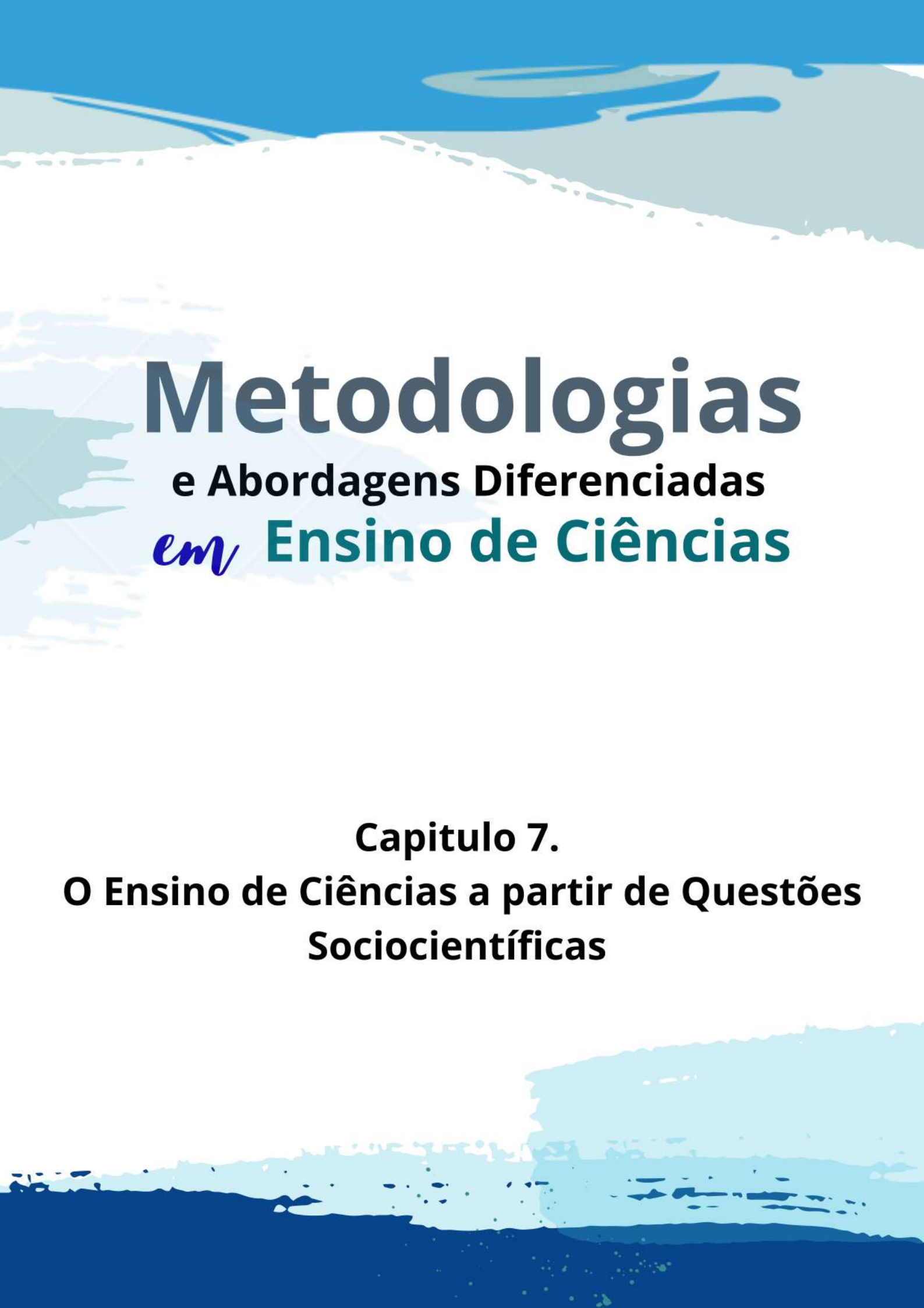




Metodologias

e Abordagens Diferenciadas
em Ensino de Ciências

Capítulo 7.

O Ensino de Ciências a partir de Questões Sociocientíficas

Copyright © 2022 Geraldo W. R. Fernandes, Luciana Resende Allain e Isabella Rocha Dias

Editor: JOSÉ ROBERTO MARINHO

Editoreção Eletrônica: HORIZON SOLUÇÕES EDITORIAIS

Capa: HORIZON SOLUÇÕES EDITORIAIS

Revisão Textual: HORIZON SOLUÇÕES EDITORIAIS

Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Fernandes, Geraldo W. R.

Metodologias e abordagens diferenciadas em ensino de ciências / Geraldo W. R. Fernandes, Luciana Resende Allain, Isabella Rocha Dias. – São Paulo, SP: Livraria da Física, 2022.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5563-186-9

1. Ciências - Estudo e ensino 2. Ciências - Metodologia 3. Educação científica
4. Prática de ensino 5. Prática pedagógica 6. Professores - Formação
I. Allain, Luciana Resende. II. Dias, Isabella Rocha. III. Título.

22-103051

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Educação científica 507

Eliete Marques da Silva – Bibliotecária – CRB—8/9380

ISBN: 978-65-5563-186-9

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Impresso no Brasil • *Printed in Brazil*



Editora Livraria da Física

Fone/Fax: +55 (11) 3459-4327 / 3936-3413

www.livrariadafisica.com.br



CAPÍTULO 7. O Ensino de Ciências a partir de Questões Sociocientíficas



INTRODUÇÃO

As Questões Sociocientíficas (QSC), tratadas neste capítulo, podem ser entendidas a partir do campo dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia e buscam superar a fragmentação do conhecimento e a suposta neutralidade da ciência, implicando os estudantes em uma compreensão mais ampla dos problemas que envolvem aspectos da ciência e tecnologia, relacionando-os com fatores éticos, políticos, sociais, ambientais e históricos. Neste sentido, as QSC são práticas educativas desenvolvidas numa perspectiva crítica, pois buscam um ensino contextualizado e emancipatório, comprometido com o pleno exercício da cidadania e da democracia. Para isso, busca empreender relações mais horizontais entre diferentes tipos de conhecimento, valorizando e envolvendo socioculturas diversas, na busca por soluções a questões controversas. Como afirmam Genovese, Genovese e Carvalho (2019), “as guerras, os medicamentos, a indústria da beleza, os meios de transporte, os equipamentos de casa, trabalho e lazer, e todos os demais produtos que estão à venda, não são originados a partir de pesquisas neutras e desinteressadas” (p.6). Neste contexto, a educação científica pode potencializar a participação dos estudantes em debates sobre questões de interesse público, engajando-os na busca de soluções para os problemas reais do seu cotidiano.

