atuais e graves problemas socioambientais, o cidadão 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 explicitar valores, educar outros cidadãos, e participar da tomada de decisão e de ações individuais e coletivas sobre esses problemas (CONRADO; NUNES NETO; EL-HANI, 2015; PINZINO, 2012; BETTENCOURT; VELHO; ALMEIDA, 2011; TOMAS; RITCHIE; TONES, 2011; MINTEER; COLLINS, 2005; JAROSZ, 2004). 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 (CONRADO, 2013; 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 dos conteúdos científicos), pode ser realizada a partir de estratégias de ensino que contextualizem social, filosófica e/ou historicamente temas relevantes, no âmbito da educação científica (CONRADO; NUNES-NETO, 2015a). 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 a questões éticas e políticas (CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; MARTIÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; BENCZE; ALSOP, 2009; 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; REIS, 2013; HODSON, 2011; LEVINSON, 2010; SOLBES; VILCHES, 2004; PEDRETTI, 2003). Para alcançar esse objetivo, muitos autores têm defendido um currículo baseado em questões sociocientíficas (QSCs), no contexto de uma abordagem pedagógica da educação CTSA. O ensino a partir de QSCs 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; BORTOLETTO; CARVALHO, 2012; HODSON, 2004), em relação aos problemas socioambientais atuais e aos aspectos éticos, políticos, culturais envolvidos com a ciência e a tecnologia (CONRADO, 2013; MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; BENCZE; SPERLING; CARTER, 2012; PEDRETTI; NAZIR, 2011; HODSON, 2011; SANTOS, 2009).

As QSCs são problemas controversos, relevantes no cenário mundial atual, que, para sua solução, necessitam de conhecimentos científicos. Contudo, envolvem não apenas estes, mas também outros tipos de conhecimentos, além de mobilizar diferentes habilidades, valores e atitudes, como, por exemplo, aqueles provenientes de diferentes tradições culturais e religiosas, filosofias morais, entre outras fontes (HODSON, 2013; CONRADO, 2013; CONRADO *et al.*, 2012; BERNARDO; VIANNA; SILVA, 2011; SADLER; ZEIDLER, 2004). Uma QSC, na sociedade, é complexa e possui elementos interdisciplinares, multidimensionais, controversos. Para fins didáticos, a QSC precisa ser adaptada para o contexto educacional, o que significa inseri-la em um planejamento pedagógico, considerando determinados objetivos e atividades. Compreender, relacionar e incorporar os diferentes aspectos envolvidos em uma QSC na tomada de decisão 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 educacional sobre as

QSCs, uma conexão mais forte e explícita entre conteúdos científicos e não científicos (CONRADO, 2013). Além disso, as QSCs, 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 (FEINSTEIN, KIRCHGASLER, 2015; PRETTY, 2011; TOMAS; RITCHIE; TONES, 2011; BARTHEL; FOLKE; COLDING, 2010).

Apesar do grande número de intervenções sobre QSCs no ensino de ciências, pouco tem sido colocado em termos de pesquisa de desenvolvimento, principalmente de modo explícito em relação a teste de modelos sobre o uso de QSCs (SADLER; MURAKAMI, 2014; SADLER; FOULK; FRIEDRICHSEN, 2017). A pesquisa de desenvolvimento (*design research*) permite a proposição e o aperfeiçoamento de inovações educacionais para a resolução de problemas na educação, a partir de ciclos iterativos de pesquisa, implementação e análise em parceria com diversos atores sociais. Nesse contexto, é possível desenvolver produtos educacionais relevantes, acessíveis e que apresentam resultados do compartilhamento de experiências e conhecimentos tanto pedagógicos como acadêmicos, sobretudo se houver envolvimento direto e horizontal entre professores e pesquisadores (ALMEIDA *et al.*, 2016). Para tanto, o trabalho colaborativo entre pesquisadores e docentes deve considerar o diálogo e o compartilhamento de experiências entre eles para estabelecer questões de pesquisa que considerem as preocupações e os desafios dos docentes, o que aumenta a conexão entre conhecimentos abstratos e gerais sobre a educação com seu contexto prático e situado em sala de aula (SEPULVEDA *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2016). Dessa forma, uma abordagem investigativa sobre as características de intervenções educacionais e os processos de planejamento e aplicação, com a cooperação dos diferentes atores sociais envolvidos é essencial, pois, contribui, além da formação e do desenvolvimento desses atores, com a produção de conhecimentos sistematizados, que podem, em alguma medida, serem transferidos para outros contextos semelhantes, de modo a conectar, com legitimidade e qualidade, produtos da investigação educacional e da prática pedagógica, garantindo seu alcance nas salas de aula, além de reforçar a autonomia do professor e

seu papel na sociedade (REIS *et al.*, 2016; SEPULVEDA *et al.*, 2016; MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012).

Conforme a fórmula recomendada por Van den Akker (1999), para a configuração do objetivo geral da pesquisa com base em *design research*, o objetivo desse trabalho é avaliar a aplicação de uma sequência didática, para fomentar o letramento científico crítico, no contexto do ensino de ciências/biologia, adotando QSC como caso, com questões norteadoras; estabelecimento de objetivos de aprendizagem, considerando as dimensões CPA do conteúdo; uso da didática de três fases; inclusão de atividades de argumentação, como características/princípios para desenvolver tomada de decisão socialmente responsável, com base na teoria da educação CTSA com QSC. Esses princípios se organizam em um modelo teórico para o ensino de QSCs com base na educação CTSA. A análise dos resultados da aplicação desses princípios auxiliou no aperfeiçoamento do modelo.

2 Métodos

A presente investigação qualitativa empírica foi fundamentada em pressupostos teórico-epistemológicos da pesquisa em educação classificada como teoria crítica (GRIX, 2010) e na abordagem do *design research* (PLOMP; NIEVEEN, 2009), também denominada pesquisa de desenvolvimento.

De um modo geral, na pesquisa em educação com base em pressupostos da teoria crítica, o pesquisador, primeiramente, assume que a pesquisa é um ato político em que se deve esclarecer os valores que orientam o processo investigativo, considerando, explicitamente, a contribuição da pesquisa para reconhecer e superar o papel de conservação social da educação, reforçado a partir de relações de opressão e desigualdade social; ocultamento de valores; imposição de crenças, ideologias e práticas sociais; e controle de condições para a humanização e a transformação social (ALVES-MAZZOTTI, 1996; BATISTA, 2000; NEVES-SILVA, 2007; BOURDIEU, 2007; LASTORIA *et al.*, 2013).

Do ponto de vista das teorias que embasam a visão dos pesquisadores sobre o mundo e influenciam suas escolhas a respeito da pesquisa educacional, cabe notar que

nossa investigação também é influenciada pelo pós-positivismo. Na pesquisa educacional, não necessariamente o pós-positivismo e a teoria crítica possuem elementos excludentes. Apesar das objeções da teoria crítica ao positivismo, como a crítica ao sistema lógico-científico de pensamento, à não assunção de valores na pesquisa científica, entre outros, consideramos, particularmente, aspectos em comum da teoria crítica e do pós-positivismo, por exemplo, a dialética da teoria crítica e a contextualização histórica e social do pós-positivismo que desaprovam a razão instrumental do positivismo (BATISTA, 2000; NEVES-SILVA, 2017). Mesmo que o pós-positivismo e a teoria crítica contenham discussões sobre objetos diferentes (sendo que o primeiro enfatiza aspectos da ciência e da tecnologia, enquanto o segundo aborda aspectos da sociedade), ambas as teorias reconhecem limites do positivismo e assumem que valores, ideologias, disputa pelo poder, e meios de dominação influenciam a pesquisa e devem ser explicitados, além de considerarem a importância de abordagens comunicativas para o avanço da sociedade (VOIROL, 2012; CARSPECKEN, 2011; NEVES-SILVA, 2007). Por um lado, no pós-positivismo, se assume que o desenvolvimento na ciência depende de fatores externos a ela (como, por exemplo, históricos, políticos), que são influenciados por ideologias e discursos dominantes e de poder (MÉSZÁROS, 2004). Por outro lado, na teoria crítica, se objetiva reflexão e criticidade, para perceber e superar condições de dominação e tecnicismo (CARSPECKEN, 2011), que, em certa medida, orientam a própria ciência. Ambas as perspectivas teóricas também compartilham de pressupostos comuns na medida em que buscam superar o positivismo pela superação das dicotomias da modernidade (influenciadas pelo cartesianismo), ao reconhecer processos de retroalimentação e influências mútuas entre teoria e prática, sujeito e objeto, conhecimento e ação, indivíduo e sociedade, entre outros (VOIROL, 2012).

Dessa forma, combinamos alguns dos pressupostos do pós-positivismo e da teoria crítica para investigar soluções viáveis para a inserção explícita de aspectos éticos e políticos na educação, de modo que o estudante possa assumir um papel reflexivo, investigativo e ser capaz de transformar o mundo, em direção à maior justiça social e sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, a dialética e a contextualização histórico-social permitem o desenvolvimento de conhecimentos em ciclos de redefinição das

relações entre os elementos envolvidos no processo de investigação, pressupostos alinhados com a abordagem do *design research*.

A pesquisa educacional de desenvolvimento tem como base um conjunto de conhecimentos multidisciplinares gerados por disponibilização, planejamento e teste de teorias, artefatos e práticas pedagógicas com possibilidade de uso no meio educacional (BARAB; SQUIRE, 2004). Essa metodologia permite, por meio da investigação, contribuir para resolver problemas a partir do desenvolvimento, via pesquisa, de uma série de princípios de planejamento de inovações educacionais aplicáveis ao seu contexto de aplicação. Geralmente, no processo investigativo, ocorre a comparação entre as vias de aprendizagem planejadas na intervenção e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula (MIDDLETON *et al.*, 2008). Além disso, fornece suporte para a melhoria da prática pedagógica e da aprendizagem, considerando contextos reais de ensino e de aprendizagem, e demandando por intervenções contínuas e em várias etapas para o aperfeiçoamento e a avaliação das inovações educacionais, contando necessariamente com a colaboração contínua de pesquisadores, docentes e outros atores sociais (MAZZARDO *et al.*, 2016; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).

Em nosso contexto, temos buscado elaborar, desenvolver, avaliar e aprimorar 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; NUNES-NETO; EL-HANI, 2015; CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; CONRADO *et al.*, 2013; CONRADO *et al.*, 2012; CONRADO *et al.*, 2011; CONRADO; EL-HANI, 2010). 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 dos estudos sobre essas características e o aperfeiçoamento da SD, em direção ao alcance do letramento científico crítico e à mobilização de conteúdos nas dimensões CPA. As duas estratégias selecionadas foram i) uso de QSCs em forma de caso, com questões norteadoras; e ii) uso de atividades de argumentação, com base

em Toulmin (2006). Além disso, acrescentamos a análise de mais duas características: iii) adoção de objetivos de aprendizagem, considerando dimensões CPA do conteúdo; e iv) uso da didática de três fases (modelagem, prática guiada, prática independente).

Inicialmente, elaboramos um quadro teórico, a partir de referenciais sobre Educação CTSA e QSCs, que fundamentaram a elaboração da SD. Consideramos que essa SD teve como base teórica-epistemológica o transformacionismo (ou teoria crítica, por estimular a discussão sobre valores e práticas hegemônicas e estruturas sociais de dominação ideológica) e aspectos do pós-positivismo (por priorizar procedimentos padronizados de busca, seleção, análise e discussão de informações, considerando o contexto social da ciência e a linguagem científica); utilizamos (na elaboração da SD) métodos e estratégias compatíveis com abordagens pedagógicas holísticas e sociocríticas; além da filosofia moral fundamentada na ética das virtudes e na ontologia moral biocêntrica (pois, apesar de discutirmos os principais fundamentos da filosofia moral, explicitamos essas tendências como base para o planejamento da SD); e as vertentes da educação CTSA: valores e desenvolvimento moral e justiça socioambiental (ver CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2017 e capítulos 1 e 2 dessa tese³²).

A intervenção foi planejada a partir de um trabalho colaborativo entre pesquisadores e docentes de disciplinas do curso superior de biologia, especificamente das áreas de ecologia, evolução, biologia geral e ética, da Universidade Federal da Bahia. Participaram do planejamento da SD: estudantes (pós-graduandos) da disciplina Questões Sociocientíficas e Argumentação no Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, que avaliaram e validaram uma versão prévia da SD. Posteriormente, a SD foi reformulada, levando em consideração também sugestões dos dois professores da disciplina em que a SD seria aplicada (Introdução à Biologia), além de recomendações de professores dos grupos: Laboratório

³² Cabe notar, como explicitado na apresentação dessa tese, que a pesquisa executada, nesse capítulo 3, não foi baseada exatamente no modelo teórico apresentado no capítulo 2; ao invés disto, os resultados desta pesquisa empírica contribuíram para o aperfeiçoamento de uma versão prévia (muito semelhante) do modelo teórico apresentado no capítulo 2, resultando, então, na versão efetivamente apresentada. Isso mostra relações de circularidade (ou, mais precisamente, elipses movendo-se no tempo) entre proposição e aplicação, previstos no *design research*. Em suma, a sequência temporal foi: a proposição de um modelo teórico prévio, em que foi realizada uma validação empírica, relacionada à pesquisa deste capítulo; e a proposição de modelo teórico aprimorado, a partir dos resultados dessa pesquisa empírica, para o capítulo 2.

de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFH BIO-UFBA); Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LABEA-UFBA); Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA-UFBA). As aulas foram ministradas pela professora-investigadora, autora deste trabalho, juntamente com a participação de um dos professores responsáveis pela disciplina Biologia Geral.

A SD foi inserida na grade curricular e no cronograma da disciplina de biologia geral, levando em conta parte dos conteúdos do programa da disciplina, com duração total de 14 horas-aulas, divididas em 7 aulas de aproximadamente 2 horas, considerando (CONRADO *et al.*, 2016a):

- discussão de bases da perspectiva de educação CTSA; informações e atividades sobre investigação e comunicação científicas, com ênfase sobre a rotina organizacional dos 7 passos³³ da aprendizagem baseada em problemas (ABP) (SAVIN-BADEN; MAJOR, 2004) e o modelo de argumentação de Toulmin (TOULMIN, 2006) para auxiliar na resolução dos casos;
- discussão e resolução conjunta de uma QSC a respeito de um caso sobre monocultura (caso 1); atividades de: construção de mapa das relações CTSA, elaboração de argumentos e recomendação de ações sociopolíticas, com foco no caso 1;
- orientação para a resolução de um caso a respeito de uma QSC sobre bactérias (caso 2), com o fornecimento de materiais para auxiliar na fundamentação teórica das justificativas para a resolução do caso 2;
- apresentação de um caso a respeito de uma QSC sobre polinização (caso 3) e questões orientadoras para a mobilização de conteúdos relacionados à resolução do caso 3 (esse foi considerado o caso principal a ser abordado pelos estudantes);
- discussão de textos, vídeos e questões orientadoras, para resolução do caso 3, e exploração de relações dos conhecimentos científicos, tecnológicos, com condicionantes sociais e ambientais sobre o tema;

³³ Apesar de considerarmos a rotina dos 7 passos da ABP uma estratégia de aprendizagem relevante, optamos em não realizar a avaliação sobre o uso dessa estratégia (para essa pesquisa), uma vez que sua aplicação, conforme a metodologia da ABP, requer um processo de acompanhamento dos grupos (via tutores) do qual não tivemos condições de organizar (pois não tivemos acesso a tutores).

- apresentação dos produtos da resolução do caso 3: respostas a questões relacionadas ao caso, argumentos e sugestões de ações sociopolíticas.

Uma avaliação adicional da SD foi realizada a partir de um formulário de avaliação da SD pelos pares, enviado a pesquisadores e professores, e composto de: principais aspectos da SD (conteúdos, atividades e objetivos de aprendizagem); casos com questões norteadoras, roteiro organizacional dos sete passos para análise de casos; modelo de argumentação de Toulmin, materiais indicados para estudos referentes ao caso 3, questionários de avaliação (Apêndices C, E, F, G). Além disso, foram enviados os slides das aulas, para auxiliar na análise da SD pelos participantes. Cabe ressaltar que essa avaliação adicional da SD foi realizada após a aplicação da SD (ou seja, não foi uma validação da SD antes de sua execução), com o objetivo de obtermos mais dados de participantes (relacionados às experiências, aos conhecimentos e às opiniões desses profissionais), visando o aperfeiçoamento da SD, sobretudo quanto sua possibilidade de alcance de letramento científico crítico e de mobilização de conteúdos CPA.

No planejamento da SD, além de protocolos sobre a elaboração de casos (HERREID, 1998; LIMA; LINHARES, 2008; SÁ; QUEIROZ, 2010; HERREID *et al.*, 2012), consideramos os critérios de justificação *a priori* de Méheut (2005), para organizar uma intervenção apropriada ao contexto de sua aplicação, com base em três dimensões: epistemológica (na qual consideramos a adequação dos conteúdos a serem aprendidos 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 restrições físicas – como espaço, materiais e recursos – da instituição de ensino e limitações de tempo para a realização das atividades) da SD. Consideramos também uma dimensão *axiológica*, relacionada, principalmente, à formação ética e política dos estudantes (CONRADO, 2013).

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 explica a proposta e indica 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 *et al.*, 2015), para que eles resolvessem com um menor acompanhamento dos professores, durante as discussões e os trabalhos em grupos.

Participaram desse estudo duas turmas (total de 40 estudantes) de ingressantes (primeiro semestre) do curso superior de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia, Brasil (disciplina de Biologia Geral). O protótipo contendo a SD (Apêndice C) foi aplicado no período entre janeiro e fevereiro de 2016. 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 (Apêndice D), contendo informações sobre o projeto e as condições de participação dos estudantes, garantindo-lhes confidencialidade das informações e anonimato (GRIX, 2010).

Os estudantes, além de participarem das atividades relacionadas à SD, responderam a três questionários para avaliar conteúdos mobilizados durante a SD e oferecer comentários e opiniões sobre a SD: questionário A (Apêndice E), composto de onze questões sobre o caso 3 (entregue aos participantes na segunda aula da SD); questionário B (Apêndice F), composto de dez questões sobre ecologia, evolução e ética (entregue aos participantes como avaliação final da SD); questionário C (Apêndice G), composto de cinco questões de avaliações gerais sobre a SD, autoavaliação e avaliação mútua. Os argumentos produzidos pelos estudantes foram avaliados, considerando, sobretudo, a mobilização das dimensões CPA dos conteúdos e o alcance dos níveis de letramento científico crítico.

Também participaram da pesquisa professores e pesquisadores, que auxiliaram na avaliação da SD. Um total de 24 participantes (sendo 5 doutores; 15 doutorandos; 2 mestres; 2 mestrandos), sendo grande parte professores atuantes no ensino básico ou superior, receberam o formulário de avaliação por pares (Apêndice H), que considerou, principalmente, a capacidade da SD para a mobilização de dimensões CPA dos conteúdos e o desenvolvimento de níveis do letramento científico crítico.

Em relação ao alcance dos objetivos de aprendizagem, além das respostas aos questionários, utilizamos os cadernos de campo dos professores que aplicaram a SD e acompanharam o desenvolvimento dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem.

Portanto, os dados foram coletados a partir dos seguintes instrumentos: formulário de avaliação da SD por pares; questionários para estudantes; caderno de campo; argumento final apresentado pelos estudantes para a resolução do caso 3.

Os dados foram analisados a partir de uma análise de conteúdo, considerando os seguintes critérios: conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados; alcance dos níveis de letramento científico crítico; presença de discurso científico nas respostas dos estudantes, viabilizando, assim, o alcance dos objetivos dessa pesquisa.

Assim, participaram desse estudo: Pesquisadores; Estudantes; Professores da SD. No Quadro 1 abaixo, organizamos as principais informações a respeito dos procedimentos para a avaliação das características/princípios de *design*:

Quadro 1 – Principais elementos da avaliação dos princípios de *design*.

Princípio / Característica de <i>design</i>	Instrumentos de coleta de dados	Critérios de análise adotados
Caso e questões norteadoras	Formulário; Questionários; Caderno de Campo	Conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados
Objetivos de aprendizagem, com dimensões CPA do conteúdo	Formulário; Questionários; Caderno de Campo	Conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados
Didática de três fases	Formulário; Caderno de Campo	Alcance dos níveis de letramento científico crítico
Atividade de argumentação	Formulário; Questionários; Argumentos	Conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados; Alcance dos níveis de letramento científico crítico; Presença de discurso científico

Para avaliar os conteúdos mobilizados, utilizamos como marcos de referência as seguintes literaturas pertinentes: Ricklefs (2010), Begon; Townsend; Harper (2007), Ridley (2006), Futuyma (2005), para avaliar conhecimentos das áreas de ecologia e evolução; Rachels (2006; 2010), Beckert *et al.* (2012), Vaz; Delfino (2010) e Singer (2004), para avaliar raciocínio ético e valores morais. Para avaliar a presença de discurso

cientificista, elaboramos cinco categorias (Quadro 2) (CONRADO; CONRADO, 2016a; CONRADO; CONRADO, 2016b). Para avaliar o alcance dos níveis de letramento científico crítico³⁴, o que envolve a dimensão atitudinal dos conteúdos, elaboramos uma tabela (Quadro 3) de gradação em estágios para cada nível do letramento científico crítico (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2016; CONRADO; NUNES-NETO, *no prelo*). Vale ressaltar que os quatro níveis do letramento científico de Hodson (2004; 2011) são parâmetros bem gerais, o que pode dificultar o acompanhamento docente do desempenho dos estudantes em cada nível. Por isso, combinamos o referencial teórico sobre letramento científico crítico e sobre cientificismo, para delimitar quatro estágios em cada nível, que os sofisticam, de modo crescente.

Quadro 2 – Parâmetros para avaliação da presença de discurso científico.

Elemento do cientificismo	Descrição abreviada do significado	Exemplos de autores que abordam tais elementos
Neutralidade científica	Concepção de ciência imparcial, livre de valores, e superior a todas as outras formas de conhecimento	OLIVEIRA, 2008; LACEY, 2010; CONRADO; EL-HANI, 2010; ROSA; AULER, 2016
Objetividade e verdade científica	Crença na obtenção de verdades inquestionáveis pela ciência, garantidas pelo método científico	BARRA, 1998; LACEY, 2010; SILVA, 2010
Salvacionismo tecnológico	Ideia da tecnologia para redenção e benefício da sociedade quanto à solução dos problemas socioambientais	GIL-PÉREZ <i>et al.</i> , 2001; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2006; CONRADO; EL-HANI, 2010
Tecnocracia	Responsabilização social de especialistas por decisões de ações sobre problemas da sociedade	HABERMAS, 1968; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2006
Linearidade no avanço científico-social	Conceito de progresso ético-político gerado a partir do progresso epistêmico no meio científico e tecnológico	CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013; NUNES-NETO, 2015

Fonte: Modificado de Conrado; Conrado (2016a; 2016b).

³⁴ Para mais detalhes acerca dos 4 níveis de sofisticação do currículo para ações sociopolíticas, proposto por Hodson, ver Hodson (2004, 2011); Bencze; Carter (2011); Bencze; Alsop (2009).

Quadro 3 – Parâmetros para avaliar o alcance de letramento científico crítico³⁵.

Nível	Estágio 0	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
1. Reconhecimento de relações CTSA	Não percebe conexões e compartmentaliza questões e conhecimentos entre C, T, S, A na QSC	Indica benefícios da ciência e da tecnologia sobre sociedade e ambiente (perspectiva salvacionista)	Aponta demandas da sociedade sobre a ciência e a tecnologia ou impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e o ambiente	Reconhece que ciência e tecnologia são, em certa medida, culturalmente determinadas, indicando relações mútuas entre conhecimentos de C, T, S, A
2. Reconhecimento da influência de interesses e do poder no desenvolvimento científico e tecnológico	Assume neutralidade da ciência e da tecnologia ou não explicita valores e interesses envolvidos na atividade científica e tecnológica	Indica a influência de interesses de determinados grupos sociais no desenvolvimento científico e tecnológico	Explicita que a influência do poder, na ciência e na tecnologia, pode gerar consequências negativas para indivíduos, sociedades e ambientes	Reconhece que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros, encontrando exemplos na QSC
3. Capacidade para abordar criticamente controvérsias, explicitar valores, e para juízo ético	Não aponta controvérsias e valores distintos envolvidos nas relações entre CTSA e na QSC	Menciona a presença de diferentes valores e pontos de vista envolvidos na QSC	Questiona juízos, valores e decisões próprias e dos outros	Analisa criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral, justificados de modo fundamentado
4. Capacidade para tomada de decisão e para ações sociopolíticas	Não toma decisões sobre a QSC	Toma decisões desconsiderando consequências, prós e contras de ações e propostas	Toma decisões, considerando implicações, prós e contras e efeitos de ações e propostas	Toma decisões socioambientalmente responsáveis e parte para a ação, buscando coerência entre conhecimentos, valores, objetivos e condutas

Fonte: Modificado de Conrado; Nunes-Neto; El-Hani (2016); Conrado; Nunes-Neto (*no prelo*).

³⁵ É importante esclarecer que essa ferramenta não é apta para avaliar a ação sociopolítica em si, mas uma preparação para ações relacionadas a uma QSC, o que envolve uma tomada de decisão socioambientalmente responsável.

3 Resultados e discussão

Abaixo, em cada um dos três critérios de análise, fizemos uma descrição e discussão sobre os resultados, considerando os princípios de *design* avaliados. Em seguida, discutimos alguns aspectos dos participantes sobre a avaliação da SD, incluindo comentários dos pesquisadores que avaliaram a SD, levando em conta aspectos de planejamento e possibilidade para cumprimento de seus objetivos de ensino e aprendizagem.

3.1 Conteúdos de ecologia, evolução e ética mobilizados

Na resolução do caso 1 (monocultura de batatas), os estudantes tiveram pouco tempo (cerca de 15 minutos) para discussão em grupo e não tiveram momento para pesquisa prévia sobre o assunto. Desse modo, mobilizaram apenas conteúdos prévios para justificar a decisão tomada em relação ao caso. Como eram estudantes de primeiro semestre, que trazem conteúdos e hábitos do ensino médio, percebemos pouca capacidade deles de articular e explicitar conhecimentos prévios para a discussão sobre o caso.

Na discussão das decisões tomadas por cada equipe, 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, indicando vantagens ou desvantagens para o agricultor. Apesar das equipes D e E³⁶ considerarem a possibilidade de prejuízo ambiental, durante a apresentação oral, percebeu-se que essas justificativas tinham como base a consequência para a redução da qualidade do produto final a ser comercializado. Assim, o raciocínio ético de todas as oito equipes foi o *antropocêntrico utilitarista*, uma vez que todos atribuíram valor instrumental à

³⁶ As equipes foram identificadas por letras apenas para distingui-las no contexto da pesquisa (que analisou cada caso). Assim, a equipe identificada pela letra A, na análise do caso 1, não necessariamente é a mesma equipe identificada pela letra A, na análise do caso 2. Para nós, não foi considerado o desempenho de cada equipe ao longo do tempo, na resolução dos três casos, o que poderá ser feito em um trabalho posterior.

natureza e justificaram a ação com base nas consequências. Percebemos que, para uma mobilização maior de conteúdos, o caso poderia dispor de algumas questões norteadoras básicas, como fizemos com o caso 2.

Apesar da maioria das equipes ter indicado elevado interesse na realização das atividades relacionadas ao caso, houve, no início da SD, pouca participação ativa dos estudantes, que se colocaram, em sua maioria, em posição de observação passiva. Desta forma, houve, na maior parte do tempo, apenas uma exposição pela professora dos conteúdos planejados na SD com pouca interação em sala de aula. Contudo, isso já era esperado, pois o caso 1 foi inserido na fase de modelagem, em que a professora discutiu bases do uso de QSC e como resolvê-las em sala de aula. De acordo com Fourez (2008) e Aranha (2006), os estudantes estão acostumados com uma rotina escolar/acadêmica, relacionada à aceitação passiva do monólogo docente, o que os impede de dialogar com base em seus conhecimentos e experiências prévios, desenvolver habilidades para entender e agir sobre o mundo, e que também reforça a conservação de uma inércia cultural aristocrática com mecanismos de exclusão social (BOURDIEU, 2007), uma vez que não considera as desigualdades no próprio espaço educativo. Desse modo, métodos de ensino que busquem transcender o espaço escolar/acadêmico, ao fomentar interdisciplinaridade, contextualização social do conhecimento abordado em sala de aula e ações sociopolíticas, podem contribuir para aumento de autonomia, criticidade e protagonismo do estudante em sua atuação social.

Na resolução do caso 2 (bactérias e antibióticos), foram distribuídos livros de ecologia, evolução, fisiologia humana, genética e microbiologia para auxiliar na mobilização dos conteúdos científicos. Os conhecimentos sobre formas de reprodução bacteriana, seleção natural, variabilidade genética, resistência bacteriana a antibióticos, microbiota gastrintestinal 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 problemas na formação e na atuação de médicos (quando não mobilizam conhecimentos sobre resistência bacteriana em suas decisões) e de uma formação acrítica de cidadãos em geral, que responsabiliza e

confia sua saúde somente aos médicos e fármacos, sem refletir e agir considerando hábitos individuais e coletivos saudáveis e valores para promoção de saúde (CARVALHO *et al.*, 2008), sendo uma forma de tecnocracia. Durante a discussão das decisões das equipes sobre o caso, foram abordados os interesses e valores das indústrias farmacêuticas na produção e na comercialização de medicamentos, assim como diferentes interpretações com base em teorias éticas e modelos de saúde, levando a conclusões semelhantes sobre o uso de antibióticos (ver Quadro 04 sobre as conclusões discutidas com os estudantes, com base em diferentes modelos de saúde, teorias éticas e ontologia moral). Os outros conteúdos previstos para essa aula foram mobilizados de modo mais superficial, durante a discussão geral sobre as resoluções do caso pelas equipes. Conteúdos não previstos, como, por exemplo, a 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, principalmente a partir de questionamentos pelos estudantes. O raciocínio ético predominante de todas as equipes foi o antropocêntrico, considerando a saúde humana como prioridade para a tomada de decisão.

As quatro questões norteadoras permitiram direcionar a busca de informações pelos estudantes. Nessa fase, os estudantes já conseguiram se organizar, quanto equipe, 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. De modo geral, os estudantes reconheceram a importância de uma fundamentação teórica consistente para uma melhor qualidade do argumento relacionado à decisão para a resolução do caso. Para Bortoletto e Carvalho (2012, p.255), no ensino de ciências, os estudantes devem reconhecer a importância da evidência (que são “informações de natureza ambígua, política, econômica, ética, moral ou científica que tenham por objetivo estruturar a construção do argumento”), durante a resolução de QSCs. Nesse sentido, vale destacar que mesmo informações fornecidas pela literatura estão sujeitas a erros e ocultamentos, pois são selecionadas aquelas coerentes com

o discurso e os interesses de quem defende o argumento (em detrimento de evidências que não são selecionadas), indicando a influência de valores e a importância de virtudes para a compreensão de situações controversas.

Quadro 4 – Diferentes modelos de saúde, teorias éticas e ontologia moral relacionadas ao caso 2, discutidos com os estudantes em sala de aula, após apresentação das decisões das equipes.

