


Ativismo sociocientífico e questões sociocientíficas no ensino de ciências: e a dimensão tecnológica?

Socio-scientific activism and socio-scientific issues in science teaching: what about the technological dimension?

 Moises Marques Prsybyciem¹

 Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira²

 Awdry Feisser Miquelin²

¹Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim, RS, Brasil.
Autor correspondente: moises.prsybyciem@uffs.edu.br

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento de Ensino, Ponta Grossa, PR, Brasil.

Resumo: Este ensaio teórico tem o objetivo de problematizar a necessidade de inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica e de suas relações sistêmicas nas abordagens das questões sociocientíficas e do ativismo sociocientífico no Ensino de Ciências. Para tanto, apresentamos as visões de alguns autores sobre essas abordagens. Em seguida, buscamos discutir as razões para essa inclusão, problematizando, assim, a multiestabilidade das tecnologias, a suposta neutralidade e o modelo linear de desenvolvimento/progresso científico-tecnológico. A inclusão da dimensão tecnológica favorece a construção de uma imagem mais realista dos processos, discursos e projetos hegemônicos sobre Ciência-Tecnologia (CT), bem como a promoção de uma cidadania ativa e responsável de professores e estudantes no século XXI. Essas reflexões podem ampliar a compreensão sobre a não neutralidade da CT e uma maior participação social em processos decisórios, além de sinalizar potencialidades de discussões a respeito das questões sociocientíficas-tecnológicas e do ativismo sociocientífico-tecnológico no Ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino de ciências; Questões sociocientíficas; Ciência e tecnologia.

Abstract: This theoretical essay aims to problematize the need to include a technological dimension and its systemic relationships in addressing socio-scientific issues and socio-scientific activism in Science Education. Thus, we have presented the view of some Science Education authors about it, and then we have aimed to discuss the reasons for that inclusion, questioning the multi-stability of technologies and the supposed neutrality, as well as the linear model of scientific-technological development/progress. The inclusion of the technological dimension favors the construction of a more realistic image of the process, of the discourse and of the hegemonic projects on Science-Technology (ST), as well as the development of active and responsible citizenship of teachers and students in the 21st century. Those reflections can broaden the understanding of ST non-neutrality and lead to greater social participation in decision-making processes, besides hinting at possibilities through the discussion of socio-scientific-technological issues, and about socio-scientific-technological activism in Science Teaching.

Keywords: Science teaching; Socio-scientific questions; Science and technology.

Recebido em: 25/03/2021

Aprovado em: 07/08/2021



Introdução

O desenvolvimento científico-tecnológico vem provocando diversas transformações nos contextos políticos, sociais, educacionais, econômicos, culturais, produtivos e ambientais na sociedade do século XXI. Todavia, esse processo não proporcionou apenas benefícios, mas, também, contradições, incertezas, impactos negativos e desafios (CONCEIÇÃO; BAPTISTA; REIS, 2018).

Os discursos, produtos, projetos e processos envolvendo a produção de Ciência-Tecnologia (CT) não são neutros e estão presentes, cada vez mais, na vida das pessoas no cotidiano. Para Reis (2013), a gravidade e a complexidade das controvérsias sociocientíficas que afetam a sociedade exigem um maior envolvimento de estudantes e professores em iniciativas de ações sociopolíticas e/ou Ativismo Sociocientífico (ASC). As controvérsias presentes nas Questões Sociocientíficas (QSC) surgem das complexas inter-relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

Todavia, entendemos que, diante da atual realidade em que vivemos, cercados de CT, não é mais suficiente apenas a promoção das discussões sobre as QSC e do tão necessário ASC, pois as questões tecnológicas devem estar presentes sempre nas discussões. Dessa forma, essas discussões deveriam pautar-se nas questões sociocientíficas-tecnológicas, buscando avançar para o ativismo sociocientífico-tecnológico fundamentado no Ensino de Ciências para formação de uma cidadania mais responsável e ativa.

Essa cidadania envolve a intenção de promover, impedir ou direcionar as mudanças em relação à produção de CT e a busca pela construção de uma imagem mais real dessas atividades. Tal participação em processos decisórios deve levar em consideração a problematização das complexas inter-relações CTS e a necessidade de superar a concepção da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso da CT.

Assim, entendemos a articulação entre Ensino de Ciências e cidadania ancorada na noção de ciência-cidadã (IRWIN, 1998; SANTOS, 2005; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; TOTI, 2011). A ideia de uma educação científica-tecnológica do cidadão é essencial no processo de desenvolvimento da CT e da democracia, visando à compreensão das inter-relações CTS na realidade social e política (TOTI, 2011).

Conforme Auler e Delizoicov (2001), o objetivo central do movimento CTS consiste na busca de uma maior participação social em processos de tomada de decisão sobre problemas concretos, envolvendo o desenvolvimento científico-tecnológico. No entanto, no campo CTS, os processos de participação nessa tomada de decisão, muitas vezes, limitam-se à avaliação pós-produção de CT (ROSA; AULER, 2016; SANTOS; AULER, 2019), havendo, assim, um silenciamento das vozes da maioria dos cidadãos na participação em processos decisórios sobre CT.

Nesse sentido, para fortalecer essa participação social, envolvendo o desenvolvimento de CT na quarta revolução industrial, entendemos como necessária a inclusão, de maneira explícita, das discussões da dimensão tecnológica (conteúdos, processos, sistemas, natureza e produtos) e de suas relações sistêmicas no Ensino de Ciências. Esse processo pode ajudar a ampliar a compreensão sobre a não neutralidade da CT. Tal necessidade de ampliação vem sendo sinalizada em diversas pesquisas (ROSA; AULER, 2016; ROSA; STRIEDER, 2019; SANTOS; AULER, 2019).

Para Schwab (2019), estamos vivenciando a quarta revolução industrial, que consiste na fusão e interação das tecnologias das dimensões físicas, digitais e biológicas, o que vai implicar profundas mudanças na sociedade. Os conteúdos científicos e tecnológicos são essenciais para compreensão dessas mudanças e para análise crítica, desvelamento e superação dos discursos, projetos e processos hegemônicos que envolvem as questões sociocientíficas-tecnológicas neste século.

No entanto, observamos que uma maior atenção tem sido dada à dimensão científica em detrimento da tecnológica nas discussões das QSC (REIS, 2013; ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019) e do ASC (HODSON, 2014; REIS, 2013) presentes na literatura do Ensino de Ciências. As discussões sobre a tecnologia e suas relações sistêmicas podem estar ficando silenciadas nos processos educacionais em sala de aula.

Nesse sentido, compreendemos que a ciência e a tecnologia estão cada vez mais próximas, imbricadas, em constante interação (ROSA; AULER, 2016). Dessa forma, com a constante interação entre CT e as dificuldades na contemporaneidade de diferenciá-las (definir fronteiras entre o que é ciência e o que é tecnologia), é crescente a utilização da expressão tecnociência (ACEVEDO, 2006). Todavia, mesmo com essa interação, elas são interdependentes, sendo que a tecnologia não pode ser entendida apenas como aplicação prática da ciência.

Em nossa compreensão, o silenciamento das discussões sobre a dimensão tecnológica no Ensino de Ciências e no próprio campo CTS podem estar favorecendo uma concepção limitada e/ou fortalecendo uma visão da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso da CT. A exclusão nas discussões da dimensão tecnológica leva a uma compreensão incompleta da natureza da ciência e da tecnociência (ACEVEDO, 2000). Caso esse silenciamento e essas omissões permaneçam, posturas passivas poderão ser reforçadas (ROSA; STRIEDER, 2019). Esse processo pode contribuir para uma visão ingênua da atividade científico-tecnológica e impedir uma maior participação social em processos decisórios.

Assim, este trabalho se caracteriza como ensaio teórico e tem como objetivo problematizar a necessidade de inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica e de suas relações sistêmicas na abordagem das QSC e do ASC no Ensino de Ciências, para construção de uma imagem mais real da CT e para uma cidadania mais ativa e responsável de professores e estudantes no século XXI. Com essas reflexões, esperamos contribuir para discussões da não neutralidade da CT, da relação tecnologia-cultura como multiestáveis e uma maior participação social envolvendo a CT, além de sinalizar potencialidades de implementação no Ensino de Ciências em sala de aula das questões sociocientíficas-tecnológicas e do ativismo sociocientífico-tecnológico.