Este capítulo tem, portanto, o objetivo de apresentar algumas reflexões e experiências relativas ao ensino de Ciências a partir de QSC, consideradas como uma prática educativa numa perspectiva crítica.



O QUE É?

Na literatura acadêmica é possível encontrar várias denominações para as Questões Sociocientíficas (QSC). Martínez Pérez (2011) as identifica como Controvérsias Sociocientíficas, Pedretti *et al.* (2008) utilizam a expressão Questões CTSA, Latour (2015) as denomina Controvérsias Sociotécnicas e Linsingen (2017) faz menção às Questões Sociotecnológicas.

Embora ganhem denominações distintas, as QSC são originárias do campo da Educação CTS (ver Capítulo 5) e podem ser definidas, de acordo com Nunes-Neto e Conrado (2018), como situações controversas, que podem ser transpostas para a educação científica, por permitirem uma abordagem contextualizada de conteúdos inter ou multidisciplinares, sendo fundamental o uso do conhecimento científico para a compreensão e a busca de soluções para as questões controversas. Os autores complementam que, além dos conhecimentos científicos, geralmente conhecimentos de história, filosofia e ética também são envolvidos, contribuindo para mobilizar valores, habilidades e atitudes. Aspectos econômicos e políticos, sociais e culturais são também comuns nas discussões envolvendo QSC, sendo particularmente interessantes para contextualizar a ciência e a tecnologia, abordadas no âmbito do ensino de Ciências pela educação CTS/ CTSA (ver Capítulo 5).

Torres e Solbis (2018) alertam que as QSC são questões de natureza aberta, complexa, compostas por dilemas controversos multidimensionais, que permitem que os estudantes sejam capazes de racionalizar sobre diversas perspectivas analíticas que envolvem um problema. Desta forma, na sala de aula, as QSC favorecem os processos argumentativos, uma vez que os estudantes precisam defender suas ideias, contrargumentar, avaliar os outros posicionamentos e reafirmar ou reavaliar suas opiniões. Além da capacidade de argumentação, as QSC são propícias ao desenvolvimento do pensamento crítico, já que problematizam diversos temas sociais e municiam os estudantes de ferramentas para assumirem posturas individuais e coletivas em relação aos problemas estudados. Desta forma, práticas educativas baseadas em QSC possibilitam que os estudantes compreendam a natureza da ciência como uma atividade humana com múltiplas relações com a tecnologia, a sociedade e o ambiente, questionando discursos dominantes, avaliando a credibilidade das fontes da informação e levando em conta os interesses subjacentes aos argumentos apresentados em torno de uma dada questão.

Ratcliffe e Grace (2003), citados por Genovese, Genovese e Carvalho (2019), afirmam que as QSC devem ter uma base na ciência e um potencial impacto na sociedade. Podem ou não estar relacionadas a questões ambientais, assim como podem ser passageiras ou não. Abordam conteúdos mais de fronteira, sobre os quais se podem encontrar diferentes posicionamentos, tanto de cientistas como da sociedade em geral. Ratcliffe e

Grace (2003) também explicam que existem QSC de abrangência nacional, como a instalação de mais uma usina nuclear, ou ter impacto apenas em determinados grupos ou indivíduos. Por isso, elas também envolvem a formação de opinião em nível individual e coletivo; e isto está associado a valores pessoais e éticos, além de poder envolver uma análise de probabilidade e custo-benefício em que o risco interage com esses valores (GENOVESE; GENOVESE; CARVALHO, 2019).

Latour (2012) compreende as QSC como questões que afrontam a “constituição moderna”. Isso porque a Modernidade tratou de fragmentar a realidade em categorias supostamente “puras” e dicotômicas, estabelecendo uma “grande divisão” entre os mundos natural e social, entre objeto e sujeito, entre os humanos e os não humanos. As QSC são questões híbridas, que misturam, a um só tempo, o que a Modernidade busca separar, ou seja, entrelaçam a ciência, a cultura, a natureza, a tecnologia, a religião, não as considerando como campos independentes de conhecimento. Isto porque tratam de projetos ao mesmo tempo coletivos, discursivos e históricos.

Resgatamos para este capítulo a Teoria Ator-Rede (TAR) (LATOUR, 2015) que argumenta que todas as entidades que compõe o mundo, incluindo *humanos* e *não humanos*, devem ser tratadas simetricamente, sem distinções (LATOUR, 2012). Para dar conta desse quadro teórico e analítico proposto por Latour (2012; 2015) e sua relação com as controvérsias científicas, trazemos algumas expressões e definições. A expressão ‘*não humanos*’ na TAR compreende uma série de “coisas”, tais como entidades, legislações, vírus, índices e espíritos, por exemplo. Assim como os *humanos*, os *não humanos* são considerados atores quando agem em uma determinada rede, isto é, são os mediadores que vinculam outros atores, associando-os entre si. Em síntese, os atores podem ser *humanos* ou *não humanos* e produzem algum efeito na rede que compõem. As *redes* são definidas por Latour (2012) como as constantes associações estabelecidas entre atores humanos e não humanos, compondo as realidades a partir dos deslocamentos de interesses desses atores; portanto, redes são fluidas, móveis, imprevisíveis e abertas, alimentadas por controvérsias e compostas por atores que vinculam-se entre si, provocando movimentos na rede. Quanto a rede se estabiliza, torna-se o que Latour denomina de “caixa-preta”. As caixas pretas aparecem após a resolução das controvérsias, dando lugar a fatos

indisputados. Neste sentido, além de híbridas, controvérsias são questões “quentes”, questões de interesse que movimentam a rede.