Critério para Tomada de Decisão	Justificativa para a Tomada de Decisão (opção sobre a realização do teste)
Modelo Biomédico de saúde	Importância de educar médicos, para prescrição adequada dos antibióticos, e cientistas, para pesquisa e produção de novos antibióticos e testes mais eficazes, além de fomentar políticas para o uso adequado do antibiótico.
Modelo Socioecológico de saúde	Importância de educar cidadãos, para o aumento de práticas de promoção de saúde individual, coletiva e ambiental, além de fomentar políticas de conscientização e responsabilidade individual e social para a manutenção de condicionantes da saúde.
Ética antropocêntrica	Evitar prejuízos diretos à espécie humana (morte, por bactérias resistentes, e desequilíbrios na flora intestinal) e indiretos (redução dos recursos naturais, poluição, contaminação, eliminação de espécies úteis).
Ética biocêntrica	Evitar prejuízos diretos e indiretos a todos os seres vivos (aumento da virulência, morte de seres vivos por bactérias resistentes, poluição, contaminação).
Ética ecocêntrica	Evitar contaminação ambiental e prejuízo das relações entre organismos e ambiente físico-químico (desequilíbrio das condições de possibilidade para a vida).
Ética utilitarista	Evitar consequências negativas para o bem-estar e a felicidade do grupo considerado moralmente.
Ética deontológica	O antibiótico deve ser apenas utilizado quando não há outro meio e se for adequado e eficaz para salvar vidas.
Ética das virtudes	Fomentar a prática de virtudes em toda a população para reduzir o aumento da resistência bacteriana a antibióticos.

Na resolução do caso 3, cada equipe apresentou mais de uma solução para o caso, justificando, principalmente, com base em conhecimentos de ecologia, fisiologia animal, técnicas agrícolas e economia. Seis equipes abordaram, cada uma, ao menos um dos seguintes conteúdos: ética, política, evolução, saúde humana, química, botânica e biotecnologia. De um modo geral, as soluções

mencionadas pelas equipes foram: o incentivo a políticas e práticas de conservação de habitats para a manutenção de populações de polinizadores (duas equipes); o estímulo a discussão sobre valores e ideologias envolvidos no sistema de produção de alimentos (duas equipes); a adoção do controle biológico (três equipes); a adoção de novas tecnologias de controle de pragas (quatro equipes); o uso adequado de agrotóxicos (seis equipes) (CONRADO; CONRADO, 2016a). As principais sugestões de ações (referentes à manutenção de populações e hábitats 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 agrotóxicos³⁷.

No questionário A, relacionado ao caso três, 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

³⁷ Apesar de considerarmos importante, sobretudo para a formação de ativistas, que os estudantes realizem e discutam ações sociopolíticas associadas ao caso (mais do que sugerirem, como fizeram aqui), não haveria tempo, nessa SD, para a inserção desse tipo de atividade. Assim, consideramos, para os próximos protótipos, um momento para discutir, planejar e executar, com os estudantes, ações sociopolíticas relacionadas às QSCs.

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) e vídeos de divulgação sobre agrotóxicos e polinizadores; duas equipes citaram teses e dissertações.

No questionário B, que foi respondido no último dia da SD, os estudantes mobilizaram conteúdos científicos relacionados à ecologia (biodiversidade, poluição ambiental, interações ecológicas, fragmentação de habitat, testes de ecotoxicologia, técnicas da agroecologia), à evolução (resistência bacteriana a antibióticos, seleção natural), à genética (variabilidade genética) e outros (aparelho gastrintestinal, efeitos de toxinas à 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.

Particularmente, sobre o primeiro caso, relacionado ao uso inadequado de antibióticos, com exceção de duas estudantes (que justificaram sua decisão com a justificativa "...custo abusivo do remédio, sobrariam muitos comprimidos que seriam desperdiçados..."), todos os outros estudantes optaram por comprar mais uma caixa do medicamento. Eles mobilizaram, principalmente conteúdos científicos relacionados à resistência bacteriana aos antibióticos (30 estudantes, por exemplo, na resposta: "...para evitar uma seleção artificial de patógenos com maior resistência aos antibióticos"; à poluição ambiental (20 estudantes, por exemplo, na resposta: "...o restante do medicamento pode ser descartado, de forma inadequada, poluindo o meio ambiente e consequentemente os seres humanos"); e conteúdos

da filosofia moral, relacionados à ética antropocêntrica (27 estudantes, por exemplo, na resposta: "...podendo contaminar outras pessoas com essa cepa resistente"); à ética utilitarista (17 estudantes, por exemplo: "Sabendo que o descarte inadequado pode poluir o meio ambiente, nós doaríamos o restante dos medicamentos para uma instituição para serem reaproveitados"); e outros conteúdos, como aqueles relacionados aos lucros da indústria farmacêutica (12 estudantes, por exemplo: "Pode-se considerar a lucratividade do setor farmacêutico, que ganha com esta questão"). Cabe notar que 27 dos 40 estudantes mencionaram a importância de se obedecer à autoridade médica para realizar um tratamento adequado para a cura de uma doença (por exemplo, nas respostas: "Seguiria as recomendações médicas por entender que o profissional é mais capacitado do que eu para diagnosticar e tratar a doença"; "...em respeito ao conhecimento do médico, eu seguiria suas instruções"; "...para se obter a cura, tem que seguir a ordem médica até o final"; "Entendemos que, desde sempre, quando ficamos doentes e procuramos ajuda médica, estamos dispostos a cumprir a orientação dada..."), indicando, novamente, uma ênfase sobre o pensamento hegemônico fundamentado no modelo biomédico (MARTINS, 2017), em que a responsabilidade sobre a saúde é atribuída prioritariamente ao médico, o que reduz a responsabilidade e limita as ações do cidadão comum sobre sua saúde. Os raciocínios com base numa ética não antropocêntrica (por exemplo: "...o descarte inadequado dos medicamentos poderia causar um impacto em outros organismos, contaminando-os"), deontológica (por exemplo: "...devia se preocupar ao receber um medicamento sem saber o motivo principal da dor de garganta") e das virtudes (por exemplo: "Eu estaria dando o exemplo para as pessoas...") estiveram presentes de forma implícita em menor frequência nas justificativas dos estudantes.

Em relação ao segundo caso, sobre uso de agrotóxicos, todos os estudantes adotaram a venda do velho agrotóxico, justificando com base em conteúdos relacionados à poluição ambiental (27 estudantes, por exemplo: "...o que atua apenas no sistema digestório do inseto, seria o mais recomendado por acarretar menor dano ao ambiente."); interações ecológicas (16 estudantes, por exemplo: "Além do que, o uso do agrotóxico mais novo poderia atingir a outras espécies de

insetos que não trazem danos à lavoura, o agrotóxico poderia interferir de forma negativa nas relações ecológicas existentes naquele ambiente"); ética biocêntrica (27 estudantes, por exemplo: "não acometeria outras espécies que mantêm o equilíbrio ambiental daquele local"); ética utilitarista (21 estudantes). Além disso, também mobilizaram conteúdos de ética antropocêntrica (11); resistência de lagartas ao agrotóxico (10); lucro ou prejuízo econômico (10); saúde humana (6); ecotoxicologia (4); fisiologia animal (4); biodiversidade (4); mutação (2); e deveres/princípios deontológicos (2).

Na questão “Que modelo de agricultura você considera adequado para maior justiça social e sustentabilidade ambiental? Justifique”, eles responderam: policultura (30 estudantes); cultivo orgânico (10); técnicas de agroecologia (8) e sistema agroflorestal (2), justificando com base: no aumento da biodiversidade e de cultivos (24); na melhor distribuição de renda ou de alimentos (14); na redução dos impactos, como contaminação, nos ecossistemas (12); na obtenção de produtos mais saudáveis aos humanos (4); na preservação dos nutrientes do solo (2); no aumento de variabilidade genética (2); na maior participação social na produção de alimentos (2). Nesse aspecto, reconhecer a policultura como uma alternativa ao modelo atual do agronegócio, levando em conta os conteúdos que foram abordados em aula, foi considerado por nós um bom resultado, sobretudo devido ao fato de que a monocultura foi considerada, durante alguns momentos da SD, a única forma possível de produzir alimentos no Brasil.

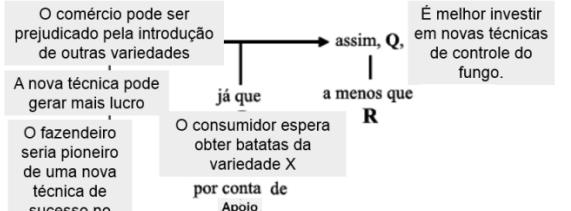
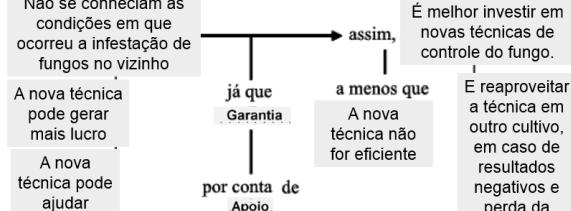
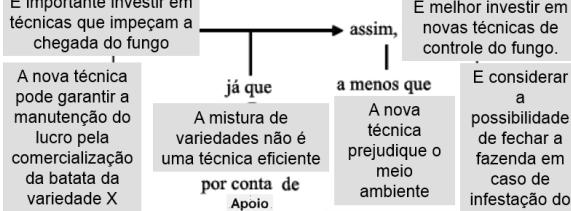
Podemos notar a influência de abordagens contextualizadoras na mobilização de conteúdos interdisciplinares. Alguns estudantes reconheceram a importância de conteúdos interdisciplinares para a tomada de decisão socioambientalmente responsável. Nesse sentido, a educação, especialmente ética, pode contribuir para melhor reflexão e raciocínio do cidadão sobre suas decisões, além dos valores, ideologias e consequências sociais e ambientais e, assim, colaborar com o discurso e a prática de ações sociopolíticas, com base nas virtudes, em direção a um mundo mais socialmente justo e ambientalmente sustentável (RACHELS, 2006; SINGER, 2016). Contudo, cabe também uma reflexão sobre a profundidade dos conteúdos CPA abordados, e a capacidade de

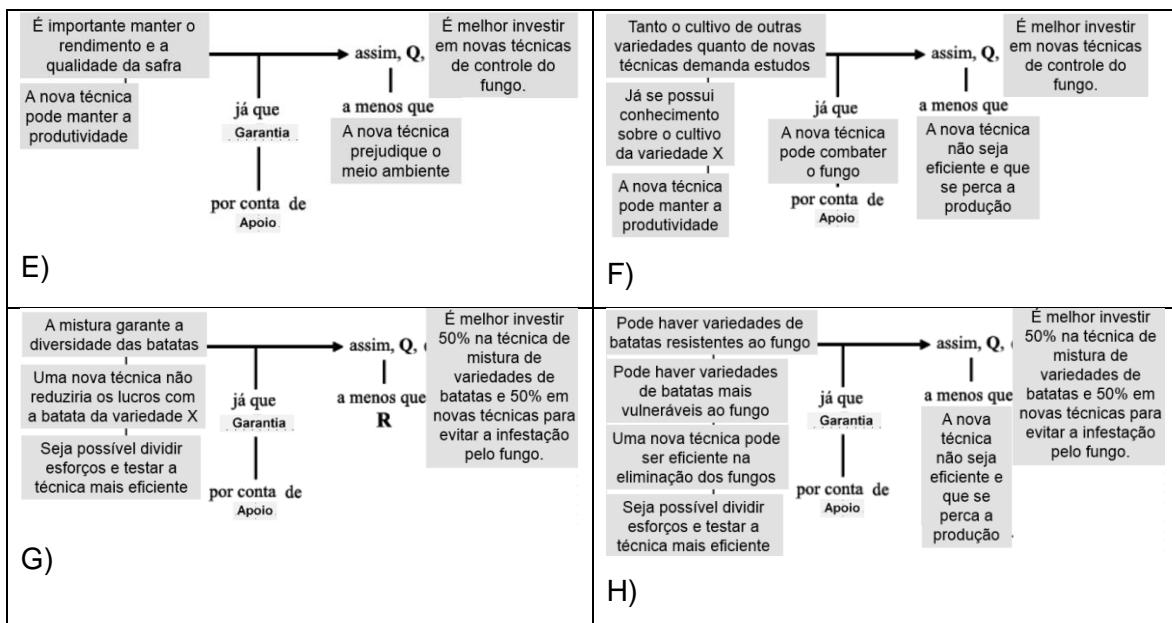
diferentes instrumentos para avaliação desses conteúdos, principalmente quando estes são abordados em diferentes contextos (ou casos), pois esperava-se maior refinamento da mobilização desses conteúdos pelos estudantes, sobretudo na fase de prática independente, referente ao caso 3.

3.2 Alcance dos níveis de letramento científico crítico nos argumentos

Para o caso 1, os argumentos das equipes apresentaram, de forma geral, dados, garantias (por 4 equipes), condições de refutação da afirmação (por 5 equipes) e conclusão (ver argumentos no Quadro 5). Seis equipes tomaram a decisão de investir em novas técnicas para evitar a contaminação do cultivo de batata; e duas equipes tomaram a decisão de adotar ambas as técnicas: em metade do terreno inserir novas técnicas para evitar a infestação do fungo, e na outra metade do terreno cultivar batatas de variedades diferentes.

Quadro 5 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 1.

<p>É possível que o fungo atinja outras variedades A nova técnica pode gerar mais lucro A nova técnica pode ajudar outros fazendeiros</p> <p>Não se sabe se o fungo atingiria outras variedades de batata por conta de Apoio</p> <p>A) </p>	<p>É melhor investir em novas técnicas de controle do fungo. R</p> <p>O comércio pode ser prejudicado pela introdução de outras variedades A nova técnica pode gerar mais lucro O fazendeiro seria pioneiro de uma nova técnica de sucesso no combate ao fungo O consumidor espera obter batatas da variedade X por conta de Apoio</p> <p>B) </p>
<p>Não se conheciam as condições em que ocorreu a infestação de fungos no vizinho A nova técnica pode gerar mais lucro A nova técnica pode ajudar outros fazendeiros</p> <p>Garantia por conta de Apoio</p> <p>C) </p>	<p>É melhor investir em novas técnicas de controle do fungo. R</p> <p>É importante investir em técnicas que impeçam a chegada do fungo A nova técnica pode garantir a manutenção do lucro pela comercialização da batata da variedade X A mistura de variedades não é uma técnica eficiente por conta de Apoio A nova técnica prejudique o meio ambiente A nova técnica não seja eficiente E considerar a possibilidade de fechar a fazenda em caso de infestação do fungo</p> <p>D) </p>



Ao avaliarmos os níveis de letramento científico crítico, considerando os argumentos gerados nesse primeiro caso, podemos perceber que houve pouca consideração de possíveis elementos e relações entre CTSA sobre o caso. No Quadro 6, podemos visualizar alguns conteúdos CPA que poderiam embasar o argumento sobre a tomada de decisão dos estudantes. Esses conteúdos foram, de forma superficial, discutidos em sala, após a apresentação das equipes. Os professores mostraram algumas relações possíveis entre esses conteúdos, indicando relações CTSA. Como se trata de uma atividade de modelagem, já imaginávamos que os argumentos seriam simples, com poucos elementos e conteúdos mobilizados. Além disso, não foram mobilizados pelos estudantes conhecimentos fundamentados na ciência e na tecnologia, assim como posicionamentos valorativos com base na filosofia moral, uma vez que se limitaram a reconhecer valores econômicos (isto é, valores extrínsecos precificáveis), em detrimento de outras formas de valorar, como valores ecológicos (isto é, valor intrínseco dos ecossistemas) ou socioculturais (isto é, valores extrínsecos não precificáveis) (ver terminologia conforme DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002). Portanto, os argumentos, nessa fase, não indicam conexões nas relações entre CTSA, não explicitam valores e interesses envolvidos na ciência e na tecnologia, não apontam controvérsias, e as decisões desconsideram evidências da literatura.

Quadro 6 – Alguns exemplos de componentes das relações CTSA associados com a QSC do caso 1 (monocultura de batatas).

		Exemplos
Elementos das relações entre CTSA	C	Conhecimentos Científicos sobre: reinos Plantae e Fungi, taxonomia e sistemática de plantas, reprodução das plantas, variabilidade genética de plantas, biodiversidade, riqueza e abundância de espécies, funções ecológicas, ciclagem de matéria nos ecossistemas, solo, serrapilheira, monocultura, policultura, agroecossistema, seleção natural.
	T	Técnicas e Tecnologias de: métodos de melhoramento genético para maior resistência de plantas e animais a perturbações externas (como seleção e cruzamentos); técnicas de engenharia genética; biotécnicas (como transgenia e clonagem) e manejo integrado de pragas, cultivos com e sem agrotóxicos, mensuração de resíduos de agrotóxicos no ambiente e nos organismos, industrialização e mecanização da agricultura no século XX.
	S	Diálogos e ações sobre: crises e epidemias de fome e desnutrição causadas por déficits na produção de frutos/verduras, hábitos alimentares; revolução verde e seus efeitos sobre a alimentação da população mundial, estrutura fundiária (do Brasil e da América Latina); modos socioeconômicos de produção; política de incentivos à monocultura ou a formas alternativas de cultivo, a exemplo dos cultivos 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 espécies domesticadas ou selvagens por sua utilidade à espécie humana ou por seu valor intrínseco como seres vivos; consideração moral antropocêntrica, biocêntrica, ecocêntrica.
	A	Condições ambientais e fenômenos naturais/ecológicos: mudanças climáticas; dispersão de toxinas pelo vento; proliferação de parasitas, vírus e outros patógenos; resiliência e capacidade de suporte do planeta; avanço da agricultura sobre áreas de conservação/preservação da biodiversidade, fontes de água e gastos energéticos associados às práticas agrícolas.

Para o caso 2, os argumentos das equipes apresentaram, de forma geral, dados, garantias, apoio (todas as equipes), qualificadores modais da conclusão (três equipes), condições de refutação da afirmação (uma equipe) e conclusão (ver argumentos no Quadro 7). Todas as equipes tomaram a decisão de esperar pelo resultado do teste ao invés de tomar um antibiótico de amplo espectro. Houve maior mobilização de conteúdos, com fundamentação teórica das informações. Contudo, ainda houve pouca mobilização de conteúdos referentes às relações CTSA. Após a exposição pelos estudantes dos conhecimentos científicos e tecnológicos e condicionantes sociais e ambientais sobre o caso 2, discutimos os conteúdos planejados com base em um mapa das relações CTSA sobre o caso (Figura 1). Desse modo, os estudantes puderam perceber essas relações, assim como: valores e ideologias que influenciam o desenvolvimento científico e tecnológico; conhecimentos científicos sobre antibióticos naturais; diferentes fundamentos éticos que justificam o uso adequado de antibióticos; mitos científicos associados a modelos de saúde.

Com exceção das equipes B, E, e F, seis equipes apresentaram seus argumentos exclusivamente com base no modelo biomédico de saúde, que, apesar de ser útil e importante para várias situações, apresenta limitações para a promoção da saúde de um modo geral, uma vez que os problemas de saúde que afetam indivíduos, sociedades e ambientes decorrem de uma variedade de fatores imbricados, considerando, por exemplo, componentes psicológicos, alimentação, estresse, saneamento, etc. (LI, 2015; MYERS *et al.*, 2013). A manutenção desse modelo, hegemônico no Ocidente, como única alternativa para a saúde, é associada a aspectos científicos como supervalorização da ciência e da tecnologia. Além disso, esse modelo geralmente está alinhado ao consumismo, à mercantilização da saúde e às estratégias de ensino meramente transmissivas, com foco na doença, na alopatia e na responsabilização de instituições médicas e tecnológicas, reduzindo a possibilidade de preparo de cidadãos para ações sociopolíticas que visem à promoção de saúde (BARROS, 2002; CARVALHO, 2012). Um modelo de saúde mais abrangente, interdisciplinar e apropriado para o uso de QSCs é o modelo socioecológico (MARTINS *et al.*, 2015; CONRADO *et al.*, 2016b), pois, entre

outras características, mostra o protagonismo do sujeito na manutenção de sua saúde, a partir de condutas sobre os condicionantes socioambientais que interferem no bem-estar individual e social.

Apesar de relevante mobilização de conteúdos sobre fisiologia humana, evolução e genética bacteriana, a desconsideração, pelas equipes, de conteúdos de outras áreas do conhecimento, por exemplo, conhecimentos tradicionais sobre antibióticos naturais (e.g. GULUBE; PATEL, 2016; KURU, 2014); modelos de saúde; bioética; contaminação ambiental por antibióticos (e.g. POWER; EMERY; GILLINGS, 2013); uso de antibióticos no gado (e.g. MATHEW; CISSELL; LIAMTHONG, 2007; CDC, 2015); e ética pode também reforçar concepções científicas da ciência e da tecnologia.

Portanto, de um modo geral, os argumentos apresentados nessa fase ainda compartimentalizaram as questões e os conhecimentos entre CTSA, não explicitaram valores e interesses envolvidos na atividade científica e tecnológica, não questionaram (ou mencionaram superficialmente) controvérsias, valores e pontos de vista envolvidos na QSC, sendo que as decisões, de algum modo, já se baseiam na literatura e nas consequências das ações dos envolvidos no caso.

Quadro 7 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 2.

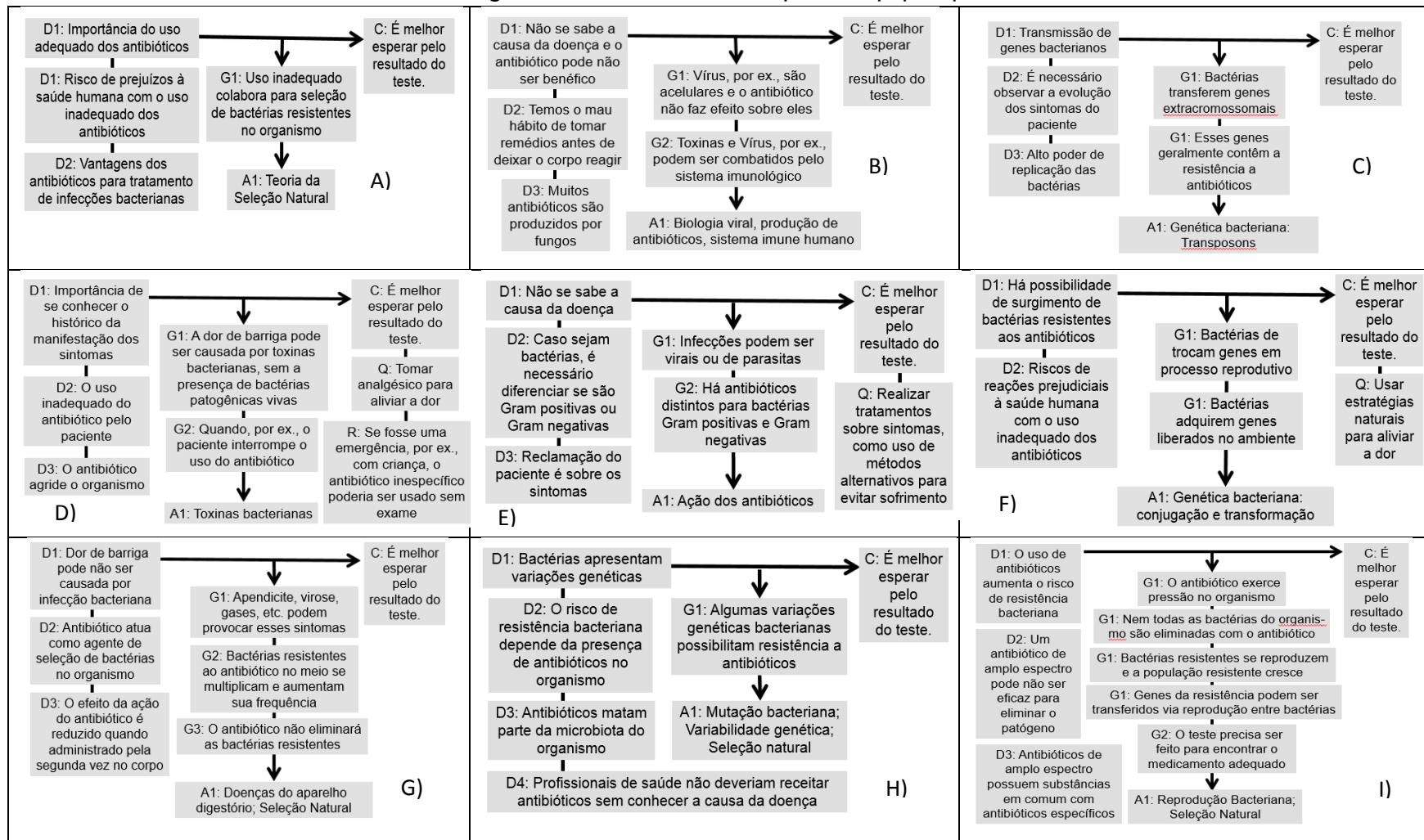
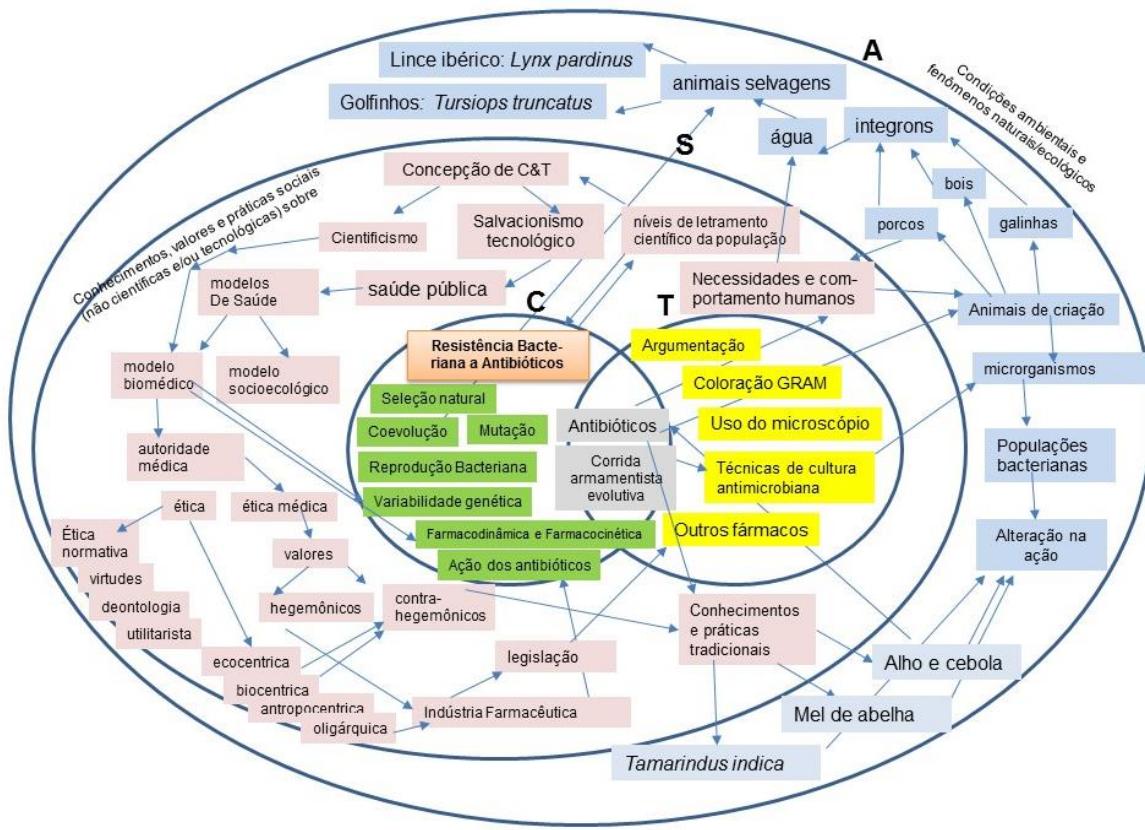
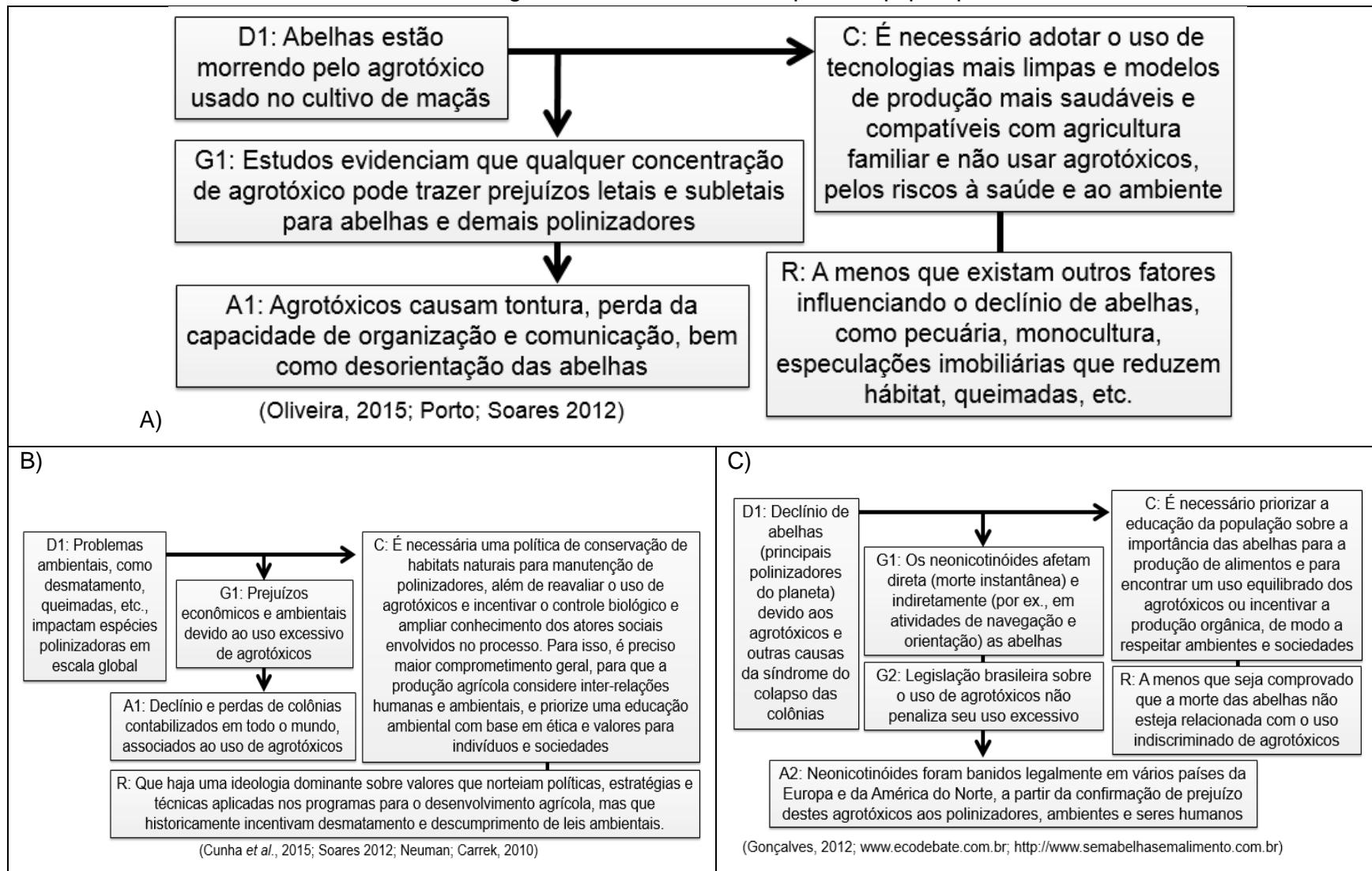


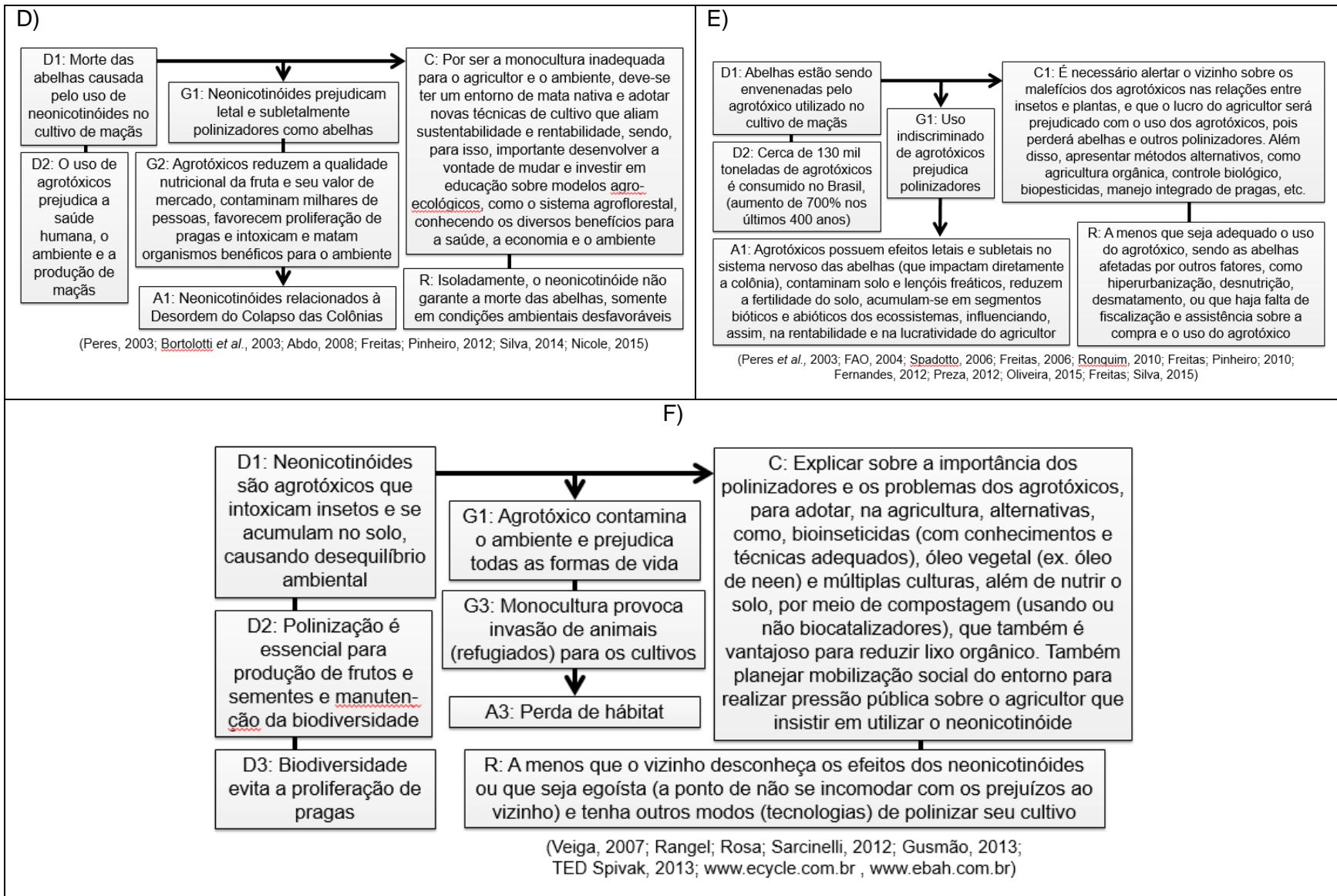
Figura 1 – Mapeamento de alguns elementos e relações entre CTSA, associados com o tema da QSC sobre o caso 2 (antibióticos e saúde), discutidos em aula.