Este estudo foi realizado por meio de uma abordagem qualitativa, delineada como pesquisa bibliográfica. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os seguintes passos: (i) determinação dos objetivos; (ii) elaboração do plano de trabalho; (iii) identificação de algumas fontes sobre o tema de relevância; (iv) localização das fontes e obtenção dos textos; (v) leitura dos textos; (vi) realização de apontamentos; (vii) confecção de fichas; e (viii) redação do trabalho (MOREIRA; CALEFFE, 2008). O corpus da literatura foi mobilizado conforme a necessidade de subsidiar a construção de argumentos coerentes e críticos do presente ensaio, buscando artigos de relevância da área de Ensino de Ciências que discutem sobre QSC, ASC, cidadania e CTS.

Questões sociocientíficas e ativismo sociocientífico: a inclusão da dimensão tecnológica

As QSC provaram ter um papel elementar para promoção de uma alfabetização científica dos estudantes, dentro da comunidade de educação científica, nas últimas duas décadas (ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019), contribuindo para a construção de uma cidadania ativa e responsável e uma imagem mais real e humana do processo científico- tecnológico (KOLSTOE, 2001).

No Ensino de Ciências, essas questões têm sido defendidas por vários pesquisadores/professores. Conforme Martínez Pérez e Carvalho (2012, p. 729), as QSC abrangem controvérsias sobre assuntos sociais,

[...] que estão relacionados com conhecimentos científicos [e tecnológicos] da atualidade e que, portanto, em termos gerais, são abordados nos meios de comunicação de massa (rádio, TV, jornal e internet). Questões como a clonagem, a manipulação de células-tronco, os transgênicos, o uso de biocombustíveis, a fertilização in vitro, os efeitos adversos da utilização da telecomunicação, a manipulação do genoma de seres vivos, o uso de produtos químicos, entre outras, envolvem consideráveis implicações científicas, tecnológicas, políticas e ambientais que podem ser trabalhadas em aulas de ciências com o intuito de favorecer a participação ativa dos estudantes em discussões escolares que enriqueçam seu crescimento pessoal e social.

Reis (2013) acredita que as controvérsias presentes nas QSC englobam interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente que dividem a sociedade. Nesse processo, diferentes grupos possuem explicações e soluções diferentes para os problemas complexos baseados em valores, crenças, sentimentos e emoções. As QSC envolvem os aspectos éticos e morais.

Evagorou e Mauriz (2017) afirmam que QSC são situações problemas mal estruturadas que envolvem aspectos sociais, morais, éticos e econômicos, os quais geralmente surgem da ligação da ciência e da sociedade, carecendo, assim, de soluções claras e fundamentadas. Esses autores definem QSC como aquelas em que a sociedade ou a ciência estão claramente divididas e grupos significativos advogam explicações ou soluções conflitantes baseadas em evidências e valores.

Para Conrado e Nunes-Neto (2018), as QSC são problemas ou situações controversas e complexas, que podem ser transpostas para a educação científica, por permitir uma abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares e/ou multidisciplinares, sendo os conhecimentos científicos fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para esses problemas. As problemáticas ligadas à saúde pública e às questões socioambientais atuais são exemplos de QSC e evidenciam as complexas relações entre os campos CTS.

Dessa forma, verifica-se que as QSC envolvem conhecimentos científicos e tecnológicos fundamentais para a compreensão dessas questões, da não neutralidade da CT e para uma maior participação social em processos decisórios. Todavia, observamos, muitas vezes, que, nas discussões na literatura no Ensino de Ciências e no próprio campo CTS, uma grande ênfase é dada à dimensão científica e pouca atenção (ou quase nenhuma) à dimensão tecnológica.

Assim, entendemos que esse processo, muitas vezes, ocorre pela presunção de que a tecnologia já está presente nas discussões da dimensão científica sobre QSC e

ASC e/ou que o raciocínio científico é suficiente para resolução dos problemas. Essa percepção pode reforçar uma visão dos mitos sobre a suposta neutralidade e ao modelo linear de progresso científico-tecnológico, contribuindo, assim, para uma leitura mágica e ingênua da realidade social (FREIRE, 2016) e para a construção de uma imagem não realista do processo científico-tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Em estudo recente, Zeidler, Herman e Sadler (2019) sintetizaram algumas tendências atuais da pesquisa de QSC que impactam os rumos da pesquisa em Ensino de Ciências. Os autores apontam três áreas amplas e inter-relacionadas de pesquisa: (i) QSC e o papel central do raciocínio sociocientífico; (ii) QSC e a primazia da perspectiva sociocientífica; e, (iii) QSC e a importância de contextos informais e locais. Essas novas tendências na pesquisa e na prática de QSC levam o desenvolvimento de novos entendimentos e estratégias de ensino.

Reis (2013) aponta para a necessidade de discussão e a passagem para a ação sociopolítica sobre questões sociocientíficas que afetam a sociedade. O autor apresenta as potencialidades de discussões das controvérsias presentes nas QSC no Ensino de Ciências, em termos de aprendizagem da ciência e do desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos estudantes.

Os trabalhos apontados discutem tendências e possibilidades de aprendizagem das QSC no Ensino de Ciências, porém, fica evidente, em nossa percepção, as limitações em relação às discussões envolvendo a tecnologia. A tecnologia possui um valor dimensional para discussões no âmbito social, científico, cultural, econômico e político, pois ela é multiestável (BOZATSKI, 2018). O mundo na contemporaneidade é demasiadamente tecnológico. Assim, a tecnologia está presente, por exemplo, em artefatos e sistemas, tais como: bicicletas, vacinas, sistema de iluminação de uma cidade ou casa, sistemas de educação, urbanismo e sistemas de comunicação.

Essa discussão é importante, uma vez que a tecnologia não é neutra, não é pura nem simplesmente uma aplicação prática da ciência, pois ela incorpora valores, intencionalidades e interesses políticos e econômicos de grupos hegemônicos. Um exemplo disso são os sistemas de comunicação (emissoras de televisão e redes sociais) que podem ser utilizados para manipulação dos usuários por meio de *fake news*, ocasionando implicações éticas e morais.

Nesse sentido, compreendemos que as discussões da dimensão científica são fundamentais, mas que elas não são suficientes para uma compreensão ampliada das QSC. A dimensão tecnológica (natureza, conceitos, processos, produtos e sistemas) e suas relações sistêmicas são fundamentais nesse processo. Os problemas complexos e controversos do século XXI exigem a análise da tecnologia e de suas implicações para resolução dos problemas envolvendo essas questões.

Questões que envolvam clonagem, inteligência artificial (assistentes virtuais de voz, câmeras termográficas, robótica - *cobots* na indústria); saúde humana (pandemias); guerras; nanotecnologia; biotecnologia; *fake news* (por exemplo, movimento antivacina); meio ambiente; Internet das coisas; novos agrotóxicos; neurotecnologias; veículos autônomos; alimentação; computação quântica; indústrias; realidade aumentada e virtual; tecnologia 4G/5G e impressão 3D/4D; rompimento de barragens em mineradoras; transgênicos; *big data*; e, energia nuclear, dentre outras, englobam, em algum aspecto, a dimensão tecnológica.

Assim, a inclusão da dimensão tecnológica e de suas implicações pode favorecer a conscientização crítica dos cidadãos e a necessária passagem para o ativismo científico-tecnológico fundamentado. A conscientização crítica consiste no “[...] esforço para livrar os homens dos obstáculos que os impedem de ter uma clara percepção da realidade” (FREIRE, 1980, p. 48). Essa conscientização é fundamental para superação dos discursos e processos hegemônicos envolvendo CT, por meio da ação social fundamentada individual e/ou coletivamente.

Conforme Reis (2013), as controvérsias/questões sociocientíficas que afetam a sociedade são graves e complexas, exigindo uma cidadania fundamentada para tomada de decisão e para o ativismo sociocientífico. O ASC, no contexto comunitário e educacional, pode ser compreendido como um aspecto elementar para a alfabetização científica [tecnológica] e para formação de estudantes críticos e ativos.