Ao entender as QSC como híbridas, é possível imaginar uma nova compreensão sobre as práticas que envolvem ciência, tecnologia e sociedade (ver Capítulo 5). Para compreender e tomar posições sobre QSC, Latour (2015) sugere que os atores (também chamados de actantes) envolvidos na controvérsia sejam identificados, assim como seus interesses e as alianças que fazem com outros atores. Desta forma, ao visualizar as alianças e oposições entre atores e ideias ativos em uma disputa, é possível formarmos uma opinião e decidirmos quais atores exigem nossa vigilância e quais merecem nosso apoio, contribuindo para nossa participação cidadã.



O QUE DIZEM?

Autores como Nunes-Neto e Conrado (2018), Lima e Martins (2013), Mendes (2012) e Sá (2010) acreditam que a utilização das QSC em contextos de ensino e aprendizagem é abundante no cenário internacional, mas ainda pouco disseminada no Brasil. De fato, Sousa e Gehlen (2017), ao realizarem um levantamento nos Anais do I ao IX ENPEC, em busca de compreender como as QSC estão presentes na pesquisa em Educação em Ciências no Brasil, encontraram que menos de 1% de todos os trabalhos publicados no ENPEC ao longo da I à IX edição, compreendendo um período de 17 anos de pesquisa, tratam desta temática. As autoras ainda identificaram que a maioria das pesquisas foram empíricas e tratavam do desenvolvimento de estratégias didáticas para sua abordagem na educação básica. Grande parte teve como foco de análise o envolvimento dos estudantes durante e/ou após o desenvolvimento de atividades relacionadas com elementos sociocientíficos, sendo que há também, nos trabalhos analisados, uma preocupação com a formação dos professores para o desenvolvimento de discussões sociocientíficas. Parte dos trabalhos sinaliza as QSC como um artifício metodológico para concretizar os pressupostos de uma educação CTS(A) e alguns deles indicam as QSC como potenciais para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Sousa e Gehlen (2017) ainda apontam que, em geral, as temáticas selecionadas também atendem aos seguintes critérios: 1) evidência na mídia, envolvendo uma discussão atual; 2) relação com o conteúdo abordado, material didático

adotado ou com propósitos da disciplina ministrada; 3) vínculo com a realidade local ou com interesses dos estudantes; 4) seleção de temas/questões consideradas relevantes pelo professor.

Quanto às estratégias didáticas mais utilizadas para abordar QSC em aula, destacam-se: discussão com base em leitura de textos de referência (livro didático, textos da mídia etc.); organização dos estudantes em grupos; realização de pesquisa seguida de debate; júri-simulados; *Role Playing Games* (RPG); discussão de filmes, documentários e outras produções audiovisuais. Os trabalhos convergem no desenvolvimento de práticas que envolvem os estudantes em discussões, capacitando-os para os processos de tomada de decisão.

É importante ressaltar que as QSC não devem ser abordadas em sala de aula para “resolver” um problema científico. Ela deve ser considerada como uma abordagem de ensino na qual diferentes opiniões dos estudantes são levadas em conta para promover a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, a fim de potencializar uma reflexão individual e coletiva e um posicionamento crítico, responsável e autônomo sobre questões polêmicas, usando a criatividade e a imaginação dos estudantes para a proposição de possíveis alternativas (SADLER, 2004; SANTOS; MORTIMER, 2009; REIS, 2004; REIS; GALVÃO, 2005; PEDRETTI, 1997).

Para Hodson (2017), as QSC atendem a um dos principais objetivos do ensino de Ciências: a realização do que Shen (1975) chama de “letramento científico cívico”, ou seja, desenvolve os conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para lidar com questões do cotidiano que tem uma dimensão de ciência e/ou tecnologia e que, na vida adulta, desempenham um papel ativo nas tomadas de decisão e na definição de políticas. Ainda que consideremos importante o planejamento das aulas de Ciências a partir da abordagem de alguns temas na perspectiva de QSC, existem algumas vantagens e desafios na elaboração e desenvolvimento de aulas sociocientíficas críticas, que merecem algumas reflexões:

**VANTAGENS PARA O DESENVOLVIMENTO DE QSC NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Hodson (2017) acrescenta os seguintes argumentos para a abordagem de QSC no currículo de Ciências: as QSC motivam os estudantes, personalizam e melhoram a aprendizagem de conteúdos científicos, contextualizam o entendimento da Natureza da Ciência e da Tecnologia e envolvem os estudantes em situações baseadas em problemas reais, que auxiliam o desenvolvimento de habilidades de pensamento de ordem superior.

**DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE QSC NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

O principal desafio a ser superado está na condução e desenvolvimento de QSC pelos professores, já que muitos deles preferem tomar uma posição imparcial diante das controvérsias.

Neste sentido, apontamos outros desafios que devem ser superados: nível de formação e conhecimento sobre a abordagem; dificuldade de articular diferentes áreas de conhecimento numa perspectiva interdisciplinar; especificidades de cada disciplina (por exemplo: falta de tempo e espaço); resistência à mudança (por exemplo: pouca flexibilidade do currículo, desconhecimento da abordagem pelo professor e falta de apoio dos gestores e de outros professores).

**COMO DESENVOLVER EM SALA DE AULA?**

Neste tópico exploraremos duas possibilidades de desenvolver as QSC em sala de aula. Na primeira, Hodson (2017) apresenta sua proposta de um currículo de Ciências em quatro estágios, que o autor denomina de “níveis de sofisticação”, culminando com o exercício de ações sociopolíticas pelos estudantes, isto é, ações que implicam no posicionamento político sobre questões sociais relevantes. A partir da discussão de várias QSC reais, o autor sugere meios para que, apesar de todas as dificuldades, o professor de Ciências possa abordar QSC em sua prática educativa, visando o engajamento de seus estudantes em ações sociopolíticas. Esta proposta se alinha à segunda, da Cartografia de Controvérsias (CC) (VENTURINI, 2010), modelo didático da Teoria Ator-Rede (LATOUR, 2012) para mapear

os atores e seus respectivos interesses no debate. Trataremos as duas propostas como complementares, já que dialogam em termos teóricos e metodológicos.