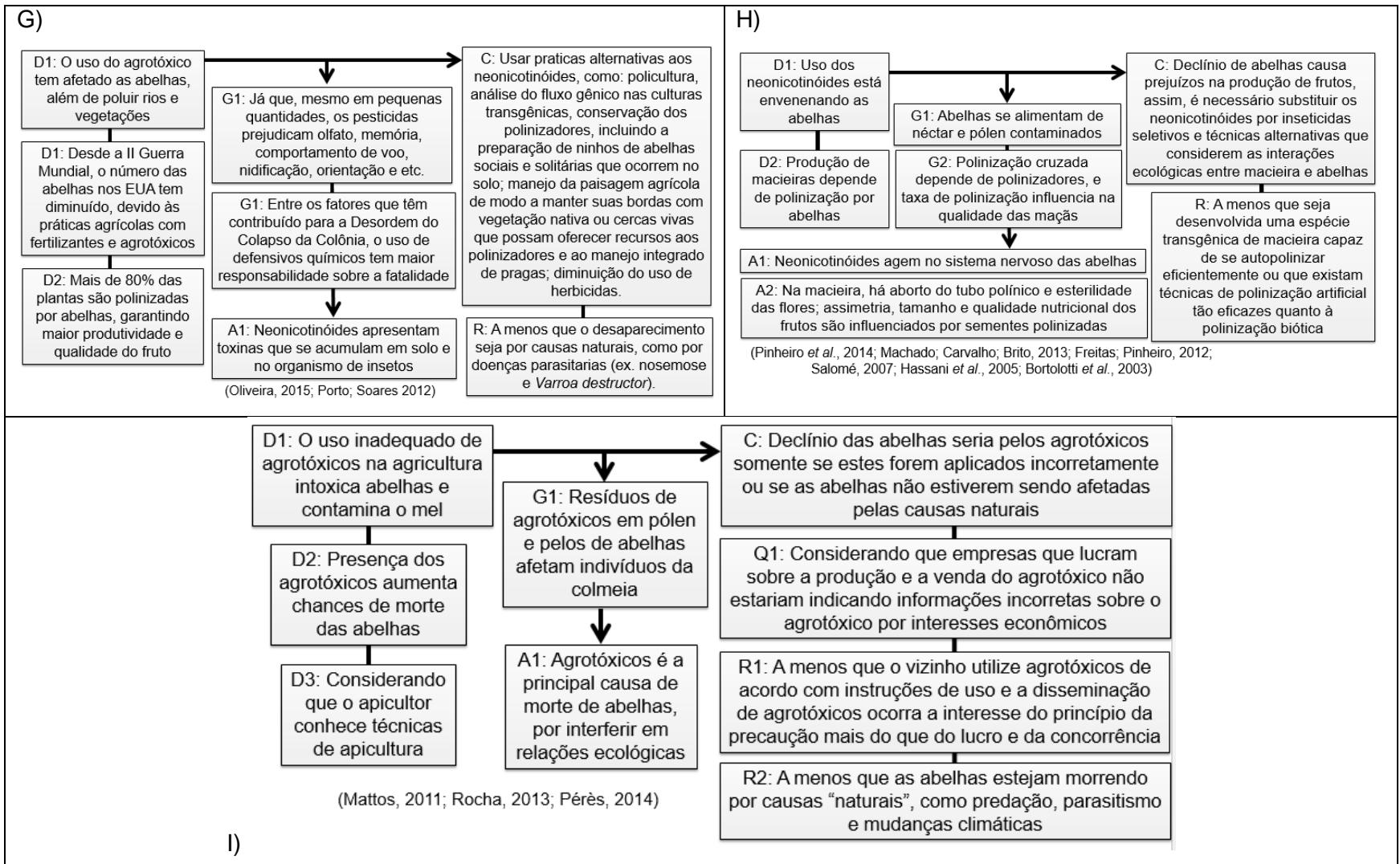


Já no caso 3, os argumentos (Quadro 8) já apresentaram melhor elaboração, contendo dado, garantia, apoio, conclusão e refutação. Na equipe I, apresentou-se também uma condição que qualifica a conclusão. As equipes, em geral, tomaram decisões relacionadas ao não uso de agrotóxico ou seu uso adequado, aliado a técnicas alternativas (equipes A, C, D, E, F, G, H), e educação/informação sobre a situação (equipes B, C, D, E, F). A equipe I não tomou uma decisão sobre o caso. As relações entre CTSA ficaram mais evidentes na exposição oral dos argumentos que justificaram a tomada de decisão de cada equipe. Contudo, as dimensões C&T foram mais evidentes do que as dimensões S&A, sobretudo quando consideramos os materiais utilizados para apoiar as conclusões sobre o caso.

Quadro 8 – Argumentos desenvolvidos pelas equipes para o caso 3.







Cabe também destacar que quatro equipes (A, C, D, E) mencionaram explicitamente a substituição da monocultura por formas de cultivo agroecológica ou policultura orgânica, enquanto as outras cinco equipes discutiram a situação num contexto de manutenção do sistema produtivo por monocultura. A opção por substituir a monocultura foi a considerada por nós como a que mais mobilizou pensamento crítico, pois, ao invés de assumir como ponto de partida a legitimidade da monocultura e, a partir daí, buscar soluções que apenas minimizassem os efeitos deste tipo de cultivo (como danos dos agrotóxicos ao ambiente, aos animais e às pessoas), essas equipes questionaram a própria necessidade de que o cultivo fosse por monocultura. Na medida em que a monocultura – por derivar de uma supressão da biodiversidade nativa – exige uma série de intervenções técnicas, como o uso continuado de agrotóxicos e fertilizantes químicos – que, por sua vez, agravam os problemas ambientais –, ela mesma pode ser concebida como um modelo de agricultura a ser combatido. Isto é especialmente importante na medida em que há, de fato, alternativas ao modelo da agricultura baseada em monoculturas, como os modelos de policultura, próximos às estratégias da agroecologia (ALTIERI, 1995; LACEY, 2010). Em suma, por reconhecer e atuar sobre uma causa mais básica para o problema – e não sobre um mero sintoma, buscando minimizá-lo – esta nos pareceu a opção que melhor mobilizou o pensamento crítico.

Em relação à origem das informações, todas as equipes mencionaram fontes utilizadas para a resolução do caso, sendo as principais: artigos acadêmicos, livros especializados, sites institucionais (e.g. Ministério do Meio Ambiente, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidades Federais Brasileiras), sites de divulgação (e.g. Ciência Hoje, Revista Exame, Sem abelha sem alimento). Particularmente, duas equipes citaram teses, dissertações e vídeos de divulgação sobre agrotóxicos e polinizadores. Quatro equipes organizaram adequadamente as fontes de informações, segundo a ABNT, enquanto as outras organizaram de modo inadequado: três equipes (com citação sem referência completa), e duas equipes (referências sem citação no texto). Isso pode ser um indicador da deficiência do aprendizado dessa habilidade relacionada com a elaboração de trabalhos acadêmicos, uma vez que os estudantes tiveram um momento de formação relacionada a esses procedimentos, anterior à aplicação da SD.

Em relação à obtenção dos níveis e estágios de letramento científico crítico, podemos observar, no Quadro 9, que: apesar de quase todas as equipes (com exceção da equipe C) conseguirem alcançar o estágio 2 do nível 1, explicitando relações entre CTSA; quase todas (com exceção da I) foram incapazes de abordar controvérsias, valores e formar um juízo ético acerca do problema. Apesar disso, cinco equipes (B, C, D, F, I) mencionam valores (como respeito, boa vontade, egoísmo, valor instrumental da natureza) que influenciam a situação analisada sobre a QSC. Algumas equipes não explicitaram, em seus argumentos, valores e interesses envolvidos na atividade científica e tecnológica, sobretudo quando indicam soluções técnicas para problemas socioambientais (equipes A e H). Este resultado pode estar relacionado com o reduzido tempo disponibilizado na SD para abordar temas de ética. Ainda, cabe notar que apenas uma equipe (I) conseguiu um desempenho mediano nos três primeiros estágios, porém, esta equipe não tomou decisão sobre o caso, finalizando seu argumento apenas com um diagnóstico para o problema. Para esta equipe, assim como para as equipes A, D, E, G, o viés estritamente técnico da solução também deve ser mencionado, quando concluíram: “as abelhas do tio estarão morrendo pelos agrotóxicos somente se o mesmo estiver sendo aplicado indevidamente ou se elas não estiverem morrendo por causas naturais”. Nesse sentido, não foi reconhecido que a vulnerabilidade das abelhas às doenças pode ser provocada pela exposição ao agrotóxico, que causa a redução da imunidade, podendo resultar em morte (POTTS *et al.*, 2010). Por último, a equipe C obteve o pior desempenho, pois, apesar de ter mobilizado conhecimentos de ecologia, fisiologia animal, política internacional e técnicas de uso dos agrotóxicos, não fez conexões entre os elementos de CTSA, não atingindo nem o nível 1 do letramento científico crítico. Cabe ressaltar que essa equipe surgiu posteriormente à análise do caso 1, com a divisão de uma das equipes em duas.

Quadro 9 – Alcance, pelas equipes, dos níveis para cada estágio de letramento científico crítico, na resolução do caso 3.

Equipes:	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nível 1	E2	E2	E0	E2	E2	E2	E2	E2	E2
Nível 2	E0	E2							
Nível 3	E1	E1	E0	E0	E0	E1	E0	E0	E2
Nível 4	E1	E1	E0	E1	E0	E1	E1	E1	E0

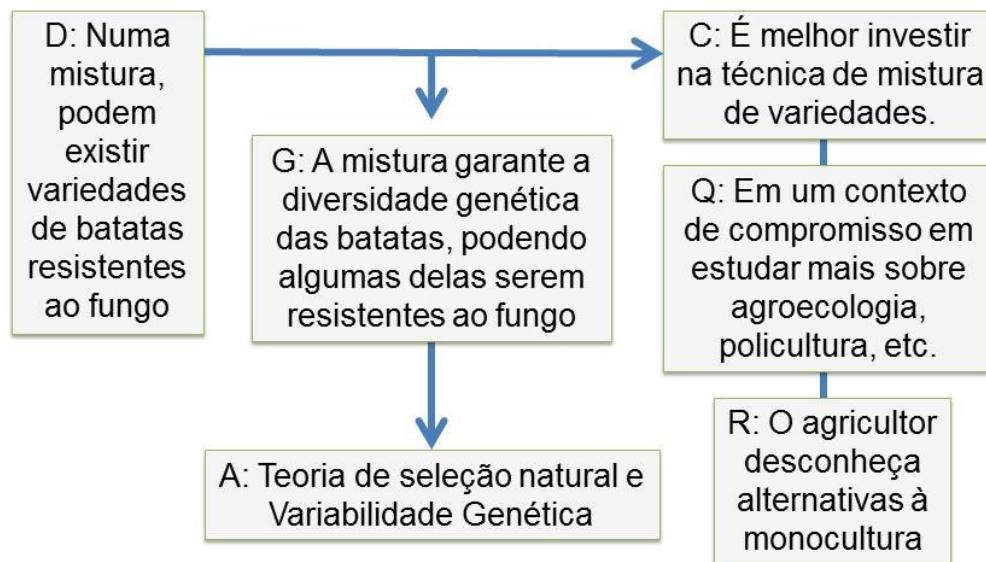
3.3 Presença de discurso científico em argumentos e questionários

Em primeiro lugar, cabe notar que, em aulas anteriores aos encontros para a discussão de questões sociocientíficas, os estudantes debateram concepções equivocadas da ciência, com base no texto de Gil-Pérez *et al.* (2001). Desse modo, consideramos que os estudantes teriam condições de discutir, ao menos inicialmente, algumas questões associadas ao discurso científico.

No primeiro caso, entre as seis equipes que optaram por investir em novas técnicas e tecnologias para evitar o fungo, duas equipes enfatizaram crença em novas técnicas da agricultura, como garantia da produção e do lucro, caracterizando presença do mito do *salvacionismo tecnológico*. Segundo Auler e Delizoicov (2006); Rosa e Auler (2016), que também discutiram resultados semelhantes, devido à falta de discussão sobre as interações entre CTSA na formação do cidadão, a perspectiva salvacionista/redentora ainda é comumente encontrada no discurso docente e discente, e gera uma atitude passiva do cidadão diante do desenvolvimento científico-tecnológico.

Após os estudantes exporem seus argumentos, indicamos um exemplo de um argumento simples para justificar uma tomada de decisão sobre o caso 1 (Figura 2), que possibilitou a discussão de elementos científicos sobre o tema da QSC, como por exemplo, acreditar na solução exclusivamente técnica para um problema socioambiental; interesses e pressões da indústria no desenvolvimento científico e tecnológico de novos agrotóxicos e substâncias para a manutenção dos meios de produção. Além disso, outros temas, relacionados com o desenvolvimento de pensamento crítico, foram discutidos, como: a escolha pela manutenção da monocultura, como se não houvesse outras formas viáveis e sustentáveis de produção de alimentos; os valores e ideologias sobre o uso da terra; e a seleção de informações pelos meios de comunicação de massa, orientada por determinados valores, que oculta dados relevantes sobre problemas socioambientais complexos relacionados ao uso excessivo de agrotóxicos em monoculturas.

Figura 2 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 1.



No segundo caso, apenas um dos argumentos (B) indica hábitos sobre uso exagerado de medicamentos pela população, enquanto as outras equipes assumem o modelo biomédico de saúde como base para a argumentação, sem o questionamento sobre práticas sociais limitadas a esse modelo, como, por exemplo, a dependência por tecnologias de diagnóstico e tratamento, ignorando dimensões socioculturais dos problemas de saúde. Não considerar possibilidades alternativas à responsabilização de médicos e cientistas para a promoção da saúde, e, nesse caso, para reduzir a frequência de bactérias resistentes aos antibióticos, é, em certa medida, reforçar sociedades tecnocráticas, por exemplo, ao responsabilizar somente o profissional da medicina (argumento H) ou ao depender de medicamentos industrializados (argumento I) para manutenção da saúde. O conhecimento construído sobre pressupostos do modelo biomédico também está intimamente relacionado com o discurso científico (FRANKFORD, 1994; BELKIN, 1997; WADE; HALLIGAN, 2004; AL-AZRI, 2012). A partir do argumento sobre o caso 2 (Figura 3), discutimos questões básicas de argumentação relacionado ao tema da QSC. Para uma argumentação mais ampliada, se houver tempo no planejamento, sugerimos usar um argumento com base nas Figuras 4 e 5 sobre a QSC, que consideram, respectivamente, aspectos sobre conhecimentos científicos e tecnológicos, e condicionantes sociais e ambientais, associados ao caso.

Figura 3 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 2.

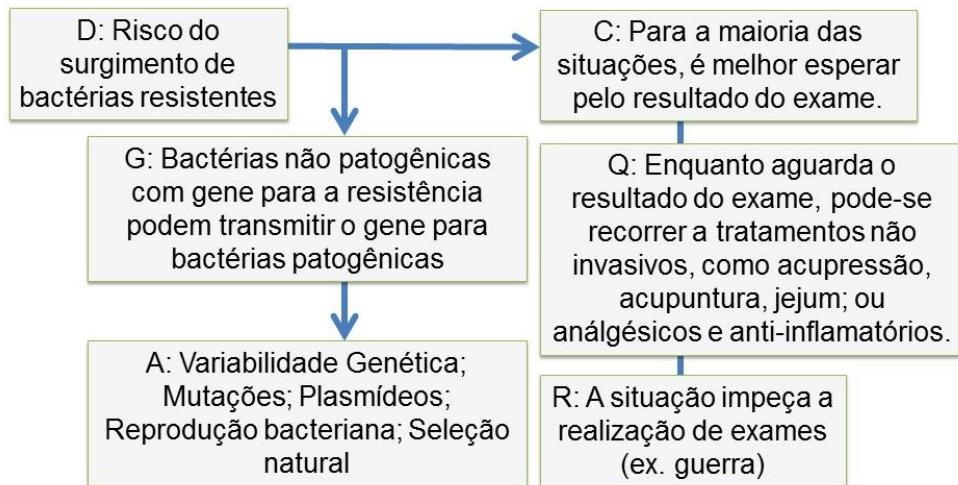


Figura 4 – Exemplo de argumento considerando conhecimentos científicos e tecnológicos que justificam a tomada de decisão sobre o caso 2.

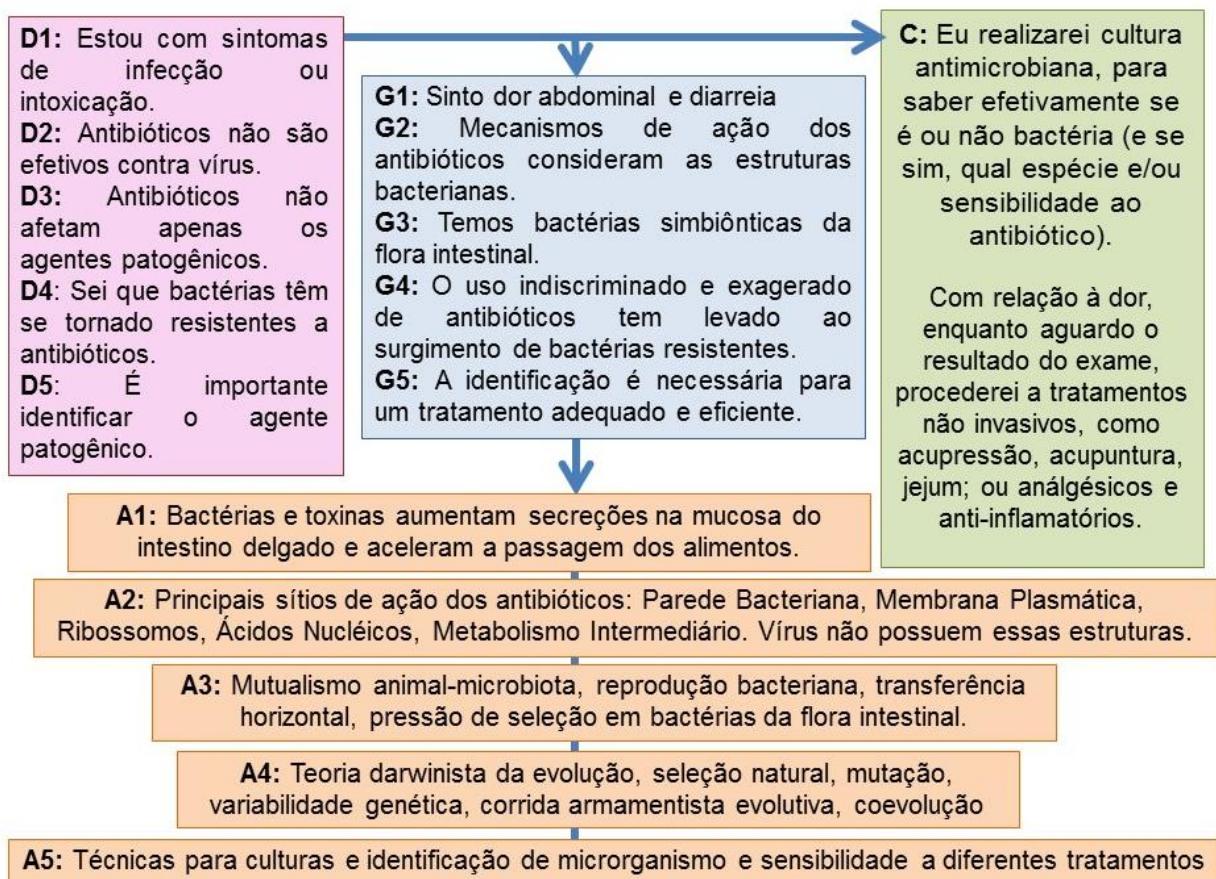
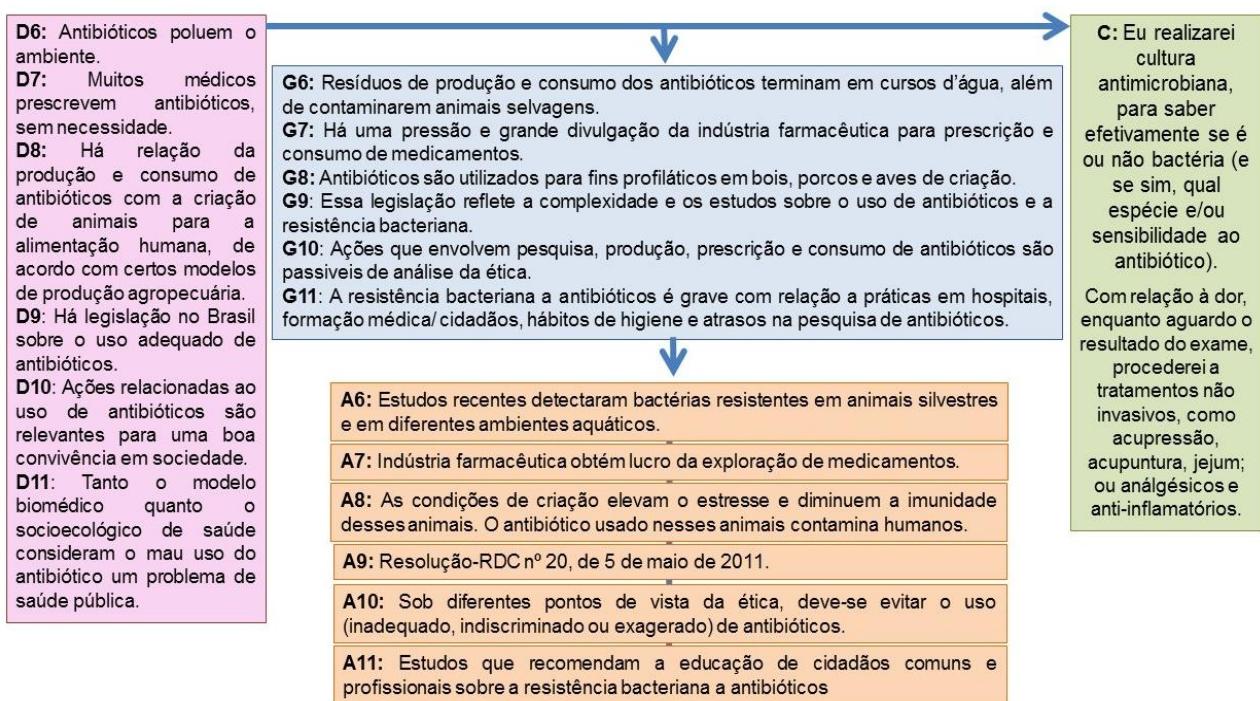


Figura 5 – Exemplo de argumento considerando condicionantes sociais e ambientais que justificam a tomada de decisão sobre o caso 2.



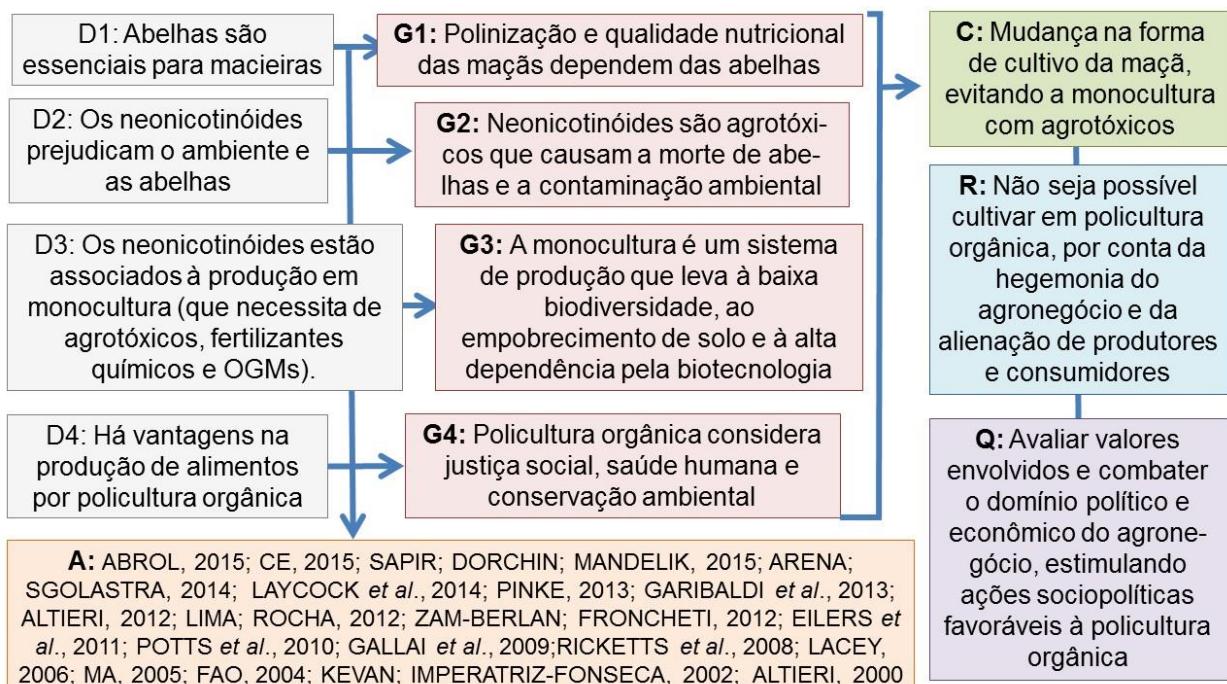
No terceiro caso, notamos que algumas equipes optaram por soluções técnicas à situação. Geralmente, as QSCs exigem também soluções relacionadas às reflexões sobre comportamento, políticas públicas, discussão de valores (BEARZI, 2009). É interessante notar que duas equipes indicaram, em suas justificativas, a necessidade de comprovação empírica sobre a influência do agrotóxico neonicotinóide na morte de abelhas, como se isto fosse possível e mesmo suficiente para ações de redução das aplicações do agrotóxico. Tal sugestão pode indicar a presença de uma concepção ingênua de objetividade e verdade científica no discurso desses estudantes, uma vez que assume a ideia de que a ciência pode comprovar suas alegações, supostamente alcançando a verdade sobre os fenômenos de interesse, e com base, somente, na experiência (CONRADO; CONRADO, 2016a). Essa concepção ingênua, associada ao princípio da verificação, proposto por positivistas lógicos, foi duramente criticada na filosofia da ciência, a partir dos anos 1950 por filósofos pós-positivistas, como Popper, Quine e Kuhn (CHALMERS, 1993; DUTRA, 2009).

Em quase todos os argumentos (exceto da equipe B), os estudantes partem da premissa de que os agrotóxicos prejudicam as abelhas. Nas equipes A, C, D, E, G, I, a condição de refutação é sobre essa premissa, ou seja, ao indicar dados e garantias com

base em apoios na literatura, por um lado, e refutações com base na invalidade dos dados, por outro lado, os estudantes perdem a oportunidade de fortalecer o argumento com base na discussão de condições em que a conclusão não é aplicada. Apesar de que refutações são muitas vezes afirmações que se opõem aos dados ou às garantias, que indicam circunstâncias em que as garantias não se aplicam ou condições de exceção (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2015), a oposição da afirmação (dado, garantia e conclusão) sem alguma fundamentação enfraquece a própria refutação.

As discussões a respeito do caso, após a apresentação das equipes, ocorreram com base no argumento da Figura 6. Uma questão, retomada dos casos anteriores nesse caso, foi a discussão sobre o valor que atribuímos aos animais não humanos. O valor ecológico, sociocultural, econômico, instrumental, intrínseco, entre outros, irá determinar nossas ações e pontos de vista a respeito da manutenção da monocultura, a despeito de suas consequências socioambientais (CONRADO; NUNES-NETO, 2015b; DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002). Em espaços educativos, não discutir ou problematizar os valores que influenciam nossas práticas sociais é, de certa forma, contribuir para a manutenção de ideologias e padrões de dominação e opressão, por não promover o desenvolvimento de criticidade e autonomia (LASTÓRIA *et al.*, 2013).

Figura 6 – Exemplo de argumento com os elementos do modelo de Toulmin para a tomada de decisão sobre o caso 3.