Assim, com o ensino de QSC, os estudantes são expostos a problemas morais com pontos de vistas científicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais podem entrar em conflitos com suas visões pessoais, forçando, dessa forma, os estudantes a se concentrarem na utilização e interpretação de dados e na análise de evidências conflitantes para o envolvimento em discussões de pontos de vistas que podem ser diferentes dos originais (EVAGOROU; MAURIZ, 2017).

Nesse sentido, compreendendo que as QSC englobam diferentes contextos e que os conhecimentos científicos e tecnológicos são centrais para compreensão dessas questões, apontamos a elementaridade da inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica no conceito das QSC, emergindo, assim as Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (QSCT).

As QSCT são problemas ou situações complexas e controversas que surgem das inter-relações CTS, em que as pessoas/grupos possuem posicionamentos e ideias conflitantes sobre essas questões com base em valores, emoções e visões midiáticas. As referidas questões englobam os contextos sociais, políticos, produtivos, ideológicos, científicos, tecnológicos, culturais, éticos, ambientais, econômicos e as preocupações com os aspectos morais, de valores e emocionais, de maneira sistêmica. Os conhecimentos e processos da CT são elementares para análise, desvelamento e superação dos discursos, projetos e processos hegemônicos que envolvem essas questões.

Assim, as QSCT podem ajudar na promoção de uma alfabetização científico-tecnológica ampliada e na passagem para o ativismo fundamentado, pela conscientização crítica dos estudantes e professores no Ensino de Ciências. Essas questões podem ser integradas em sala de aula nas práticas educativas dos professores e nos currículos, com objetivo de estimular maior envolvimento e participação ativa, democrática e inclusiva dos estudantes na tomada de decisão, envolvendo a CT nos processos educacionais.

Entendemos a alfabetização científico-tecnológica ampliada como uma prática social no Ensino de Ciências. Essa noção implica na participação ativa do cidadão na sociedade, em uma perspectiva de equidade e igualdade social. Nesse processo, grupos minoritários, muitas vezes, discriminados por gênero, raça, religião e condição social, podem agir pela utilização do conhecimento científico e tecnológico (ROTH; LEE, 2004; SANTOS, 2007).

Para Santos e Schnetzler (2010), além do conhecimento em CT, esse processo requer o desenvolvimento de atitudes e valores ligados aos interesses da coletividade, envolvendo as relações de solidariedade, compromisso social, consciência coletiva, respeito e justiça social.

Em relação ao ativismo sociocientífico, o *Oxford English Dictionary* descreve o ativismo como os “[...] esforços intencionais para promover, impedir ou direcionar as mudanças sociais, políticas, econômicas ou ambientais” (ALSOP; BENCZE, 2014, p. 8, tradução nossa). O ativismo tem suas raízes em movimentos sociais e organizações da sociedade civil pelo mundo. Os movimentos ativistas, por meio de ações práticas (boicotes de certos produtos, petições públicas, manifestações públicas organizadas, dentre outras), buscam uma transformação social, política, educacional, ambiental, econômica, científica e tecnológica.

Na sociedade moderna, também temos outras formas de ativismo, principalmente, devido à expansão da Internet e à evolução das tecnologias de informação e comunicação, como o movimento Net-Ativismo (*Net-Activism*, como simplificação de *Networked-Activism*), que consiste numa rede de comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (MORAIS, 2018).

O movimento *Põe no Rótulo* pode ser considerado um exemplo de net-ativismo. Esse movimento teve início em 2014, como resultado da interação, colaboração e cooperação de pessoas com objetivos em comum, visando garantir que os rótulos dos alimentos informem com clareza a composição e riscos em relação à alergia alimentar. Assim, com informações mais claras e acessíveis, as pessoas podem fazer escolhas mais conscientes. Todavia, entendemos que esse processo deve ser estimulado e mediado pela escola.

Para Alsop e Bencze (2014), o termo “ativismo” é envolvido em muitos imaginários sociais fragmentados, confusos e imprecisos. Para maioria das pessoas, o ativismo envolve desejos de agir buscando as mudanças/transformações almejadas. Todavia, esse termo pode gerar algumas controvérsias. Os autores pontuam que, muitas vezes, o ativismo é,

[...] associado ao ‘espetáculo’ e, ao fazê-lo, corre o risco de ser separado de ações cotidianas [...]. Pode tornar-se acompanhado de uma noção um pouco romantizada de conhecimentos e práticas ativistas como necessariamente e inquestionavelmente superiores a outras práticas. Focar nas respostas dos ativistas pode mudar rapidamente as responsabilidades de indivíduos e grupos cívicos, enquanto parecem absolver o estado e instituições (incluindo escolas e universidades) de suas responsabilidades. Além disso, o ativismo pode se tornar erroneamente associado a ideologias, práticas de doutrinação intolerantes às diferenças e incapazes ou relutantes em se auto refletir criticamente e aprender com os outros (ALSOP; BENCZE, 2014, p. 8, tradução nossa).

Assim, uma percepção errônea de ligação com partidos políticos e práticas de doutrinação, segundo Albano (2015), pode limitar a utilização de processos de cunho ativistas na educação, pela interpretação da direção e equipe pedagógica da escola e governantes da localidade. O autor recomenda a necessidade de deixar bem claro desde o início dos trabalhos no contexto educativo e comunitário, que os projetos visam trabalhar questões de cidadania.

Alsop e Bencze (2014), associam o ativismo, como:

- um conceito abrangente, atual e flexível para concentrar diferentes perspectivas e objetivos. É um objeto de fronteira, uma ponte de contato, que indivíduos e grupos podem se identificar de maneira aberta e de formas empoderadoras;
- um conceito que abrange grupos variados de pessoas com objetivos em comum, compromissos políticos e educacionais divergentes, visando o compartilhamento e a vontade de aprender juntos como sujeitos críticos e conscientes em vez de objetos de processos educacionais e sociais;
- fator que favorece a discussão de questões/controvérsia sociocientífica-tecnológica na educação e faz um convite para o processo crítico-reflexivo;
- um termo orientado para a ação social prática, portanto, oferece a perspectiva de identificação com os outros e ação com objetivos comuns. O ativismo pode despertar as relações de afetividade, o respeito, o espírito democrático, a autonomia intelectual e moral (interações sociais e trabalho coletivo) e a solidariedade.

Barton e Tan (2010) reforçam que o ativismo implica em agir para promoção de mudanças sociais, econômicas, educacionais, políticas e ambientais. Os autores compreendem o ativismo na educação científica como um projeto de construção de identidade e conhecimento profundamente enraizado na prática do dia a dia. Nesse sentido, o ativismo sociocientífico é defendido por vários pesquisadores e professores no Ensino de Ciências (ALSOP; BENCZE, 2014; BAPTISTA; REIS; ANDRADE, 2018; HODSON, 2003, 2014; REIS, 2013; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014) para estimular a ação social fundamentada na realidade comunitária e educacional.

O ASC consiste na participação e ação social democrática e inclusiva das pessoas na tentativa de resolver problemas relacionados às QSC que afetam suas vidas, de maneira solidária e com espírito democrático (ALSOP; BENCZE, 2014; BAPTISTA; REIS; ANDRADE, 2018).

Reis (2013) e Hodson (2014) apontam que as discussões de questões sociocientíficas para o ativismo encontram-se associados ao desenvolvimento de competências essenciais para uma cidadania ativa e responsável. Muitos autores associam o ASC a uma cidadania responsável, ativa e participativa (HODSON, 2014; REIS, 2013; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014). Para Sperling, Wilkinson e Bencze (2014, p. 372, tradução nossa), “cidadania ativa ou participativa refere-se a uma indicação de atores que estão envolvidos na vida comunitária, que reconheceram as possibilidades positivas e negativas de suas ações”.

No entanto, para o desenvolvimento da tomada de decisão mais crítica, de uma maior autonomia intelectual e da ação social fundamentada na e para a cidadania, esse processo perpassa pela inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica e de seu caráter sistêmico nas discussões em sala de aula, emergindo o Ativismo Sociocientífico-Tecnológico (ASCT).