No modelo de Hodson (2017) (Quadro 1) é apresentado um conjunto de estágios para abordar QSC e que podem ser pensados para complementar ou superar o currículo de Ciências proposto pela BNCC. É importante destacar que a BNCC, por exemplo, é uma diretriz curricular mais preocupada com competências e habilidades do que com conteúdos sócio-científicos. A perspectiva de Hodson é diferente, ou seja, propõe estágios na prática educativa do professor para o engajamento dos estudantes nas QSC.

Quadro 1. Os Estágios para abordar QSC na prática educativa do professor

- **Estágio 1:** a apreciação dos impactos sociais e ambientais da mudança científica e tecnológica e o reconhecimento de que a ciência e a tecnologia são, até certo ponto, culturalmente determinantes;
- **Estágio 2:** o reconhecimento de que as decisões sobre o desenvolvimento científico e tecnológico são tomadas na busca de interesses particulares e que benefícios para alguns podem ser às custas de outros. O reconhecimento de que os desenvolvimentos em ciência e tecnologia são inexoravelmente ligados à distribuição de riqueza e poder;
- **Estágio 3:** abordar a controvérsia, esclarecer valores, resolver dilemas éticos, formular e desenvolver suas próprias opiniões e justificá-las através da discussão e do argumento;
- **Estágio 4:** preparar-se para agir sobre questões sociocientíficas e ambientais.

Fonte: Hodson (2017, p. 35)

Mas como operacionalizar os estágios de Hodson (2017) durante uma aula de Ciências da Natureza? Venturini (2010) sugere que uma forma interessante de explicitar os atores, suas conexões e respectivos interesses em uma determinada controvérsia é a confecção de dispositivos visuais, como **diagramas** e **mapas**. Isso pode ser feito a partir da metodologia da Cartografia das Controvérsias, que se constitui a partir de 5 lentes de observação que buscam explicitar sobre o que é a controvérsia e quais os diferentes posicionamentos em torno da mesma, conforme resume o Quadro 2:

Quadro 2. Lentes de observação para o desenvolvimento da Cartografia de Controvérsias

Primeira lente de observação levanta o questionamento: *Sobre o que é a controvérsia?* Ao responder esta questão, delineamos a controvérsia, passando dos argumentos (caoticamente esparsos na literatura e aparentemente isolados entre si) para o debate (quando articulamos os argumentos das vozes dissonantes).

A segunda lente de observação busca responder ao questionamento: *Quem são os atores envolvidos na controvérsia?* Nesta lente vamos do debate aos atores (também chamados de actantes). Identificamos quem está agindo no contexto da controvérsia - quer seja este ator uma pessoa, uma organização, uma coisa, um animal, uma entidade, uma lei, e assim por diante.

A terceira lente de observação trata de responder à pergunta: *Como os atores estão conectados?* Vamos, então, dos atores às redes. Os atores, assim como os argumentos, nunca estão isolados nas controvérsias, ao contrário; suas identidades são definidas a partir de alianças e oposições a determinados grupos. Atores são compostos por redes e, simultaneamente, componentes delas. Esta lente destina-se a visualizar estas conexões e os movimentos de individualização e aglutinação que caracterizam as controvérsias.

A quarta lente de observação traz o questionamento: *Onde a controvérsia acontece?* Toda controvérsia é parte de outra controvérsia maior, uma espécie de metacontrovérsia e também é composta por outras subcontrovérsias menores. Como pesquisadores, somos livres para escolher nossa escala de investigação, mas devemos ser capazes de situá-la na “escala de disputas” a qual ela pertence (VENTURINI *et al.*, 2015). Nesta camada, passamos das redes aos cosmos.

A última lente de observação busca responder: *Quando a controvérsia acontece?* Segundo os autores, esta última lente é certamente a mais difícil. Além de apresentar sobre o que é a controvérsia, quais são os embates, como os atores se conectam ou se opõem e onde as batalhas acontecem, cartógrafos também devem mostrar como todos estes elementos evoluem ao longo do tempo. Adicione a isso o fato de que o tempo de controvérsias é muitas vezes heterogêneo, já que diferentes partes da mesma controvérsia podem permanecer dormentes por tempos e de repente explodirem em desenvolvimentos mais rápidos. Assim, vamos dos cosmos às cosmopolíticas.

Fonte: Adaptado de Venturini (2010), segundo Allain e Coutinho (2017)

No Quadro 3, a seguir, trazemos um esquema que sintetiza as possibilidades de diálogo entre as lentes de observação da cartografia de controvérsias (VENTURINI, 2010) e os estágios para abordar QSC na prática educativa do professor (HODSON, 2017).

Quadro 3. Proposta didática de diálogo entre as lentes de observação da Cartografia de Controvérsias e os Estágios para abordar QSC em sala de aula