No questionário B, em relação à questão “*Você considera que o uso adequado do agrotóxico permite a eliminação total das pragas? Justifique.*”, 36 estudantes consideraram que o agrotóxico não afetaria todas as pragas, justificando, principalmente, com base no conhecimento sobre seleção natural (ex. “*agrotóxico como agente de seleção sobre as pragas*”) e variabilidade genética de uma população (ex. pela “*possibilidade de existir indivíduos resistentes ao agrotóxico*”) (FUTUYMA, 2005; RIDLEY, 2006). Conhecimentos sobre interações ecológicas, como competição e predação, também foram mencionados como fatores que interferem no número de pragas de um cultivo (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; RICKLEFS, 2010). Apenas quatro estudantes afirmaram que o agrotóxico eliminaria todas as pragas de um cultivo, justificando, por exemplo, que “é um produto voltado a esse fim”, ou ainda que seria apenas necessário seguir “*normas técnicas, conforme os produtores do agrotóxico*”, indicando possíveis concepções relacionadas a um otimismo ou salvacionismo tecnológico e a uma tecnocracia, como se o mero cumprimento de normas ou procedimentos técnicos fosse suficiente para a resolução de um problema socioambiental complexo, ou ainda que o especialista deteria conhecimentos suficientes para justificar o uso seguro do produto (HEMPEL, 2014). Ainda, cabe ressaltar que a resposta: “*existe total comprovação científica de que os agrotóxicos eliminariam toda a praga em questão*” pode indicar uma concepção de objetividade e verdade científica, no discurso dos estudantes (GIL-PÉREZ et al., 2001; LACEY, 2010).

Na questão “*Você considera que a ciência e a tecnologia são atividades praticadas sem a influência de valores e interesses? Justifique.*”, todos responderam que a ciência e a tecnologia não são livres de interesses e valores, destacando o interesse financeiro de corporações privadas que possuem como principal valor o lucro, como no exemplo: “*grandes multinacionais, visando seus interesses próprios*”; ou a influência de certos grupos sociais, como oligarquias político-econômicas, sobre as decisões públicas acerca de prioridades para investimentos em áreas e linhas de pesquisas científicas e tecnológicas: “*interesses políticos e lobbysmo que ocorrem no congresso nacional, influenciando e direcionando verbas e investimentos na ciência e na tecnologia*”. Com relação a esta questão, nenhuma das respostas evidenciou concepções científicas.

Por fim, na questão “*Você considera que a tecnologia poderá resolver os problemas humanos sociais e ambientais? Justifique.*”, 20 estudantes negaram que a tecnologia poderia resolver problemas sociais e ambientais, enquanto 20 estudantes afirmaram que havia essa possibilidade. Nesse último ponto, podemos destacar justificativas contraditórias à afirmação de estudantes, que indicaram outros aspectos, além do científico, para a resolução dos problemas sociais e ambientais: “*Sim, se associada a valores éticos e de sustentabilidade ambiental*”. Aparentemente, a premissa oculta no raciocínio desses estudantes está em assumir a eficiência/suficiência na condição de eficiência da tecnologia para a solução desses problemas, desde que se considerem aspectos que não são distintivos e exclusivos da ciência e da tecnologia, como elementos de uma dimensão humanística e crítica (por exemplo, a consideração de fatores da ética). Nesse aspecto, poderíamos destacar uma concepção de linearidade no avanço científico-social, considerando o desenvolvimento científico e tecnológico suficiente para o progresso social. Cabe mencionar, ainda, que a vaguezza e a redação em poucas palavras, nas respostas dos estudantes às questões, muitas vezes dificultou ou não permitiu uma análise mais aprofundada do discurso escrito.

3.4 Avaliação da SD pelos participantes

A seguir, discutimos as respostas dos pesquisadores e professores que avaliaram a SD (com base em materiais disponibilizados via e-mail: Apêndice C e slides das aulas); as respostas dos estudantes sobre a SD (com base no questionário C, Apêndice G) e as anotações (diárias, em caderno de campo) dos professores que aplicaram a SD.

3.4.1 Respostas de Pesquisadores e Professores ao Formulário de Avaliação da SD

De um modo geral, os 24 participantes aprovaram a SD, o que pode ser visualizado a partir das médias das pontuações de cada um dos itens avaliados disponibilizados nos Quadros 10 e 11, relacionados, respectivamente, aos critérios para o alcance de níveis de letramento científico crítico (HODSON, 2004; 2011) e aos critérios para o alcance das dimensões conceituais, procedimentais, atitudinais dos objetivos de aprendizagem (ZABALA, 1998; CONRADO; NUNES-NETO, 2015a).

Quadro 10 – Média das notas atribuídas pelos pesquisadores sobre a SD, considerando critérios relacionados aos níveis de letramento científico crítico.

A sequência didática, com todos os seus elementos, permite aos estudantes...	Nota
...buscar o conhecimento científico e as tecnologias necessários para a resolução de problemas cotidianos.	9,61
...identificar relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, referentes aos temas das questões sociocientíficas (monocultura; antibióticos e saúde; agrotóxicos e polinização).	9,61
...elaborar argumentos fundamentados em conteúdos interdisciplinares.	9,09
...reconhecer influências e interesses de diversos atores sociais e/ou de estruturas de poder no desenvolvimento científico e tecnológico.	9,09
...perceber valores envolvidos na atividade científica e tecnológica e/ou na percepção pública da ciência e da tecnologia.	9,07
...reconhecer as diferentes ideologias e pontos de vista possíveis com relação aos temas.	9,02
...discussão e explicitação de seus valores e juízos éticos referentes a suas posições, dos colegas e dos personagens envolvidos no caso.	9,28
...avaliar o posicionamento ético individual e coletivo para participar da resolução desses problemas.	9,17
...desenvolver habilidades para abordar criticamente controvérsias e emitir juízo ético para cada caso/situação-problema.	9,35
...desenvolver capacidade para tomada de decisão socioambientalmente responsável.	9,38
...elaborar e discutir propostas de ações sociopolíticas.	8,46
...planejar e executar ações sociopolíticas.	7,28
Média Geral	9,03

Quadro 11 – Média das notas atribuídas pelos pesquisadores sobre a SD, considerando critérios relacionados às dimensões conceituais, procedimentais, atitudinais dos objetivos de aprendizagem.

A sequência didática, com todos os seus elementos, permite aos estudantes mobilizar...	Nota
...conceitos, teorias e princípios básicos de ecologia.	9,83
...conceitos, teorias e princípios básicos de evolução.	9,60
...conceitos, teorias e princípios básicos de ética.	9,47
...conceitos, teorias e princípios de outras áreas do conhecimento (ex.: botânica, fisiologia, economia, política).	8,89
...métodos básicos de investigação acadêmica.	9,22
...procedimentos de avaliação de materiais (livros, artigos, sites) e de dados.	9,00
...procedimentos básicos de elaboração de trabalhos acadêmicos.	8,39
...procedimentos de organização e planejamento para a resolução de casos.	9,50
...técnicas de mensuração de processos ecológicos.	8,93
...técnicas de elaboração e análise de argumentos.	9,73
...normas para discussões em grupos e em sala de aula.	9,26
...normas referentes à legislação ambiental.	8,70

...valores individuais e coletivos sobre problemas socioambientais.	9,50
...valores relativos à consideração moral de outros (ex.: humanos, seres vivos, ecossistemas etc.).	9,33
...atitudes para os trabalhos em grupo.	9,58
...atitudes para a resolução de problemas socioambientais.	9,30
Média Geral	9,26

Quase todos os participantes (22, pois dois deixaram a parte de comentários em branco) elaboraram comentários para justificar as notas atribuídas e fornecer sugestões para a melhoria da SD, considerando suas experiências e seus conhecimentos. Coube destacar que:

Quatro participantes questionaram o elevado número de conteúdos para o tempo disponível para abordá-los, enquanto quatro respondentes consideraram a organização da SD suficiente para uma abordagem adequada dos conteúdos elencados. Nesse sentido, esclarecemos que a SD foi inserida no contexto da disciplina de Introdução à Biologia, que, por ser uma disciplina geral, do primeiro semestre do curso de licenciatura em ciências biológicas, os estudantes têm contato, principalmente, com conteúdos básicos de biologia, mas também com conteúdos de natureza da ciência e bioética. Posteriormente, durante o curso, os estudantes poderiam aprofundar os conteúdos específicos abordados na SD, em outras disciplinas. Além disso, como mencionou uma das respondentes, a SD pode também ser aplicada em momentos mais avançados do curso de biologia, em disciplinas específicas de ecologia e evolução, por exemplo.

Quatro participantes sugeriram maior disponibilidade de tempo no planejamento didático para a inserção de atividades relacionadas aos métodos de investigação acadêmica (como, práticas de seleção de publicações, citação e referência). Para essa SD, deve-se esclarecer que os estudantes tiveram, previamente, um breve preparo nessa temática, em quatro horas/aula. Contudo, uma vez que o domínio dos procedimentos para a execução de pesquisa acadêmica é essencial na formação desses estudantes, cabe reservar momentos para rever e praticar esses conhecimentos.

Duas respondentes sugeriram que os estudantes pudessem, em algum momento, buscar temas de QSCs para serem abordados durante a SD, para exercitar a seleção e a avaliação de QSCs do cotidiano conforme interesse dos estudantes e sua discussão em relação aos conteúdos a serem abordados em sala de aula. Hodson (2011; 2013) discute critérios para selecionar QSCs: interesse dos estudantes e dos professores,

existência de materiais sobre o assunto, entre outros. Bencze e Alsop (2009) sugerem atividades semelhantes, porém cabe notar que parece mais apropriado que os estudantes tenham conhecimentos prévios sobre o uso de QSCs em sala de aula, uma vez que não é comum o contato prévio dos estudantes com essa estratégia.

Em relação à preparação para ação sociopolítica, nove respondentes afirmaram que seria importante inserir, no planejamento didático, de forma explícita, atividades que favorecessem momentos de intervenção na sociedade, ou seja, para além do espaço escolar/acadêmico, a partir das decisões dos estudantes sobre as QSCs, para superar o mero planejamento das ações sociopolíticas, como no exemplo: “Acho que seria interessante também que saíssem propostas de ações práticas coletivas para serem efetivadas pelos estudantes no sentido de concretizar uma ação sociopolítica.”. De fato, isso seria importante, sobretudo se os estudantes já tivessem mais contato e experiência com o uso de QSC em sala de aula. Hodson (2011) pontua que o contato direto dos estudantes com os temas das QSCs aumenta o engajamento, a mobilização dos conteúdos aprendidos em sala, e que possibilita reflexões e pregar sobre ações diretas e indiretas relacionadas às QSCs. Desse modo, quanto mais experiências os estudantes vivenciarem, mais fácil o alcance desse nível do letramento científico crítico. Em nosso caso, devido ao tempo disponível para abordar a SD e à inexperiência dos estudantes, decidimos não disponibilizar esses momentos de intervenção prática, inserindo apenas a discussão sobre o planejamento de ações sociopolíticas. Em um momento posterior, ou se houvesse maior tempo na SD, poder-se-ia abordar o planejamento e a implementação de ações sociopolíticas, principalmente porque os estudantes já estariam familiarizados com a abordagem a partir de QSCs.

Um dos participantes declarou que apenas o terceiro caso estimula ações sociopolíticas, uma vez que nos casos anteriores a tomada de decisão é individual. Cabe ressaltar que em todos os casos podem ser fomentadas ações sociopolíticas, uma vez que podem ser individuais ou coletivas, diretas ou indiretas (HODSON, 2011). Nos casos 1 e 2, por ex., planejar uma manifestação contra a monocultura ou contra o uso inadequado do antibiótico; ou promover ações educativas a favor de policulturas em fazendas ou a favor do uso adequado do antibiótico poderiam ser exemplos de ações sociopolíticas. Dessa forma, sugerimos sempre, ao menos, momentos para refletir e

discutir sobre as ações sociopolíticas envolvidas com as QSCs, independente se serão diretas ou indiretas, coletivas ou individuais.

Dois participantes questionaram as formas de avaliação discente adotadas, que deveriam contemplar avaliações parciais e diferentes formas de manifestação de aprendizado. Por um lado, devido às estratégias empregadas (resolução de caso, elaboração de argumento, mapeamento de relações CTSA, discussões em sala), os critérios para avaliação dos estudantes foram: participação, frequência, pontualidade, qualidade da argumentação, mobilização de conteúdos de ecologia, ética e evolução, apresentação das relações entre CTSA e respostas aos questionários, que também contemplam autoavaliação, avaliação dos colegas e do curso. Por outro lado, consideramos que o contexto de espaço e tempo da sala de aula poderia ser um impedimento para a adoção de mais estratégias de avaliação. Além disso, é relevante explicitar e esclarecer esses critérios de avaliação discente logo no início da SD e no instrumento de avaliação da SD pelos pares, como sugerido por um dos participantes.

Sobre o desempenho dos estudantes, duas participantes apontaram a importância de um preparo discente para lidar com as QSCs. Essa é uma justificativa importante para fomentar o uso de QSCs em todos os níveis, sobretudo em cursos de licenciatura. Dois participantes questionaram a suficiência da SD para atingir alguns objetivos de aprendizagem nas dimensões procedimentais e atitudinais, alegando que seria necessário também considerar o contexto de cada estudante, suas motivações e seu preparo anterior para lidar com as QSCs. Contudo, não esperamos que a SD seja suficiente para alcançar os objetivos, mas que contribua para a aprendizagem de determinados conteúdos nas dimensões CPA explicitadas nesses objetivos. Os resultados de aprendizagem dependem tanto do planejamento didático, quanto de outros fatores, como do contexto sociocultural discente, seus hábitos e experiências prévios, o comportamento docente, a situação histórico-política do país, etc. (LUCKESI, 2011; SIMONNEAUX; SIMONNEAUX, 2012).

Uma das participantes sugeriu que fossem disponibilizados alguns materiais a favor do uso de agrotóxicos, para evitar tendências por parte dos professores sobre a abordagem da QSC no terceiro caso. Uma participante recomendou a indicação de materiais sobre os casos de diferentes áreas do conhecimento. Um dos participantes

mencionou a importância de maior aprofundamento em questões econômicas, políticas e éticas, abrangendo com maior ênfase esses conteúdos para embasar melhor os estudantes nessas áreas. No entanto, destacamos que, devido ao tempo reduzido para uma abordagem interdisciplinar, temos que escolher que conteúdos abordar, em suas dimensões CPA, e essa escolha, obviamente, não contemplará vários conteúdos interessantes para serem abordados a partir da SD. Além disso, assumimos uma educação CTSA no ensino de ciências que aborde conteúdos científicos contextualizados, sobretudo, pela filosofia moral, ainda que contemple, mais superficialmente, questões políticas, econômicas, históricas e culturais.

3.4.2 Avaliação dos Estudantes sobre a SD

No questionário C³⁸, quase todos os estudantes (exceto um) afirmaram que participaram de reuniões extraclasse com a equipe, sendo que todos afirmaram estudar, fora da sala de aula, alguns assuntos referentes à solução do caso 3 (abelhas) (como, por exemplo, nas afirmações: “a polinização, seus polinizadores e a utilidade deste serviço para a natureza; maneiras de cultivo (mono e policultura); agrotóxicos e seus efeitos; polinização por abelhas; coevolução entre plantas e animais; relações mutualísticas”; “importância dos polinizadores para a agricultura; relação polinizadores e pesticidas; princípios de manejo para agroecossistemas; o declínio populacional das abelhas de culturas agrícolas; abelhas e sustentabilidade dos serviços de polinização”), o que consideramos um cumprimento de uma atividade importante, uma vez que o tempo em sala de aula é geralmente insuficiente para a abordagem dos conteúdos e que o próprio caso deveria ser interessante (o suficiente) para gerar interesse e disposição para a busca de conhecimentos fora da sala de aula. Um aspecto interessante é que todos os estudantes, nessa questão, enumeraram apenas assuntos científicos e tecnológicos sobre o caso, sem considerar outros aspectos relevantes, das dimensões socioambientais, que eles mobilizaram nas atividades. Isso pode ser interpretado como

³⁸ Cabe esclarecer que alguns estudantes apenas assinalaram as opções, mas não justificaram com comentários. Consideramos, então, para exemplificar as respostas objetivas dos estudantes, apenas os questionários em que foram realizados comentários.

um hábito disciplinar, que considera apenas as dimensões científicas e tecnológicas do assunto abordado nas aulas de ciências.

Sobre a autoavaliação do comportamento próprio do estudante, a menor nota atribuída, em média, foi para a afirmação “Consegui expressar claramente minhas ideias e opiniões sobre os assuntos abordados”, o que não consideramos uma consequência direta da SD, uma vez que os participantes são estudantes de primeiro semestre da graduação, que provavelmente tiveram pouco contato com métodos ativos de ensino e aprendizagem. Alguns estudantes, inclusive, consideraram a SD inovadora para a mudança de comportamento em sala de aula, em relação aos conteúdos aprendidos e à dinâmica das atividades, como nos exemplos: “me surpreendi com atitudes minhas, de uma forma positiva, pois nunca tinha pesquisado tantas informações sobre determinado assunto a ponto de dominá-lo e ter facilidade para passar o conhecimento obtido”; “Acredito que o trabalho em equipe foi importante para a solução dos problemas, pois as diferentes opiniões possibilitam o enriquecimento do conteúdo”. Sobre o desempenho nas atividades, os estudantes, em média, se atribuíram a nota 8 (exemplos: “acredito que fui bastante participativo, desde a troca de ideias em sala, passando pela busca de literaturas e bases para o assunto, até a apresentação”; “acredito que minha participação foi de muita importância para a resolução dos casos junto com minha equipe”; “durante as atividades, eu tentei ao máximo ouvir diferentes opiniões e também expressei minhas ideias e organizei um tempo para estudar os assuntos sobre os casos”; “busquei outras fontes, tentei coordenar os trabalhos no grupo, apesar de todos terem horário de trabalho e seus afazeres pessoais, conseguimos nos reunir”). Isso pode indicar certo protagonismo dos estudantes, que, diante de diversas dificuldades, como gerenciamento de tempo, complexidade das atividades, etc., foram capazes de se organizar para participar das atividades e assumir seus compromissos com o processo de aprendizagem.

Em relação ao trabalho em equipe, para a questão: “*Qual sua opinião sobre a interação, a participação e a contribuição dos outros membros da equipe, de forma geral, durante a realização das atividades relacionadas à solução do caso das abelhas?*”, os estudantes avaliaram como produtiva (28); estimulante (17); suficiente (12); confortável (7); insuficiente (2), como no exemplo “os outros membros se relacionaram muito bem e

trouxeram ideias produtivas para o desenvolvimento dos conhecimentos"; e para a questão: "*Como você avalia os momentos de discussões com sua equipe?*", eles avaliaram em produtiva (26); interessante (20); estimulante (16); suficiente (4); insuficiente (2); cansativo (1); monótono (1), como, no exemplo "em todos os momentos, pude perceber iniciativas, ideias e questionamentos que faziam o caso se tornar mais interessante, estimulando a busca por mais informações". Sobre a administração de tempo e a responsabilidade da equipe, grande parte dos estudantes (32) se mostrou satisfeita (como nos comentários: "o tempo é curto, mas sendo planejado, pode trazer bons resultados e o comprometimento da equipe foi imprescindível"; "equipe extremamente responsável, participativa, organizada. Tudo pronto antes do prazo"; "a equipe se organizou em horários extraclasse para encontros; nestes momentos, a troca de conhecimentos foi ótima e proporcionou a produção tranquila da parte escrita. Tivemos tempo para revisar e reorganizar, por isso, acredito que a equipe administrou bem o conteúdo para entregar no prazo, bem como que houve comprometimento dos envolvidos"). Por outro lado, alguns (8) consideraram o tempo curto (como nos comentários: "não conseguimos administrar o tempo de forma eficiente e nem todos os membros da equipe estavam comprometidos"; "o tempo"). Nota-se a importância do comprometimento e da responsabilidade individual para com o trabalho coletivo, e momentos de gerenciamento de atividades em grupo são boas oportunidades para a prática e a reflexão sobre valores, uma vez que refletem dificuldades e desafios no trabalho coletivo no contexto extraescolar, em que há relações mútuas de dependência e que a prática de virtudes (epistêmicas e morais) auxilia para uma melhor convivência.

Em relação às discussões em geral, em sala de aula, os estudantes opinaram por: estimulantes (25); interessantes (24); aplicadas para a realidade (20); cansativas (1), tendo uma avaliação positiva desses momentos, como nos comentários: "as discussões em sala trouxeram opiniões diferentes sobre o tema e resultaram em novos conhecimentos"; "as discussões foram muito estimulantes, fazendo a equipe entrar cada vez mais no caso abordado"; "eu tenho certeza que essa forma de ensino é muito mais eficaz que a tradicional, achei muito interessante e estimulante"; "os professores passaram muita segurança nos temas abordados, fazendo cada aula um novo desafio, muito estimulante"; "proporcionou pensamento crítico e reflexão perante assuntos

importantes para a sociedade mundial”; “através da junção das aulas expositivas com o conhecimento adquirido pelas pesquisas, pude obter um resultado muito positivo”. Sobre os momentos de exposição dialogada dos conteúdos pelos professores, os estudantes afirmaram que foi produtiva (30); interessante (24); estimulante (19); necessária (8); suficiente (2), considerando positivos para a aprendizagem, como nos comentários: “excelente metodologia, fazendo sempre com que a aula fosse muito gratificante e produtiva”; “o conteúdo foi apresentado de forma interessante, com os professores sempre muito participativos, dando orientações e interagindo”.

Em relação à questão sobre o caso das abelhas, os estudantes consideraram interessante (28); relevante (21); estimulante (18); pouco aplicado (2); difícil (1), como nos comentários “o Brasil precisa se preocupar com o uso de agrotóxicos que está acabando com os seres vivos”; “é bom saber que pesquisadores brasileiros estão estudando o caso”; “só em fazer com que eu pense em várias formas de resolver, fez com que, independente da resposta, o aprendizado fosse muito consistente”. Para avaliar a solução encontrada pelo grupo sobre o caso, os estudantes consideraram satisfatória (26); produtiva (15); relevante (12); insuficiente (3); fraca (1); ninguém considerou a resolução do caso pouco relevante para o aprendizado, como nos comentários: “a solução para o caso foi muito boa, mas, na nossa opinião, o que mais importou e pesou foi todo o conhecimento adquirido”; “a solução encontrada pelo grupo foi bem atual e soluciona, de certa forma, o caso”; “com a solução encontrada, foi possível orientar o vizinho a reavaliar a forma como eram utilizados os agrotóxicos, e aprender novas técnicas”; “pensamos em uma escala global e isso me estimulou muito”. Comparativamente, em relação à avaliação dos professores sobre as soluções para o caso das abelhas, apesar dos diferentes conteúdos mobilizados pelos estudantes, poder-se-ia desenvolver com maior profundidade os conteúdos principais da SD.

Em relação à questão “*Qual sua opinião sobre o uso da argumentação para organizar e defender ideias?*”, 31 estudantes consideraram a argumentação *importante* para a formação deles; 19 assinalaram *útil*; 12 *interessante*; 4 *complicado*; 3 *simples*; nenhum estudante considerou *irrelevante*, *desnecessário*, *inútil* nos processos de ensino e aprendizagem, como podemos observar nos comentários: “com a estrutura do argumento, você reconhece as falhas que podem ocorrer e, assim, pode colocar novos

qualificadores que superam essas falhas”; “saber argumentação é essencial, pois faz com que a tese se fortaleça e que sua ideia seja mais facilmente aceita”; “muito importante saber argumentar e apresentar uma ideia com clareza, o que é essencial no âmbito da ciência e da educação”; “muito apropriado, pois vamos ter que ter excelentes argumentações na nossa vida acadêmica e profissional”; “uma solução foi encontrada com base em pesquisas que fortaleceram o argumento, tornando-a relevante para o caso”. Assim, os estudantes, de modo geral, reconheceram a importância da argumentação para sua formação; no entanto, apesar de avaliarem bem seus argumentos, ainda consideramos que são necessários mais momentos e atividades destinados à prática da argumentação, para o aperfeiçoamento desta habilidade.

Por fim, ao avaliar se *“As atividades realizadas contribuíram para seu crescimento e sua aprendizagem profissional e pessoal? Comente.”*, com exceção de dois estudantes que deixaram as questões abertas em branco, todos os estudantes opinaram que foi uma experiência positiva, como nos comentários: “muito, me proporcionou ampliar conhecimentos para desenvolver argumentos e também desenvolver a capacidade de tomar decisões e analisar e avaliar informações sobre diferentes conteúdos”; “sim, já que os casos me incentivaram a pensar sob diferentes pontos de vista e a analisar as consequências. Além disso, as atividades me fizeram buscar mais informações sobre assuntos que eu não tinha tanto domínio”; “sim, com certeza meu conhecimento foi ampliado o que me motiva a estudar mais sobre esses assuntos e passar para as pessoas que conheço”; “sim, porque me fez questionar a respeito de situações que estão relacionadas diretamente ao cotidiano, sendo que muitos nem percebemos como certas ações afetam o dia-a-dia”; “sim, pois para a resolução destas, precisou de conhecimentos de várias áreas”; “permitiu aplicação de uma nova técnica de aprendizagem, por incluir o aluno no problema abordado pelo conteúdo”; “sim, muitos dos assuntos discutidos não eram de minha noção e creio que também de grande parte da turma, além dos artigos lidos que ajudaram no conhecimento”; “os conhecimentos adquiridos me ajudaram a unir, de forma mais intensa, os conteúdos da disciplina com a vida prática”; “sim, pois eram assuntos que não tinha conhecimento e hoje sei as relações e a importância que eles têm”; “contribuições que vou levar para toda minha vida acadêmica, profissional e

pessoal, pois me proporcionou uma visão mais ampla, diferente da que eu tinha antes de estudar a disciplina”.

Sobre a opinião geral dos estudantes a respeito do uso de casos para o aprendizado, todos também relataram experiências positivas, como nos comentários: “acredito que o uso de casos serve para agregar conhecimento e para simular situações que podem ser vividas por todos, fazendo com que tenhamos uma visão mais crítica se viermos a nos deparar com elas”; “foi a minha melhor experiência dentre de uma sala de aula”; “na minha opinião e da minha equipe, esta metodologia propicia uma ferramenta maravilhosa para a aprendizagem, deveria ser usada com mais frequência pelos professores de outras disciplinas”; “deveria ser a forma tradicional de ensino, pois estimula a busca pelo conhecimento, a discussão, o pensamento crítico, etc. impede o desvio de atenção, não dá sono durante as aulas, etc., particularmente eu gostei muito”; “o uso de casos é importante para aplicar na prática o conhecimento e entender que uma situação pode ter causas e consequências que devem ser pensadas e discutidas criticamente”; “muito relevante, porque abordam temas de problemáticas sociais que afetam a nós, seres humanos, constantemente e sem nos darmos conta”; “muito proveitosa, por “forçar” a dinâmica, a pesquisa e o estudo individual”; “eu espero que a disciplina continue assim, não só também com casos para a aprendizagem, mas fazendo com que o aluno pesquise e leia, ganhando conhecimentos não só em sala de aula”; “acho que poderíamos fazer mais trabalhos assim, porque facilita a aprendizagem”; “o uso de casos como método de ensino é uma ótima ferramenta, pois possibilita associarmos a teoria e a prática, contextualizando os assuntos abordados”; “é importante para ampliar nossos conhecimentos, faz com que estudemos mais para a resolução do problema. Desta forma, os assuntos são compreendidos facilmente e ficam mais fixados”; “quando associamos os conhecimentos científicos às situações reais, pensando em melhorias, soluções, impactos, desenvolvemos argumentos contextualizados, promovemos discussões sobre algo que para nós parecia distante à realidade, mas está inteiramente ligado às ações sociais, impactando diretamente no convívio social”.

Particularmente, para esses estudantes de licenciatura, o contato com diferentes metodologias de ensino e aprendizagem é fundamental para enriquecer os conhecimentos e as habilidades sobre como ensinar. Contudo, cabe notar que os

estudantes, ainda, associam os conteúdos apenas aos conhecimentos, não manifestando, em seu discurso, valores, habilidades e atitudes que estão implícitos nos processos de ensino e de aprendizagem. Deste modo, cabe uma abordagem mais explícita sobre as diferentes dimensões do conteúdo.

3.4.3 Anotações dos Professores sobre a SD em Caderno de Campo

Durante a discussão sobre a resolução do primeiro caso, 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. Conforme Conrado; Nunes-Neto e El-Hani (2014; 2015); Sá (2010); Tan (2004), tanto as estratégias da ABP quanto da argumentação precisam ser praticadas, assim, mostra-se relevante aumentar o espaço e o tempo para a prática dessas habilidades na formação desses estudantes, em todos os níveis. Já no segundo caso, os argumentos apresentados pelos estudantes estiveram mais consistentes, considerando, sobretudo, o material de apoio consultado para fornecer suporte teórico sobre as justificativas para as decisões. No terceiro caso, notamos maior envolvimento dos estudantes para a busca e a organização de informações, as discussões extraclasse, o domínio de termos científicos relacionados à QSC, e o planejamento da equipe para cumprimento das atividades no prazo estabelecido. Como os objetivos de aprendizagem estavam mais voltados à execução deste caso, e foram explicitados para os estudantes, percebemos que estes tiveram mais facilidade de desenvolver as tarefas, sendo, então, vantajoso expor esses objetivos no início da SD.

Outro ponto relevante foi a importância das três fases para que os estudantes se habituassem, de algum modo, com a resolução das QSCs. No entanto, como eles nunca haviam entrado em contato com métodos participativos como esse, no início da SD, quando foram expostos os fundamentos da educação CTSA e as bases de argumentação, foi necessário discutir dúvidas dos estudantes, sendo, então, importante *explicitar um momento na SD para prepará-los para a abordagem da educação CTSA com QSC*. Isso é relevante, principalmente em relação aos cursos de licenciatura, em

que os estudantes precisam ter contato com diferentes estratégias e métodos de ensino. Além disso, uma vez que o uso de QSCs e a explicitação de objetivos de aprendizagem nas dimensões CPA dos conteúdos ainda não são comuns na educação científica, os estudantes precisam de um momento para compreender o processo, seus pressupostos e fins, o que demandaria uma fase prévia de explicação sobre QSCs e educação CTSA.

No mesmo sentido, percebemos que, em relação à preparação para ação sociopolítica, a SD poderia abranger alguns momentos para a execução de atividades, sendo necessário discutir exemplos de ações sociopolíticas, para que os estudantes pudessem refletir sobre possibilidades em seu planejamento relacionado à tomada de decisão sobre o caso, e, particularmente, para que os estudantes pudessem se sentissem engajar com a participação política, evitando comportamentos apáticos diante de questões de interesse público (PINZANI, 2013). Por exemplo, poderia haver um momento para expor e discutir como organizar abaixo-assinados ou cartas públicas destinadas ao executivo, legislativo e/ou judiciário; organizar palestras e produzir vídeos para divulgação em comunidades afetadas pelos problemas em pauta; envolver-se em projetos de extensão universitária ligados aos temas das QSCs; realizar 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 ou para o fomento da agroecologia); desenvolver páginas de internet informativas e de troca de experiências; organizar 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); obter conhecimento e planejar ações em relação a projetos de lei em tramitação no legislativo que tenham relação com a questão (CARVALHO *et al.*, 2016).

Durante as aulas, observamos o cumprimento de alguns conteúdos atitudinais gerais, como na divisão de tarefas dentro das equipes, comportamentos de respeito e atenção durante as discussões em sala de aula. Cabe ressaltar que (como responsabilidade, compromisso, solidariedade, tolerância, respeito, etc.) (ZEIDLER *et al.*, 2005; LEVINSON, 2010; CONRADO; EL-HANI; NUNES-NETO, 2013).

Outro aspecto relevante percebido pelos professores foi a indicação de grande interesse dos estudantes pelas QSCs, o que influenciou a realização de estudos

extraclasse pelos estudantes e permitiu maior envolvimento com os conteúdos abordados em sala de aula. Percebeu-se aumento de interesse e participação dos estudantes ao longo da SD, quando os casos foram se tornando mais complexos. Alguns dos conteúdos abordados nos casos anteriores foram sendo retomados pelos estudantes nos casos posteriores. O processo de identificação do sujeito com o contexto sociopolítico da QSC, em sala de aula, influencia na formação deste sujeito como cidadão ativo, pois o estudante poderá desenvolver empatia, sentimento de pertencimento e responsabilidade social, além da capacidade de participar de tomada de decisões com implicações individuais e coletivas (MARTÍN, 2006; VILLA; POBLETE, 2007; BENCZE; ALSOP, 2014; KAHN; ZEIDLER, 2016).