Nesse contexto, compreendemos o ASCT fundamentado como o processo de conscientização crítica dos professores e estudantes e a passagem para a ação social fundamentada na tomada de decisão, na tentativa de resolução de problemas relacionados às QSCT que afetam a vida das pessoas no contexto educacional e comunitário. A expressão ‘fundamentado/a’ consiste nos conhecimentos da CT, nas

abordagens (CTS e ASCT) e no reconhecimento dos diversos contextos (ambiental, econômico, ideológico, social, cultural e político) e aspectos (éticos, morais, valores e crenças), envolvendo as QSCT.

É importante destacar ainda que, muitas vezes, o ativismo ou o ativismo sociocientífico-tecnológico pode ser visto como desconectado da teoria e da reflexão, reforçando a compreensão da prática como ativismo cego. Nessa compreensão não há práxis autêntica, pois não se leva em consideração a unidade dialética ação-reflexão e teoria-prática (FREIRE, 2010).

Dessa forma, acredita-se que o ativismo fundamentado só pode ocorrer pela ação cultural para a liberdade, que consiste no diálogo e no comprometimento com a conscientização crítica dos cidadãos. Em outras palavras, a conscientização e o ativismo fundamentado não podem existir sem o ato de ação-reflexão na realidade concreta (FREIRE, 1980).

Esse processo favorece uma leitura crítica e consciente da realidade, uma vez que estimula o desenvolvimento de uma práxis transformadora, ou seja, uma práxis pedagógica autêntica no Ensino de Ciências em sala de aula, em que considera a ação/reflexão, levando, assim, os sujeitos a refazerem, recriarem e/ou reinventarem suas ações depois de ter refletido sobre elas.

Se não houver o processo de conscientização, essa leitura da realidade será mágica e ingênua, conseqüentemente, a ação social prática não vai promover mudanças efetivas na realidade social, política, ambiental, educacional, produtiva, científica, tecnológica e econômica.

A ação cultural para a liberdade utiliza o conhecimento científico e tecnológico para a análise crítica e desvelamento das contradições e obstáculos enfrentados pelos sujeitos. Porém, é importante ressaltar que nesse processo não se consideram os discursos, conhecimentos, processos e projetos hegemônicos de CT a serviço da dominação.

O uso dos conhecimentos da CT é elementar para a construção da conscientização dos sujeitos, mas não se deve aceitá-los passivamente. Para sua utilização, há necessidade de uma recriação, ressignificação e recontextualização. O acesso e a compreensão desses conhecimentos permitem o desvelamento das contradições vivenciadas sobre as questões sociocientíficas-tecnológicas. Nesse processo, o estudante começa a construir uma nova percepção e a consciência crítica, podendo, assim, planejar ações sociais fundamentadas e agir na comunidade.

Isso tudo implica na formação para uma cidadania mais responsável e ativa, buscando, promover, impedir ou direcionar as transformações sobre CT em diferentes contextos, de forma solidária e democrática. Assim, acreditamos que esse processo de alfabetização científico-tecnológica ampliada e a passagem para o ASCT pela conscientização dos cidadãos, por meio das discussões das QSCT, pode ser iniciado na escola, em específico, por meio do Ensino de Ciências. Todavia, não se limita a esse espaço e não se encerra na escola, isso é, consiste em um processo constante de aprendizagem e de formação ao longo da vida.

Razões para inclusão de maneira explícita da dimensão tecnológica nas discussões sobre QSC e ASC

As transformações e implicações advindas da quarta revolução industrial (tecnológica), no século XXI (SCHWAB, 2019), envolvendo, questões complexas e controversas, são razões mais que suficientes para inclusão da dimensão científica e tecnológica nas discussões no Ensino de Ciências.

Os problemas que envolvem as QSC, de alguma forma, necessitam do conhecimento e da visão sobre a natureza da tecnologia para sua resolução. Esse processo não pode ser diferente para a abordagem do ASC, em que a análise da dimensão tecnológica é elementar para a conscientização e a passagem para uma ação social fundamentada.

Para Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003), a tecnologia é compreendida como um conjunto de sistemas projetados para realizar determinadas funções. A tecnologia, vista como um sistema e não apenas como artefato tecnológico (automóveis, smartphones, computadores, dentre outros), permite a inserção tanto de instrumentos materiais quanto de tecnologias de organização social (educação, urbanismo, arquitetura, medicina e terapias psicológicas), os quais podem estar alicerçados no conhecimento científico.

O desenvolvimento tecnológico não pode ser reduzido à mera aplicação prática do conhecimento científico, muito menos à própria tecnologia. Os artefatos tecnológicos, como resultado da tecnologia, não podem se limitar ao contexto dos objetos materiais, uma vez que o tecnológico refere-se, também, àquilo que transforma e constrói a realidade social (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

Nesse sentido, outra razão para a inclusão da dimensão tecnológica, conforme já apontado, consiste na multiestabilidade das tecnologias. Esse conceito de multiestáveis é utilizado por filósofos da tecnologia que possuem uma visão pós-fenomenológica (BOZATSKI, 2018).

Conforme Bozatski (2018), o conceito de multiestabilidade implica dizer que a tecnologia pode ser utilizada de diferentes maneiras e variadas situações e contextos. Assim, a tecnologia pode produzir novas e inesperadas implicações, criando mudanças sociais e culturais inesperadas, podendo sempre ser reintroduzida em novos contextos, bem como desempenhar e oportunizar novas possibilidades.

O arco-sob-tensão, por exemplo, é uma tecnologia antiga e presente em diferentes culturas. O arco foi utilizado, aproximadamente, há 50 mil anos (a.p) em múltiplas culturas para caçar, começar o fogo ou como instrumento musical. Dessa forma, esse mesmo objeto, muitas vezes, desenvolvido com a mesma matéria prima (madeira e tendões de animais), com o mesmo formato e regido sob as mesmas leis da mecânica, apresenta variações em sua utilização que não permitem construir a hipótese transcendental de um arco ideal em que a expressão material seja uma representação sua.

A maneira como o arco é percebido, portanto, depende do modo como é utilizado e compreendido em uma determinada perspectiva cultural e social, ou seja, o arco é multiestável (BOZATSKI, 2018). De acordo com Ihde (2017), na relação humano e humanos em cultura, as tecnologias transformam as experiências e suas variações. No nível complexo de uma hermenêutica cultural, as tecnologias podem ser incorporadas

de diferentes formas, a 'mesma' tecnologia em outro contexto cultural e social torna-se uma tecnologia 'diferente'.

As tecnologias, conseqüentemente, possuem um valor dimensional para discussões e reflexões na sociedade em diferentes contextos (científico, social, produtivo, político e econômico). Para Bozatski (2018), as tecnologias são fundamentais para determinação e consolidação de visões de mundo, pois elas influenciam e condicionam a maneira como as pessoas compreendem e se posicionam diante da realidade. Assim, a não discussão da dimensão tecnológica limita a compreensão da tecnociência contemporânea (ACEVEDO, 2000).

Nessa perspectiva, apresentamos a concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso científico-tecnológico próprio da concepção tradicional que ainda perpetua na sociedade, como as razões para inclusão da dimensão tecnológica nas discussões em sala de aula. Assim, como já apontado, a não abordagem dessa dimensão pode estar favorecendo uma visão limitada e/ou fortalecendo essas concepções.

Concepção de neutralidade da CT

Os mitos ligados às concepções da suposta neutralidade da CT são construções históricas sobre a atividade científico-tecnológica, os quais podem enfraquecer os processos de participação social na tomada de decisão na produção de CT (ROSA; AULER, 2016). Esses mitos consistem na superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, na perspectiva salvacionista da CT e no determinismo científico-tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Para esses autores, o modelo de decisões tecnocráticas não inclui as pessoas comuns (não especialistas), na negociação, no processo de tomada de decisão científico-tecnológica, pois os tecnocratas acreditam que a participação pública é um elemento de incerteza. Nesse modelo, os especialistas/técnicos poderiam solucionar problemas sociais de maneira neutra, sem ideologias e interesses, ou seja, há uma transferência para cientistas e especialistas de problemas que são de todas as pessoas em sociedade.