Instituição: _____ Professor: _____ Disciplina: _____ Unidade: _____ Ano letivo: _____ Bimestre: _____ Série: _____ Turma: _____ H/a: _____					
1ª lente de observação	2ª lente de observação	3ª lente de observação	4ª lente de observação	5ª lente de observação	Fechamento
Estágio 1: reconhecimento de que a ciência e a tecnologia são culturalmente/ socialmente determinadas.	Estágio 2: reconhecimento de que o desenvolvimento científico-tecnológico refere-se à decisões baseadas em interesses particulares ligados à distribuição de riqueza e poder.	Estágio 3: abordar a controvérsia, esclarecer valores, esclarecer dilemas éticos.	Estágio 3 e 4: Justificar posições através da discussão e da argumentação e preparar-se para agir sobre questões sociocientíficas e ambientais.	Estágio 3 e 4: Justificar posições através da discussão e da argumentação e preparar-se para agir sobre questões sociocientíficas e ambientais.	Estágio 3 e 4: Justificar posições através da discussão e da argumentação e preparar-se para agir sobre questões sociocientíficas e ambientais.
Seleção do corpus para o delineamento da controvérsia: os estudantes devem selecionar diferentes materiais (textos de divulgação científica, postagens em redes sociais, vídeos, reportagens de jornais etc) relacionados à QSC, buscando contemplar os diversos posicionamentos acerca da controvérsia.	Identificação dos atores que agem na controvérsia: os estudantes devem analisar os materiais selecionados e fazer uma lista das pessoas, entidades e elementos não humanos envolvidos na controvérsia.	Identificação das conexões entre os atores: Nesta etapa, os estudantes devem identificar os atores que possuem os mesmos interesses, organizando-os em grupos.	Confeção da linha do tempo: os estudantes devem elaborar uma linha do tempo registrando quando ocorreram os fatos que envolvem a controvérsia, além dos atores ou grupos que agiram em cada fato/episódio.	Confeção do mapa/diagrama da controvérsia: Os estudantes devem confeccionar dispositivos visuais (mapas/ gráficos ou diagramas que sintetizem quando, onde e que atores ou grupos de atores estavam envolvidos nos episódios referentes à controvérsia, e que interesses têm cada um dos grupos.	Posicionamento sociopolítico: Os estudantes devem analisar o mapeamento realizado e expressarem seu posicionamento em relação à questão sociocientífica abordada. Isto pode ser feito por meio de debates, produções textuais, vídeos ou outras estratégias didáticas.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de Hodson (2017) e Venturini (2010)

Mas atenção! O esquema do Quadro 3 é apenas uma sugestão didática para abordar as QSC a partir da cartografia de controvérsias. Allain e Coutinho (2017) alertam que, ao contrário do que se pensa, as lentes não são passos sequenciais que devem ser perseguidos com exaustividade, nem dizem o que deve ser observado, mas levam nossa visão a diferentes camadas da controvérsia por meio de diferentes questionamentos.

Outra questão que merece atenção é o termo *cosmos*, da quarta e quinta lente de observação. De Faria (2015) esclarece que este termo remete ao uso atribuído por Stengers (2005) em sua proposta cosmopolítica. Assim, *Cosmos* “se refere ao desconhecido, constituído por múltiplos mundos divergentes, e às articulações que eles poderiam, eventualmente, ser capazes de fazer, em oposição à tentativa de uma paz que pretende ser definitiva e ecumênica” (STENGERS, 2005, p. 995). Desta forma, o objetivo não é chegar a uma solução pacífica e universal em que todos estejam satisfeitos, pois esta é uma posição ingênua. Uma proposição cosmopolítica implica em construir conexões, ainda que pontuais e parciais, entre mundos com interesses divergentes. Vislumbrar esses mundos e suas possíveis conexões parciais é tarefa da cartografia de controvérsias.

Ao realizar o mapeamento de controvérsias sociotécnicas como parte do currículo de Ciências, estaremos contribuindo para a ação sociopolítica dos estudantes, como sugere Hodson (2017).



ALGUNS EXEMPLOS E RESULTADOS

Neste tópico, apresentamos duas experiências pedagógicas relativas às QSC. A primeira utiliza os estágios propostos por Hodson (2017) (Quadro 1) e a segunda utiliza a Cartografia de Controvérsias de Venturini (2010) (Quadro 2).

Exemplo 1: Cotas raciais, genes e política

Dias *et al.* (2018) organizaram uma atividade didática para debater sobre a implementação de políticas de ações afirmativas. Os autores argumentam que este é um exemplo que pode indicar “como conhecimentos científicos da nova genômica são apropriados ideologicamente por alguns grupos sociais e geram tensões entre demandas sociais diversas”. A controvérsia se

dá no âmbito dos critérios utilizados para definir quem deve ser beneficiado por tais políticas, levando em consideração a relativização e a negação do conceito de raça como categoria de distinção biológica. Com esta atividade, os autores buscam problematizar quais as possibilidades e os desafios em promover compreensão crítica das relações CTSA e questões étnico-raciais, por meio da abordagem de uma QSC baseada no uso do conhecimento sobre variabilidade genética e ancestralidade genômica da população brasileira e suas implicações sociais e políticas no debate sobre cotas raciais nas universidades brasileiras. O Quadro 4 apresenta uma síntese, em forma de Sequência Didática, de uma proposta didática voltada para estudantes de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas.

Quadro 4. Síntese de uma SD sobre ancestralidade genômica e o debate sobre cotas raciais

I. Dados de Identificação
Público-alvo: estudantes de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas
II. Caracterização da SD
Temas desenvolvidos: Genética molecular, conceito de raça e suas implicações sociais
III. Pertinência da SD
a) Conteúdos conceituais: - Fatos: a implantação de um sistema de cotas raciais, a qual tem sido debatida socialmente no Brasil com mais intensidade no século XXI; o discurso científico que tem sido empregado no âmbito de debates sociais, a exemplo daqueles a respeito da implantação de políticas públicas de ações afirmativas; os discursos racistas comuns na história das ciências naturais e biomédicas; o mito da democracia racial como discurso obliterador de conquista de direitos raciais no Brasil; os mitos relacionados ao cientificismo; - Conceitos: raça biológica e raça como construção social; espécie; populações; alterização; racismo; evolução; polimorfismo; marcadores genéticos; cientificismo; - Princípios: frequências regionais de haplogrupos mitocondriais e do cromossomo Y como indicativo de ancestralidade; direito a um acesso qualificado aos bens sociais e políticos; ampliação do direito à diferença como um dos pilares dos direitos sociais. b) Conteúdos Procedimentais: - Procedimentos: desenvolver a capacidade argumentativa; interpretar os resultados de estudo de identificação das proporções genéticas de ancestralidade africana, europeia e ameríndia;

- **Técnicas:** compreender como são empregadas as análises do DNA mitocondrial, do cromossomo Y e do DNA nuclear; realizar análise de discurso científico sobre relações raciais;

- **Métodos:** comparar diferentes discursos e vínculos ideológicos e políticos.

c) Conteúdos Atitudinais:

- **Valores:** consideração moral das diferentes raças, etnias e gêneros; valor intrínseco e extrínseco de sujeitos; convivência democrática e igualitária entre diferentes grupos com consciência dos mecanismos de poder que permeiam as relações sociais;

- **Normas:** comunicação intersubjetiva entre sujeitos como aspecto central da elaboração e constante transformação dos princípios ético-morais que regem os conflitos (MARQUES, 2010 *apud* DIAS *et al.* 2018).); consideração sobre a Lei nº 12.711/2012 e o Decreto nº 7.824/2012, que definem as condições gerais de reservas de vagas para negros e indígenas em universidades públicas brasileiras, além da legislação que criminaliza os atos de discriminação ou preconceito de raça, cor, etnia, religião ou procedência nacional (Lei nº 7.716/1989);

- **Atitudes:** respeito às diferentes raças e etnias socialmente construídas e solidariedade com as minorias sociais, políticas e econômicas e suas formas de resistência; conduzir debate qualificado sobre política de ações afirmativas; criticar, em um debate público, a função ideológica do discurso científico sobre raças na geração de processos de alteração e exclusão; e atuar na superação das desigualdades sociais e raciais.