Desse modo, a abordagem de casos sobre QSCs foi considerada interessante para estimular os estudantes a participarem das atividades; as questões norteadoras foram relevantes para direcionar as respostas dos estudantes para o alcance dos objetivos de aprendizagem e mapear relações CTSA relacionadas ao caso; e a elaboração de argumentos, para justificar a resolução dos casos, foi considerada adequada e fundamental para o desenvolvimento de habilidades argumentativas, pensamento crítico e investigação sobre diferentes aspectos relacionados às QSCs, incluindo a dimensão valorativa, geralmente ocultada em aulas expositivas com ênfase em conceitos. A didática de três fases foi considerada produtiva, apesar de ser interessante e relevante uma abordagem prévia à primeira fase e um momento final à terceira fase, para uma síntese integrativa dos conteúdos abordados na SD.

Por fim, foi apontado que o caderno de campo reflete apenas uma parcela das interações, dos sentimentos e das discussões que ocorreram durante os processos de elaboração, aplicação e discussão da SD. Isso não indica apenas um limite do formato acadêmico escolhido para a explicitação dos resultados dessa pesquisa, mas também que a aplicação cuidadosa, comprometida e responsável de metodologias ativas, no ensino, permite mais avanços na educação científica, em direção a uma sociedade mais justa e ambientalmente sustentável do que um documento é capaz de descrever. Nesse sentido, a adoção de outras estratégias de coleta e análise de dados pode complementar a captura e a análise dos complexos processos envolvidos com a educação.

Dante dos resultados, consideramos que o uso de QSCs como casos, organizados na didática de três fases, com atividades de argumentação conectadas com a resolução dos casos, e a explicitação dos objetivos nas dimensões CPA de aprendizagem contribuíram para um processo formativo mais integral, considerando o conhecimento científico enquanto construção histórica-social, contextualizado política, econômica e culturalmente (LOPES; CARVALHO, 2012). Contudo, melhorias nas características avaliadas, de acordo com os resultados obtidos, poderão contribuir para o aperfeiçoamento da SD de modo a aproximar com os objetivos de alcance de maior mobilização de conteúdos nas dimensões CPA e de letramento científico crítico.

4 Considerações Finais

O presente trabalho avaliou quatro características (uso de QSCs em forma de caso, com questões norteadoras; atividades de argumentação para resolução de casos; objetivos de aprendizagem, considerando dimensões CPA do conteúdo; e didática de três fases) consideradas relevantes para a promoção do letramento científico crítico no ensino de ciências, a partir da discussão de aspectos das relações CTSA que apoiam uma tomada de decisão socioambientalmente responsável sobre QSCs, com base na mobilização das dimensões CPA dos conteúdos.

Como discutido acima, os estudantes conseguiram, em alguma medida, mobilizar conteúdos planejados para as atividades. Todavia, para o aumento da mobilização de conteúdos nas dimensões CPA e o alcance do letramento científico crítico, percebemos a necessidade de se organizar um protocolo de, ao menos, cinco fases, para incluir duas fases consideradas relevantes (com relação ao modelo de Hodson, que possui 3 fases): uma no início da SD, relacionada a um preparo sobre as atividades e o que se espera dos estudantes no processo de resolução de um caso sobre uma QSC; e uma ao final da SD, relacionada a uma síntese sobre os conteúdos abordados, as possíveis resoluções para o caso e os questionamentos adicionais que podem ser discutidos. Isso torna-se particularmente interessante uma vez que o estudante, muitas vezes, não percebe a QSC como um problema, isto é, como algo digno de consideração para uma reflexão crítica, por nunca ter refletido sobre aspectos socioambientais, histórico-culturais, econômico-

políticos, éticos, etc. relacionados a determinadas QSCs. Assim, destacamos a importância de se problematizar a situação, discutindo os pressupostos, valores e práticas sociais, sobretudo no contexto da Educação CTSA. Nesse sentido, momentos de exposições dialogadas são interessantes para justificar e colocar em evidência o caráter controverso da QSC, ressaltando, sobretudo, questões de natureza ética, além da importância de conhecimentos e habilidades relacionados à ciência e à tecnologia. Reconhecer que a QSC é um problema digno de reflexão, no mínimo, é um dos primeiros passos para o letramento científico crítico, pois, a partir dessa problematização, será possível perceber relações CTSA, compreender os diversos interesses, valores e disputas pelo poder envolvidos no desenvolvimento científico e tecnológico, emitir juízo ético sobre a situação, tomar decisões socioambientalmente responsáveis, e exercitar ações sociopolíticas, com base em virtudes epistêmicas e morais.

Outro ponto que vale a pena considerar é a explicitação de objetivos de aprendizagem em cada etapa da SD, uma vez que isso pode ajudar, mais clara e diretamente, o estudante em sua organização para a resolução de cada caso. Os argumentos dos estudantes também podem ser melhor discutidos em sala de aula, considerando os níveis de letramento científico crítico e o discurso scientificista, uma vez que envolvem as relações CTSA e poderiam ser conectados com uma atividade de mapeamento das relações CTSA ou com uma atividade extraclasse, de promoção de ações sociopolíticas relacionadas às QSCs. Para isso, a SD deverá dispor de mais tempo em sala de aula. Nesse sentido, uma recomendação para trabalhos futuros seria no sentido de elaborar protótipos para o desenvolvimento de ações sociopolíticas relacionadas às QSCs, que abordem mais diretamente ética e política. O aumento de experiências didáticas relacionadas à inserção explícita de ética e política na educação científica pode ser facilitado a partir do planejamento e da execução de ações sociopolíticas. Em relação à análise de ações sociopolíticas, o instrumento para avaliação de alcance de letramento científico crítico, apesar de ser considerado extremamente útil para a análise do alcance de objetivos de aprendizagem pelo estudante, e para avaliar o alcance de cada nível do letramento científico crítico, tem suas limitações, uma vez que não avalia a ação sociopolítica, em si, mas etapas anteriores a ela. Isso poderá ser melhor detalhado, no processo de aperfeiçoamento dessa ferramenta, em trabalhos

futuros. Para atingir bons níveis de letramento científico crítico, sugerimos adicionar momentos na SD sobre a própria ação sociopolítica, com ferramentas adequadas para avaliar seu desenvolvimento.

Por fim, considerando os pressupostos da abordagem *design research*, esse trabalho possui um caráter tanto descritivo quanto propositivo, uma vez que avaliamos características do planejamento favoráveis à mobilização das dimensões CPA dos conteúdos e ao letramento científico crítico e também recomendamos essas características, consideradas dentro de um modelo teórico, para serem implementadas nas salas de aula. A partir de vários ciclos de implementação, validação e avaliação, considerando diferentes contextos e experiências de aplicação, o modelo teórico poderá ser aperfeiçoado. Nesse sentido, a análise dos resultados referentes a esse protótipo irá auxiliar em pesquisas futuras sobre o modelo teórico de uso de QSC na educação CTSA, com vistas a uma maior aproximação com os objetivos da educação almejados.

Referências

- AL-AZRI, N. H. Do We Need a New Medical Paradigm? *Oman Medical Journal*, v.27, n.3, p.256-257, 2012.
- ALMEIDA, M. C. et al. Pesquisa colaborativa: um caminho para superação da lacuna pesquisa-prática e promoção de desenvolvimento profissional docente. In: SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. C. (orgs.). **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia**. Feira de Santana, BA: UEFS editora, 2016, p.17-47.
- ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2.ed. Boulder: Westview Press, 1995.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J. O debate atual sobre os paradigmas de pesquisa em educação. *Cadernos de Pesquisa*, n.96, p.15-23, 1996.
- ARANHA, M. L. de A. **Filosofia da educação**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Moderna, 2006.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? *Ensaio*, v.3, n.2, p.122-134, 2001.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v.5, n.2, p. 337, 2006.
- BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-based research: putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, v.13, n.1, p.1-14, 2004.

- BARRA, E. S. O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica. **Revista Ciência & Educação**, v.5, n.1, p.15–26, 1998.
- BARROS, J. A. C. Pensando o processo saúde doença: a que responde o modelo biomédico? **Saúde e Sociedade**, v.11, n.1, p.67-84, 2002.
- BARTHEL, S.; FOLKE, C.; COLDING, J. Social-ecological memory in urban gardens - Retaining the capacity for management of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v.20, p.255–265, 2010.
- BATISTA, S. S. S. Teoria Crítica e teorias educacionais: uma análise do discurso sobre educação. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n. 73, p.182-205, 2000.
- BEARZI, G. When swordfish conservation biologists eat swordfish. **Conservation Biology**, v. 23, n. 1, p. 1-2, fev. 2009.
- BECKERT, C. et al. **Ética**. Lisboa: Centro de Filosofia da Faculdade de Lisboa, 2012.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.; HARPER, J. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BELKIN, G. S. The Technocratic Wish: Making Sense and Finding Power in the “Managed” Medical Marketplace. **Journal of Health Politics, Policy and Law**, v.22, n.2, p.509-532, 1997.
- BENCZE, L; ALSOP, S. (eds). **Activist science and technology education**. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands, 2014.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: **Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education**, Ottawa, ON: 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**, v.14, n.2, p.39-56, 2014.
- BENCZE, L.; SPERLING, E.; CARTER, L. Students’ research informed socio-scientific activism: Re/vision for a sustainable future. **Research in Science Education**, v.42, n.1, p.129–148, 2012.
- 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. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: 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**, v.15, p.3148–3152, 2011.
- BORTOLETTO, A; CARVALHO, W. L. P. Temas Sociocientíficos: Análise dos Processos Argumentativos no Contexto Escolar. In: CARVALHO, L. O. de; CARVALHO, W. L. P. de. (Orgs.). **Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012. p.249-270.

- BOURDIEU, P. A escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura. In: NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (orgs.). **Escritos de educação**. 9.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007. p.39-64.
- CARSPECKEN, P. H. Pesquisa Qualitativa Crítica: conceitos básicos. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v.36, n.2, p.395-424, 2011.
- CARVALHO, G. S. et al. Comparing health education approaches in the textbooks of sixteen countries. **Science Education International**, v.19, n.2, p.133–146, 2008.
- CARVALHO, G. S. Health Education in Portuguese Schools: The Contribution of Health and Education Sectors. In: TAYLOR, N. et al. (Eds). **Health education in context: An International Perspective on Health Education in Schools and Local Communities**. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 2012. p.37-46.
- CARVALHO, I. N. et al. Projetos de lei no ensino de ciências: possibilidades para modelagem de questões socio-científicas. In: **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação Ciências, 2016.
- CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Antibiotic Resistance from the Farm to the Table**. 2015. Disponível em: <https://www.cdc.gov/foodsafety/challenges/from-farm-to-table.html> (infográfico em <https://www.cdc.gov/foodsafety/pdfs/ar-infographic-508c.pdf>) Acesso em: 1/2/2017.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. In: **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT 2010)**, Ponta Grossa, UTFPR, 2010.
- CONRADO, D. M. et al. Construção e validação de ferramenta para investigação das relações entre conhecimento sobre evolução e tomada de decisão socialmente responsável em questões sócio-científicas. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC 2011)**, Campinas, p.1-14, 2011.
- 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 (RCE)**, v. 7, p. 345-368, 2012.
- CONRADO, D. M. **Uso de conhecimentos evolutivo e ético na tomada de decisão por estudantes de biologia**. 2013. 220p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, 2013.
- CONRADO, D. M. et al. Evolução e ética na tomada de decisão em questões sociocientíficas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)**, v. Especial, p. 803-807, 2013.
- 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 (REMEA)**, v. 30, n. 1, p. 120–139, jan./ jun. 2013.

- 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 (RBPEC)**, v.14, p.77-87, 2014.
- CONRADO, D. M. et al. Socioscientific issues about bees, pollination and food production in biology teaching. In: **Programme of 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA 2015)**, Helsinki, Finlândia: ESERA, p.1-4, 2015.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Dimensões do conteúdo em questões sociocientíficas no ensino de ecologia. In: **Atas do Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENEC 2015)**, v.16, p.432-435, Lisboa, 2015a.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Ethical dimensions in contents linked to ecosystem services in ecology teaching. In: **Meeting of the International Society for Philosophy, History and Social Studies of Biology (ISHPSSB 2015)**, Montreal. Book of Abstracts. Montreal: UQAM, UdeM, CIRST, 2015. v. 1. p. 6, 2015b.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. **Educação em Revista**, v.31, p.329-357, 2015.
- 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 (RPQ)**, v.4, n.5, p.218-231, 2016a.
- CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Cientificismo: uma análise crítica do discurso no ensino superior de biologia. In: **Atas do 5º Congresso Ibero Americano de Investigação Qualitativa em Educação (CIAIQ 2016)**, Porto: Universidade Lusófona do Porto, p.1054-1059, 2016b.
- CONRADO, D. M. et al. Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. **Indagatio Didactica**, v.8, n.1, p.1132-1147, 2016a.
- CONRADO, D. et al. Integrating Socio-scientific Issues in school health education. In: **XVII International Organization for Science and Technology Education Symposium (IOSTE 2016)**, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2016b.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Análise de argumentos em uma questão sociocientífica no ensino de biologia. **Revista da SBEnBio**, n.9, p.5522-5534, 2016.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Uma análise de arcabouços teóricos sobre questões sociocientíficas no ensino de ciências. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC 2017)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- CONRADO, D. M. et al. Declínio de polinizadores como uma questão sociocientífica para o ensino de biologia. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (Orgs.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, *no prelo*.

- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. Questões sociocientíficas para a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no ensino de ciências. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F. (Orgs.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, *no prelo*.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v.41, n.2, p.393-408, 2002.
- DILLON, J. Science, Environment and Health Education: Towards a Reconceptualisation of Their Mutual Interdependences. In: ZEYER, A.; KYBURZ-GRABER, R. (Eds.) **Science, Environment, Health**: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education. Springer, Dordrecht; New York, 2012. p.87-101.
- DUTRA, L. H. **Introdução à teoria da ciência**. 2.ed. Florianópolis: UFSC, 2009.
- FEINSTEIN, N. W.; KIRCHGASLER, K. L. Sustainability in Science Education? How the Next Generation Science Standards Approach Sustainability, and Why It Matters. **Science Education**, 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. (Eds.) **Science, Environment, Health**: Towards a Renewed Pedagogy for Science Education. Springer, Dordrecht; New York, 2012, p.7-29.
- FOUREZ, G. **Educar**: docentes, alunos, escolas, éticas, sociedades. Aparecida, SP: Idéias e Letras, 2008.
- FRANKFORD, D. M. Scientism and Economism in the Regulation of Health Care, **Journal of Health Politics, Policy and Law**, v.19, n.4, p.773-799, 1994.
- FUTUYMA, D. J. **Evolution**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.
- GRIX, J. **The Foundations of Research**. 2.ed. Palgrave Macmillan, 2010.
- GULUBE, Z.; PATEL, M. Effect of *Punica granatum* on the virulence factors of cariogenic bacteria *Streptococcus mutans*. **Microbial Pathogenesis**, v.98, p.45-49, 2016.
- HABERMAS, J. **Técnica e ciência como ideologia**. Lisboa: Edições 70, 1968.
- HEMPEL, M. Ecoalfabetización: el conocimiento no es suficiente. **Gobernar para la sostenibilidad**. La situación del mundo 2014. Barcelona: Icaria editorial, 2014, p.79-93.
- HERREID, C. F. **What makes a good case?** Journal of College Science Teaching, v.27, n.3, p.163-169, 1998.
- HERREID, C. F. et al. My Favorite Case and What Makes It So. **Journal of College Science Teaching**, v.42, n.2, p.70-75, 2012.
- HODSON, D. Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. **The Science Education Review**, v. 3, v. 1, p. 2-7, 2004.
- HODSON, D. **Looking to the Future**: Building a Curriculum for Social Activism. Sense Publishers, 2011.

- HODSON, D. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v.13, n.4, p.313-331, 2013.
- JAROSZ, L. Political ecology as ethical practice. **Political Geography**, v.23, p.917-927, 2004.
- KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences). **Journal of Science Teacher Education**, v.27, n.3, p.261-281, 2016.
- KURU, P. *Tamarindus indica* and its health related effects. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.4, n.9, p.676-681, 2014.
- LACEY, H. **Valores e atividade científica 2**. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2010.
- LASTORIA, L. A. C. N. et al. Teoria crítica da sociedade: um olhar sobre a educação em tempos de sociedade tecnológica. **Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v.18, n.1, p.164-178, 2013.
- LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. **International Journal of Science Education**, v.28, n.10, p.1201-1224, 2006.
- LI, A. M. L. Ecological determinants of health: food and environment on human health. **Environmental Science and Pollution Research**, v.24, n.10, p.9002-9015, 2015.
- LIMA, G. Z. de; LINHARES, R. E. C. Escrever bons problemas. **Revista Brasileira de Educação Médica**, n.32, v.2, p.197-201, 2008.
- LOPES, N. C.; CARVALHO, W. L. P. Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob perspectiva crítica. In: CARVALHO, L. O. de; CARVALHO, W. L. P. de. (Orgs.). **Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012, p.249-270.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem**: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez, 2011.
- MARTÍN, M. M. Conocer, manejar, valorar, participar: los fines de una educación para la ciudadanía. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.42, p.69-83, 2006.
- MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. de. A autonomia dos professores de ciências em serviço e a abordagem de questões sociocientíficas. In: CARVALHO, L. O. de; CARVALHO, W. L. P. de. (Orgs.). **Formação de Professores e Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012. p.297-323.
- MARTINS, L. et al. Health Education with Socioscientific Issues. In: Programme 11th biannual Conference of the European Science Education Research Association (ESERA) (p.1-4.). Helsinki, Finland: Programme, 2015.
- MARTINS, L. **Abordagens da saúde em livros didáticos de biologia**: análise crítica e proposta de mudança. 2017. 165 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

- MATHEW, A. G.; CISSELL, R.; LIAMTHONG, S. Antibiotic resistance in bacteria associated with food animals: a United States perspective of livestock production. **Foodborne Pathogens and Disease.** v.4, n.2, p.115-33, 2007.
- MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. M. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v.23, n.42, p.23-36, jul./dez. 2014.
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching:** The role of History and Philosophy of Science. Routledge: London, 1994.
- MAZZARDO, M. D. et al. Design-Based Research: desafios nos contextos escolares. **Atas do CIAIQ2016**, Investigação Qualitativa em Educação, v.1, p.952-961, 2016.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. et al. (eds.). **Research and Quality of Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005.
- MÉSZÁROS, I. **O poder da ideologia**. São Paulo: Boitempo, 2004.
- MIDDLETON, J. et al. The "Compleat" Design Experiment: From Soup to Nuts. In: Kelly, A. E.; Lesh, R. A.; 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, 2008.
- MINTEER, B. A.; COLLINS, J. P. Ecological Ethics: Building a New Tool Kit for Ecologists and Biodiversity Managers. **Conservation Biology**, v.19, n.6, p.1803-1812, 2005.
- MYERS, S. S. et al. Human health impacts of ecosystem alteration. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v.110, n.47, p.18753–18760, 2013.
- NEVES SILVA, E. S. Critical Theory and Post-positivism: IR and the significance of Philosophy. In: **VI Pan-European Conference on International Relations**, 2007, Torino, Itália: Standing Group on International Relations, 2007.
- NOSS, R. F. Values Are a Good Thing in Conservation Biology. **Conservation Biology**, v.21, n.1, p.18–20, 2007.
- OLIVEIRA, M. B. Neutralidade da ciência, desencantamento do mundo e controle da natureza. **Scientiae Studia**, São Paulo, v.6, n.1, p.97-116, 2008.
- PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education: preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. In: ZEIDLER, D. (Org.). **The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003, p.219-39.
- PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On, **Science Education**. v.95, n.4, p.601-626, 2011.
- PINZINO, D. W. **Socioscientific Issues:** A Path Towards Advanced Scientific Literacy and Improved Conceptual Understanding of Socially Controversial Scientific Theories. 2012. 39p. Graduate Theses and Dissertations (Education Specialist). University of South Florida, 2012. Acesso em: <http://scholarcommons.usf.edu/etd/4387>

- PINZANI, A. Democracia versus tecnocracia: apatia e participação em sociedades complexas. **Lua Nova** [online], n.89, p. 135-168, 2013.
- PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. p. 9-35, 2009.
- POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v.25, p.345-353, 2010.
- POWER, M. L.; EMERY, S.; GILLINGS, M. R. Into the Wild: Dissemination of Antibiotic Resistance Determinants via a Species Recovery Program. **PLoS ONE**, v.8, n.5, p.e63017, 2013.
- PRETTY, J. Interdisciplinary progress in approaches to address social-ecological and ecocultural systems. **Environmental Conservation**, v.38, n.2, p.127–139, 2011.
- RACHELS, J. **Introducción a la filosofía moral**. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- RACHELS, J. **Problemas da filosofia**. 2.ed. Lisboa: Gradiva, 2010. (Coleção Filosofia Aberta, 19)
- REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de Cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v.3, n.1, p.1-10, 2013.
- REIS, V. P. G. S. et al. Percurso de investigação de uma sequência didática para ensino de evolução segundo a abordagem metodológica da *Design Research*. In: SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. C. (orgs.). **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia**. Feira de Santana, BA: UEFS editora, 2016, p.211-247.
- RICKLEFS, R. **A Economia da Natureza**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- RIDLEY, M. **Evolução**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ROSA, S. E.; AULER, D. Não neutralidade da ciência-tecnologia: problematizando silenciamentos em práticas educativas CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v.9, n.2, p.203-231, nov. 2016.
- SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química**. 2010. 278p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2010.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Átomo, 2010.
- SADLER, T. D.; FOULK, J. A.; FRIEDRICHSEN, P. J. Evolution of a model for socio-scientific issue teaching and learning. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v.5, n.2, p.75-87, 2017, 2017.
- SADLER, T. D.; MURAKAMI, C. D. Socio-scientific Issues based teaching and learning: hydrofracturing as an illustrative context of a framework for implementation and research. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.2, p.331-342, 2014.

- SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. **Science Education**, n. 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**, Brasília, v.93, n.2, p.361-382, 2009.
- SAVIN-BADEN, M.; MAJOR, C. H. **Foundations of Problem-based Learning**. Great Britain: MPG Books: Open University Press, 2004.
- SEPULVEDA, C. et al. A prática social de pesquisa colaborativa e a controvérsia sobre estatuto epistemológico da pesquisa docente. In: SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. C. (orgs.). **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em Ensino de Biologia**. Feira de Santana, BA: UEFS editora, 2016, p.49-95.
- SILVA, M. A. Ciência, verdade e poder. **Revista de Ciências Humanas**, v.11, n.17, 2010.
- SIMONNEAUX, J.; SIMONNEAUX, L. Educational configurations for teaching Environmental Socioscientific Issues within the perspective of Sustainability. **Research in Science Education**, v.42, p.75-94, 2012.
- SINGER, P. **Libertação Animal**. Porto Alegre: Lugano, 2004.
- SINGER, P. **Ética no Mundo Real - 82 breves ensaios sobre coisas realmente importantes**. Lisboa: Portugal, Edições 70, 2016.
- SOLBES, J., VILCHES, A. Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. **Ensenanza de las Ciencias**, v.22, n.3, p.337-48, 2004.
- TAN, O. (ed.). **Enhancing thinking through Problem-Based Learning approaches: International Perspectives**. Singapore: Cengage Learning, 2004.
- TOMAS, L.; RITCHIE, S. M.; TONES, M. Attitudinal Impact of Hybridized writing about a Socioscientific Issue. **Journal of Research in Science Teaching**. 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**. n.29, p.65-84, 2011.
- TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- VAN DEN AKKER, J. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (eds.). **Design approaches and tools in education and training**. Dordrecht, Netherlands: Springer, 1999, p.1-14.
- VAZ, S. A. G.; DELFINO, Â. **Manual de ética ambiental**. Lisboa: Universidade Aberta, 2010.
- VILLA, A.; POBLETE, M. **Aprenizaje basado en competencias**: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Bilbao: Universidad de Deusto, 2007.
- VOIROL, O. Teoria Crítica e pesquisa social: da dialética à reconstrução. **Novos Estudos - CEBRAP**, n.93, p.81-99, 2012.
- WADE, D. T.; HALLIGAN, P. W. Do biomedical models of illness make for good healthcare systems? **British Medical Journal**, v.329, p.1398, 2004.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZEIDLER, D. *et al.* Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education, **Science Education**, n. 89, p.357–377, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese buscou, a partir da abordagem metodológica do *design research*, com base em pressupostos teórico-epistemológicos da teoria crítica e do pós-positivismo; abordagens da educação CTSA nas vertentes sobre desenvolvimento moral e justiça socioambiental; e em uma perspectiva não-antropocêntrica de ética das virtudes, contribuir para avanços na área de pesquisa e implementação de inovações educacionais sobre o uso de QSCs na Educação CTSA.

No capítulo 1, buscamos oferecer uma contribuição à área de ensino de ciências e educação científica no sentido de esclarecer os fundamentos de arcabouços teóricos sobre o uso de QSCs na literatura e as possibilidades que os modelos teóricos educacionais analisados têm de promover a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis. Nesse sentido, os modelos que objetivam o letramento científico crítico contemplam, explicitamente, uma dimensão ética e uma dimensão política envolvidas na educação CTSA, sendo, em nossa perspectiva, a abordagem destas dimensões necessárias para tomar decisões e agir, individual e coletivamente, em direção à maior justiça social e sustentabilidade ambiental. Contudo, cabe esclarecer que defender a educação científica com vistas ao *letramento científico crítico* não exclui a importância de se alcançar objetivos do ensino de ciências relacionados ao *letramento científico epistêmico* e ao *letramento científico funcional*, como compreensão dos conceitos científicos, reconhecimento e aprofundamento sobre a natureza da ciência, desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico, raciocínio moral, argumentação e tomada de decisão. Esses objetivos são relevantes e que fazem parte dos níveis para o alcance do *letramento científico crítico*, sobretudo quando associamos com objetivos relacionados à formação moral e política dos estudantes, principalmente no contexto de discussão e reflexão sobre questões que envolvem ciência e tecnologia nas sociedades contemporâneas. Além disso, destacamos a importância de se elaborar modelos teóricos, a partir de uma perspectiva ética não antropocêntrica, que, do nosso ponto de vista, está mais relacionada com a busca e a construção de soluções efetivas para os problemas socioambientais atuais, uma vez que perspectivas não antropocêntricas

atribuem valor intrínseco a entidades naturais não humanas, para além da consideração moral somente de seres humanos.

No capítulo 2, com base nos resultados discutidos no capítulo 1 (e também com base nos resultados de aplicação empírica do capítulo 3), apresentamos e discutimos um modelo teórico educacional sobre o uso de QSCs, para contribuir na melhoria do ensino de ciências, em direção a um letramento científico crítico, considerando questões éticas e políticas na educação científica. Para isso, definimos determinados pressupostos teórico-epistemológicos, pedagógicos e éticos, além de justificarmos a consideração de três dimensões dos conteúdos como modo de explicitar dimensões ocultadas tradicionalmente na educação científica, de forma a contribuir para promover a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis. O modelo teórico proposto possui uma unidade básica de três elementos interconectados (casos que expõem QSCs, questões norteadoras/orientadoras e objetivos de aprendizagem nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos), num contexto da educação CTSA que considera outros ambientes de aprendizagem e a influência de valores e práticas de atores sociais desses ambientes. Além disso, cabe destacar o importante papel desempenhado pela prática argumentativa que atravessa os elementos do modelo, principalmente na vinculação entre as questões norteadoras e os objetivos de aprendizagem. Adicionalmente, recomendamos que a unidade básica seja repetida, em uma sequência de cinco fases (preparo, modelagem, prática guiada, prática independente, síntese), de modo a facilitar a organização da aplicação do modelo em sala de aula. Por fim, além do potencial na pesquisa, com a continuidade dos estudos a partir do *design research*, o modelo teórico apresentado pode também ser aplicado nos cursos de formação de professores, como modo de capacitá-los para lidar com estratégias e metodologias de aprendizagem ativas, capazes de promover a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

Para alcançarmos o modelo teórico proposto no capítulo 2, algumas versões do modelo foram desenvolvidas e previamente testadas. No capítulo 3, apresentamos contribuições empíricas para o modelo proposto no capítulo 2, a partir da avaliação de características deste modelo aplicado em sala de aula e reflexões sobre seus resultados relacionados à mobilização de conteúdos nas dimensões CPA e ao alcance de níveis do

letramento científico crítico. Os estudantes avaliaram positivamente a SD, em relação ao que aprenderam; foram capazes de mobilizar conteúdos planejados e alcançar alguns níveis do letramento científico crítico, conforme uma ferramenta que propusemos para *avaliar* a posição dos estudantes, nos níveis do letramento científico crítico. Os pesquisadores e professores avaliaram positivamente a SD, em relação aos seus objetivos de ensino e sua capacidade para estimular a mobilização de conteúdos nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais, e para promover o letramento científico crítico.

Um avanço do modelo teórico (apresentado no capítulo 2) poderá ocorrer na proposição e na avaliação de princípios de *design* com maior ênfase na dimensão atitudinal do conteúdo, considerando, sobretudo aspectos éticos e políticos da prática educativa e do papel da ciência e da tecnologia nas sociedades contemporâneas (por exemplo, na proposição e na avaliação de atividades voltadas explicitamente para o ativismo). Nesse sentido, cabe destacar que o LEFH BIO-UFBA, em parceria com outros laboratórios/grupos de pesquisa, já possui, em andamento, investigações e implementações práticas dessa abordagem teórica aqui desenvolvida, envolvendo graduandos, mestrando e doutorando, assim como professores do ensino superior, médio, técnico e fundamental. Assim, como perspectivas futuras, derivadas dessa tese, recomendamos a continuidade dos estudos, envolvendo o aperfeiçoamento de características do modelo teórico apresentado no capítulo 2, seja em testes empíricos de princípios de *design* ou em aprofundamento teórico sobre pressupostos epistemológicos, éticos, metodológicos, pedagógicos, relacionados ao uso de QSCs na educação.

Ainda, é importante notar que essa tese se insere, tanto como uma contribuição ao PLACTS; como também para o campo da Educação CTSA e da Educação baseada em QSCs, não apenas para a América Latina, mas, sobretudo a partir da América Latina, para qualquer contexto geográfico/geopolítico. Nesse sentido que almejamos interações e colaborações com diversos grupos de estudos e implementação para o desenvolvimento de inovações educacionais capazes de contribuir para a melhoria da educação.

Para isso, percebemos a relevância e a necessidade de estabelecermos grupos colaborativos, como comunidades de prática, formados por diversos atores sociais,

envolvidos com a educação, e dispostos a se engajarem para a solução de problemas socioambientais, que afetam a todos. Com o compartilhamento de diversos saberes e experiências, a partir do diálogo e da participação ativa e comprometida, poderemos aplicar e aperfeiçoar o modelo teórico proposto em diferentes contextos educacionais.

Portanto, considerando o exposto, esperamos que este trabalho possa contribuir para *pesquisadores, educadores e estudantes* que buscam e se comprometem em ações para fomentar melhorias na educação científica, a partir da abordagem de suas dimensões ética e política, no contexto do uso de QSCs na educação.

APÊNDICES DOS CAPÍTULOS

APÊNDICE A – Exemplos de fragmentos de texto para as categorias encontradas

A seguir, os Quadros (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), abaixo, indicam alguns fragmentos de cada texto analisado para exemplificar cada categoria encontrada nos aspectos analisados.

Quadro 1 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre os objetivos da educação.