Já na perspectiva salvacionista, os problemas hoje existentes e os futuros seriam automaticamente resolvidos pelo desenvolvimento da CT, sendo a humanidade conduzida ao bem-estar social. Por sua vez, o determinismo científico-tecnológico considera as mudanças tecnológicas como a causa das transformações sociais, em que a tecnologia define os limites do que a população pode fazer. Nesse processo há um superdimensionamento da tecnocracia em relação à democracia.

Essa concepção de neutralidade da CT favorece a passividade social em processos decisórios e ocasiona uma imagem não realista da atividade científico-tecnológica. Assim, entendendo que os problemas sociais são de responsabilidade de todos os cidadãos (especialistas/cientistas e não especialistas) e que o desenvolvimento da CT não pode ser considerado neutro, uma vez que causa implicações, incertezas e riscos para a sociedade, devemos criar mecanismos para problematização dos mitos ligados à concepção de neutralidade da CT no Ensino de Ciências, e não silenciar esses mitos.

Conforme Rosa e Auler (2016), há um silenciamento das discussões da suposta neutralidade da CT em práticas educativas CTS no Ensino de Ciências. Tal processo legítima, de maneira ideológica, modelos de decisões tecnocráticos, enfraquecendo a construção de um processo democrático.

Nesse sentido, a não discussão da dimensão tecnológica sobre as QSC e de ASC em sala de aula, pode reforçar as visões de CT como neutras. Todavia, os produtos e processos do desenvolvimento tecnológico não são neutros, isso é, eles estão carregados de intencionalidades, valores e interesses políticos e econômicos de grupos sociais hegemônicos.

A pandemia pelo novo coronavírus Sars-Cov 2, que causa a doença COVID-19, pode ser um exemplo de uma QSCT. É uma questão controversa e complexa, abrangendo todos os contextos (sociais, científicos, tecnológicos, culturais, políticos, produtivos, econômicos, éticos e ideológicos) e preocupações com os aspectos morais, de valores e crenças para sua resolução, pois envolve questões, como: a discussão de elementos relacionados ao atual modelo de desenvolvimento econômico e social x pandemias; métodos de diagnósticos; prioridade de gastos com saúde; relações de poderes/forças das farmacêuticas; discussão da relação saúde x economia; tecnologias na produção de vacinas e medicamentos; acesso à saúde; distribuição igualitária de vacinas; as *fake news* (movimento antivacina) ; e, a desigualdade social.

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) apontam que pode ser perigoso confiar excessivamente na CT e esquecer que elas incorporam aspectos econômicos, sociais, culturais, políticos e morais. Essas incorporações ocorrem, uma vez que a ciência e a tecnologia são construções sociais, humanas e históricas e, em razão disso, as suas produções e interações são valoradas. Assim, a ruptura do silenciamento envolvendo os mitos ligados a suposta neutralidade da CT, portanto, pode mudar as relações de poder e forças hegemônicas na tomada de decisão sobre as QSCT e ajudar a melhorar o Ensino de Ciências, uma vez que essa superação estimula uma visão mais real da atividade científico-tecnológica e contribui para construção de posturas ativas.

Modelo linear de progresso científico-tecnológico

O modelo linear de desenvolvimento científico-tecnológico, de acordo com alguns autores (AULER; DELIZOICOV, 2006; BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003), pode ser assim expresso: + Ciência = + Tecnologia = + Riqueza = + Bem-estar social.

Nesse modelo, “[...] o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), este gerando o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (DS – bem-estar social)” (AULER; DELIZOICOV, 2006, p. 340). Este modelo linear reforça a concepção da suposta neutralidade da CT. Nesse processo, não há espaços para decisões mais democráticas, inclusivas e plurais, envolvendo CT.

Para Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003), embora exista uma forte relação entre tecnologia e desenvolvimento científico, essa não é exclusiva, uma vez que a tecnologia não pode ser compreendida apenas como ciência aplicada. A tecnologia, muitas vezes, pode emergir antes de uma teoria, princípio ou modelo científico e vice-versa. Assim, quando discutimos as QSC e o ASC, sem a problematização da dimensão tecnológica e suas implicações de maneira explícita, nesse processo, podemos estar reforçando essa concepção tradicional/linear de progresso da CT.

Essa concepção deve ser problematizada e superada. O desenvolvimento de mais CT não significa menos desigualdade social, menos fome, menos desemprego e, também, não quer dizer que as relações de trabalho vão melhorar e que teremos mais

justiça social. Pelo contrário, esse desenvolvimento não deixa intactas as estruturas sociais e culturais sobre a qual age (AULER; DELIZOICOV, 2001).

A apropriação desigual dos produtos da CT, por exemplo, constitui um indicador da presença da não neutralidade e de determinados valores (ROSA; AULER, 2016). A distribuição desigual de vacinas contra a COVID-19, de medicamentos e de alimentos são exemplos dessas injustiças sociais e da incorporação de valores em sua produção. A CT (ou a tecnociência) e o capitalismo possuem uma relação íntima, influenciando, assim, a agenda de pesquisa e o controle de mercado. A tecnociência está no centro das relações econômicas, por exemplo, nas relações de poder/força das farmacêuticas na produção e distribuição de vacinas.

Dessa forma, a inclusão, de maneira explícita da dimensão tecnológica, é fundamental para conscientização dos cidadãos e da construção de uma imagem mais real da atividade da CT e de suas implicações. A abordagem das inter-relações CTS, das QSCT e do ASCT podem contribuir para uma alfabetização científico-tecnológica ampliada dos cidadãos, combatendo os mitos e proporcionando uma leitura crítica e consciente da realidade social (AULER; DELIZOICOV, 2001).

No contexto brasileiro, a articulação entre o Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS) e o pensamento educacional de Paulo Freire, em uma abordagem interdisciplinar, é uma práxis que pode favorecer a compreensão ampliada da não neutralidade da CT e a construção de um processo educacional ampliado e contra-hegemônico. Essa práxis educacional apresenta as categorias diálogo e a problematização como centrais. Os temas geradores (contradições locais presentes na sociedade mais ampla) são os eixos estruturantes do currículo, os quais são obtidos por meio de uma investigação temática com a comunidade escolar. A curiosidade epistemológica é outra categoria e está presente no processo de criar e executar currículos, ligada ao querer conhecer e a uma predisposição engajada em relação ao objeto de estudo, o que é materializada no tema gerador (AULER; DELIZOICOV, 2015).

De acordo com Auler e Delizoicov (2015), o PLACTS questiona o modelo de industrialização baseado na chamada transferência tecnológica, uma vez que não são transferidos produtos e processos neutros, mas modelos de sociedades. Além do mais, esse modelo de desenvolvimento científico-tecnológico não leva em consideração as necessidades, especificidades e demandas locais do contexto latino-americano.

Essas duas práxis possuem pressupostos comuns e complementares. Freire trabalha as dimensões dialógicas e problematizadoras na educação, mas não aprofunda as discussões sobre CT. Já o PLACTS possui como foco a CT, mas encontra-se afastado da educação. Em relação aos pressupostos comuns, ambos postulam a necessidade de superação da dicotomia entre quem concebe e quem executa (AULER; DELIZOICOV, 2015).

Portanto, essa articulação entre o PLACTS e a práxis educacional de Freire pode ajudar em uma análise crítica, compreensão, desvelamento e superação dos discursos, processos e projetos hegemônicos que envolvem as QSCT, contribuindo, dessa forma, para superação do modelo linear de progresso da CT, da suposta neutralidade da CT, da dicotomia entre concepção e execução e uma leitura mais crítica e consciente da realidade social e educacional.