IV. Procedimento Metodológico

Estudo de caso:

1. Leitura de uma reportagem que circulou na mídia em meados de 2015, referente a um conflito ocorrido em sala de aula da Universidade de São Paulo (USP) sobre implementação de cotas raciais na universidade.
2. Projeto Genoma: um retrato molecular do Brasil

Debate:

- Você concorda que não há razão para se falar de políticas públicas racialmente definidas já que a genética comprovou a inexistência de raças humanas? Por quê?
- Quais ações seriam viáveis para promover oportunidades iguais para todos?
- Será que é possível realizar algo dessa natureza sem considerar a existência de desigualdades sociais e raciais?
- Você conhece outro fato, na história do Brasil, em que o discurso científico influenciou decisões sociais sobre questões raciais no país? Se sim, qual?

V. Estágios de desenvolvimento da QSC

- Abordagem da controvérsia, esclarecendo valores e dilemas éticos;
- Percepção da dependência cultural da ciência e da tecnologia;
- Percepção que o desenvolvimento científico e tecnológico ocorre a partir de interesses que beneficiam alguns em detrimento de outros;
- Justificativas das posições através da discussão e da argumentação.

A partir da SD do Quadro 4, os autores sustentam que é possível buscar colocar em xeque o discurso da democracia racial brasileira, que utiliza o argumento da miscigenação da população para mascarar as relações de discriminação racial no país. Ao citarem proeminentes geneticistas, envolvidos em projetos para realizar um retrato molecular do Brasil, visando corroborar, a partir do discurso científico, a inexistência de fronteiras raciais da população brasileira, os autores evidenciam que a genética molecular, para além de uma dimensão biológica, torna-se uma arena de disputa na qual estão presentes elementos históricos, sociais e políticos.

Exemplo 2: O Estatuto do Embrião e a pesquisa com células tronco embrionárias

Nesta proposta, Oliveira, Cruz e Silva (2016) propõem uma Sequência Didática (ver Capítulo 4) baseada na Teoria Ator-Rede, destinada aos estudantes do ensino médio, sobre o Estatuto do Nascituro (PL nº 478, de 2007) e as pesquisas com células-tronco embrionárias. Estas são consideradas controvérsias sociotécnicas, pois envolvem, além de conceitos científicos e tecnológicos, diversos setores da sociedade desafiando sistemas religiosos, éticos, políticos e culturais/tradicionais. O Quadro 5 sintetiza a SD proposta por Oliveira, Cruz e Silva (2016).

Os autores da proposta do Quadro 5 explicam que os artefatos biotecnológicos e da bioengenharia são algumas das formas de se perceber e entender claramente o que vem a ser a hibridização, pois podem gerar bio-objetos: híbridos que não podem mais ser consideradas de natureza humana, animal, vegetal ou sintética (WEBSTER, 2012). Os bio-objetos são, assim, um entrelaçamento de elementos e atores que não permitem a distinção entre categorias como social e natural. Sob essa perspectiva o embrião é considerado um bio-objeto que além de criar novas oportunidades clínicas e comerciais apresenta, também, riscos e incertezas que demandam novas formas de governança e de tomadas de decisões éticas e políticas.

Quadro 5. Síntese da SD sobre o Estatuto do Embrião e a pesquisa com células tronco embrionárias

Tema: O Estatuto do Embrião e a pesquisa com células tronco embrionárias Objetivos da Sequência Didática: - Desenvolver uma visão crítica acerca de questões relacionadas ao embrião e às células tronco embrionárias; - Adquirir conhecimentos sobre a legislação brasileira a respeito do assunto; - Oportunizar uma alfabetização científica que não implique na perda da identidade cultural dos participantes; - Promover a aprendizagem de teorias e conceitos relativos ao embrião e às células tronco embrionárias. Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio. Duração: Oito aulas. Materiais: - Folhas de ofício. - Quadro negro. - Textos para a aula: “Identificando a rede”. - Fotocópias (roteiros de entrevista, das atividades propostas, do PL nº478 de 2007 e das instruções para o Júri Simulado).	
ETAPAS E N° AULAS/ DURAÇÃO	SUBTEMAS DAS ETAPAS (AULAS) E METODOLOGIA
1. Problematicando o assunto: 4 aulas/ 50 min	Aula 01: Avaliação diagnóstica - Avaliação diagnóstica inicial do tema pelo(a) professor(a). - Divisão da turma em grupos de aproximadamente cinco estudantes. Cada grupo receberá uma situação problema para discutir a respeito e responder às questões propostas: o que é vida? Quando começa a vida? O embrião é um ser humano? Por quê? O embrião fertilizado “in vitro” é um ser humano? Por quê? - Após discussão em grupo e elaboração das respostas solicitadas o(a) professor(a) mediará a discussão em conjunto. - Durante as discussões é interessante saber: se houve consenso entre os participantes de cada grupo ou se durante o processo de elaboração das respostas houve pessoas com opiniões divergentes; o quanto o assunto é polêmico e, portanto, passível de diversas opiniões. - Avaliação: Cada grupo deverá entregar suas respostas o(a) professor(a). A partir de um material de apoio cada grupo deverá entrevistar um representante da sociedade visando problematizar o conceito de vida e o estatuto de vida que pode ser atribuído ao embrião.

	Aula 02: Preparando o espaço para discussões - O(a) professor(a) problematizará a visão da ciência, da religião, da filosofia, da política, do direito e da ética por meio das entrevistas feitas pelos estudantes. - Durante o processo apontar pontos que polemizem o assunto. Questionar os estudantes: “O que especificamente torna o tema polêmico?”. Para Casa: Elaborar um texto dissertativo respondendo às seguintes questões: o que é ser pessoa? Você é uma pessoa? Aulas 03 e 04: Do Estatuto do Nascituro à pesquisa com células tronco embrionárias – discussões e reflexões - Definição e apresentação de maneira panorâmica do histórico do Estatuto do Nascituro aos estudantes com leitura e análise do documento.
2. Estimulando controvérsias e lidando com saberes científicos e culturais: 1 aula/ 50 min	Aula 05: Identificando a rede - O(A) professor(a) retomará a discussão da aula anterior sobre a pesquisa e ao uso de células-tronco embrionárias a partir de um debate em torno deste assunto evidenciando que o mesmo se sustenta como uma rede intrincada formada por diferentes atores. - O(a) professor(a) propõe que cada grupo busque os fundamentos das opiniões de vertentes controversas em torno da polêmica da pesquisa com células-tronco embrionárias para, na próxima aula, realizar-se um Júri Simulado.
3. Analisando recalcitrâncias: 2 aulas/ 50 min	Aulas 06 e 07: Conhecendo mundos possíveis - Desenvolvimento do Júri Simulado.
4. Identificando as traduções: 1 aula/ 50 min	Aula 08: Finalizando o processo - Identificação e análise das translações e a aprendizagem: o(a) professor(a) finalizará a aplicação da SD propondo um evento chamado “Café com conversa” de modo que cada grupo leve alimentos e utensílios para juntos fazerem um lanche. Durante o evento conversarão sobre a atividade e os momentos de aprendizagem propostos.

Fonte: Adaptado de Oliveira, Cruz e Silva (2016)

 SÍNTESE**O que é?**

As QSC tratam de uma abordagem de ensino de Ciências, que envolve questões controversas, utilizando de componentes de Ciência e Tecnologia, relacionadas com aspectos da religião, cultura, filosofia, sociologia, ética e do direito, por exemplo, envolvendo os estudantes em debates sobre questões de interesse público, engajando-os na busca de alternativas para os problemas apresentados. Neste sentido, constitui-se de práticas educativas desenvolvidas numa perspectiva crítica, pois buscam um ensino contextualizado e emancipatório, comprometido com o pleno exercício da cidadania e da democracia.

O que diz?

Sousa e Gehlen (2017) destacam que grande parte das pesquisas sobre QSC são consideradas uma metodologia para concretizar os pressupostos de uma educação CTS(A), sendo potenciais para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula. Além disso, desenvolvem o pensamento crítico, a autonomia intelectual e a formação sociopolítica dos estudantes. Em geral as temáticas das QSC são atuais e estão em evidência na mídia, têm relação com conteúdos de fronteira, abarcando diversos campos do conhecimento e tem vínculo com a realidade local ou com interesses dos estudantes.

Como?

Para Hodson (2017) as QSC devem ser abordadas no currículo de Ciências por meio de quatro estágios progressivos: 1) identificar os impactos sociais e ambientais da mudança científica e tecnológica e o reconhecer que a ciência e a tecnologia são culturalmente determinadas; 2) reconhecer que o desenvolvimento em ciência e tecnologia são inextricavelmente ligados a distribuição de riqueza e poder; 3) abordar a controvérsia, esclarecer valores, resolver dilemas éticos, formular e desenvolver suas próprias opiniões e justificá-las através da discussão e do argumento; 4) preparar-se para agir sobre questões sociocientíficas e ambientais.

Venturini (2010) propõe a realização da Cartografia de Controvérsias, a partir de cinco lentes de observação: 1^a) *Delinear a controvérsia*, passando dos

argumentos (caoticamente esparsos na literatura e aparentemente isolados entre si) para o debate (quando articulamos os argumentos das vozes dissonantes). 2ª) *Quem são os atores envolvidos na controvérsia?* Identificar quem está agindo no contexto da controvérsia - quer seja este ator uma pessoa, uma organização, uma coisa, um animal, uma entidade, uma lei, e assim por diante. 3ª) *Como os atores estão conectados?* Esta lente destina-se a visualizar as conexões e os movimentos de individualização e aglutinação de grupos de interesses que caracterizam as controvérsias. 4ª) *Onde a controvérsia acontece?* Escolher a escala de investigação. Toda controvérsia é parte de outra controvérsia maior, uma espécie de metacontrovérsia e também é composta por outras subcontrovérsias menores. 5ª) *Quando a controvérsia acontece?* Além de apresentar sobre o que é a controvérsia, quais são os embates, como os atores se conectam ou se opõem e onde as batalhas acontecem, é preciso mostrar como tudo isso evolui ao longo do tempo.

Para abordar QSC no contexto escolar, recomenda-se o uso de estratégias didáticas que envolvam tomadas de posição, tais como discussão de textos, debates, juris-simulados, pesquisas e produções audiovisuais, dentre outras.

Quais limites e possibilidades?

As QSCs têm potencialidade de desenvolver nos estudantes conhecimentos, habilidades, atitudes e confiança para investigar diversos pontos de vista, analisá-los e avaliá-los criticamente, reconhecendo as inconsistências, contradições e interesses diversos, fazendo-os chegar a suas próprias conclusões, argumentando de forma coerente e persuasiva sobre os seus pontos de vista e usando-os nas tomadas de decisão sobre o que é certo, bom e justo num contexto particular. As QSC oferecem a possibilidade de uma educação científica comprometida com ações adequadas e responsáveis sobre questões de interesse social, econômico, ambiental e ético-moral (HODSON, 2017).