Compreensão e uso da ciência	Desenvolvimento moral	Ação sociopolítica e ativismo
"It is believed that more knowledge about science will empower them to examine controversial issues in greater depth" (Kolsto, 2001, p. 307)	In order to advance the claim that science educators should attend to SSI related to cultivating the morality of our students to achieve a "functional" view of scientific literacy , a coherent conceptual framework must be developed that is flexible enough to allow for multiple perspectives while enabling educators and curriculum specialists to better understand the moral growth of the child. (Zeidler et al., 2005, p. 361)	"Hence, the introduction of Freirean ideas in science education should generate valuable new conversations about the goals and purposes of scientific literacy, for it would introduce productive political reflections. " (Santos, 2009, p.363)
...Citizenship education in a parliamentary democracy is also part of the preparation for adult life ..." (Crick, 1998, p. 8)—and induction into controversy in the school will support better and more informed decisionmaking as consumers of scientific knowledge... (Levinson, 2006, p. 1202)		"STEPWISE orients most learning outcomes in science and technology education towards 'WISE Activism,' which is/are action(s) people might take to overcome problems for the 'wellbeing of individuals, societies and environments' (WISE) associated with fields of science and technology and their products and services." (Bencze; Alsop, 2009; p. 6)
...on the aims of science education. Amongst such aims is that of providing young people with the tools for knowing themselves (from the study of physiology to the cognitive and psychological aspects), for acting as citizens with confidence and awareness in a society which is increasingly dominated by science and technology or for developing the necessary specialist knowledge and competences to succeed in the competitive arena of the economic world. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 237)	...based around functional scientific literacy ... As the twenty first century moves on, many countries have recognised the importance of a vision of scientific literacy in science education that involves an awareness of moral and ethical development of students. (Saunders; Rennie, 2013, p. 254)	Though I recognize that civic, cultural, and practical scientific literacy overlap, and that all three are important focuses for the school science curriculum, I believe that civic scientific literacy does warrant some measure of priority. (Hodson, 2010, p. 197-198) My inclination is toward a much more radical, politicized form of SSI-oriented teaching and learning in which students not only address complex and often controversial SSI, and formulate their own position concerning them, but also prepare for, and engage in, sociopolitical actions that they believe will make a difference. (Hodson, 2010, p. 198-199)

Quadro 2 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre os objetivos da educação. (cont.)

Compreensão e uso da ciência	Desenvolvimento moral	Ação sociopolítica e ativismo
<p>...as part of a research project – Socio-scientific issues – a way to improve students' interest and learning? (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 35) The Swedish curriculum states that students should develop the ability to orientate themselves in a complex world. ... One goal is that students should be able to use their knowledge of nature. (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 36)</p>	<p>a contemporary view of “functional scientific literacy” (Zeidler, 2014a) integrates the understanding of science content within the context of real-world socio-scientific issues ... The negotiation of these SSI, it has been argued, is facilitated by a suite of skills known as socioscientific reasoning (SSR) (Sadler, Barab, & Scott, 2007). ... Therefore, the purpose of this paper is to identify promising perspective-taking interventions that can be utilized by science teacher educators in order to foster SSR and functional scientific literacy in current and future science teachers and their students. (Kahn; Zeidler, 2016, p.261-262)</p>	<p>...in order to achieve a goal of scientific citizenship in the perspective of sustainability (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 76) The teaching of SAQs contributes to scientific literacy and integrates risk analysis, analysis of the patterns of political and economic governance, decision-making and action as central features. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 77)</p>
<p>Futures thinking is also starting to find a place in school and tertiary curricula as ‘futures education’. ... This paper explores the potential for futures thinking to enhance teaching and learning in school science, firstly by providing an overview of the futures field and where it fits within science education, and secondly by introducing a conceptual framework to incorporate futures concepts into SSI-based programmes. (Jones et al., 2012, p.688)</p>		<p>This work provides a theoretical and practical basis to drive the fields of science and environmental education towards research and teaching that promote engaged global citizenship and social justice. (Sadler; Murakami, 2014, p. 332) I argued that a, if not the, primary purpose of science education, and SSI based teaching and learning in particular, should be for: [...] learners to come to identify themselves as willing and able to engage in socio-scientific discourses. As such, learners come to position themselves as active contributors to society with competencies and willingness to employ scientific ideas and processes, understandings about science and social knowledge (e.g., ideas about economic and ethical influences) to issues and problems that affect their lives. The goal is for learners to develop a sense of having something to say about these issues and to see themselves as legitimate participants in social dialogues, particularly those which involve science. (SADLER, 2009a, pp. 12-13) (Sadler; Murakami, 2014, p. 334)</p>
<p>“For a science educator, making students apply scientific knowledge in their daily lives is one of the important goals” (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.10)</p>	<p>“The final learning objective category is identity development. This aspect of the model is consistent with other research that suggests a primary dimension of education should be supporting learners as they explore and develop new identities” ... “We see identity development as a learning goal that transcends single teaching and learning experiences or units.” (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 10)</p>	

Quadro 3 –Fragments of texts from articles to exemplify the classifications attributed to the theoretical-epistemological foundations.

Pós-positivistas	Interpretativistas	Transformacionistas
<p>"I am therefore proposing a general framework for analyzing the science dimension of such issues." (Kolsto, 2001, p. 292)</p> <p>"This contrasts the presentation of scientific knowledge as merely the result of the individual works of a few brilliant scientists like Darwin and Einstein and will also constitute a step away from the positivistic epistemology often implicit in school science." (Kolsto, 2001, p. 296)</p> <p>...might change their minds if there was an irrefutable evidence-base to demonstrate that they saved lives and that no other instrument could. (Levinson, 2006, p. 1205)</p> <p>Principles of verification and falsification can be applied. (Levinson, 2006, p. 1208)</p>	<p>Accordingly, SSI education is equated with the consideration of ethical issues and construction of moral judgments about scientific topics via social interaction and discourse. (Zeidler et al., 2005, p. 360)</p> <p>This individual and many others like her in the study exhibited a genuine sense of care that ultimately guided her negotiation and resolution of SSI. (Zeidler et al., 2005, p. 367)</p> <p>However, the fact that students also use emotive and intuitive forms of reasoning in making decisions about SSI suggests that relational perspectives based on empathy and care... (Zeidler et al., 2005, p. 371)</p>	<p>"In other words, this paper describes a Freirean humanistic science education perspective as a radical view of STL, emphasizing the need to transform the oppressive context in a market-driven technological society (Santos & Mortimer, 2002)." (Santos, 2009, p.362)</p>
<p>"According to Millar and Osborne (1998), a scientifically literate individual could be simply defined as a person who understand the nature of science (NOS), science-technology-society (STS), and scientific concepts/ terms." (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.4)</p>	<p>Elaborating the thinking of Gregory Bateson about the nature of scientific activity, Manghi (2004) points out the importance of context and of personal and cultural frames of reference: ... there have been many moves toward what has started to be identified as an epistemology of complexity ... In the writings of the phenomenologists (Abram, 1996; Merleau-Ponty, 1962), this participation is extended to include the natural surroundings, as it arises from interaction and participation with the context... (Colucci-Gray et al., 2006, p. 230)</p> <p>Funtowicz and Ravetz (1999) argued that current socio-environmental problems demand another style of both science and policy in order to deal with uncertain facts, values in dispute, high stakes, and the need to take urgent decisions... (Colucci-Gray et al., 2006, p. 232)</p>	<p>"In this paper, after a critical review of repercussions of the hegemony of out-of-control capitalism, we elaborate a general framework for science education that might at least moderate societal acquisitiveness - and, indeed, balance it with a communitarian epistemology." (Bencze; Alsop, 2009; p. 1)</p>
<p>Expertise is a form of institutionalisation of the sciences which forges the relationship between science and society. Expertise is a form of instrumentation of the sciences. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 79)</p>		

Quadro 3 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre os fundamentos teórico-epistemológicos. (cont.)

Pós-positivistas	Interpretativistas	Transformacionistas
<p>This shift in perspective can be found in post normal science (Funtowicz and Ravetz 1993) which legitimizes post normal education and within which we situate SAQs. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 92)</p> <p>It should also be explained that current scientific knowledge is the best we have but may be subject to change in the future, given new evidence or new interpretations of old evidence. (Jones et al., 2012, p.689)</p> <p>A consideration of the social milieu—which both shapes, and is shaped by, the science or technology being investigated—is also critical (Jones et al., 2012, p.692)</p>	<p>They cautioned that based on Dearden's (1981) observation that individuals may interpret the same information differently, and Stradling's (1985) suggestion that this may be related to the individual's different values, that “recourse to reasoning based on science alone may be insufficient in resolving conflict” (p. 411). This is reminiscent of Kuhn's (1962) much earlier recognition that observations are theory-laden, and his explication of how science is not simply a rational process, but a social process. (Saunders; Rennie, 2013, p. 258)</p>	<p>...critical rationality is apparent in the emancipatory goal of self-critical reflective knowledge, free from the ideologically oriented interests of particular individuals and groups that can form the basis for the kind of social action that reforms society and its practices (the goal of the curriculum I am proposing). (Hodson, 2010, p. 199)</p>
<p>Finally, SSIs typically have multiple connections to ideas about how science is done and the nature of scientific knowledge. Notions of proof, certainty and the associated role of data are significant issues in the interpretation of reports offered by various hydrofracturing stakeholders. (Sadler; Murakami, 2014, p.338)</p>	<p>Grasping the perspectives of others has long been recognized as an important prerequisite to the formation of empathy and understanding (Titchener, 1915), contributing to the resolution of controversy (Corcoran & Mallinckrodt, 2000) and enabling humans to socially construct knowledge by interpreting and reaching agreement on how others think, feel, know, and believe (Kraus & Fussell, 1996). (Kahn; Zeidler, 2016, p.262-263)</p> <p>Specifically in the context of science, barriers to perspective taking take the form of resistance to anomalous data in order to protect prior beliefs. (Kahn; Zeidler, 2016, p.265)</p>	

Quadro 4 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre as abordagens pedagógicas.

Neocognitivistas	Holísticas	Sociocríticas
<p>"Lay people's abilities to promote their point of view on socioscientific issues are therefore significant. To do this they need knowledge of the science involved and the general characteristics of scientific knowledge." (Kolsto, 2001, p. 291)</p> <p>The focus is shifted from knowledge in science toward knowledge about science. (Kolsto, 2001, p. 292)</p>	<p>In particular the students were presented with three types of tasks: – to put oneself in someone else's shoes; – to cooperatively work in their groups to clarify the various aspects and devise a common strategy; – to take part in a public debate. (Colucci-Gray <i>et al.</i>, 2006, p. 242) In this view, the aim of debating is that of enriching one's personal opinion with the multiplicity of interpretations offered by others. (Colucci-Gray <i>et al.</i>, 2006, p. 246) ...role-play appears to be a tool for introducing an holistic approach to understanding complex issues related to STS... (Colucci-Gray <i>et al.</i>, 2006, p. 247)</p>	<p>"There are many forms of 'WISE Activism.' It may first involve changes to one's personal life - and then such activism as: educating others (e.g., via posters, websites, school announcements), lobbying 'power-brokers' to make official changes (e.g., letter-writing to members of government, business, etc.), developing services that can improve WISE (e.g., a better recycling method, safer recreational & exercise equipment, etc.) and, perhaps, disrupting WISE Problem situations (e.g., with municipal approval, disrupting automobile traffic by clogging the roads with bicyclists)." (Bencze; Alsop, 2009; p. 6)</p>
<p>The goals in all syllabuses for science are collected into three sections – knowledge concerning man and nature, knowledge concerning scientific activity and knowledge concerning the use of knowledge. (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 36)</p>	<p>"Overall, Science and the City and STEPWISE emphasize a socialised, situated approach to pedagogy in which knowledge is generated through collaborative inquiry in a particular context." (Bencze; Alsop, 2009; p. 11)</p> <p>"There are many possible teaching and learning approaches based on STEPWISE. In principle, teachers might begin instruction with any element in the framework. (Bencze; Alsop, 2009; p. 6)</p>	<p>"For instance, beyond identifying chemical products in garbage, or the separation methods adopted in the recycling plant, it is necessary to discuss why there are people in our society living in landfills. It is necessary to discuss not only the benefits of modern technology, but why only one third of the global population has access to technology whereas the other two thirds do not have the most basic, minimally humane living conditions." (Santos, 2009, p.370)</p>
<p>They need to learn the language, to become involved in the conversations between the traditions, to begin to learn how to evaluate the arguments of the opposing viewpoints. (Levinson, 2006, p. 1214)</p>	<p>As educators, we need to value students' thinking, thereby providing them with opportunities to become personally engaged in issues ... Students will be confronted with multiple perspectives to moral problems that inherently involve discrepant viewpoints and information, sometimes at odds with their own closely held beliefs.. (Zeidler <i>et al.</i>, 2005, p. 371)</p>	<p>The educational intentions underlying this posture will try to promote citizenship training and critical thinking. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 81) The critical configuration targets citizenship, often a priority in the teaching of SAQs. (p. 84) The action configuration comes closer to the science education as praxis framework, the critical thinking configuration to the deliberative framework and the situated problematization configuration would</p>

		be located at the interface of the deliberative and science education as praxis frameworks. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 92)
SSI learning experiences should scaffold student engagement in these practices. For example, instructors, curricular materials and/or learning technologies could be used to help students connect diverse claims regarding the potential benefits and challenges associated with hydrofracturing with specific pieces of evidence derived from investigations of hydrofracturing cases. (Sadler; Murakami, 2014, p.337)	Other countries are similarly emphasising the need for holistic education and the development of the 'whole person' . (Jones et al., 2012, p.690) The existence of multiple perspectives is also important. This is consonant with Barnett's (2004) exploration of how students can be prepared for a complex world of interrelated systems . He concludes that learning for uncertainty—what he calls an 'unknown world'— cannot be accomplished only by the acquisition of either knowledge or skills; the challenge for educators is to prepare learners to cope with, and thrive in, a situation of multiple interpretations . Values analysis approaches as used by Jarvis et al. (1998) provide explicit opportunities for students to consider multiple influences on decision-making from a critical perspective and should enable students to confront complexity and ambiguity . (Jones et al., 2012, p.691)	The likelihood of students becoming active citizens is increased substantially by encouraging them to take action now (in school) and by providing opportunities for them to do so and by giving examples of successful actions and interventions engaged in by others . With respect to an environmental focus (by way of illustration), suitable action might include any (or all) of the following : monitoring and publicizing pollution levels in local waterways, disseminating advice to householders, farmers, and local industries on safe disposal of toxic waste; instituting recycling programs for glass, paper, and aluminium cans; organizing consumer boycotts of environmentally unsafe products and practices; working on environmental cleanup projects; building a community garden; constructing and installing nesting boxes for endangered birds; setting up a garbage-free lunch program; assuming responsibility for environmental enhancement of the school grounds; monitoring the school's consumption of energy and material resources; and setting up a "green purchasing" network. Suitable actions on other matters might include making public statements and writing letters, building informative Websites, writing to newspapers, organizing petitions and community meetings, working for local action groups and citizen working groups, making posters, distributing leaflets, demonstrating, making informative multimedia materials for public education, and exerting political pressure through regular involvement in local government affairs. (Hodson, 2010, p. 202-203)
"We conceptualize the learning of science consistent with NGSS and its call for three-dimensional science learning, including emphases on disciplinary core ideas, crosscutting concepts, and scientific practices. " (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 4)	They reflected on the fact that the diversity of strategies encouraged and reminded them of the value of student centred and co-operative learning strategies in providing a higher level of engagement than the teacher centred ones that they tended to use. (Saunders; Rennie, 2013, p. 265)	
"We conceptualize the learning of science consistent with NGSS and its call for three-dimensional science learning, including emphases on disciplinary core ideas, crosscutting	" we want to provide a holistic view to represent the essence of SSIs via the SEE-SEP model (connecting six subject areas of Sociology/culture, Environment, Economy, Science, Ethics/morality and Policy with three aspects of value, personal experience and knowledge) developed here." (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.1)	

<p>concepts, and scientific practices." (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 4)</p>	<p>Science teachers wishing to implement SSI must create classroom environments that value diverse viewpoints, yet this task can prove particularly challenging when the teachers themselves hold strong views on particular SSI. (Kahn; Zeidler, 2016, p.262)</p>	
--	--	--

Quadro 5 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre as perspectivas éticas (teorias éticas).

Utilitarista	Deontológico	Virtudes
<p>"The consequences of the risk evaluations and of the collective decision making often has far-reaching consequences, making paramount an adequate interpretation of the science-related knowledge claims involved." (Kolsto, 2001, p. 292)</p>	<p>An inclusive view of scientific literacy also suggests a moral imperative for ensuring quality science experiences for all students (McGinnis, 2003), a notion that stems from teachers accommodating all students not simply because of legal dictates or social benefits, but rather because scientific literacy is right for all students. (Kahn; Zeidler, 2016, p. 278)</p>	<p>In contrast to STS, the SSI movement focuses specifically on empowering students to consider how science-based issues and the decisions made concerning them reflect, in part, the moral principles and qualities of virtue that encompass their own lives, as well as the physical and social world around them... (Zeidler et al., 2005, p. 360)</p>
<p>They realised the impact of the choice of indicators used to demonstrate results and that this choice may betray political orientations. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 88)</p>	<p>Moral obligations: there are expectations that people will speak the truth reflecting what they mean and that discussants are held to an obligation to speak the truth. (Levinson, 2006, p. 1213) Such an opinion would contradict the principle of respect, for example. (Levinson, 2006, p. 1214)</p>	<p>From this, it follows that human beings hold the responsibility of finding peaceful ways of living in coexistence with other living things and in managing common goods, in order to guarantee a sustainable future for all the inhabitants of the planet. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 248)</p>
<p>One of the main problems is to translate findings into useful outcomes, e.g. teaching</p>	<p>"Taking ethics/morality as an example, the concepts of it could relate to human welfare, justice and right, or the concepts of the welfare and rights of animals." (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.9)</p>	<p>Respect: there is respect for persons where any discussion is underpinned by certain moral values so that participants</p>

material. (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 44)		will be engaged in the protection of those values. (Levinson, 2006, p. 1213)
However, the environmental impacts of increasing cow numbers on farms (e.g., effluent run-off into waterways, and increases in methane gas production) or any political implications (e.g., the Government's commitment to reduce greenhouse gas production) were not considered. (Jones et al., 2012, p.698)	<p>As well as having the right to negotiate, select, and evaluate the projects with which they wish to be involved, students should also have the right to opt out of any project, either individually or as a group, at any time. And that right should be respected and vigorously defended against peer pressure. (Hodson, 2010, p. 203)</p> <p>Moreover, if we as science educators wish to cultivate future citizens and leaders who care, serve the community, and provide leadership for new generations, then we have a moral imperative to delve into the realm of virtue, character, and moral development. (Zeidler et al., 2005, p. 372-373)</p>	<p>In this view, knowledge carries with it consequences, commitments and responsibilities. Communitarianism is related to the philosophical and ethical concept of epistemic responsibility. Lorraine Code (1987), for example, laments the position that moral issues of 'character' are integral aspects of epistemic evaluation. Her text concludes by offering the moral conditions for knowing well (intellectual virtue) as an expansion of the literature in epistemology." (Bencze; Alsop, 2009; p. 5)</p>

Quadro 6 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre as perspectivas éticas (ontologia moral).

Antropocêntrico	Biocêntrico	Ecocêntrico
<p>... different human needs can be weighted by experts using value free methods. But how, for instance, is it possible to weigh some people's wish for building a new power plant based on coal against other people's wish for clean air? Or how are we to weigh between the wish of a mother to watch the news and the wish of her son who wants her to drive him to football training? Because we have different wishes, values, and beliefs, society is loaded with these sorts of conflicts. (Kolsto, 2001, p. 297)</p> <p>...the SSI framework will help students recognize that the decisions we all face involve consequences for the quality of social discourse and interaction among human beings, and our stewardship of the physical and biological world. (Zeidler et al., 2005, p. 372)</p>	<p>For example, in a life science unit on the needs of living things, teachers might consider tapping young students' interests by introducing them to the controversies surrounding animal testing for medical research. Students</p>	<p>Indeed, it could be argued that the frequency with which environmental degradation impacts the poor, the disadvantaged, the marginalized, and the powerless much more than the rich and powerful warrants use of the term environmental racism. (Hodson, 2010, p. 200-201)</p>

<p>Sociobiologists and evolutionary psychologists employ a deterministic genetic discourse to make analogies between animal behaviour and human psychology, thus the “ring-dove’s rejection of already-inseminated females has a strong parallel in the frequent human insistence on virgin brides” (Levinson, 2006, p. 1206)</p>	<p>could be assessed by having them write the same short reaction paragraph from the perspective of different stakeholders such as medical researchers, animal rights groups, laboratory caretakers, and even the animals themselves, with each paragraph addressing the target science content (e.g., food, water, shelter) as well as ethical considerations (e.g., Do medical research needs outweigh any obligations we have to the welfare of nonhuman species?). This type of exercise should, according to the research cited above, aid in perspective-taking development. (Kahn; Zeidler, 2016, p. 268)</p>	<p>“The goal was to come together, learn science and technology together, and use this knowledge to provide meaningful experiences that make a difference to the lives of friends, families, communities and environments that surround the school.” ... “An emphasis on such activism appears necessary, given the severity of the various personal, social and environmental problems - many of which are described above... (Bencze; Alsop, 2009; p. 6) ...however, such an education also would be more altruistic - encouraging learners to both develop and use their expertise [...] in ways that would promote wellbeing for other people, societies and living and non-living environments.” (Bencze; Alsop, 2009; p. 9)</p>
<p>a solution which creates well-being in one category of people may cause suffering and hardship to others. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 233)</p>		
<p>Man and his activities as arguments on issues concerning the environment, health and inter-personal relations (Skolverket, 2000). (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 36)</p>		
<p>Furthermore, here, another reason is added: a humanistic purpose, with the prospect of discussing the oppressive condition of modern society. (Santos, 2009, p.373)</p>		
<p>“Inspired by a Freirean perspective, I hope that this discussion can help students from the First World nations to change their values, and students from the Third World to strive to defend their rights.” (Santos, 2009, p.379)</p>		
<p>“However, no matter that SSIs are global or local issues, they are all related to important aspects of our future, such as the well-being of humans and other living beings” (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.2)</p> <p>“...students need to know the relationship of science with problems of human society.” (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.3)</p>		
<p>So, when they are asked to justify which production-processing-distribution chain is the least costly in terms of final energy: lamb produced “locally” or New Zealand lamb, they hesitate in giving the answer that has always seemed the most obvious to them: New Zealand lamb is more costly in terms of final energy consumption! (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 88)</p>		
<p>The critical role of artefacts —such as the timeline, photographs, and examples of student work that were called on in later whole-class discussions — is consistent with a sociocultural view, where artefacts are considered as being integral to and inseparable from human endeavour and functioning</p>		

(Engeström 1999) that carry the intentions and norms of cognition and form part of the agency of the activity... (Jones et al., 2012, p.704)		which human beings (seen as one of the “guests”) depend for all their needs. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 248)
Issues associated with who has a right to use and possibly pollute water resources as well as extract and profit from energy sources offer ethical questions that can help support students' development of progressive forms of scientific literacy. (Sadler; Murakami, 2014, p.338)		
“More specifically, students were challenged to craft a policy that could limit the development and spread of antibiotic resistant bacteria with human health risks. ” (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 7)		

Quadro 7 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre as vertentes CTSA (categorias com maior ocorrência).

Raciocínio lógico e argumentação	Valores e desenvolvimento moral	Sociocultural e multiculturalismo
“Many other constitutive norms and values in science can be identified, such as avoiding logical contradictions, accepting evidence-based knowledge claims, coherence, relevance, originality, honesty and sincerity, and openness and publicity... ” (Kolsto, 2001, p. 302)	<p>“As Goodlad (2003) writes, “If our moral ecology encompasses equality and social justice, and if we want that moral ecology to guide our society, then equality and social justice must be taught—carefully taught”. (Zeidler et al., 2005, p. 372)</p> <p>The authors suggested in very clear terms that moral development is a factor of interest when assessing decision-making strategies on SSI. (Zeidler et al., 2005, p. 364)</p>	<p>Recognizing the role of context, the influence of culture and the limits of an approach based on linear thinking, has important implications in relation to the production of knowledge and to its applications. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 230)</p> <p>The complexity of reality does not allow for simple and straightforward answers to problems, but many voices are needed and so are deep listening and a respectful interaction among participants. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 246)</p>
Controversy has been depicted through an account of reason (Dearden, 1981; Reiss, 1993) subsumed within the first characteristic as described in the previous section. Dearden proposes an epistemic criterion of a controversial issue: “a matter is controversial if contrary views can be held on it without these views being contrary to reason ” (1981, p. 38). Reason within this definition refers to criteria of truth, critical standards of verification that at any	<p>...increasing importance has been given to approaches based on discussion of contentious issues, where values are in conflict and knowledge is contested. (Colucci-Gray et al., 2006, p. 228)</p> <p>In their variety, the aims of science education explicitly or implicitly refer to values which are traditionally recognized and accepted by our society: a system of human rights, such as the right to equality, health, and education,</p>	<p>The study of SAQs forces us to transcend disciplinary divisions, particularly between “hard” science and human science. When examining the sciences, we realise that many characteristics go beyond the boundaries of the disciplinary divisions these divisions being as much the result of a social construction as of</p>

<p>given time have been so far developed. (Levinson, 2006, p. 1206)</p>	<p>the importance of democracy, and the value of developing one's own potential. (Colucci-Gray <i>et al.</i>, 2006, p. 237)</p>	<p>epistemological specificities. (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 78) Whether coming from epistemological, sociological or anthropological spheres, more and more voices are being raised to highlight the way in which social and economic factors interweave with scientific activity (Beck 1986; Latour 1989; Stengers 1993). (Simonneaux; Simonneaux, 2012, p. 92)</p>
<p>"For researchers from science education, more research-based instructional design and assessment concerning SSIs and the skills of informal reasoning and argumentation could be anticipated based upon this SEE-SEP model." (Chang Rundgren; Rundgren, 2010, p.13)</p>	<p>Her text concludes by offering the moral conditions for knowing well (intellectual virtue) as an expansion of the literature in epistemology. In her more recent work, Ecological Thinking (Code, 2006), she notes that "... ecological thinking is about imagining, crafting, articulating, endeavoring to enact principles of ideal cohabitation" (p. 24)." (Bencze; Alsop, 2009; p. 5)</p>	
<p>The use of relevant, authentic issues also provides a stimulus for dialogue, with a concomitant development and use of the language of science (Roth 2005) and may foster curiosity and inquiry as a learning approach and as a learning outcome. In addition, critical thinking and moral reasoning may be enhanced (Jones <i>et al.</i>, 2012, p.688-689)</p>	<p>All I can do is urge teachers and students to be critical, reflective, robust in argument, and sensitive to diverse values and beliefs but above all to have the courage and strength of will to do what they believe is right and good and just. (Hodson, 2010, p. 205)</p>	<p>The inclusion of both 'cultural differences' and 'cultural uniformity' exemplifies the complexity of the issues that need to be considered. (Jones <i>et al.</i>, 2012, p.692)</p>
<p>...ideas which highlight Discourse (capital D) as encompassing spoken and written expression (lower case discourse) along with a broader range of community-specific activities and social norms. Discourse and identity are necessarily interrelated in that a learner's identity shapes the Discourses she enacts and the Discourses in which one engages influence the identities she constructs (Sadler; Murakami, 2014, p.334)</p>	<p>Futures thinking as part of a SSI-focused science programme should therefore provide opportunities—through the building of possible, probable and preferable futures scenarios—for students to reflect on their own as well as others' values. For this reason, Dror (1996) argues that there must be values transparency; students need to identify underlying values, and this in turn requires improved moral reasoning and values discourse. (Jones <i>et al.</i>, 2012, p.690)</p>	<p>We suggest that raising awareness of other world views and identities should not be ignored or marginalized in the resolving of SSI in our science classrooms. (Saunders; Rennie, 2013, p. 257)</p>
<p>"The model highlights ... science practices, disciplinary core ideas and crosscutting concepts as well as socio-scientific reasoning practices" (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 1)</p> <p>"Learner experiences called for students to [...] engage in reasoning, argumentation,</p>	<p>...moral and character development (Zeidler & Sadler, 2008), as well as cultural perspectives necessary for responsible global citizenship (Lee <i>et al.</i>, 2013). (Kahn; Zeidler, 2016, p. 261-262) Language arts educators employ perspective "shifting" exercises to help students read and write more</p>	<p>perspectives of multiple identities, based on cultural, ethnic, religious or gender perspectives, can be acknowledged in ethical decision making. This notion is further developed in this paper where it is argued that explicit consideration of pluralist aspects can provide a richer view on ethical</p>

<p>decision-making, and/or position-taking" (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 2)</p> <p>"By referencing "socio-scientific reasoning" [...] we intended to add detail and depth to the suggestion for incorporating social dimensions of issues." (Sadler; Foulk; Friedrichsen, 2017, p. 6)</p>	<p>richly and with greater understanding of character development. (Kahn; Zeidler, 2016, p. 267) ...Ethic of Care (Noddings, 1984), which Verducci characterizes as, "the Caring practices of cognitive understanding, affective resonance and motivational shifting, as well as the experience of self as a duality, also describe dimensions of dramatic empathy" (Verducci, p. 90). (Kahn; Zeidler, 2016, p. 269)</p>	<p>perspectives." (Saunders; Rennie, 2013, p. 257)</p> <p>...the process of ethical reasoning is more about a respectful exploration of all viewpoints, rather than about the final decision. (Saunders; Rennie, 2013, p. 259)</p>
---	--	---

Quadro 8 – Fragmentos de textos dos artigos para exemplificar as classificações atribuídas sobre as vertentes CTSA (categorias com menor ocorrência).

Justiça socioambiental	Aplicação e design	Histórica
<p>"[T]he Freirean educational approach is broken down into three phases: ... 3. discussion of actions to transform that reality. ... Finally, the aim of the third phase is to engage students in sociopolitical actions. ... engagement of students in sociopolitical actions." (Santos, 2009, p.372-373)</p> <p>"Finally, as argued extensively above, education needs to be conceived of as an opportunity for students to develop cultural, social and other forms of capital (e.g., as literacy in science and technology) so that they might improve their own lives but, crucially, so that they might spend their 'wealth' on improving the wellbeing of other individuals and on societies and environments. This is, of course, the essence of WISE Activism - the central organizer for STEPWISE." (Bencze; Alsop, 2009; p. 11)</p> <p>Writing from the perspective of environmental education, Jensen (2002) categorized the knowledge that is likely to promote sociopolitical action and encourage pro-environmental behavior into four dimensions... (Hodson, 2010, p. 202)</p> <p>Students need to learn how to participate in sociopolitical action, and they need to experience participation. Moreover, they need to encourage others to participate, too: parents, grandparents, friends, relatives, neighbors, local businesses, etc. It is not enough for students to be armchair critics. (Hodson, 2010, p. 204)</p>	<p>Teachers need a more general tool which they can use for topical issues such as whether it is economically defendable to vaccinate all cows against blue tongue disease or if raw food is something we should accept as healthy. (Ekborg; Ideland; Malmberg, 2009, p. 44)</p>	<p>In addition, scientific theories and value systems have been seen to interact through history (see, e.g., Graham, 1981). Even so, the students ought to be familiar with the idea, as it is a powerful tool when trying to decipher statements, looking for bias and underlying ideologies, and judging when to ask for evidence and documentation and when to look for underlying values. (Kolsto, 2001, p. 298)</p>

APÊNDICE B – Descrição dos artigos analisados no capítulo 1

A seguir, apresentamos uma descrição geral e sucinta de cada um dos artigos analisados no capítulo 1, com algumas informações relevantes que auxiliam na justificação das classificações encontradas. Para facilitar a visualização dos artigos, inserimos estes em quadros, contendo a referência da obra.

KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v.85, n.3, p.291-310, 2001.

O artigo 01 apresenta um modelo geral para analisar a dimensão científica de QSCs controversas, com base em oito pontos sobre conhecimentos, habilidades e atitudes que transcendem produtos da comunidade científica (principalmente no domínio do conhecimento, como conceitos, leis e teorias), organizados em quatro eixos: ciência como processo social (discutindo sobre a ciência em elaboração e o papel do consenso na ciência); limitações da ciência (discutindo a ciência como um dos vários domínios sociais; as declarações descritivas e normativas; as demandas por evidências de apoio; os modelos científicos contextualizados); valores na ciência (abordando evidência científica; e suspensão de crença); e atitude crítica (sobre a análise das afirmações sobre conhecimentos relacionados à ciência). Esses pontos oferecem uma discussão para o desenvolvimento futuro de modelos e materiais de ensino e aprendizagem. O autor ressalta a importância da ciência para a cidadania e, dessa forma, a relevância da educação científica para o empoderamento dos estudantes para tomar decisões sobre QSCs, com base em conhecimento científico, habilidades relacionadas à atividade científica, e valores que influenciam decisões relacionadas à ciência. Desse modo, há ênfase sobre o aprendizado de conceitos científicos relevantes, a partir de investigação, análise de argumentos, reconhecimento dos limites da ciência na sua aplicação (principalmente devido aos valores e interesses políticos de atores sociais tomadores de decisões), e os perigos da tecnocracia. Apesar dos temas abordados indicarem dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais do conteúdo, o texto é predominantemente enfocado sobre conceitos, defendendo o aumento de conhecimentos sobre a natureza da ciência e o uso de conhecimentos científicos como condições suficientes para investigar e compreender QSCs para melhoria da tomada de decisão. Além disso, ressaltam-se habilidades e atitudes de questionamento e investigação como meios para desenvolver um raciocínio crítico sobre controvérsias científicas.

O texto alinha-se, preponderantemente, com pressupostos teórico-epistemológicos do pós-positivismo, abordagens pedagógicas neocognitivistas e as correntes CTSA de raciocínio lógico e argumentação; e histórica, principalmente por destacar aspectos da natureza da ciência, da sociologia e da epistemologia da ciência e ferramentas de argumentação para tomada de decisão. Quanto à dimensão ética, não há menção à consideração moral de grupos humanos ou não humanos; contudo, classificamos o modelo nas tendências antropocêntrica e utilitarista, pois volta-se para os resultados e interesses humanos na tomada de decisão na sociedade.

ZEIDLER, D. et al. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education, **Science Education**, n. 89, p.357–377, 2005.

O artigo 02 apresenta um modelo, considerando quatro temáticas de relevância pedagógica para o ensino sobre QSCs, na educação científica: natureza da ciência, discurso em sala de aula, questões culturais, e questões baseadas em casos, discutindo diferentes protocolos que orientam sua aplicação em sala de aula. Os autores apoiam um letramento científico funcional não tecnocrático, que engloba a formação de cidadãos que considerem – além de conhecimentos científicos e de outras áreas do conhecimento – princípios morais, virtudes e valores individuais e coletivos envolvidos em decisões sobre QSCs, a partir da promoção de habilidades de pensamento crítico, de compreensão da atividade científica e do desenvolvimento cognitivo, moral, do caráter e de virtudes. Para isso, eles enfatizam atividades para analisar diferentes pontos de vista epistemológicos e formar juízos morais como parte relevante do raciocínio para uma tomada de decisão, num contexto pedagógico que explora conexões emotivas, culturais, éticas e epistemológicas na abordagem das QSCs, para, desse modo, superar limitações da educação CTSA. Adicionalmente, os autores compreendem a construção do conhecimento do estudante como resultado da combinação de influências individuais e sociais, e também defendem um ambiente em que os estudantes investiguem valores, argumentos e impactos do contexto social sobre afirmações científicas.

Apesar de estar voltado, principalmente, para a formação de crianças, considerando aspectos psicológicos, emocionais e sociais do desenvolvimento de jovens, o modelo apresentado no artigo pode ser utilizado para o ensino de adultos, principalmente na preparação destes para lidar com QSCs controversas, priorizando o reconhecimento da influência de valores e questões éticas nas relações entre CTSA e na elaboração de juízos morais associados a QSCs. Os autores destacam o papel do estudante como agente moral numa sociedade plural e intercultural, apoiando uma formação interdisciplinar, inclusive com a configuração do currículo e do professor que permita o desenvolvimento psicológico, social e emocional do estudante, o que podemos interpretar como parte de abordagens

pedagógicas holísticas. Os autores defendem o ensino de aspectos epistemológicos da ciência e dos seus métodos e, sugerindo, síntese, aplicação dos conhecimentos de natureza da ciência e argumentação para avaliação de evidências, características da vertente pós-positivista, apesar da proposta de enfatizar também aspectos da construção sociocultural do conhecimento científico, do combate à tecnocracia e aos mitos da ciência (o que consideramos condizente com as ideias defendidas por GIL-PEREZ *et al.*, 2001), assim como criticam a transmissão de uma ciência pronta, o que também admitiria uma influência teórica interpretativista. A adoção das QSCs para considerar explicitamente questões éticas e juízos morais sobre temas científicos engloba o artigo na categoria “valores e desenvolvimento moral” como enfoque das relações CTSA. Particularmente, percebemos um raciocínio ético antropocêntrico, baseado em virtudes, uma vez que se busca formação do caráter a partir do desenvolvimento de virtudes epistêmicas e morais.

LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. **International Journal of Science Education**, v.28, n.10, p.1201-1224, 2006.

No artigo 03, o autor aborda o ensino de questões controversas em sociedades democráticas, a partir de um modelo epistemológico contendo três principais elementos: formulação de desacordos moderados (relacionado a nove categorias: Evidência insuficiente; evidências conflituosas e complexas; diferentes pesos para considerar critérios relevantes; falta de clareza sobre motivos de determinadas prioridades; disputa sobre interpretações diferentes de dados e critérios; diferentes considerações normativas, desacordos sobre critérios relevantes; julgamento, influência de diferentes experiências pessoais no juízo moral; sem acordos sobre o que é relevante); disposições ou virtudes comunicativas (paciência, tolerância, abertura, liberdade de expressão, equidade, respeito a diferenças, aderência a procedimentos acordados, etc.); e modos de pensamento (formas de pensar), com base em narrativas (e ‘vozes’ de diferentes atores sociais) ou evidências científicas (modo lógico científico). O principal objetivo da educação científica, para este trabalho, seria o alcance de um letramento científico para lidar com questões controversas do cotidiano, com tomada de decisão informada por conhecimento científico, num cenário sociopolítico de países industrializados. Para o autor, QSCs são questões controversas, sem ponto de vista universal, que possuem explicações e soluções conflitantes, associadas a crenças e premissas diferentes, e incorporam valores morais e sociais.

Percebemos um viés pós-positivista na ênfase em aspectos de definição, categorização e explicação de fatos baseados nas evidências; falsificação e verificação de hipóteses; e análise do conhecimento científico específico para a QSC, além da menção às disputas

entre grupos com conhecimentos e sistemas de crenças interconectados em relação aos conhecimentos científicos considerados relevantes. Em relação a aspectos éticos, a tendência deontológica esteve presente principalmente na explicitação de critérios *a priori* para julgamento de uma questão; menção a direitos e princípios estabelecidos com base na razão, além da importância de virtudes epistêmicas e morais (como paciência, tolerância, respeito às diferenças, receptividade) na discussão de uma questão controversa, o que poderia sugerir uma tendência para um raciocínio ético sobre virtudes do cidadão. Todos os exemplos mencionados consideram moralmente todos os grupos humanos, mas não indo além deles, evidenciando uma visão antropocêntrica da ontologia moral. Percebemos uma tendência ao ensino sobre conceitos, investigação e concepções, alinhada com o desenvolvimento cognitivo, e uma abordagem neocognitivista, sendo o professor aquele que controla o processo de discussão para garantir momentos de discurso de autoridade e de abertura para discussão a partir dos diferentes pontos de vista dos estudantes. Por fim, a visão das relações CTSA com destaque no ensino de como argumentar e manter um raciocínio lógico com base em evidências (principalmente na recomendação pelo uso de evidências em modelos de argumentação) e virtudes epistêmicas foi a principal razão para classificá-lo na vertente do raciocínio lógico e argumentação.

COLUCCI-GRAY, L. et al. From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. **Science Education**, v.90, n.2, p.227-252, 2006.

O artigo 04 relaciona-se com um modelo de ensino sobre questões socioambientais controversas e complexas, a partir de abordagens dialógicas e reflexivas, e a ideia de sustentabilidade planetária baseada em redes ecológicas e princípios de equidade. De modo geral, o objetivo da educação científica seria de permitir ao estudante o autoconhecimento (desde um ponto de vista biológico até aos aspectos cognitivos e psicológicos), o desenvolvimento de uma visão de mundo ecológica, a compreensão do seu papel na cocriação da realidade, para atuar com confiança, consciência e competência na sociedade. Nesse contexto, os autores defendem uma educação para: conscientizar jovens sobre múltiplos pontos de vista; estabelecer relações entre processos, escalas e contextos; e interagir com os outros, a partir de formas criativas e não violentas. O texto busca estabelecer coerências explícitas entre objetivos da educação científica, conteúdo, estratégias e contextos educativos; e consistências entre técnicas, bases epistemológicas e fundamentos éticos, considerando a perspectiva da sustentabilidade e da complexidade. Assim, o modelo proposto considera três aspectos: a imagem da ciência no contexto educativo; o letramento científico consoante com a *compreensão* de QSCs e o estabelecimento de uma visão sobre a sustentabilidade; e a seleção de ferramentas

voltadas à adoção/assunção pelo cidadão de um papel ativo e responsável numa democracia participativa. Nesse contexto, os autores exemplificam o modelo apresentado com o uso de atividades de encenação (*role-play*) para a abordagem de questões socioambientais controversas, a partir de atividades de simulação de processos de debates públicos e tomada de decisão. Além disso, expõem uma abordagem não-ocidental (baseada em filosofias orientais) para a resolução de conflitos socioambientais de forma não-violenta, com base no desenvolvimento de virtudes como empatia com os atores sociais envolvidos na QSC.

Por valorizar outros sistemas de conhecimentos, como os não científicos (como de comunidades tradicionais), interações e participações do sujeito com o contexto, a produção de conhecimento dependente de culturas e valores, e o confronto às incertezas e desconhecimentos da ciência pós-normal, consideramos o modelo numa abordagem teórico-epistemológica interpretativista. Adicionalmente, pode ser classificado nas abordagens pedagógicas holísticas, uma vez que os autores apresentam: estratégias que consideram a complexidade da sala de aula; diferentes interesses, habilidades e valores envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem; interações dialéticas e debates para discutir QSCs; e desenvolvimento de habilidades de comunicação, investigação e relação do conhecimento científico com outras formas de conhecimento. Com a caracterização da educação científica numa perspectiva que revela limitações, ambiguidades e incertezas do conhecimento científico diante da complexidade de conhecimentos e valores sobre uma QSC, e que aumenta a importância do desenvolvimento de virtudes associadas a melhores interações sociais para o estabelecimento de um modelo de democracia participativa, classificamos o artigo nas perspectivas: sociocultural e multiculturalismo; e valores e desenvolvimento moral. Por fim, por priorizar o desenvolvimento de virtudes, como diálogo, empatia, respeito a outros, e responsabilidade sobre problemas ambientais, podemos afirmar que há uma predominância de um raciocínio ético sobre virtudes. A perspectiva ontológica moral seria, em maior medida, antropocêntrica, pelas discussões estarem centradas apenas em humanos e em exemplos de valorização apenas econômica do não-humano. Contudo, podemos perceber aspectos de uma perspectiva ecocêntrica em partes do texto em que se indica o reconhecimento e a reflexão sobre a dependência humana sobre o meio natural e a responsabilidade humana sobre a sustentabilidade do planeta para todos os seres vivos.

EKBORG, M.; IDELAND, M.; MALMBERG, C. Science for life – a conceptual framework for construction and analysis of socio-scientific cases. **Nordina: Nordic Studies in Science Education**, v.5, n.21, p.35-46, 2009.

No artigo 05, os autores apresentam seis componentes de um modelo teórico para construir e analisar casos de QSCs, exemplificando, com seis casos, formas de aplicação em sala de aula. Os seis componentes são: uso de QSC como ponto de partida, geralmente uma situação cotidiana; escolha de conteúdos científicos de interesse do público em geral, com base no currículo de ciências; consideração de vários tipos de evidências científicas para explicar fenômenos e explicitar questões de natureza da ciência; reconhecimento de fatores políticos, econômicos e éticos integrados à ciência para a interpretação das QSCs; proposição de atividades em que o estudante precisa mobilizar conhecimentos e procedimentos da ciência para agir; explicitação de diferentes níveis de interesse, como individual e social, visões conflitantes e diferentes bases de conhecimento. Os objetivos da educação seriam o aumento do interesse pela ciência e o desenvolvimento de habilidades necessárias para o uso da ciência na melhoria da tomada de decisão, diante da complexidade das QSCs. Para isso, organizam esses objetivos em três seções: conhecimento sobre o ser humano e a natureza; conhecimento sobre atividade científica; conhecimento sobre o uso do conhecimento.

Apesar de não especificarem os pressupostos que fundamentam o modelo teórico, eles indicam ênfase: na evidência científica como principal elemento da natureza científica, além de experimentos e investigação na ciência, compatíveis com a abordagem do pós-positivismo; na compreensão de conceitos científicos e consideração de conteúdo apenas na dimensão conceitual (ou, no máximo, conceitual-procedimental), compatível com uma abordagem neocognitivista; na atribuição de valor centrado em humanos e na noção de boas ações com base em seus resultados, compatíveis com o antropocentrismo e o utilitarismo; na apresentação de atividades para a compreensão da importância da atividade científica e do uso do conhecimento científico e tecnológico para o agir no cotidiano, ou seja, uma ideia de produtos da ciência e da tecnologia que podem beneficiar a sociedade e o ambiente, compatível, em princípio, com a abordagem de aplicação e *design*.

SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v.93, n.2, p.361-382, 2009.

O artigo 06 descreve uma abordagem para a educação científica, a partir de uma perspectiva humanista freireana e do processo dialógico. O objetivo da educação científica é preparar o estudante para transformar o contexto político e social do mundo e superar processos, condições e relações de opressão, rumo a maior justiça social. O modelo proposto se baseia em três aspectos: a introdução e a discussão de temas socialmente relevantes, por meio de QSCs; o estabelecimento de um processo dialógico em sala de aula; e o engajamento de estudantes para o desenvolvimento de ações sociopolíticas,

comparando com três fases da educação freireana (observação da realidade dos estudantes a fim de identificar questões sociais para discussão; análise da situação existencial dos estudantes; discussão de ações para transformar a realidade).

Para este trabalho, consideramos as categorias de pressupostos teórico-epistemológicos referentes ao transformacionismo, pedagogias sociocríticas, e educação CTSA voltada à justiça socioambiental, uma vez que o texto apoia a incorporação de uma perspectiva sociopolítica da educação científica, para o alcance do propósito político de transformar a sociedade, dialeticamente com ação e reflexão. São sugeridas estratégias de engajamento dos estudantes para perceber e debater diversas dimensões do conhecimento científico e relações com a solução de problemas sociais relevantes. Além disso, o autor aponta contribuições da pedagogia crítica Freireana para discutir contextos culturais, discriminatórios e opressivos da sociedade, problematizando contradições da realidade dos estudantes. Por seguir o pensamento de Paulo Freire, predominantemente humanocêntrico – sobretudo na sua fase inicial, mas não tanto no final da vida de Freire, nos anos 1990, quando ele esteve bastante dedicado à Ecopedagogia e às questões ambientais –, sem problematizar a possibilidade de ampliar a discussão para a consideração moral de todos os seres vivos, por exemplo, o que poderia contribuir de modo mais eficiente para a solução dos problemas socioambientais, a abordagem foi classificada como antropocêntrica, quanto à ontologia moral. Adicionalmente, por enfatizar questões de direitos humanos, relacionadas às críticas à objetificação de pessoas (em que não se reconhece o valor intrínseco delas, desconsiderando-as como um fim em si mesmo), percebemos uma tendência deontológica, quanto à teoria ética que fundamenta o texto. Podemos apontar uma limitação da abordagem apresentada nesse artigo, que foi a elaboração insuficiente de meios para aplicar propostas de ensino com base em QSCs.

BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: **Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education**, p.1-28, Ottawa, ON: Carleton University, 2009.

No artigo 07, é apresentado um modelo curricular e instrucional para a abordagem de QSCs, denominado STEPWISE (educação em ciência e tecnologia, promovendo o bem-estar de indivíduos, sociedades e ambientes). Este modelo possui quatro domínios: discussão de aspectos de natureza da ciência e da tecnologia e de relações entre os campos CTSA (domínio associado ao aprender sobre ciência e tecnologia); desenvolvimento de habilidades para construção, divulgação e aplicação de conhecimento; organização e condução de projetos de pesquisa pelos estudantes (esses dois domínios relacionados com o *fazer ciência e tecnologia*); desenvolvimento cognitivo-motor sobre produtos da ciência e da tecnologia (associado à aprendizagem de ciência e tecnologia).

O objetivo apresentado, para a educação científica, é o de letramento científico e tecnológico para a formação de ativistas, capazes de ações para maior bem-estar a indivíduos, sociedades e ambientes (engajamento em ações sociopolíticas). Tal objetivo pode ser alcançado, de acordo com os autores, principalmente se forem aplicados alguns princípios gerais de ensino e aprendizagem, como equidade, diversidade, holismo, amplitude, profundidade, empoderamento, autodeterminação, esclarecimento e responsabilidade.

O texto enfoca o combate a mitos – construídos nas concepções populares de ciência e tecnologia, e também na própria educação científica tradicional – da ciência e da tecnologia, e a uma concepção de ciência e tecnologia que não questiona injustiças e degradação socioambiental do modelo de produção capitalista. Além disso, ele explicita uma conjuntura das sociedades contemporâneas, nas quais a ciência e a tecnologia têm se colocado, cada vez mais, aparentemente, a serviço de ideologias hegemônicas de consumo, que aumentam as desigualdades sociais. Proceder a tal descrição e sugerir um caminho alternativo, para o desenvolvimento da ciência e da educação científica, qualificam este trabalho com as características de teoria-epistemológica transformacionista, quanto ao aspecto teórico-epistemológico. Além disso, são destacadas atividades de pedagogias sociocríticas e holísticas, como a busca por uma abordagem a mais contextualizada possível, de modo a favorecer aprendizagem situada, e a adoção de abordagens ativas sobre as QSCs, como aprendizagem baseada em problemas e de práticas de ciência em contextos autênticos, com experiências de imersão dialética indutiva-dedutiva, e atividades socialmente engajadas voltadas para um ativismo informado por pesquisa e desenvolvimento de práxis reflexiva crítica e maior preparo para atuar em democracias participativas. Conectados com o principal objetivo de ensino, os autores priorizam o desenvolvimento de valores e práticas altruístas, combatendo valores relacionados ao individualismo e à competição, por meio de reflexões e discussões sobre o comunitarismo (um desenvolvimento da ética das virtudes aristotélica, associada ao pensamento de filósofos do século XX e XXI, como Alasdair MacIntyre, ou a Charles Taylor)³⁹, e estímulo a ações sociopolíticas negociadas informadas. Nesse sentido,

³⁹ A assunção de uma postura comunitarista, por Bencze e Alsop (2009), pode criar uma tensão interna com a ideia de *bem-estar* (portanto, um critério utilitarista clássico) dos indivíduos, um dos destinatários das ações no modelo STEPWISE, uma vez que o comunitarismo (tal como expuseram MacIntyre, Taylor, entre outros) prioriza o bem coletivo, da sociedade civil, por exemplo, ainda que não negue a importância dos indivíduos. É interessante observar que esta suposta tensão entre a consideração moral dos indivíduos (sejam pessoas ou animais não humanos, por exemplo) e das totalidades (sejam sociais, como grupos sociais, ou ecológicas, como comunidades ecológicas) é apenas uma instância da mesma tensão que ocorre em outros campos, como na ética ambiental. De modo geral, trata-se de um problema teórico em filosofia moral aplicada, do possível conflito entre valores ou posições individualistas (que priorizam indivíduos), por um lado, e holistas (que priorizam sistemas e coletividades), por outro (ver NUNES-NETO, 2015, para mais detalhes). Vale esclarecer que a posição desse modelo é baseada em virtudes, sobretudo,

consideramos o modelo nas categorias da teoria ética das virtudes e da consideração moral ecocêntrica; e educação CTSA em justiça socioambiental, e com alguns elementos da categoria valores e desenvolvimento moral.

CHANG RUNDGREN, S.-N.; RUNDGREN, C.-J. SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. In: **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v.11, n.1, 2010.

O artigo 08 apresenta um modelo considerado abrangente para a abordagem das QSCs no ensino, conectando seis áreas de conhecimento (Sociologia e Cultura; Meio Ambiente; Economia; Ciência; Ética e Moralidade; e Política), a partir de três aspectos: conhecimento, valor, e experiências pessoais, utilizando o mesmo acrônimo (KVP) de Clément (2006) para se referir a aspectos das diferentes áreas e, além disso, relacionados ao conteúdo, e que permitem a discussão sobre QSCs. Aparentemente, o uso do mesmo acrônimo do modelo de transposição didática de Clement parece ter sido uma coincidência, ainda que os autores deste artigo tratem também de concepções ou conteúdos e sua multidimensionalidade; embora seja comum, seria apropriado, de fato, aproximar o trabalho dos autores com o modelo de Clément. Os autores discutem seis principais papéis ou contribuições das QSCs para a educação científica: ir além da Educação CTSA para o alcance do letramento científico; transferir conhecimentos e habilidades para contextos reais; melhorar a tomada de decisões e o pensamento crítico; promover a comunicação científica; aumentar o interesse em aprender ciência; abordar conceitos interdisciplinares. Apesar de ter mencionado o letramento científico como principal objetivo da educação científica, e assumir que a abordagem por QSCs representa contextos ideais para o alcance desse objetivo, o texto não propõe/oferece/apresenta/admite uma definição específica de letramento científico, apenas descrevendo, de modo geral, três concepções de letramento científico: como construção multidimensional; como compreensão da natureza da ciência, de termos e conceitos científicos-chave e do impacto da ciência e tecnologia na sociedade; como capacitação do indivíduo para melhor lidar, no seu cotidiano, com sociedades dominadas pela ciência e tecnologia. Nesse caso, podemos interpretar como uma visão centrada predominantemente em dimensões conceituais e procedimentais do conteúdo científico, uma vez que não são aprofundadas questões referentes às relações mútuas entre CTSA, o papel dos valores, interesses e ideologias no desenvolvimento da ciência e sua representação na sociedade; e a relevância de

por buscar o desenvolvimento de virtudes incorporadas na identidade de ativistas sociopolíticos, considerando o bem coletivo, sem negar a importância do indivíduo. Uma apreciação crítica mais profunda das possíveis tensões internas dos arcabouços teóricos, assim como modos de superá-las, está para além do escopo deste trabalho, que poderá ser considerado por nós em trabalhos futuros.

conhecimentos, habilidades e valores não científicos para a tomada de decisões e ações sobre problemas no cotidiano.

Devido à ênfase sobre aspectos do uso do conhecimento científico para o desenvolvimento de habilidades argumentativas, com base em evidências e conceitos científicos, buscando desenvolver um raciocínio científico no estudante, foi considerada a influência do pós-positivismo e das relações CTSA baseada no raciocínio lógico e argumentação. Eles consideram características complexas e multidimensionais das QSCs como oportunidades para abordar, de forma ampla e interdisciplinar, múltiplas estratégias de ensino e aprendizagem, como encenação, além de questões próximas à vida pessoal dos estudantes para que assumam papel ativo. Desse modo, o artigo pode ser enquadrado em abordagens pedagógicas holistas. Por fim, apesar de ter mencionado a importância das QSCs para discussão de aspectos relacionados ao bem-estar de todos os seres vivos, isso não implicaria – *per se* – em consideração moral destes; adicionalmente, o artigo indica preocupação com a ação humana e repercussões para a vida humana, se encaixando num raciocínio ético antropocêntrico. Não há explicitação quanto à teoria ética para o modelo, contudo, o texto se fundamenta, preponderantemente, em obras alinhadas com a deontologia.

HODSON, D. Science Education as a Call to Action. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education.** v.10, n.3, p.197-206, 2010.

No artigo 09, o autor propõe uma abordagem curricular orientada por QSCs para superar limitações das formas convencionais de uso de QSCs e da Educação CTSA, a partir de maior politização da educação científica, com ênfase em crítica social, esclarecimento de valores e ação sociopolítica. Para isso, é sugerido um currículo que combine questões de interesse local, regional e global, com diferentes interesses pessoais dos estudantes, e foco em sete grandes áreas⁴⁰ (saúde humana; recursos naturais; alimentação e agricultura; recursos energéticos e consumo; indústria e biotecnologia; transferência de informação; ética e responsabilidade social). O objetivo da educação científica apresentado seria, de modo geral, o letramento científico *crítico*, o qual inclui um letramento *científico e político* do cidadão para a execução de ações sociopolíticas sobre problemas socioambientais. Tal currículo, baseado em QSCs, deve considerar quatro níveis de sofisticação: avaliar impactos sociais da ciência e da tecnologia e a influência

⁴⁰ É importante perceber que mencionar as categorias gerais de Hodson (2010) não significa que necessariamente concordamos com os termos que ele utiliza para abordar os diversos assuntos. Além disso, enunciar ou selecionar um tema para investigação escolar/acadêmica não é o mesmo que concordar com uma perspectiva hegemônica sobre o tema. Por exemplo, de nosso ponto de vista, não é adequado enunciar o termo “recursos naturais” para se falar sobre a natureza, ainda que esse termo possa ser usado para iniciar uma discussão sobre o valor da natureza.

cultural sobre elas; reconhecer que o desenvolvimento científico e tecnológico está ligado à distribuição de riqueza e poder, e que benefícios para alguns pode ocorrer à custa de outros; estabelecer próprios pontos de vista e posições de valor; preparar e agir sobre problemas socioambientais. Nesse sentido, os estudantes não apenas irão compreender conceitos, teorias científicas e sobre natureza da ciência; mas também poderão se engajar em investigação e ter experiências e se preparar para ações sociopolíticas no cotidiano, voltadas para o alcance de maior justiça social e sustentabilidade ambiental. Para isso, além de perceber as relações entre CTSA, é relevante reconhecer que os diferentes atores sociais, que devem participar de decisões sobre o desenvolvimento científico e tecnológico e que, frequentemente, conflitam entre si, não estão em iguais condições em relação à credibilidade, ao poder e à autoridade, com relação aos conhecimentos, aos valores e às práticas que se relacionam aos problemas socioambientais. Nesse contexto, alguns têm maiores possibilidades de decidir em favor de seus próprios interesses do que outros. Produtos da tecnociência, por exemplo, permitem benefícios para determinados grupos sociais, muitas vezes em detrimento de despesas e prejuízos a grupos mais pobres, marginalizados e impotentes. Desse modo, a manutenção dessas práticas sociais reforça os problemas socioambientais atuais. Portanto, se a educação científica existe – ao menos em parte – para mudar o *status quo*, ela requer a discussão explícita de valores, o exercício de juízo moral e do diálogo aberto, e o posicionamento, após uma análise crítica de situações envolvendo QSCs, para o planejamento de ações a fim de resolver problemas relacionados à QSC.

Apesar do autor se apoiar em atividades individuais e coletivas de reflexão sobre o local e o global e do desenvolvimento emocional do estudante, compatíveis com pedagogias holísticas, percebemos uma tendência nas pedagogias sociocríticas, principalmente devido à recomendação de ações sociopolíticas, voltadas à transformação da sociedade, em direção a maior justiça e equidade, por exemplo, na explicitação de vozes silenciadas pelo poder e pelos valores hegemônicos, em atividades que transcendem a sala de aula. Nesse contexto, o autor distingue entre *compreender* e se *preocupar* com um problema socioambiental e *agir* para solucioná-lo: “A retórica e os valores adotados não trarão justiça social e não salvarão o planeta. *Devemos mudar nossas ações*” (HODSON, 2010, p. 201; ênfase nossa). É sugerido organizar oportunidades para o estudante conhecer exemplos bem-sucedidos de ações sociopolíticas; desenvolver conhecimentos, habilidades, atitudes para discutir e avaliar inconsistências e contradições em uma situação; argumentar e se envolver ativamente em ações coletivas com indivíduos com competências, conhecimentos e valores diferentes, mas com interesses comuns sobre determinada QSC. Em relação às teorias éticas, percebemos a influência da deontologia e das virtudes, na busca pelo que é bom, justo e

honroso; nas ações com sabedoria, cooperação, responsabilidade e justiça; na recomendação de força e coragem para os professores, diante das dificuldades de implementação desse modelo. Pela ênfase em questões de justiça socioambiental, classificamos a consideração moral como antropocêntrica e ecocêntrica. A respeito da vertente CTSA, com o predomínio de formação para o ativismo sociopolítico, considerando dimensões éticas e políticas da educação científica, o artigo volta-se às vertentes justiça socioambiental e valores e desenvolvimento moral.

SIMONNEAUX, J.; SIMONNEAUX, L. Educational configurations for teaching Environmental Socioscientific Issues within the perspective of Sustainability. **Research in Science Education**, v.42, p.75-94, 2012.

O artigo 10 apresenta um arcabouço teórico para analisar configurações educacionais no ensino de questões socialmente vivas, dentro da perspectiva de sustentabilidade, organizando uma matriz com vários atributos referentes a três elementos: concepção de conhecimento desenvolvido em instituições de ensino (universal, plural, engajada, contextualizada); postura epistemológica de professores em relação à ciência (cientificismo, utilitarismo, ceticismo, relativismo); e estratégias didáticas associadas a propósitos educacionais (doutrinária, problematizante, crítica, pragmática). Ao cruzar as 12 categorias constituintes dos 3 elementos da matriz, os autores obtêm 64 combinações possíveis de configurações educacionais ($4 \times 4 \times 4$). No entanto, na medida em que há combinações incoerentes, como, por exemplo, uma postura científica e de estratégia crítica, eles organizam quatro arquétipos básicos de configurações educacionais possíveis (hierárquica, problematizante, profissional, crítica), buscando maior diversidade didática, porém, com consistência entre esses elementos, além de coerência com o objetivo de formação de cidadãos na perspectiva da sustentabilidade, a partir de métodos participativos e investigativos. Adicionalmente, são comparadas três situações de ensino e aprendizagem, relacionadas a três configurações educacionais (problematização situada; engajamento em ação; aumento do pensamento crítico), complementares e coerentes, que podem ser utilizadas para compreender a dinâmica educacional, ao mesmo tempo em que se recomenda a configuração relacionada ao pensamento crítico, para o ensino sobre QSCs.

Os autores indicam o paradigma pós-positivista como um marco teórico importante para a ciência, ressaltando também a importância e a influência de uma formação científica política, capaz de considerar fatores socioculturais e econômicos na compreensão e na aplicação da ciência no cotidiano, por meio de métodos ativos e participativos. Essa formação política é considerada relevante para a compreensão da natureza da ciência, para o desenvolvimento do pensamento crítico, e para uma análise mais ampla da situação

envolvida na QSC. Nesse contexto, atividades de explicitação das incertezas na ciência e na tecnologia; e de discussão sobre o cientificismo são recomendadas. Os raciocínios éticos antropocêntrico e utilitarista foram observados pela exclusiva atribuição humana na consideração moral de envolvidos em uma QSC; e pela menção às consequências das ações humanas para atribuição de um valor moral a elas. Além de indicarem a importância da diversidade cultural e das dimensões econômicas, culturais e históricas que influenciam a tomada de decisões sobre QSCs, os autores recomendam o desenvolvimento do pensamento crítico, na educação científica, características compatíveis com as correntes da educação CTSA: raciocínio lógico e argumentação; e sociocultural e multiculturalismo.