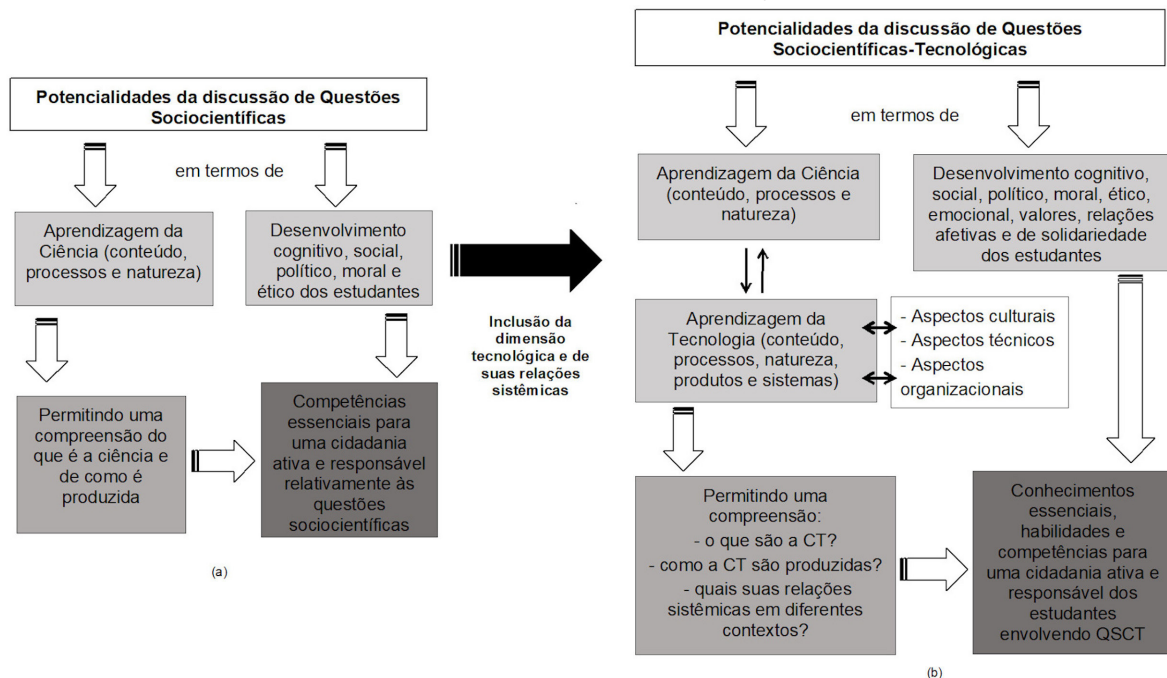
Em outras palavras, essa articulação se constitui em uma nova práxis que contribui para uma educação científica-tecnológica crítica capaz de dar voz e

vez a diferentes atores sociais, estimulando a criação de mecanismos e uma maior participação social na tomada de decisão na agenda de pesquisa em CT. Além disso, esse processo contribui para a superação do reducionismo em encaminhamentos no campo CTS na educação (AULER; DELIZOICOV, 2015).

Potencialidades de discussões das QSCT e do ASCT no ensino de ciências

De acordo com Reis (2013), diversos estudos demonstram as possibilidades de discussão em sala de aula de questões/controvérsias sociocientíficas, em termos de aprendizagem em ciência e do desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e éticos dos estudantes. Assim, com alicerce neste autor, apresentamos (**figura 1**) as potencialidades, com inclusão explícita da dimensão tecnológica, nas discussões de QSCT.

Figura 1 – Potencialidades das discussões de Questões Sociocientíficas (a) e das Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (b)



Fonte: adaptado de Reis (2013).

Nesse contexto, as discussões das QSCT apresentam potencialidades em termos de aprendizagem da ciência e da tecnologia, favorecendo a compreensão dos conhecimentos científicos e tecnológicos, da natureza da ciência e da tecnologia e dos procedimentos da investigação científica. As QSCT são inerentes aos contextos sociais, ambientais, produtivos, políticos, ideológicos, culturais, econômicos e às preocupações com os aspectos morais-éticos, crenças, valores religiosos, éticos e estéticos, sentimentos e emoções.

Por isso, a problematização de QSCT pode favorecer, também, o desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético (REIS, 2013), das relações de solidariedade, afetivas, emocionais e de valores dos estudantes, visando, assim, à construção de uma cidadania mais ativa e responsável.

Em outras palavras, precisa-se ir além da aprendizagem dos conteúdos e processos da CT, isso é, professores enquanto mediadores, devem levar em consideração os diversos contextos, as inter-relações entre CTS e também as preocupações com

os aspectos morais, éticos e sentimentos envolvidos nas discussões sobre QSCT, pois estas são carregadas de valor, assim precisa-se que os estudantes se posicionem sobre elas.

As discussões a respeito das QSCT podem favorecer a aprendizagem da dimensão tecnológica, científica e de suas implicações sociais e ambientais. No entanto, para isso, a tecnologia deveria ser pensada para além dos artefatos tecnológicos e envolver, também, os conteúdos, os processos, a natureza e os sistemas. A prática tecnológica (entendimento da tecnologia como prática social) evidencia o caráter da tecnologia como sistema ou socio-sistema e envolve a integração dos aspectos técnicos, organizacionais e culturais (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; PACEY, 1990).

O aspecto técnico envolve: conhecimentos, habilidades e técnicas; ferramentas; máquinas; produtos químicos; recursos humanos e materiais; e, produtos obtidos e resíduos. Já o aspecto organizacional relaciona-se às atividades econômica e industrial; à atividade profissional (engenheiros, técnicos e operários do sistema produtivo); aos usuários e consumidores; e, à atuação de sindicatos. Por fim, o aspecto cultural compreende os objetivos, valores e códigos éticos; as crenças sobre o progresso; e, a consciência e a criatividade (PACEY, 1990).

Essa compreensão é importante para o rompimento de uma visão restrita sobre tecnologia, muitas vezes, entendida apenas em seu aspecto técnico. A tecnologia consiste em um sistema complexo que envolve os contextos políticos, ambientais, científicos, econômicos, sociais, culturais, produtivos, ideológicos e os aspectos relacionados a valores e crenças. Assim, a tecnologia não pode ser considerada apenas como produto e ferramentas.

Nesse sentido, é importante ressaltar que com a defesa da inclusão da dimensão tecnológica, não estamos criticando os trabalhos desenvolvidos sobre as QSC e o ASC, mas apontamos que, com a influência cada vez maior da tecnologia na sociedade e no meio ambiente, hoje, tornou-se possível enxergar a necessidade de englobar a dimensão tecnológica e suas relações sistêmicas nas discussões de maneira explícita.

A abordagem das QSCT favorece o desenvolvimento das competências essenciais para professores e estudantes realizarem o ativismo sociocientífico-tecnológico fundamentado por investigação. O ativismo sobre QSCT pode contribuir para o conhecimento dos estudantes sobre essas questões, para cidadania responsável e para o bem-estar dos indivíduos, das sociedades e dos ambientes.

Todavia, a problematização e as discussões sobre essas questões, em sala de aula, dependem de diversos fatores. No **quadro 1** apresentamos uma comparação entre os fatores para abordagem das QSC (REIS, 2013) e das QSCT.

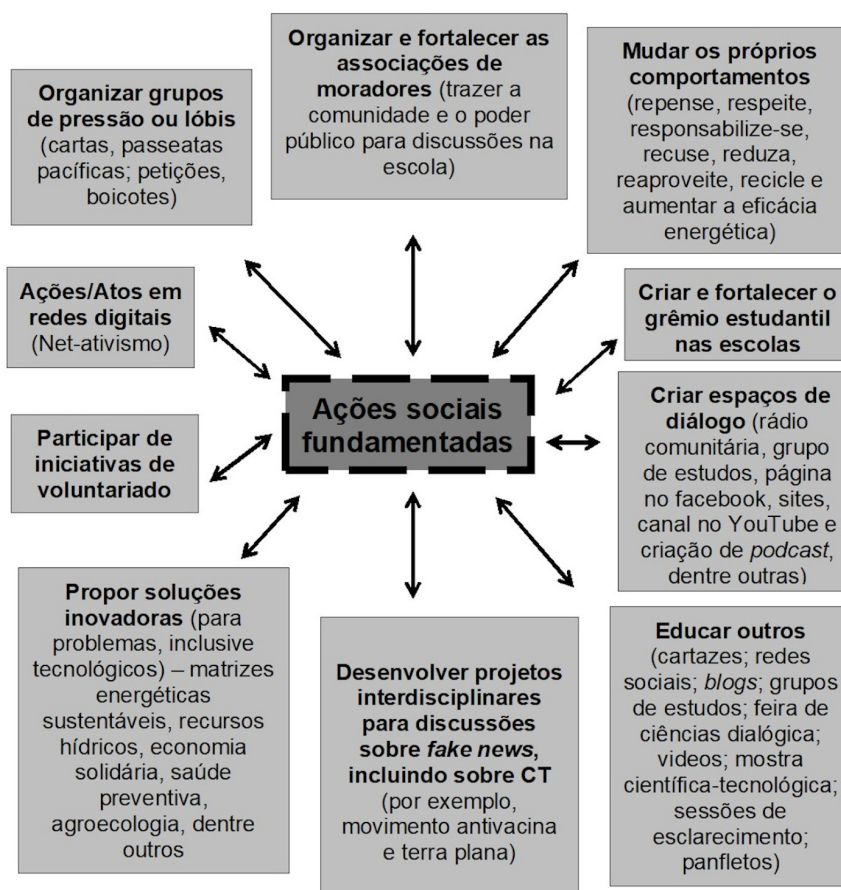
Quadro 1 – Fatores essenciais para abordagem das QSC e QSCT na escola

QSC	QSCT
concepções dos professores/as sobre ciência, cidadania, currículo, educação em ciências e a relevância educativa desse tipo de atividades;	concepções epistemológicas e didático-pedagógica dos professores/as sobre ciência, tecnologia, sociedade, cidadania, currículo, educação em ciências e a relevância na educação dessa proposta;
conhecimento didático dos professores relativamente à concepção, gestão e avaliação de atividades de discussão em sala de aula;	conhecimento didático-pedagógico dos professores relacionadas à concepção, gestão e avaliação das atividades de discussões em sala de aula. A importância dessas discussões na formação de futuros professores de ciências, estimulando o embasamento teórico, a reflexão das práticas educativas e a vivência nesse processo;
conhecimento dos professores/as sobre a natureza da ciência e as dimensões sociológicas, políticas, éticas e econômicas das controvérsias presentes nas QSC;	conhecimentos dos professores sobre a natureza da ciência-tecnologia e as dimensões sociológicas, políticas, éticas, econômicas e também as preocupações com os aspectos morais, emocionais, valores e de sentimento envolvidos nessas questões;
sistemas de avaliação que valorizem a discussão de controvérsias sociocientíficas.	sistemas de avaliação que valorizem a discussão de QSCT.

Fonte: adaptado de Reis (2013).

Nesse contexto, para integração das QSCT no Ensino de Ciências, deve-se estimular a problematização das dimensões epistêmicas, didáticas e pedagógicas. O conhecimento desses fatores e/ou dimensões são essenciais para realização de intervenções capazes de apoiar os professores no planejamento, estruturação e implementação de atividades, propostas curriculares e de práticas educativas.

Assim, sugerem-se diversas maneiras de professores e estudantes favorecerem e se envolverem em ativismo fundamentado sobre QSCT, no contexto escolar, como se apresenta na **figura 2** a seguir:

Figura 2 – Exemplos de ações sociais fundamentadas que favorecem a discussão de QSCT

Fonte: adaptado de Reis (2013).

Nesse foco, na **figura 2**, apresentamos as ações/atos em redes digitais (net-ativismo) sobre QSCT, as quais consistem em uma rede de comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (MORAIS, 2018). O movimento net-ativista vem se tornando uma nova maneira de participação e ação social em rede, buscando mudanças na sociedade (p. ex: movimento Põe no Rótulo). Essa nova maneira de participação pode ser explorada em iniciativas de ASCT fundamentado no Ensino de Ciências. Já a participação em iniciativas de voluntariado, por exemplo, em projetos sociais, possui o objetivo de promover a construção de uma sociedade mais justa, inclusiva e solidária.

O grêmio estudantil é uma organização que representa os interesses e direitos dos estudantes. A participação discente nesse órgão favorece o desenvolvimento da cidadania, da ética, da democracia, de iniciativas de ativismo e de empoderamento.

Além disso, a realização de ações sociais fundamentadas sobre QSCT na escola pode contribuir na capacitação dos estudantes para se tornarem críticos e produtores de conhecimento e não apenas consumidores de informação (REIS, 2013). Essa capacitação e esse empoderamento para a ação social fundamentada podem ajudar os estudantes a fazerem valer suas opiniões e participarem de maneira ativa e crítica na sociedade.

Hodson (2014) acredita que a probabilidade de os estudantes se tornarem cidadãos ativos aumenta, caso sejam incentivados a agir agora na escola, comunidade ou na universidade, fornecendo oportunidades para ação e exemplos de ações já realizadas.

Nesse sentido, são exemplos de ações com foco ambiental: realizar pesquisa em lixões; trilhas públicas; desenvolver programas de reciclagem de vidro, metal, papel, plásticos; organizar boicotes de produtos ambientalmente inseguros e/ou recomendações de outros; publicação de notícias; projetos como adoção de rios, córrego, riacho e lago; criar trilhas naturais; construir jardins e hortas comunitárias; reduzir o consumo de água; e, plantar árvores.

Para Hodson (2014), outros temas e assuntos podem englobar essas ações, tais como: organizar materiais multimídia informativos para a educação pública; tornar pública declarações e escrever cartas, email, mensagens em redes sociais; criar sites informativos; escrever para revistas e jornais; construir pôsteres; distribuir folhetos; organizar rodas de conversas; e, exercer pressão por meio do envolvimento regular em assuntos do governo local. Além disso, organizar petições; fortalecer as associações de moradores; montar uma rádio escolar e/ou comunitária; e criar um jornal comunitário informativo, dentre outras.

Para Reis (2013), a implementação de ativismo no contexto educacional exige, portanto, uma transformação nas práticas educativas, na forma de avaliação, na relação professor-estudante, no ambiente de sala de aula e nas concepções epistemológicas e didáticas do professor no Ensino de Ciências. O ASCT implica em práticas educativas que considerem os estudantes como protagonistas e baseadas em QSCT controversas e complexas que afetam a sociedade.

Considerações finais

O Ensino de Ciências busca a formação para uma cidadania mais responsável, consciente e ativa das pessoas em uma sociedade intrinsecamente ligada ao desenvolvimento da CT e a suas implicações. Na sociedade do século XXI, vivemos a quarta revolução industrial (tecnológica), o que exigirá a problematização das QSCT, das inter-relações CTS e a passagem para o ASCT fundamentado. Em nosso entendimento, essa participação mais democrática em processos de tomada de decisão pode ser concretizada se não houver o silenciamento e o fortalecimento da concepção ingênua sobre as atividades científico-tecnológica.

Dessa forma, acreditamos na necessidade de um maior envolvimento das pessoas (não especialistas) pela negociação nos processos decisórios sobre CT. Esse processo pode ser estimulado com abordagens das QSCT e do ASCT.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como preocupação principal problematizar a necessidade de inclusão de maneira explícita da dimensão tecnológica e suas relações sistêmicas na abordagem das QSC e do ASC no Ensino de Ciências, visando à construção de uma imagem mais real da CT e a uma cidadania ativa e responsável dos estudantes no século XXI. Para esse processo, entendemos que a tecnologia (natureza, conceito, produto, sistema e processo) deve fazer parte do conceito dessas abordagens e das práticas educativas dos professores de ciências.

Para tal, partimos de algumas reflexões já realizadas, envolvendo essas abordagens e, posteriormente, discutimos a inclusão da dimensão tecnológica e suas razões, bem como as potencialidades das QSCT e do ASCT fundamentado no Ensino de Ciências.

Dessa análise, apontamos que as QSCT estão carregadas de valores e crenças, e que a não problematização (silenciamento e omissão) da dimensão tecnológica pode amenizar e/ou reforçar a suposta concepção de neutralidade e do modelo linear/tradicional de progresso científico-tecnológico.

Assim, a problematização da dimensão tecnológica e das tecnologias como multiestáveis pode contribuir para a análise, o desvelamento e a superação dos discursos, projetos, produtos e processos hegemônicos, envolvendo as QSCT enfrentadas pela sociedade. Os conhecimentos científicos e tecnológicos são fundamentais para uma compreensão ampliada dessas questões e para envolver estudantes e professores em iniciativas de ASCT fundamentado na realidade educacional e/ou comunitária no Ensino de Ciências.

A multiestabilidade das tecnologias exige uma constante problematização histórica, social e cultural. As tecnologias incorporam valores, intencionalidades e interesses dos contextos sociais e culturais das quais foram concebidas e utilizadas. A forma como as tecnologias são concebidas dependem do modo como são utilizadas e compreendidas em uma determinada dinâmica social e cultural. As tecnologias podem ser introduzidas e reintroduzidas de várias maneiras em diferentes contextos culturais, bem como podem causar mudanças e implicações inesperadas na sociedade. O Ensino de Ciências, em nosso entendimento, pode contribuir para esse processo de problematização.

Compreendemos, também, que esse diálogo que propomos fazer, pode contribuir para a reinvenção e a melhoria das práticas educativas no Ensino de Ciências, amenizando, assim, o silenciamento da dimensão tecnológica presentes nas discussões. É importante ampliar essas discussões para que não haja silenciamento, como o da suposta neutralidade da CT, bem como para oportunizar mecanismos democráticos para uma maior participação social em processos decisórios.

Dessa maneira, a articulação entre o Pensamento Latino Americano em CTS e o pensamento educacional de Paulo Freire, em uma abordagem interdisciplinar, é uma práxis que contribui para uma educação científica-tecnológica crítica, uma compreensão ampliada da não neutralidade da CT e para a construção de processos educacionais ampliados e contra-hegemônicos. Essa educação crítica favorece a conscientização e a passagem para o ASCT fundamentado na realidade comunitária e educacional concreta.

É importante destacar que não estamos criticando os trabalhos sobre QSC e ASC, pelo contrário, reconhecemos que esses trabalhos trouxeram contribuições, mas que, hoje, com o mundo cada vez mais tecnológico, conseguimos enxergar a necessidade dessa inclusão. A ideia não é complicar ou simplesmente criar novas siglas, todavia, defendemos que a dimensão tecnológica faça parte de maneira explícita do conceito dessas abordagens, o que pode ajudar professores e estudantes na compreensão da elementaridade dessas discussões no século XXI.

Essas discussões, contribuem para chamar a atenção da necessidade de se dar destaque para as implicações sociais também da tecnologia e não apenas da ciência. Com isso, almeja-se colaborar para a desmistificação da linearidade, fruto da visão tradicional da CT, que considera a tecnologia como apenas uma aplicação prática da ciência e que, por isso, não há necessidade de se pensar sobre a dimensão tecnológica que seguirá os mesmos pressupostos da ciência.

Portanto, essas reflexões podem favorecer uma compreensão mais real do desenvolvimento da atividade científico-tecnológico e de suas implicações, bem como para promoção de uma cidadania mais ativa e responsável por parte dos estudantes. Essa cidadania implica autonomia, liberdade responsável, relações solidárias e de respeito, pensamento coletivo e participação na política democrática, buscando a construção de uma sociedade mais sustentável, humana, com justiça social, equidade e menos opressiva. Além disso, pode-se estimular a elementaridade das discussões sobre a dimensão epistemológica e didático-pedagógica das QSCT e do ASCT fundamentado no Ensino de Ciências.

Referências

ACEVEDO, J. A. Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Bordón: revista de pedagogía*, Logroño, v. 1, n. 52, p. 5-16, 2000.

ACEVEDO, J. A. Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 2, n. 3, p. 198-219, 2006.

ALBANO, N. J. A. Ensino de multimedia e ativismo social. *Interacções*, Santarem, Portugal, v. 11, n. 36, p. 47-67, 2015. DOI: <https://doi.org/gxn4>.

ALSOP, S.; BENCZE, L. Activism! Toward a more radical science and technology education. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (ed.). *Activist science and technology education*. Dordrecht: Springer Press, 2014. p. 1-18.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio – pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 122-134, 2001. DOI: <https://doi.org/gf8src>.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015. DOI: <https://doi.org/ggdhnx>.

BAPTISTA, M.; REIS, P.; ANDRADE, V. Let's save the bees!: an environmental activism initiative in elementary school. *Visions for Sustainability*, Lisboa, v. 9, p. 41-48, 2018. DOI: <https://doi.org/gxn6>.

BARTON, A. C.; TAN, E. "It changed our lives": activism, science, and greening the community. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, Heidelberg, v. 10, n. 3, p. 207-222, 2010. DOI: <https://doi.org/b89wk5>.

BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. (ed.). *Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)*. Madrid: OEI, 2003.

BOZATSKI, M. F. *Por que a tecnologia importa?: as possibilidades e as consequências das tecnologias nos contextos científico e social*. 2018. 167 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

CONCEIÇÃO, T.; BAPTISTA, M.; REIS, P. La contaminación de los recursos hídricos como punto de partida para el activismo socio-científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vigo, v. 16, n. 1, p. 1502-1-1502-13, 2019. Disponível em: <https://cutt.ly/YET47NG>. Acesso em: 2 mar. 2020.

CONRADO, D. N.; NUNES-NETO, N. (org.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFA, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788523220174>.

EVAGOROU, M.; MAURIZ, P. B. Engaging elementary school pre-service teachers in modeling a socioscientific issue as a way to help them appreciate the social aspects of science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, Turkey, v. 5, n. 2, p. 113-123, 2017. Disponível em: <https://cutt.ly/xET7gV5>. Acesso em: 30 jun. 2021.

FREIRE, P. *Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*. 3. ed. São Paulo: Moraes, 1980.

FREIRE, P. *Ação cultural para liberdade*. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 62. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Educacion*, Abingdon, UK, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003. DOI: <https://doi.org/b7x9g8>.

HODSON, D. Becoming part of the solution: learning about activism, learning through activism, learning from activism. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (ed.). *Activist science and technology education*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 67-98.

IHDE, D. *Tecnologia e o mundo da vida: do jardim a terra*. Chapecó: Editora da UFFS, 2017.

IRWIN, A. *Ciência cidadã: um estudo das pessoas, especialização e desenvolvimento sustentável*. Lisboa: Piaget, 1998.

KOLSTOE, S. Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, Hoboken, v. 85, n. 3, p. 291-310, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.1011>.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 727-741, 2012. Disponível em: DOI: <https://doi.org/gxpf>.

MORAIS, M. M. *Net-ativismo e ações colaborativas nas redes sociais digitais*. 2018. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, 2018.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. *Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador*. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

PACEY, A. *La cultura de la tecnología*. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007. DOI: <https://doi.org/br3c9f>.

REIS, P. Da discussão à ação sócio-política sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, Lisboa, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/9577>. Acesso em 27 fev. 2020.

ROSA, S. E.; AULER, R. Não neutralidade da ciência-tecnologia: problematizando silenciamentos em práticas educativas CTS. *Alexandria*, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 203-231, 2016. DOI: <https://doi.org/gxpg>.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Não neutralidade da ciência-tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 25, 11 fev. 2019. DOI: <https://doi.org/gxph>.

ROTH, W-M.; LEE, S. Science education as/for participation in the community. *Science Education*, Hoboken, v. 88, n. 2, p. 263-291, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.10113>.

SANTOS, M. E. V. M. *Que educação? Que cidadania? Que escola?* Lisboa: Santos-Edu, 2005.

SANTOS, R. A.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da ciência-tecnologia na sociedade. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019. DOI: <https://doi.org/gxpk>.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007. DOI: <https://doi.org/ftp3cw>.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2019.

SPERLING, E.; WILKINSON, T.; BENCZE, L. We got involved and we got to fix it!: action-oriented school science. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. (ed.). *Activist science and technology education*. Dordrecht: Springer, 2014. p. 365-380.

TOTI, F. U. *Educação científica e cidadania: as diferentes concepções e funções do conceito de cidadania nas pesquisas em educação em ciências*. 2011. 266 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

ZEIDLER, D. L.; HERMAN, B. C.; SADLER, T. D. New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, Heidelberg, v. 1, n. 11, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/gxpm>.