A principal limitação das QSC está na sua condução pelos professores, já que muitos deles preferem tomar uma posição imparcial diante das controvérsias. Para além do perigo de incentivar o relativismo, a credibilidade do professor fica em cheque. Hodson (2017) afirma ser lamentável que os professores se recusem a anunciar sua opinião ao mesmo tempo em que encorajam os estudantes a se posicionarem. Para ele, a noção de

imparcialidade exige que os professores dediquem tempo, consideração e pesos iguais aos pontos de vista e aos argumentos que claramente não tem o mesmo mérito e impede os estudantes de desenvolverem as habilidades críticas necessárias para julgar o valor e a validade das diferentes posições.

REFERÊNCIAS

ALLAIN, L. R.; COUTINHO, F. Â. Controvérsias em torno das identidades profissionais de licenciandos em biologia: um estudo inspirado na Teoria Ator-Rede. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 33, e164947, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-46982017000100151. Acesso em: 15 set. 2021.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p. ISBN: 978-85-232-1656-6.

DE FARIA, E. S.; COUTINHO, F. A. Educação científica em ação: a cartografia de controvérsias como prática de cidadania técnico-científica. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 22, n. 3, set./dez. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3KepiVF>. Acesso em 15 set. 2021.

DIAS, T. L. S. *et al.* Cotas raciais, genes e política uma questão sociocientífica para o ensino de ciências. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas [online]. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 303-324. ISBN 978-85-232-2017-4. Disponível em: <https://bit.ly/3HM3lWS>. Acesso em: 14 nov. 2021.

GENOVESE, C. L. C. R.; GENOVESE, L. C. R.; CARVALHO, W. L. P. Questões sociocientíficas: origem, características, perspectivas e possibilidades de implementação no ensino de ciências a partir dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v.15, n. 34, jul-dez 2019. p.05-17. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/viewFile/6589/6029>. Acesso em: 12 set. 2021.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D.M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p. ISBN: 978-85-232-1656-6

LATOUR, B. **Reagregando o Social**. Uma introdução à teoria ator-rede. Salvador/Bauru: EDUFBA/EDUSC, 2012.

LATOUR, B. **Scientific Humanities**. France Université Numerique. Massive Open Online Course (MOOC), jan-mar. 2015. Disponível em: <https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/FUN/>. Acesso em: 12 set. 2021.

LIMA, A.; MARTINS, I. As interfaces entre a abordagem CTS e as questões sociocientíficas nas pesquisas em educação em ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9, 2013, Águas de Lindóia-SP. **Anais eletrônicos [...]**. Águas de Lindóia: SP, 2013, 11 p. Disponível em: <https://bit.ly/34U6qMO>. Acesso em: 14 nov. 2021.

LINSINGEN, L. V. Prefácio. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p. ISBN: 978-85-232-1656-6.

MENDES, M. R. M. **A Argumentação em Discussões Sociocientíficas: o contexto e o discurso**. 2012. 209 f. Tese (Doutorado em Educação - Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

NUNES-NETO, N.; CONRADO, D. M. Questões sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p. ISBN: 978-85-232-1656-6.

PEDRETTI, E. Septic tank crisis: A case study of science, technology and society education in an elementary school. **International Journal of Science Education**, Ontario, v. 19, n.10, p. 1211-1230. 1997. Disponível em: <https://bit.ly/3p781FM>. Acesso em: 12 set. 2021.

PEDRETTI, E. G. *et al.* Promoting issues-based STSE perspectives in science teacher education: problems of identity and ideology. **Science & Education**, Dordrecht, v. 17, n. 8-9, p. 941-960, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9060-8>. Acesso em: 10 dez. 2021.

RATCLIFFE M.; GRACE M. **Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

REIS, P. **Controvérsias sócio-científicas: discutir ou não discutir?** Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da Terra e da vida. 2004. 488 f. Tese (Doutorado em Educação – Didática das Ciências) - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3109>. Acesso em: 10 jan. 2022.

REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v.10, n. 2, p. 131-160, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/514>. Acesso em: 12 set. 2021.

SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química**. 2010. 300 f. (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6158>. Acesso em 10 jan. 2022.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20009>. Acesso em: 14 set. 2021.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em ensino de ciências**, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/355>. Acesso em: 13 set. 2021.

SHEN, B. S. P. Scientific literacy and the public understanding of science. In: DAY, S. B. (Org.). **The communication of scientific information**. Basel: Karger, 1975. p. 44-52.

STENGERS, I. The cosmopolitical proposal. In: LATOUR, B.; WEIBEL, P. (Org.). **Making things public: atmospheres of democracy**. Cambridge MA: The MIT Press, 2005. p. 994-1003.

SOUSA, P.S.; GEHLEN, S.T. Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/9939/26537>. Acesso em: 15 set. 2021.

TORRES, N.; SOLBIS, J. Pensamiento crítico desde cuestiones socio-científicas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. 570 p. ISBN: 978-85-232-1656-6

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. *et al.* A abordagem de questões sócio-científicas no Ensino de Ciências: contribuições à pesquisa da área. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, Campinas. **Anais eletrônicos [...]**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011, 11 p. Disponível em: https://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R1606-1.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

OLIVEIRA, J. R.; CRUZ, A. C.; SILVA, F. A. R. Do estatuto do embrião às pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias: uma abordagem ator-rede para alunos de ensino médio. In: COUTINHO, F. A., SILVA, F. A. R. (Org.) **Sequências didáticas: propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas**. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016. 104 p. ISBN: 978-85-8007-102-3.

VENTURINI, T. Diving in magma: how to explore controversies with actor-network theory. **Public Understanding of Science**, Londres, v. 19, n. 3, p. 258-273, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0963662509102694>. Acesso em: 12 set. 2021.

VENTURINI, T.; RICCI, D.; MAURI, M.; KIMBELL, L.; MEUNIER, A. Designing Controversies and their Publics. **Design Issues**, v. 31, n.3. 2015. Disponível em: <http://www.tommaso-venturini.it/wp/?cat=9>. Acesso em: 14 set. 2021.

WEBSTER, A. Introduction. Bio-objects: exploring the boundaries of life. In: VERMEULEN, N.; TAMMINEN, S. and WEBSTER, A. **Bio-objects: life in the 21st century**, pp. 1-10. Burlington: Ashgate, 2012.