JONES, A. et al. Developing students' futures thinking in science education. **Research in Science Education**, v.42, p.687-708, 2012.

No artigo 11, os autores apresentam um modelo para auxiliar no planejamento de professores na promoção de pensamentos futuros dos estudantes sobre QSCs, com o objetivo de aumentar a compreensão da ciência num contexto mais amplo (sociocultural, político e econômico) e seu uso nos diversos níveis sociais (individual, social, local e global), de modo a capacitar o estudante para avaliar cenários futuros relacionados às QSCs e posicionar-se sobre futuros preferíveis. Para isso, eles organizam cinco fases: compreensão da situação atual existente; análise de tendências relevantes; identificação de grupos de grandes tendências; exploração de possíveis e prováveis futuros; seleção e tomada de decisão sobre futuros preferíveis. A partir dessa abordagem, os estudantes serão capazes de melhor compreender a ciência e a influência do contexto sociocultural, de modo a avaliar tendências para o seu próprio futuro e o da sociedade.

O texto se alinha com tendências pós-positivistas, holísticas, e das vertentes sociocultural e do raciocínio lógico e argumentação, pois ressalta aspectos de compreensão de natureza da ciência e influência de aspectos socioculturais, éticos, políticos e econômicos sobre o desenvolvimento científico, para o aumento do interesse do estudante sobre a ciência; indica o uso de QSCs para estimular o diálogo e o domínio de conceitos científicos, a partir do uso da linguagem da ciência; defende atividades de incentivo: à investigação e à valorização do conhecimento científico (mas também de múltiplas perspectivas); à melhoria do pensamento crítico e do raciocínio moral; à consideração de complexidade, ambiguidade, incertezas e influências individuais e coletivas na tomada de decisão; a partir de uma abordagem holística, com análise crítica do discurso sobre valores e uso de questões orientadoras, em diferentes perspectivas e escalas. Apesar de mencionar o desenvolvimento de atitudes compatíveis com o altruísmo, devido à explicitação dos autores sobre a importância de preparar o estudante para posicionar-se sobre possíveis cenários futuros, considerando consequências da tomada de decisão; e sempre utilizando

exemplos que consideram moralmente apenas seres humanos, o texto foi classificado nas categorias éticas de utilitarismo e antropocentrismo.

SAUNDERS, K. J.; RENNIE, L. J. A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. **Research in Science Education**, v.43, p.253-274, 2013.

No artigo 12, é abordada, de modo explícito, a dimensão ética das QSCs. O artigo relata os resultados de um projeto que desenvolveu um modelo pedagógico para auxiliar professores na exploração de QSCs controversas com os estudantes, visando o letramento científico funcional, a partir do desenvolvimento moral, particularmente, ao fomentar o desenvolvimento do pensamento ético, na tomada de decisão informada pela ciência e pela tecnologia. Com base em arcabouços teóricos previamente existentes sobre a dimensão ética das QSCs, os autores construíram seu modelo com uma base em ética, enfatizando o pluralismo de valores, as visões de mundo e as identidades dos sujeitos, incluindo aspectos culturais, étnicos, religiosos e de gênero. Os autores se baseiam nas três principais tradições de filosofia moral ocidental, seguindo três critérios para avaliar o valor moral da ação (consequências, benefícios e danos; direitos e deveres; baseado em virtudes e cuidado), mas incluem também duas outras categorias (direito de escolher; e pluralismo), que parecem sugerir uma perspectiva relativista ou culturalista.

Eles recomendam valorizar vozes não hegemônicas, como das minorias sociais, além de explorar as múltiplas identidades na resolução de QSCs. Valorizam a metacognição, a participação do estudante e a dialogicidade. Consideram a ciência fortemente relacionada com a sociedade, e influenciada pelo sujeito cultural. A partir dessas características, podemos classificar o artigo nas categorias: interpretativismo; pedagogias holísticas; raciocínio ético antropocêntrico; concepção das relações CTSA nas vertentes de valores e desenvolvimento moral; e sociocultural e multiculturalismo. Também não percebemos ênfase em alguma teoria ética específica: todas são mencionadas, contudo, os autores não assumem um posicionamento ético específico, o que pode gerar dificuldades para atingir os fins pretendidos pelo texto para a educação científica, uma vez que apenas se discutem as diversas perspectivas, mas não tomam um posicionamento para fundamentar a atribuição de valor à ação, o que pode, inicialmente, mostrar que posicionar-se não seria importante (o que é inconsistente com o objetivo de uma educação que valoriza a ética), mas também poder-se-ia assumir como razoáveis perspectivas éticas egoístas, por exemplo (o que não contribui para melhoria das relações de convivência social, um objeto importante da filosofia moral).

SADLER, T. D.; MURAKAMI, C. D. Socio-scientific Issues based teaching and learning: hydrofracturing as an illustrative context of a framework for implementation and research. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.14, n.2, p.331-342, 2014.

O artigo 13 propõe um modelo teórico para o uso de QSCs, a partir de três aspectos: elementos de *design*; experiências do aluno; atributos professor, utilizando como contexto um caso de fraturamento hidráulico ou hidrofraturamento, para exemplificar cada parte do modelo apresentado. Os autores defendem o uso de QSC no ensino de ciências aliado à educação ambiental, com fins de contribuir para a democracia, a cidadania global e a justiça social, a partir do desenvolvimento e da prática de discurso crítico, participativo e engajado. Para isso, são discutidas formas de aumentar a participação do estudante em questões cotidianas e que envolvam ciência, e a capacidade de negociação sobre QSCs. O modelo destaca a influência do contexto externo da sala de aula (como, por exemplo, as comunidades local, regional e nacional), no desenvolvimento e nos resultados referentes aos processos de ensino e aprendizagem com QSCs.

Apesar de mencionarem as questões ambientais, não consideram o valor intrínseco dos sistemas ecológicos, mesmo na descrição do caso da QSC, além de se referirem à natureza como um recurso, e ressaltarem aspectos econômicos. Deste modo, consideramos uma abordagem antropocêntrica e utilitarista. Ainda notamos uma tendência pós-positivista, principalmente devido à ênfase no raciocínio crítico e na argumentação a partir de investigação e análise de evidências, particularmente, conectando com o entendimento sobre natureza da ciência e questões éticas e controversas relacionadas a interesses dos diferentes atores sociais envolvidos com QSC. Embora os autores afirmem sobre a importância do engajamento dos estudantes para agir em direção à maior justiça social, e sugerem atividades de participação em debates públicos, o destaque didático está em design de estratégias para maior compreensão, diálogo e negociação sobre QSCs, assim classificamos o trabalho no grupo das abordagens neocognitivistas e vertente CTSA de raciocínio lógico e argumentação.

KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences). **Journal of Science Teacher Education**, v.27, n.3, p.261-281, 2016.

No artigo 14, é apresentado um modelo para a obtenção de práticas bem-sucedidas em contextos sociocientíficos que promovam a tomada de perspectiva (*i.e.* reconhecer e considerar diversos pontos de vista cognitivo e emocional dos outros) no contexto das QSCs, abrangendo humanidades, artes e ciências sociais. Os autores utilizam o modelo para representar aspectos emocionais da tomada de perspectiva e também a possibilidade de maior o fluxo de intervenções bem-sucedidas entre diferentes disciplinas, assim como

entre diferentes contextos. O objetivo é promover o letramento científico funcional, juntamente com o raciocínio sociocientífico, associado à capacidade de negociar QSCs controversas, a partir da compreensão e da consideração de diversas perspectivas cognitivas e emocionais dos outros.

Em uma perspectiva interpretativista, o desenvolvimento cognitivo do estudante é resultado de interações com outros, e o conhecimento construído é influenciado por pensamentos e crenças de outros. No contexto de uma QSC, via de regra, sempre, há atores sociais envolvidos, com diferentes pontos de vista, emoções, valores e conhecimentos. Para os autores, avaliar como os outros pensam e sentem (ou o discurso sobre diferentes pontos de vista ou sentimentos), a partir de sua interação com a QSC, assim, auxilia no estabelecimento de acordos e, nesse contexto, são expostas dimensões visual perceptiva (ver o que outros veem); comunicativa (entender o estado mental do outro nas comunicações); afetiva (sentir o que o outro sente); e cognitiva (saber o que os outros sabem) dos atores sociais envolvidos em uma QSC. Em relação à pedagogia, são sugeridas estratégias para promover a tomada de perspectiva extraídas de disciplinas não científicas, e traduzidas em contextos sociocientíficos. Para isso, os autores utilizam intervenções de outras disciplinas e a adoção, desde o campo da psicologia e da arte dramática, de práticas e técnicas de tomada de perspectiva para o desenvolvimento de empatia. Além disso, sugerem habilidades para desenvolver refutações e contraposições (mencionando, inclusive, o modelo de argumentação de Toulmin); indicar sensibilidade moral; e conceitualizar um problema considerando, em alguma medida, o ponto de vista dos outros. A abordagem, quanto à ontologia moral, apesar de predominantemente antropocêntrica (pois trata de problemas sociais humanos), sugere uma perspectiva biocêntrica, uma vez que o outro, cuja perspectiva, sentimento ou percepção visual é colocada em evidência, poderia ser – de fato – um animal não-humano. Classificamos também como teoria ética das virtudes, uma vez que a empatia, o respeito, o cuidado, e a importância de se estar aberto às perspectivas dos outros são virtudes ressaltadas. Por fim, em relação às vertentes da educação CTSA, classificamos em valores e desenvolvimento moral; raciocínio lógico e argumentação; sociocultural e multiculturalismo, pois o modelo favorece habilidades argumentativas (pela facilidade em pensar refutações afirmadas por outros); o desenvolvimento moral (pela superação do individualismo e desenvolvimento de virtudes); e o ensino sociocultural (pela valorização do multiculturalismo e diferentes formas de expressão).

SADLER, T. D.; FOULK, J. A.; FRIEDRICHSEN, P. J. Evolution of a model for socio-scientific issue teaching and learning. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v.5, n.2, p.75-87, 2017, 2017.

O artigo 15 apresenta a elaboração e a evolução de um modelo para o ensino e a aprendizagem de QSCs, a partir de uma síntese de quatro projetos colaborativos consecutivos planejados no método de *design research*. Para isso, são caracterizados os projetos e suas contribuições tanto em produtos de *design*, quanto de resultados de pesquisa para o modelo emergente. O desenvolvimento, a implementação e a pesquisa de materiais instrucionais resultaram em uma série de modelos que compartilham aspectos em comum com abordagens baseadas em projetos e em casos, e ensino baseado em contexto. O objetivo apontado pelos autores foi o desenvolvimento de identidade relacionada à participação em discussões sobre QSCs dentro e fora do contexto escolar. A versão final do modelo possui quatro elementos principais: o estabelecimento de uma questão focal, conectada com ciência e preocupações sociais; o engajamento com práticas de raciocínio sociocientífico; a definição de objetivos de aprendizagem, explicitando potenciais resultados de aprendizagem; a síntese de ideias-chave e práticas, complementando as experiências de aprendizagem dos alunos.

A discussão do modelo, de um modo geral, privilegia aspectos da natureza da ciência, filosofia e história da ciência, práticas e conceitos científicos, e comunicação científica, ressaltando o papel da ciência na resolução e da negociação das QSCs, por meio de raciocínio lógico e argumentação após a compreensão de conteúdos conceituais relacionados às interações entre CTSA, o que oferece/sugere elementos para classifica-lo nas categorias: pós-positivismo, quanto aos pressupostos teórico-epistemológicos, abordagens pedagógicas neocognitivistas, vertente educação CTSA com ênfase no raciocínio lógico e argumentação. Quanto às teorias morais, o texto sugere, de modo implícito, uma tendência para a teoria das virtudes, por indicar a importância do desenvolvimento moral. Além disso, consideramos uma concepção ética antropocêntrica, por voltar-se para comunidades humanas, sem relacionar com consideração de outros seres vivos, ou de ambientes.

APÊNDICE C – Elementos da Sequência Didática

Abaixo, seguem as informações sobre os principais conteúdos e atividades relacionados a cada aula, seguido de principais objetivos de aprendizagem e materiais disponibilizados para os estudantes (modificado de CONRADO, 2013; CONRADO *et al.*, 2016; CONRADO *et al.*, *no prelo*). Estes elementos foram enviados para os avaliadores (professores e pesquisadores) da SD.

Número da Aula	Principais conteúdos	Principais atividades
01	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Apresentação de bases da Educação CTSA, das QSCs; da rotina dos 7 passos da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e do modelo de argumentação de Toulmin. ✧ Apresentação do caso 1 sobre monocultura. ✧ Formação de grupos (equipes de estudantes). ✧ 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 (toda a sala) do caso 1 e apresentação de argumento e relações CTSA do caso (ênfase em ecologia, evolução, ética).
02	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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. ✧ Raciocínio ético e teorias morais. ✧ Técnicas de busca de informações em livros. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Apresentação do caso 2 sobre antibióticos e questões relacionadas (questionário A). ✧ 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 de argumento e relações CTSA do caso (ênfase em ecologia, evolução, ética). ✧ 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.

03	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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, ética). ✧ Discussão em grupos sobre o caso 3 e o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.
04	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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, ética). ✧ Discussão em grupos sobre o caso 3 e o questionário A, com o uso dos 7 passos e materiais trazidos pelos estudantes.
05	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Argumentação. ✧ Trabalho em Equipe. ✧ Modelo de Argumentação de Toulmin. ✧ Rotina de 7 Passos da ABP. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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.
06	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ 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, ética).
07	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Agroecologia. ✧ Ética ambiental. ✧ Valores associados à natureza. ✧ Modos de produção agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Síntese dos conteúdos abordados e discutidos nas aulas anteriores. ✧ Entrega das respostas às questões sobre o caso 3 (questionário A).

	✧ Práticas para a manutenção de polinizadores.	✧ Avaliação final (questionários B e C).
--	--	--

Obs.: duração de cada aula: aproximadamente 100 minutos.

Objetivos de aprendizagem:

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, teorias éticas, perspectivas de ontologia moral, modelos de saúde.

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.

Materiais disponibilizados para os estudantes

Caso 1 (caso das batatas)

Imagine que você administra uma fazenda com grande produção de batatas de uma variedade muito produtiva e comercialmente vantajosa. Você tem lucrado muito nos últimos anos por causa dessa cultura. Entretanto, você fica sabendo que batatas dessa variedade, cultivadas numa localidade próxima, foram atacadas por um fungo. Um de seus vizinhos, que também cultiva essa variedade, resolve misturá-la com outras variedades, embora menos produtivas. Seu outro vizinho decide continuar cultivando apenas a mesma variedade de batata, usando novas e diversas técnicas para diminuir as chances de infestação da cultura, na esperança de que dessa maneira suas plantas não fossem atingidas pelo fungo. Sabendo que ambas as opções possuem o mesmo custo, qual alternativa você escolheria para sua fazenda? Justifique sua resposta, explicando por que seria a melhor forma de agir nessa situação. Quais as principais consequências de sua decisão?

Caso 2 (caso das bactérias)

Imagine que você vai a um médico com fortes dores de barriga e ele suspeita que sejam causadas por uma infecção bacteriana. O médico diz que é necessário fazer um teste para determinar se a doença é realmente causada por uma bactéria e qual o melhor tratamento. Mas esse teste leva dois dias para ficar pronto e você reclama muito das dores. Você resolve, no mesmo dia, consultar outro médico. Este médico recomenda que você tome um antibiótico que é eficaz contra as bactérias mais comuns e que fará as dores sumirem em poucas horas. Qual recomendação você seguiria, fazer o teste ou tomar o antibiótico? Explique as razões que lhe fizeram tomar essa decisão.

Caso 3 (caso 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 neonicotinóide. 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 morrendo? 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?

Sete passos: rotina organizacional para análise de casos (Aprendizagem Baseada em Problemas)

1. *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.
2. *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.
3. *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.
4. *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 preenchidos por meio de estudo.
5. *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.
6. *Busca de informações e estudo individual:* estudar conteúdos selecionados para preencher lacunas necessárias e relevantes do conhecimento. Nesse 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.
7. *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 dessa 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.

Modelo de Argumentação de Toulmin (TOULMIN, 2006)

Para a estruturação da argumentação de cada equipe.

A figura abaixo (Figura 1) mostra o esquema de Toulmin para a organização do argumento.



Figura 1: Esquema do Modelo de Argumentação de Toulmin (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2015).

Os dados (D), também denominados alegações ou fatos, são afirmações (informações factuais) que fundamentam uma conclusão. As garantias (G) são afirmações que fornecem informações que ilustram os dados, e funcionam como garantia que conecta os dados apresentados à conclusão. Os apoios (A) são bases teóricas para as garantias que levam, justificam ou exemplificam um dado. As refutações (R) são afirmações que se opõem aos dados ou garantias, indicando circunstâncias em que as garantias não se aplicam ou condições de exceção. Os qualificadores (Q) são elementos que modulam o dado, indicando circunstâncias específicas em que o argumento é válido. A conclusão (C) representa o final do argumento defendido, o que se procura estabelecer com a argumentação. Para mais explicações sobre esses conceitos, recomendamos Toulmin (2006) e Driver; Newton; Osborne (2000).

Materiais indicados para estudos sobre redução da polinização por declínio de abelhas

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:agrotoxicos-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/efeitosdosagrotoxicossobreabelhassilvestresnobrasil.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_beans_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=bqSI_RhXcbqk
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)	Anand Varma	2015	https://www.ted.com/talks/anand_varma_a_thrilling_look_at_the_first_21_days_of_a_bees_life
A plant's-eye view (legendado)	Michael Pollan	2007	https://www.ted.com/talks/michael_pollan_gives_a_plants_eye_view

APÊNDICE D – Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto: Questões Sociocientíficas no Ensino Superior de Biologia: subsídios para a formação de professores em uma perspectiva de Educação CTSA.

Estamos realizando uma investigação a respeito do ensino e da aprendizagem de ecologia, evolução e ética por meio de Questões Sociocientíficas. A sua colaboração é fundamental para que possamos verificar se e como esta estratégia favorece a mobilização de conteúdos relacionados à ecologia, evolução e ética, para contribuir com a melhoria do ensino e aprendizagem nos cursos de biologia. Caso você aceite participar dessa pesquisa, terá apenas que participar das atividades realizadas em doze aulas da disciplina BIO-007 Biologia, e responder a um questionário. Gravaremos áudios referentes aos diálogos gerais durante as aulas. Durante as atividades, realizaremos observações referentes ao desenvolvimento dos grupos.

Nós nos comprometemos com a garantia da confidencialidade das respostas e com o sigilo dos dados que serão armazenados e analisados em bases nas quais os nomes ou qualquer identificação dos respondentes (vocês) não serão incluídos. Os resultados serão apresentados sem qualquer fornecimento de identidade dos participantes.

Esta investigação não oferece qualquer risco para os sujeitos que participarem, uma vez que não se fará qualquer ligação entre as respostas dadas e a identidade pessoal dos participantes. Além disso, as informações obtidas com sua participação serão utilizadas apenas para os fins dessa pesquisa. Somente os pesquisadores da equipe de pesquisa terão acesso às respostas dadas pelos sujeitos da pesquisa. Não há qualquer obrigatoriedade de sua participação e, se quando estiver participando, você resolver desistir, não haverá qualquer consequência para você. Além disso, a sua participação na pesquisa não envolverá qualquer despesa de sua parte. Os dados coletados serão usados somente para a pesquisa mencionada acima.

Se você concorda em participar, por favor, forneça seu nome e assine este termo no campo indicado abaixo. Isso será considerado prova de sua concordância.

Por favor, forneça-nos também seu endereço eletrônico e/ou seu número telefônico para possíveis contatos futuros. Caso seja desejo, poderemos lhe enviar cópia do relatório final dessa pesquisa, quando publicado em periódico.

Agradecendo sua atenção, estamos à disposição para maiores esclarecimentos ou para qualquer outro tipo de acompanhamento, assistência ou informação que julgue necessário. Você pode nos contatar no seguinte endereço eletrônico (profadia@gmail.com), telefone (71) 3263-6568 ou no endereço que se encontra ao final deste Termo de Consentimento. Este termo apresenta duas vias que devem ser assinadas pela pesquisadora responsável, e por você. Uma via ficará conosco e a outra você levará para casa.

Atenciosamente,

Dália Melissa Conrado

(Pesquisadora Responsável do Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia. Universidade Federal da Bahia).

Nome do participante: _____

Endereço eletrônico: _____ Telefone: _____

Assinatura do Participante: _____

Responsável pela pesquisa

APÊNDICE E – Questionário A: Questões Norteadoras para discussão dos Casos 2 e 3.

Sobre o caso 2:

1. Que conhecimentos científicos são relevantes para compreender e agir sobre esse caso?
2. Que técnicas e tecnologias são relevantes para compreender e agir sobre esse caso?
3. Quais os condicionantes e impactos sociais do consumo de antibióticos?
4. Quais os condicionantes e impactos ambientais relacionados ao consumo de antibióticos?

Responda às seguintes questões, referentes ao caso 3.

1. Sobre a dúvida de Paulo, há declínio nas populações de abelhas no mundo? Justifique.
2. Quais as formas de polinização? Classifique, com exemplos.
3. Quais as possíveis interações ecológicas que animais estabelecem com as plantas? Dê alguns exemplos, classificando-os.
4. 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.
5. Sobre a dúvida de Fernanda, qual a relação entre o desaparecimento das abelhas e a queda na quantidade e na qualidade dos alimentos?
6. Quais as principais ações antrópicas sobre o ambiente que podem levar à redução de polinizadores? Justifique.
7. Sobre o comentário de Júlia: “Mesmo que não estivessem morrendo, temos que preservar as abelhas!”, quais os principais motivos para ações de preservação ou conservação ambiental? Quais os valores que sustentam essas ações?
8. Como os agrotóxicos podem afetar as abelhas e os seres humanos?
9. Descreva brevemente as normas legais do seu país para o uso de agrotóxicos.
10. 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 para ajudar o seu tio.
11. O que pode ser feito para evitar o uso de agrotóxicos, como os neonicotinóides, na agricultura?
12. Apresente um argumento para ajudar o tio a dialogar com o vizinho. Utilize o modelo de Toulmin para auxiliar na organização do argumento.

APÊNDICE F – Questionário B: Atividade Avaliativa Final

Responda às questões abaixo:

Caso A: Suponha que você está com dor de garganta e um médico diga que você deve tratar com um antibiótico específico para faringite. Ele lhe receitou um total de 20 comprimidos, mas ao chegar à farmácia, você descobre que o antibiótico só é vendido em caixas com 15 comprimidos e cada caixa custa R\$ 150,00. Você comprou uma caixa e, ao tomar alguns comprimidos, já está se sentindo bem.

01. O que você faz: compra uma segunda caixa, para que possa tomar os 20 comprimidos, ou não faz a compra? Justifique sua decisão, com base em conhecimentos científicos e tecnologias.
02. Explique por que você agiria assim, com base em conhecimentos de ética.
03. Quais as consequências socioambientais da decisão que você tomou?

Caso B: Um agrotóxico pode atuar em insetos de várias maneiras: na parte externa do corpo (agrotóxico de contato), no sistema digestório (agrotóxico de ingestão), no sistema respiratório (agrotóxico gasoso), entre outras. Suponha que você trabalhe como vendedor de uma empresa de agrotóxicos. Esse mês você obterá 10% de comissão pela venda de um antigo agrotóxico, que atua apenas no sistema digestório de insetos; mas obterá 30% de comissão pela venda de um novo agrotóxico, que atua nos sistemas digestório e respiratório de insetos. Um grupo de agricultores iniciou o plantio de algodão e solicitou um produto para reduzir o número de lagartas-do-cartucho, considerada uma praga comum na região, mas que ainda apresenta baixo nível de resistência.

04. O que você indica: a adoção do antigo ou do novo agrotóxico? Justifique sua decisão, com base em conhecimentos de ecologia e evolução.
05. Justifique sua decisão, com base em conhecimentos de ética.
06. Descreva as consequências socioambientais de sua decisão.

Em relação ao uso de agrotóxicos na agricultura:

07. Você considera que o uso adequado do agrotóxico permite a eliminação total das pragas? Justifique.
08. Você considera que a ciência e a tecnologia são atividades praticadas sem a influência de valores e interesses? Justifique.
09. Você considera que a tecnologia poderá resolver os problemas humanos sociais e ambientais? Justifique.
10. Que modelo de agricultura você considera adequado para maior justiça social e sustentabilidade ambiental? Justifique.

APÊNDICE G – Questionário C: Autoavaliação e Avaliação da Sequência Didática

1 Sobre seu desempenho e de sua equipe nas atividades:

1.1 Você participou de reuniões extraclasses (presenciais ou virtuais) com sua equipe?

Sim Não

1.2 Você estudou, fora da sala de aula, alguns assuntos referentes à solução do caso das abelhas?

Sim Não

Se sim, quais assuntos/temas? _____

Se não, por quê? _____

1.3 Como você avalia seu comportamento em relação ao grupo e à turma? (Coloque para cada proposição - nos parênteses - uma nota de 0 a 10)

- () Conseguir expressar claramente minhas ideias e opiniões sobre os assuntos abordados.
- () Selecionei e li materiais que auxiliaram o desenvolvimento da solução para o caso das abelhas.
- () Administrei meu tempo para o cumprimento de tarefas semanais.
- () Compreendi a necessidade de uma postura ativa para um adequado aprendizado individual
- () Atuei ativamente para o desenvolvimento coletivo.
- () Respeitei diferentes opiniões e valores de meus colegas.
- () Fui responsável com as metas estabelecidas e os objetivos da equipe.
- () Compreendi a necessidade de colaboração mútua para a realização de um objetivo em comum.
- () Fui educado(a) nas interações com minha equipe e com a turma.
- () Compartilhei conhecimentos e experiências prévias relacionados aos assuntos abordados.
- () Discuti diferentes pontos de vista (tanto de autores/obras quanto de membros da equipe).

Comentários:

1.4 Qual a nota que você atribui a seu desempenho nas atividades, de 0 (zero) a 10 (dez)?

Coloque nos parênteses: () Comentários: _____

2 Em relação ao trabalho em sua equipe: (marque mais de uma alternativa, se desejar)

2.1 Qual sua opinião sobre a interação, a participação e a contribuição dos outros membros da equipe, de forma geral, durante a realização das atividades relacionadas à solução do caso das abelhas?

- () Estimulante () Produtiva () Suficiente () Confortável () Irrelevante
 () Desconfortável () Insuficiente () Desnecessária () Outros _____

Comentários: _____

2.2 Como você avalia os momentos de discussões com sua equipe?

- () Interessantes () Estimulantes () Produtivos () Suficientes () Cansativos
 () Monótonos () Insuficientes () Desnecessários () Outros _____

Comentários: _____

2.3 Como você avalia a administração de tempo e a responsabilidade da equipe para a solução do caso?

3 Sobre as aulas expositivas e os professores: (marque mais de uma alternativa, se desejar)

3.1 Qual sua opinião sobre as discussões em geral, em sala de aula?

- () Interessante () Estimulante () Aplicadas para a realidade () Cansativa
 () Monótona () Irrelevantes () Outros _____

Comentários: _____

3.2 Como você avalia a exposição e a discussão dos conteúdos pelos professores?

- () Interessante () Estimulante () Produtiva () Suficiente () Necessária
 () Cansativa () Monótona () Irrelevante () Insuficiente () Desnecessária () Outros
 Comentários: _____

4 Sobre o caso das abelhas e sua resolução: (marque mais de uma alternativa, se desejar)

4.1 Qual sua opinião sobre o caso apresentado para o contexto brasileiro?

() Interessante () Estimulante () Relevante () Pouco aplicado () Irrelevante
 () Difícil () Outros _____

Comentários: _____

4.2 Quais foram as principais dificuldades no desenvolvimento da solução para o caso?

4.3 Como você avalia a solução encontrada pelo seu grupo para o caso apresentado?

() Satisfatória () Relevante () Produtiva () Insuficiente () Pouco relevante
 () Fraca () Outros _____

Comentários: _____

4.4 Qual sua opinião sobre o uso da argumentação para organizar e defender ideias?

() Interessante () Importante () Útil () Simples () Irrelevante
 () Desnecessário () Complicado () Inútil () Outros _____

Comentários: _____

4.5 Você conseguiu aplicar a rotina dos sete passos para se organizar individualmente e enquanto equipe?

Sim Não

Houve alguma dificuldade? (Comentários) _____

5 Sobre as atividades relacionadas aos casos 1 (monocultura), 2 (antibióticos e saúde) e 3 (agrotóxicos e polinização):

5.1 As atividades realizadas contribuíram para seu crescimento e sua aprendizagem profissional e pessoal? Comente. _____

5.2 Qual sua opinião geral sobre o uso de casos para o aprendizado?

APÊNDICE H – Formulário de Avaliação da SD por professores e pesquisadores

AVALIAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS NO ENSINO SUPERIOR DE BIOLOGIA

Projeto: Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. Dália Melissa Conrado. PPGEFHC – UFBA/UEFS.

De zero a dez, atribua uma nota para cada afirmação, considerando a sequência didática apresentada:

<i>Nota</i>	<i>A sequência didática, com todos os seus elementos, permite aos estudantes...</i>
	...buscar o conhecimento científico e as tecnologias necessários para a resolução de problemas cotidianos.
	...identificar relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, referentes aos temas das questões sociocientíficas (monocultura; antibióticos e saúde; polinização).
	...elaborar argumentos fundamentados em conteúdos interdisciplinares.
	...reconhecer influências e interesses de diversos atores sociais e/ou de estruturas de poder no desenvolvimento científico e tecnológico.
	...perceber valores envolvidos na atividade científica e tecnológica e/ou na percepção pública da ciência e da tecnologia.
	...reconhecer as diferentes ideologias e pontos de vista possíveis com relação aos temas.
	...discussão e explicitação de seus valores e juízos éticos referentes a suas posições, dos colegas e dos personagens envolvidos no caso.
	...avaliar o posicionamento ético individual e coletivo para participar da resolução desses problemas.
	...desenvolver habilidades para abordar criticamente controvérsias e emitir juízo ético para cada caso/situação-problema.
	...desenvolver capacidade para tomada de decisão socioambientalmente responsável.
	...elaborar e discutir propostas de ações sociopolíticas.
	...planejar e executar ações sociopolíticas.

Obs.: Espaço para comentários no final do documento.

<i>Nota</i>	<i>A sequência didática, com todos os seus elementos, permite aos estudantes mobilizar...</i>
	...conceitos, teorias e princípios básicos de ecologia.
	...conceitos, teorias e princípios básicos de evolução.
	...conceitos, teorias e princípios básicos de ética.
	...conceitos, teorias e princípios de outras áreas do conhecimento (ex.: botânica, fisiologia, economia, política, etc.).
	...métodos básicos de investigação acadêmica.
	...procedimentos de avaliação de informações e dados em materiais (livros, artigos, sites).
	...procedimentos básicos de elaboração de trabalhos acadêmicos.
	...procedimentos de organização e planejamento de ações para a resolução de casos.
	...técnicas de mensuração de processos ecológicos.
	...técnicas de elaboração e análise de argumentos.
	...normas para discussões em grupos e em sala de aula.
	...normas referentes à legislação ambiental.
	...valores individuais e coletivos sobre problemas socioambientais.
	...valores relativos à consideração moral de outros (ex.: humanos, seres vivos, ecossistemas, etc.).
	...atitudes para os trabalhos em grupo.
	...atitudes para a resolução de problemas socioambientais.

Obs.: Espaço para comentários no final do documento.

Comentários: