

Reflexões Históricas e Epistemológicas sobre a trajetória da Ciência e suas implicações para o ensino de ciências: Contribuições do estudo de temas CTS à luz da HFC em prol da superação de imagens distorcidas do trabalho científico

Historical and Epistemological Reflections on the trajectory of science and its implications for science teaching: Contributions from the study of STS themes in the light of HFC in favor of overcoming distorted images of scientific work

Reflexiones históricas y epistemológicas sobre la trayectoria de la ciencia y sus implicaciones para la enseñanza de la ciencia: Aportes del estudio de las temáticas CTS a la luz de los HFC a favor de la superación de imágenes distorsionadas del trabajo científico

Recebido: 19/07/2021 | Revisado: 22/07/2021 | Aceito: 26/07/2021 | Publicado: 02/08/2021

Marcos Vinícius Ferreira Vilela

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8437-7646>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: marcos.vilela@ufg.br

Edimarcio Francisco da Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3116-3318>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: edimarcio.rocha@roo.ifmt.edu.br

Valter Cardoso da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4072-7418>
Instituto Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: valter.silva@roo.ifmt.edu.br

Edward Bertholine de Castro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2316-4190>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: vava67@gmail.com

Cleusa Suzana Oliveira de Araujo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2634-8895>
Universidade do Estado do Amazonas, Brasil
E-mail: cleusasuzana.araujo@gmail.com

Resumo

O paradigma empírico-indutivista da Ciência foi importante para que a humanidade pudesse experimentar uma rápida expansão dos seus horizontes do conhecimento. Com o passar do tempo, este modo de conceber o fazer científico conduziu os indivíduos a estabelecerem crenças equivocadas e simplistas sobre o fazer científico e o papel da Ciência. Nessa perspectiva, a superação de visões distorcidas de Ciência por parte dos indivíduos sociais perpassa pela compreensão, análise e reflexão crítica das condicionantes externas que guiaram o desenvolvimento científico e tecnológico até aqui. Nessa perspectiva, este manuscrito almeja, por meio de um estudo teórico e reflexivo, conjecturar sobre histórico, fundamentos e a evolução do conhecimento científico. Iniciaremos a nossa caminhada pela Idade Moderna, onde buscaremos evidenciar as características e diferenças entre as correntes filosóficas dominantes que se sucederam até meados do século XIX. A seguir, adentraremos o século XX, onde passaremos a destacar as contribuições de alguns dos principais filósofos contemporâneos que, por meio de suas teorias, buscavam estabelecer uma visão mais crítica acerca da produção do conhecimento científico e do papel da Ciência. Por fim, abordaremos as contribuições de uma possível associação entre a educação CTS e a História e a Filosofia da Ciência (HFC), como abordagem para o ensino de ciências capaz de contemplar a dimensão histórica e filosófica do conhecimento científico, considerando as suas implicações sociais, culturais, tecnológicas e políticas.

Palavras-chave: Epistemologia da ciência; História e filosofia da ciência; CTS; Ensino de ciências.

Abstract

The empirical-inductivist paradigm of science was important for humanity to experience a rapid expansion of its horizons of knowledge. However, over time, this way of conceiving scientific work led individuals to establish mistaken and simplistic beliefs about scientific work and the role of science. From this perspective, the overcoming of distorted views of science by social individuals permeates the understanding, analysis and critical reflection of the

external conditions that have guided scientific and technological development so far. Therefore, this manuscript aims, through a theoretical and reflective study, to conjecture about the history, foundations and evolution of scientific knowledge. We will start our journey through the Modern Age, where we will seek to highlight the characteristics and differences between the dominant philosophical currents that followed until the mid-nineteenth century. Next, we will enter the 20th century, where we will highlight the contributions of some of the main contemporary philosophers who, through their theories, sought to establish a more critical view of the production of scientific knowledge and the role of Science. Finally, we will address the contributions of a possible association between STS education and History and Philosophy of Science (HFC), as an approach to science teaching capable of contemplating the historical and philosophical dimension of scientific knowledge, considering its social implications, cultural, technological and political.

Keywords: Epistemology of science; History and philosophy of science; STS; Science teaching.

Resumen

El paradigma empírico-inductivista de la ciencia fue importante para que la humanidad experimentara una rápida expansión de sus horizontes de conocimiento. Sin embargo, con el tiempo, esta forma de concebir el trabajo científico llevó a los individuos a establecer creencias erróneas y simplistas sobre el trabajo científico y el papel de la ciencia. Desde esta perspectiva, la superación de visiones distorsionadas de la ciencia por parte de los individuos sociales impregna la comprensión, el análisis y la reflexión crítica de las condiciones externas que han guiado el desarrollo científico y tecnológico hasta el momento. Por tanto, este manuscrito pretende, a través de un estudio teórico y reflexivo, conjeturar sobre la historia, fundamentos y evolución del conocimiento científico. Iniciaremos nuestro recorrido por la Edad Moderna, donde buscaremos resaltar las características y diferencias entre las corrientes filosóficas dominantes que siguieron hasta mediados del siglo XIX. A continuación, nos adentraremos en el siglo XX, donde destacaremos los aportes de algunos de los principales filósofos contemporáneos que, a través de sus teorías, buscaron establecer una visión más crítica de la producción del conocimiento científico y el papel de la ciencia. Finalmente, abordaremos los aportes de una posible asociación entre la educación CTS y la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC), como una aproximación a la enseñanza de las ciencias capaz de contemplar la dimensión histórica y filosófica del conocimiento científico, considerando sus implicaciones sociales, culturales, tecnológicas, y político.

Palabras clave: Epistemología de la ciencia; Historia y filosofía de la ciencia; CTS; Enseñanza de la ciencia.

1. Introdução

A evolução histórica da humanidade é diretamente influenciada pelas mudanças de percepção do homem acerca da realidade. A maioria dos livros de história buscam delimitar o surgimento e a vigência dos diferentes sistemas de conhecimento, em determinados períodos históricos. No que se refere ao pensamento científico, a historiografia moderna estabelece que este surgiu em um período de transição entre a baixa Idade Média e o Renascimento. Todavia, apesar de ser relativamente didática, entendemos que essa forma reducionista de conceber a origem e o processo de construção da Ciência, deixa de lado importantes desdobramentos históricos, filosóficos, epistemológicos e socioculturais.

O surgimento do pensamento científico moderno, inaugura um novo modo de enxergar e se relacionar com mundo. Trata-se de um momento histórico de grande efervescência cultural e intelectual na Europa ocidental, onde o pensamento qualitativo medieval dá lugar ao pensamento quantitativo moderno (Modena, 2015). Intelectuais como Francis Bacon (1561-1626) e Galileo Galilei¹ (1564-1642), foram importantes nesse processo, visto que por meio da proposição de uma epistemologia moderna, consubstanciada no método empírico-indutivista, concederam à Ciência, autonomia e finalidades distintas daquelas concedidas à teologia e à filosofia (Damião, 2018).

A concepção empirista-indutivista de Ciência foi importante para que a humanidade pudesse experimentar uma rápida expansão dos seus horizontes do conhecimento. A concepção moderna e positivista de Ciência também influenciou de

¹ Atribui-se a Galileo Galilei a alcunha de ‘pai da CIÊNCIA moderna. No entanto, tal denominação pode não ser a mais adequada, visto que outros pensadores que vieram antes dele, também deram as suas contribuições para o que viria a ser a CIÊNCIA Moderna. Por conseguinte, a sua principal contribuição foi o desenvolvimento de um método que tornasse a CIÊNCIA possível, a ‘validação empírica’ (Modena, 2015).

sobremaneira a prática pedagógica no ensino de ciências. Atualmente, ainda é muito comum figurar no ideário de professores e estudantes, uma visão linear e cumulativa de Ciência, a qual atribui o fazer científico a aplicação rigorosa do método científico.

Todavia, a partir do século XX, essa concepção moderna de Ciência, começa a ser questionada, dando lugar a novas linhas epistemológicas contemporâneas. Epistemólogos, intelectuais e historiadores da Ciência, passaram a apresentar novas ideias, que convergiam no sentido de se opor ao método empírico-indutivista, que segundo eles, conduziam o sujeito a uma visão simplista e neutra da construção do conhecimento científico.

Nos dias atuais, temos uma sociedade que conta com diversos produtos oriundos do crescimento científico e tecnológico. Atualmente, isto está engendrado em nosso cotidiano de tal modo, que acaba passando despercebidamente. Em vista disso, diversos estudiosos e pensadores contemporâneos de diferentes ramos do conhecimento, tem refletido sobre qual o papel da Ciência e da Tecnologia na resolução de problemas que afligem a humanidade, e quais os seus impactos na sociedade e no mundo.

Diante do contexto apresentado, este estudo busca, por meio de um estudo teórico e reflexivo, conjecturar sobre histórico e os fundamentos do conhecimento científico, a partir de uma compreensão de que este se configura como um produto histórico, aberto, não-linear e sujeito à constantes reformulações. Iniciaremos a nossa caminhada pela Idade Moderna, onde buscaremos evidenciar as características e as principais diferenças entre as correntes filosóficas dominantes na época: o empirismo de Bacon e o racionalismo de Descartes. Trataremos também do 'idealismo transcendental' de Kant, que buscou estabelecer uma síntese entre essas duas visões antagônicas de Ciência.

A partir das sucessivas críticas a essas concepções, adentraremos a idade contemporânea, em que passaremos a destacar os principais elementos dos discursos de alguns epistemólogos dessa época, entre os quais apresentamos as epistemologias de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Gaston Bachelard e Edgar Morin. Por fim, abordaremos as contribuições de uma possível associação entre a educação CTS e a História e a Filosofia da Ciência (HFC), como abordagem para o ensino de ciências capaz de contemplar a dimensão histórica e filosófica do conhecimento científico, considerando as suas implicações sociais, culturais, tecnológicas e políticas.

2. Metodologia

Este trabalho, de natureza qualitativa, apresenta uma discussão teórica sobre a evolução do conhecimento científico, trazendo descrições e reflexões contextualizadas em determinados momentos históricos que, de certa maneira, influenciaram no como a ciência se constituiu até o momento. O estudo se fundamentou na revisão de literatura em obras já consagradas de pensadores como Khun, Lakatos, Morin entre outros e, também, em artigos que dão suporte as discussões propostas no tema deste texto.

Para Sampieri et al. (2006), a revisão de literatura constitui um cabedal teórico produzido a partir de estudos em livros, artigos ou em outros documentos que, na abordagem qualitativa, considera a interpretação dos pesquisadores na valoração das informações, auxiliando na explicação, exposição e contextualização da pesquisa, bem como, na compreensão do estado passado e atual do problema investigado.

Em relação à pesquisa qualitativa, Triviños (1987) destaca que ela pode ter caráter histórico-estrutural, dialética, buscando descrever o fenômeno estudado não só em sua aparência, mas também, as causas de sua origem, relações e mudanças, e como isso é perceptível na humanidade.

Nesse aspecto, a epistemologia da ciência ao longo dos séculos, nos mostra a necessidade de compreendermos a historicidade das evoluções científicas para melhor entendermos como exercer nosso papel de formador na área de ciências da natureza.

Destarte, o texto em tela destaca as contribuições, em uma linha do tempo abstrata, de pensadores que influenciaram a

compreensão de como se deu a construção do conhecimento científico e, tendo como ponto de partida, à Idade Moderna, período em que as concepções copernicanas abalaram as relações entre igreja e ciência, finalizando na epistemologia de Edgar Morin. Essa linha teórico-metodológica da epistemológica da Ciência para o desenvolvimento do pensamento crítico, nos conduz para a defesa da importância da área de ensino de ciências, considerar como abordagem de ensino, a História e a Filosofia da Ciência, associada as concepções de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

3. O pensamento Científico Moderno

O paradigma moderno de Ciência, fundado na dicotomia sujeito-objeto e na mutilação da realidade em partes menores e simplificadas, tem sido cada vez mais questionado quanto a sua capacidade elucidativa. Aqui não nos posicionamos contra ou desmerecemos as suas contribuições para a evolução da Ciência. Todavia, há de se admitir o exagero cometido no sentido de estender os seus mecanismos de explicação à totalidade dos fenômenos.

Nesse segmento, torna-se necessário que se adote uma postura de recondução e complementaridade paradigmática. A recondução ocorre no sentido de trazer esse paradigma para os seus limites e capacidades de atuação. Já a questão da complementaridade acontece ao permitir que outros paradigmas se aproximem e estes trabalhem em conjunto (Tesser, 1994; Massoni, 2005; Silvino, 2007; Cavalcanti, 2014; Bolshaw, 2015).

Os “cientistas de antigamente”, na busca de explicações para os fenômenos naturais, circulavam por diversos campos do conhecimento, sendo estes a base para o pensamento e para a ação. Entretanto, por conta das influências do paradigma moderno, fomos conduzidos ao entendimento de que pensamento e prática são compartimentos estanques da realidade.

Os eventos históricos e sociais ocorridos entre os séculos XV e XVII, foram fundamentais para a transição de um sistema feudal para o sistema capitalista, exercendo também influências na constituição da Ciência Moderna. Essa nova era do pensamento científico, teve início com o modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico, e ganhou corpo com as contribuições de Galileu Galilei, Francis Bacon, René Descartes, Isaac Newton, dentre outros (Chaves-Filho & Chaves, 2000).

Importante pontuar que o modo como estes pensadores concebiam a Ciência, ainda exercem forte influência nos dias atuais. No que se refere a formação de professores de ciências, Cavalcanti (2014) considera que o paradigma empírico-indutivista ainda permanece como “epistemologia de fundo” em boa parte dos cursos de licenciatura. Segundo o autor, a consequência imediata deste contexto, é que os professores formados nestes cursos tendem a consolidar uma visão distorcida de Ciência, o que, por consequência, reverberam no seu fazer pedagógico.

Portugal (2002) considera que a base para o pensamento moderno se estruturou a partir de dois paradigmas divergentes entre si: o empirismo e o racionalismo. A corrente filosófica empirista teve como representantes Francis Bacon, John Locke, David Hume, dentre outros. Sob a influência do pensamento aristotélico, os empiristas acreditavam que a mente humana é um papel em branco, uma tábula rasa, que vai sendo preenchida a partir das experiências obtidas por meio dos sentidos. Por conseguinte, o conhecimento científico é concebido a partir da observação e da experimentação, tendo a indução como método para a elaboração de suas leis e teorias.

O racionalismo, por sua vez, se opõe ao pensamento empirista ao defender que o caminho para a verdade deve passar pela razão e pela lógica, tendo a dedução como método. Defende, também, que um conjunto de conhecimentos seriam inatos ao homem. O pensamento racionalista tem como principal expoente René Decartes e o método científico proposto por ele baseia-se no entendimento de que a forma de se chegar à verdade sobre um conhecimento é sempre colocá-lo em dúvida (Silveira, 2002).

Tanto o empirismo, quanto o racionalismo, enxergam o universo como uma grande máquina. Nesse segmento, cabe ao método científico mensurar e descrever os padrões e as variações que podem ocorrer no seu funcionamento. Essa forma de conceber o universo foi denominada de paradigma mecanicista-determinista (Bolshaw, 2015).

O antagonismo de ideias estabelecido entre o empirismo britânico e o racionalismo continental, resultou em uma crise do pensamento científico moderno. Todavia, em meados do século XVIII, Immanuel Kant (1724-1804), por meio de seu “idealismo transcendental” buscou dar uma solução para este dilema epistemológico. Na visão de Kant, nem o empirismo, nem o racionalismo, por si só, respondem de forma satisfatória aos problemas do conhecimento científico.

As ideias de Kant foram formuladas em um período de grande efervescência cultural e científica, conhecido como Iluminismo². A sua teoria do conhecimento teve forte influência do ceticismo humeano³, que segundo ele o teria acordado de seu ‘sono dogmático’. Kant denominou de ‘Revolução copernicana da filosofia’, a sua resposta aos problemas do racionalismo e do empirismo. Nesse segmento, da mesma forma que Copérnico propôs a transição do modelo geocêntrico para o um modelo heliocêntrico de universo, Kant por meio de seu sistema filosófico, propõe uma inversão na relação sujeito-objeto (Silva, 2017).

Diferentemente dos empiristas e racionalistas, que priorizavam o objeto, a filosofia Kantiana, colocou o sujeito no centro do conhecimento. Para Kant o sujeito é a razão universal, que se constitui como uma estrutura que é inata e comum a todos os seres humanos. Em sua obra *Crítica da razão pura*, procurou diferenciar os conhecimentos considerados puros (*a priori*), daqueles que são obtidos por meio dos sentidos e da experiência (*a posteriori*).

Nessa perspectiva, a filosofia Kantiana considera que o conhecimento verdadeiro resulta da síntese entre a compreensão racional (racionalismo) e da experiência sensível (empirismo). De acordo com Silveira (2002, p. 37), “Kant antecipou aquilo em que no século XX tantos filósofos da ciência insistiram: qualquer experimento é antecedido por pressupostos; o cientista está sempre armado com teorias”.

A partir do século XIX o mundo ocidental passou por um intenso processo de transformação – muitas delas tendo sua origem nos conhecimentos de ordem científica. Foi um período em que a humanidade experimentou um rápido desenvolvimento tecnológico, o que por sua vez, contribuiu para o estabelecimento de uma sociedade capitalista, urbana e industrial. Paralelo a isso, diversas reformas vinham sendo implementadas em outras áreas, com destaque para campo da política e da economia.

Na busca por estabelecer uma nova corrente filosófica que estivesse mais adequada ao novo contexto socioeconômico e científico que se estabelecia, surge o positivismo. Essa corrente de pensamento dominou boa parte da cultura ocidental, tendo o seu auge entre meados do século XIX até a 1ª guerra mundial. A filosofia positivista teve como seu principal representante Auguste Comte (1798-1857)⁴.

Inspirado pelo ideário iluminista⁵, Comte propôs uma filosofia a qual defende que o progresso humano e social está atrelado ao desenvolvimento científico. Por conseguinte, o seu sistema filosófico seria capaz de fornecer uma base racional à sociedade, em contraposição às especulações metafísicas e as crenças religiosas (Souza, 2020).

O pensamento de Comte se estruturou a partir de três teses fundamentais: 1) A “lei dos três estados de evolução do espírito humano⁶”; 2) a fundamentação e classificação das Ciências⁷ e; 3) a fundação de uma nova ciência voltada ao estudo da

² O Século XVIII, período este que também ficou conhecido como ‘século das luzes’, é considerado por diversos historiadores e filósofos como a época histórica em que se deu o auge do cientificismo e do racionalismo. A culminância dessas formas de pensamento foi motivada pelo estabelecimento de um movimento filosófico que se desenvolveu, sobretudo, na Europa ocidental, denominado de Iluminismo. O desenvolvimento intelectual impulsionado pelo Iluminismo, foi responsável por promover grandes mudanças nos campos científico, cultural, industrial, social e político.

³ Hume afirmava que a capacidade do ser humano em produzir conhecimento tem as suas limitações, visto que o conhecimento dos objetos e fenômenos do mundo, são, na verdade, um conjunto de crenças, as quais não podemos saber se são verdadeiras e não poderíamos justificá-las racionalmente ou empiricamente.

⁴ As ideias de Auguste Comte “são fruto do contexto da sociedade, numa reação à Revolução Francesa ocorrida durante 1789-1799. Era uma sociedade capitalista, industrial e urbana, porém atrelada a estruturas feudais, dominada pela Igreja” (Souza, 2020, p. 30).

⁵ Na estruturação de sua filosofia positiva, Comte baseia em alguns aspectos do pensamento iluminista: “a tendência a considerar os fatos empíricos como a única base do verdadeiro conhecimento, a fé na racionalidade científica como solução dos problemas da humanidade e a confiança acrítica, leviana e superficial na estabilidade e no crescimento sem obstáculos da ciência” (Silvino, 2007, p. 280).

sociedade, a partir dos mesmos métodos de estudos utilizados pelas ciências naturais. Essa nova ciência inicialmente chamada de física social, mais tarde seria rebatizada de Sociologia (Oliveira, 2010; Souza, 2020).

Para Comte, o desenvolvimento do pensamento humano segue uma sequência hierárquica e evolutiva, análoga ao que ocorre nas Ciências Naturais. Todo esse processo ocorre com base em uma lei fundamental, a ‘Lei dos três estados da evolução do espírito humano’. Nesta acepção, o progresso do pensamento humano segue uma ordem natural e espontânea, partindo sempre do mais simples em direção ao mais complexo.

De acordo com Comte, o ápice do desenvolvimento do espírito humano corre quando este atinge o estado positivo. Nesse estágio, o homem busca compreender o mundo e seus fenômenos, com base no método científico. Nessa lógica, o olhar do pesquisador deve se voltar para “os fatos compreendidos a partir do real observável, que por sua vez, deve ser articulado a teorias e/ou gerar novas teorias” (Souza, 2020, p. 31-32).

No Brasil, o positivismo Comtiano exerceu grande influência, sobretudo nas forças armadas, se transformando, com o passar do tempo, em uma das filosofias ordenadoras de nossa sociedade. Em razão disso, é possível perceber a sua influência em diversas áreas, tais como na poesia, na pintura, na política e também na educação (Andrade & Piva, 2011).

4. Reverberações do Modelo Empírico-Indutivista e Positivista de Ciência na Educação Científica

A educação, enquanto atividade social, também teve uma forte influência do pensamento positivista. Essa corrente filosófica foi determinante na superação do modelo tradicional de escola ligada a igreja e fundada na cultura humanística. Em contraposição ao paradigma tradicional de educação, o ideário positivista defendia um ensino leigo das ciências, orientado por um currículo multidisciplinar e fragmentado (Oliveira, 2010; Iskandar & Leal, 2017).

Herbert Spencer (1820-1903), foi um dos filósofos positivistas que defendia o ensino das ciências como elemento central do processo educativo. Na sua concepção, os conhecimentos oriundos da Biologia, da Química e da Física, seriam mais úteis para conduzir a sociedade ao progresso e ao bem-estar social, em prejuízo aos saberes oriundos das ciências humanas (Ferrari, 2008).

A classificação das ciências e a supervalorização das Ciências Naturais em detrimento das Ciências Humanas, foram fatores que contribuíram para a excessiva especialização e a fragmentação do conhecimento. Na acepção de Araújo (2010, p. 95) “esta fragmentação atingiu a educação de tal forma que até hoje não conseguimos superar essa visão”. Atualmente a escola tem o seu ensino organizado ao longo de séries, tendo os seus currículos estruturados dentro de uma lógica multidisciplinar e segmentada (Iskandar & Leal, 2017; Souza, 2020).

Nessa perspectiva, apesar de reconhecermos as contribuições do positivismo para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade, entendemos que a educação influenciada por essa corrente filosófica, não tem sido capaz de tornar os estudantes aptos a exercitar o pensamento crítico acerca da realidade humana. Nessa lógica, Bueno (2016) argumenta que o processo de ensino e aprendizagem pautado em uma concepção positivista, tem por objetivo a transmissão de um conjunto comprovado de conhecimentos aos seus alunos. Desse modo, cabe a estes memorizar os conceitos, fórmulas e teorias. Tal contexto conduz os estudantes a vislumbrar o conhecimento científico como um conjunto de discursos inquestionáveis, produzidos a partir de um método científico rígido e linear.

⁶ Essa lei consiste em que cada uma de nossas concepções principais, cada ramo de nossos conhecimentos, passa sucessivamente por três estados históricos diferentes: estado teológico ou fictício, estado metafísico ou abstrato, estado científico ou positivo. [...]: a primeira é o ponto de partida necessário da inteligência humana; a terceira, seu estado fixo e definitivo; a segunda, unicamente destinada a servir de transição (Comte, 1978, p. 04).

⁷ A classificação das ciências proposta Comte obedece aos graus de generalização, simplicidade e abstração, além do grau de independência do fenômeno dentro de seu domínio explicativo (Goldfarb et al., 2012, p. 44).

Esse modo de ensinar e aprender os conhecimentos científicos contribui também para que estudantes e professores construíssem visões deformadas de Ciência. Cachapuz, Gil-pérez, Carvalho, Praia, & Vilches (2005), listam algumas dessas visões, consideradas as mais recorrentes em suas investigações: **visão neutra de Ciência** (não são consideradas as inter-relações CTS); **visão ahistórica e aproblemática de Ciência** (não considera as controvérsias e impasses ocorridos ao longo da história da construção do conhecimento científico); **visão empírico-indutivista e ateórica** (conhecimento científico produzido com base na observação e experimentação); **visão elitista** (os conhecimentos científicos são produzidos por cientistas isolados) e; **visão rígida** (o conhecimento científico só pode ser produzido a partir do seguimento rigoroso das etapas que compõem o método científico).

A prevalência de tais concepções de Ciência influencia no modo como os indivíduos agem sobre a natureza e, também, determinam o modo como percebem as consequências dos empreendimentos científicos e tecnológicos para a sociedade, em todas as suas dimensões. Nesta perspectiva, entendemos que a percepção do fazer científico como algo infalível, neutro e benéfico, traz grandes obstáculos para a efetivação de uma educação científica em prol da cidadania.

5. O Pensamento Científico no Século XX

Entre o final do século XIX e início do século XX, surgiram vários questionamentos quanto aos resultados obtidos pela Ciência, a partir do paradigma tradicional. De acordo com diversos estudiosos, esse modelo tradicional de Ciência instituiu uma visão de mundo fragmentada e reducionista, focada principalmente no desenvolvimento econômico e tecnológico.

Diante da necessidade de respostas para os problemas complexos da realidade, a partir do século XX, surgiram novas correntes filosóficas, que por sua vez ampliaram consideravelmente o quadro epistemológico existente. Tratam-se de novas formas de conceber a transformação do conhecimento científico, que buscam estar em melhor consonância com as demandas do mundo contemporâneo (Massoni, 2005; Ribeiro, Lobato, & Liberato, 2010).

Também neste período, o otimismo em relação ao progresso da humanidade atribuído exclusivamente ao desenvolvimento científico, modo de pensar herdado do positivismo, começou a ruir. Novos estudos na área da física e da geometria, abalaram as ‘verdades’ estabelecidas até então pelo paradigma tradicional de Ciência, resultando na crise do método científico (Araujo, 2010).

Não obstante, diante das dificuldades da Ciência Moderna em apreender uma realidade cada vez mais complexa e heterogênea, diversos estudiosos começaram a questionar os métodos e padrões de cientificidade utilizados para a produção do conhecimento até então. Esses questionamentos impulsionaram o surgimento de novas correntes epistemológicas, que por sua vez, procuravam oferecer explicações mais ‘palatáveis’ para esse novo momento da humanidade (Massoni, 2005; Araújo, 2010; Monge & Camacho, 2017).

Karl Popper (1902-1994) foi um dos primeiros pensadores contemporâneos a se opor a concepção de Ciência difundida pelo ideário positivista. De acordo com Popper, todo conhecimento científico é corrigível, falível e provisório. Em sua epistemologia, retoma a crítica de Hume ao método indutivo e suas limitações para a construção de novas teorias científicas.

Para Popper não há lógica na ideia de que explicações universais sejam concebidas a partir da observação de padrões em eventos particulares. Nessa perspectiva, além de não se ter certeza de quantos eventos singulares sejam necessários para se chegar a uma explicação universal, sempre há a possibilidade do surgimento de um novo evento particular que seja contraditório a todos os outros anteriormente observados.

Por meio de sua teoria do conhecimento, o Racionalismo Crítico⁸, ele estabelece a ‘Falseabilidade’ como critério de demarcação entre o que é e o que não é científico. Para Popper, o cientista que busca a todo custo a verificação e a confirmação de sua teoria, acaba por assumir uma postura dogmática. Todavia, se o objetivo é o progresso da Ciência, os cientistas devem buscar pelo falseamento de suas teorias, na perspectiva de substituí-las por outras melhores. Por conseguinte, quanto maior for a sua resistência às críticas e às tentativas de refutação, mais claras, abrangentes e preditivas serão essas teorias (Popper, 2002). Para Popper (1982), as teorias são meios para explicar o mundo, entender a realidade; é um produto da mente humana, nossas ideias, que envolve imaginação e a criatividade.

Por meio de seu método hipotético-dedutivo, Popper sugere que o conhecimento é produzido a partir do surgimento de problemas científicos. Estes, por sua vez, surgem da necessidade de os cientistas compreenderem e/ou explicarem algum fato ou fenômeno do mundo e/ou do universo. Como solução para esses problemas, os cientistas formulam hipóteses, que após serem continuamente testadas e criticadas, poderão se constituir em novas teorias.

Todavia, mesmo que uma hipótese se mostre bem-sucedida, nada impede que esta seja refutada no futuro. Nesse caso, surge um novo problema científico. A partir disso o sistema se retroalimenta indefinidamente, visto que novas hipóteses deverão ser elaboradas passando também por novas críticas e tentativas de falseamento (Popper, 2002). Nessa lógica, Popper considera que a Ciência é “um empreendimento que cresce através da resolução de problemas que aparecem quando as teorias trazem dificuldades ou contradições” (Strieder, 2012, p. 80).

Não obstante as suas contribuições para uma nova compreensão do fazer científico, as ideias de Popper também foram submetidas a questionamentos e reformulações. Por conseguinte, um dos principais questionamentos à epistemologia popperiana diz respeito à mudança teórica ou, em outras palavras, quais seriam as razões que levariam um grupo de cientistas a deixar uma teoria em detrimento de outra mais nova.

Nessa perspectiva, Rufatto & Carneiro (2009) consideram que as posições e questionamentos de Thomas Kuhn (1922-1996), foram importantes para o debate acerca do modo de como se estrutura e se desenvolve o conhecimento científico. É importante dizer, que a riqueza dos debates travados entre Popper, Kuhn, Lakatos e outros filósofos da Ciência, ao longo do século XX, foram de grande importância para a consolidação da ideia de que fazer Ciência é algo provisório, rico e variado.

Na acepção de Massoni (2005, p. 15), falar de Kuhn e de suas contribuições para a filosofia da Ciência “significa tratar de conceitos como: ciência normal, revoluções científicas, paradigma, incomensurabilidade entre outros”. Tanto Kuhn quanto Popper, entendem que o conhecimento científico não pode ser criado ou capturado, mas sim construído. Todavia, Kuhn apresenta ressalvas quanto ao critério de falseabilidade e a teoria dos três mundos⁹ de Popper (Garcia, 2013).

Na concepção de Kuhn, a Ciência se desenvolve historicamente por meio de paradigmas¹⁰, sendo que a evolução do conhecimento científico ocorre a partir da tensão entre o ‘normal e o revolucionário’. Em oposição à teoria popperiana dos três mundos, propõe que a evolução do conhecimento científico se dê por meio de quatro fases: 1) a Ciência normal (a produção de enunciados científicos tem como base um paradigma vigente); 2) a fase das anomalias (na qual os resultados experimentais não

⁸ O racionalismo crítico têm como teses fundamentais: o conhecimento científico entendido como uma construção do homem; a refutabilidade como critério de demarcação entre o discurso científico e outros tipos de conhecimento e; uma concepção inovadora do método científico (Massoni, 2005).

⁹ Para Popper, a evolução do conhecimento científico se dá de maneira plural, pela relação entre o mundo material, dos objetos físicos; o mundo da mente humana; e o mundo das teorias, do conhecimento como produto humano. Os objetos capturados pela mente, terão alguma validade ou função a partir de sua transformação pelo intelecto humano, resultando em novas produções físicas ou subjetivas (Mairinque & Silva, 2013).

¹⁰ “Paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (Kuhn, 1998, p. 13).

conseguem ser elucidados no âmbito do atual paradigma); 3) a substituição do paradigma (ocorre quando o paradigma atual não mais atende às necessidades, sendo substituído por um paradigma com maior capacidade de resolver problemas); e 4) a revolução científica (aqui mesmo com a chegada de novos paradigmas o quantitativo de anomalias é tão grande que gera uma crise paradigmática) (Garcia, 2013).

Isto posto, espera-se que a crise paradigmática seja superada pela chegada de um outro paradigma. Esse modelo irá, então, atrair muitos pesquisadores, até que se torne defasado, gerando assim, uma nova crise, sendo que a sucessão de crises na produção do conhecimento científico seria responsável pelas revoluções científicas. Kuhn (1998) atribui a esses paradigmas conflitantes a condição de incomensurabilidade. Assim sendo, não há como um paradigma se valer do aporte do quadro teórico do paradigma que este vem a substituir.

As ideias de Kuhn também foram importantes para a consolidação do Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no período pós-Segunda Guerra. O movimento CTS, surge entre as décadas de 1960 e 1970, em decorrência do crescente questionamento da sociedade quanto ao modelo linear de desenvolvimento. A produção de armas químicas e nucleares e a degradação ambiental foram alguns dos motivos que conduziram a um repensar mais crítico acerca das consequências do desenvolvimento científico e tecnológico para a sociedade.

A obra de Kuhn, intitulada *A estrutura das revoluções científicas*, publicada em 1962, é apontada como uma das precursoras do movimento CTS na década de 1960 (Auler & Bazzo, 2001). De acordo com Araújo & Silva (2012, p. 102) “a principal contribuição de Kuhn para emergência do movimento CTS está em sua perspectiva de história e historiografia do desenvolvimento científico”.

Imre Lakatos (1922-1974) também apresentou contribuições importantes em prol de uma nova concepção de Ciência. Em sua obra *A metodologia dos Programas de Pesquisa*, apesar de reconhecer na epistemologia de Popper, uma das maiores contribuições para a filosofia da Ciência no século XX, faz algumas críticas ao princípio da falseabilidade. Ele justifica essa sua objeção, ao afirmar que Popper desconsidera a tenacidade das teorias científicas. Na sua concepção, um cientista não abandona uma teoria simplesmente porque alguns fatos a contradizem.

Nessa perspectiva, Lakatos e Kuhn convergem quanto a crítica ao ‘refutacionismo ingênuo’ de Popper. Todavia, apresentam concepções antagônicas quanto a evolução do conhecimento científico. Lakatos diverge da concepção defendida pela ‘filosofia Kuhniana’ de que uma revolução científica ocorra por uma ‘mudança irracional de ideias’ (Silveira, 1996).

Em contraponto, Lakatos acredita que a Ciência evolui de modo racional num processo em que um programa de pesquisa supera progressivamente outro. Nessa lógica, a “superação ocorre quando um programa tem em relação ao seu rival um excedente de conteúdo de verdade, no sentido de que prediz progressivamente tudo o que o seu rival corretamente prediz, e algumas coisas adicionais” (Lakatos, 1989, p. 231).

Os ‘programas de pesquisa’ têm por objetivo definir procedimentos metodológicos que deverão guiar as decisões acerca da necessidade de modificação ou construção de novas teorias. Utilizando-se da Ciência newtoniana como exemplo, ela cita que as três leis da mecânica e a lei da gravitação constituem o “núcleo firme” do pensamento de Newton. Este ‘núcleo firme’, por sua vez, está circunscrito por um ‘cinturão protetor’, que o protege de questionamentos e refutações. As regras metodológicas que integram esse programa de pesquisa também devem definir os caminhos que essas teorias devem seguir (heurística positiva) ou não (heurística negativa) (Laburú, Arruda, & Nardi, 1998).

Lakatos (1989) propõe a classificação dos programas de pesquisa em três categorias: o teoricamente progressivo (modificação no cinturão protetor conduzem às novas predições); o empiricamente progressivo (no caso de alguma das novas predições serem ratificadas); e o regressivo ou degenerado (quando possíveis ajustes no cinturão protetor não conduzem às novas predições, e, em mesmo havendo, não são ratificadas).

A concepção de programas de pesquisa lakatosiana evidencia a historicidade e o pluralismo teórico na qual a evolução do conhecimento científico ocorre. Dessa forma, para que a Ciência progrida, existe a necessidade de que haja programas de pesquisa que concorram entre si. Importante dizer, no entanto, que o embate entre dois ou mais programas e os desdobramentos que conduzirão à superação de um destes, não ocorrem imediatamente. Por conseguinte, Lakatos sugere que seja concedido tempo adequado para que os programas se desenvolvam, visto que se leva tempo para que se tornem empiricamente progressivos. (Laburú et al., 1998).

Gaston Bachelard (1884-1962) foi um dos epistemólogos contemporâneos que se opuseram ao pensamento empírico indutivista. Assim como Lakatos, Bachelard era contra a ideia absolutista e acumulativa de ciência. Todavia, divergiam em suas concepções acerca do papel do descontínuo das revoluções científicas no desenvolvimento da Ciência. Na concepção de Bachelard, o conhecimento científico evolui a partir do que ele denomina de “obstáculos epistemológicos”. Por conseguinte, a Ciência avança na medida que esses obstáculos são identificados, especificados e superados (Bachelard, 2006).

O principal objetivo da epistemologia bachelardiana era a reestruturação do conhecimento científico e dos princípios filosóficos. Dentre as suas contribuições, podemos citar a valoração atribuída ao erro e a retificação na construção do saber científico. Dessa forma, ao contrário do que defendiam outros epistemólogos, o erro não é um equívoco ou um tumor a ser extraído. Na sua concepção, o exercício de identificação e posterior retificação dos erros fazem com que a Ciência se desenvolva (Lopes, 1996).

Bachelard também criticava a perspectiva de contínuo entre Ciência e senso comum, uma vez que, para ele, a Ciência se desenvolve por meio da descontinuidade e da ruptura com o senso comum. O seu raciocínio também se aplica às teorias científicas que, por sua vez, vão se sucedendo no decorrer da história. A perspectiva de descontinuidade e de ruptura são elementos fundamentais de sua epistemologia (Lopes, 1996; Bachelard, 2006).

Como superação ao modelo empírico-indutivista, Bachelard propôs o seu racionalismo aplicado. Na sua concepção, o cientista não mais deve se aproximar do seu objeto de estudo por meio dos sentidos, mas sim munido com a teoria (Portela-Filho, 2010). Para Bachelard, não existe um ponto final no processo de retificação das teorias científicas, assim como não existem verdades absolutas.

Com o passar do século XX, se intensificam as críticas e os questionamentos às concepções tradicionais, instalando-se uma crise paradigmática no âmbito da ciência. A superespecialização da Ciência e a pretensão positivista de uma verdade única e absoluta, não mais se adequa a atual visão de mundo. Esse novo contexto gera, em alguns cientistas, o desejo de se fazer o caminho de volta, em busca de uma totalidade concreta. Essa volta ‘ao todo’ foi impulsionada pela contribuição de vários epistemólogos, dos quais citamos Fritjof Capra (pensamento sistêmico) e Edgar Morin (pensamento complexo) (Bolshaw, 2015).

A teoria ou epistemologia da complexidade, pautada no pensamento Morin, segundo o próprio epistemólogo, tem as suas raízes no pensamento filosófico de Bachelard. Por meio das suas obras, tais como *Introdução ao pensamento Complexo* (2007) e *Os sete saberes necessários para a educação do futuro* (2000), Morin realiza uma grande revisão da epistemologia contemporânea da Ciência. A sua Teoria da Complexidade tem como cerne a perspectiva de um ser humano integral e multifacetado (Morin, 2000; 2007).

Morin (2003) considera que o mundo de hoje, marcado por incertezas e contradições, exige que ampliemos o foco para que possamos observá-lo com maior clareza. Para ele, questões como: o que somos? De onde viemos? Para onde iremos? não conseguem ser respondidas, devido à fragmentação do conhecimento. Desse modo, é necessária uma reestruturação do saber científico por meio da rearticulação das diferentes ciências.

Isto posto, o pensamento complexo se opõe a uma visão simplificada de mundo, não sendo cabíveis a observação e a análise do ser humano e da sociedade, estruturas tão complexas a serem realizadas à luz de um único ramo do conhecimento. Na concepção de Morin (1986), um pensamento esfacelado leva a processos decisórios equivocados e ilusórios.

O pensamento complexo de Morin está organizado em três etapas:

[...] o princípio dialógico (ou a dualidade dentro da unidade), o princípio da recursividade organizacional (ou da causalidade circular de retroalimentação múltipla) e o princípio da representação hologramática (segundo o qual o todo está contido em cada parte e as partes estão contidas no todo) (Bolshaw, 2015, p. 23).

Morin (2007) atribui ao paradigma cartesiano o protagonismo na estruturação do pensamento científico moderno. Por conseguinte, ao mesmo tempo que reconhece os inúmeros progressos científicos ocorridos em decorrência do modelo tradicional de Ciência, aponta para o seu esgotamento, visto que além dos males que o progresso científico e tecnológico trouxe para a humanidade, também tirou do homem a capacidade de compreender a realidade a partir de sua complexidade.

De forma sintética, podemos presumir que o pensamento complexo busca um modelo de Ciência que se proponha a assumir um olhar multidimensional frente ao seu objeto de estudo. Sendo assim, não poderá haver distinções entre fenômenos socioculturais e biológicos, por exemplo. O olhar da complexidade leva o cientista adotar um viés inter e transdisciplinar, visto que, para elucidar as múltiplas faces do seu objeto de estudo, dependerá da contribuição de várias áreas do saber. É importante dizer que o pensamento complexo não tem, pois, a pretensão de chegar a uma verdade completa e absoluta, mas sim buscar respostas mais pertinentes para os dilemas da humanidade (Cavalcanti, 2014).

Como pudemos observar, a crise pela qual passou a Ciência moderna, no final do século XIX e início do século XX, foi o ponto de partida para uma reavaliação profunda do que se entende por conhecimento científico. Ao longo do século XX, a filosofia e a epistemologia da Ciência conheceram um notável desenvolvimento a partir do surgimento de novas correntes e teorias. Estas, por sua vez, buscaram reavaliar o conceito de Ciência, seus critérios de demarcação, a validade de seus métodos e a forma com que se relaciona com a realidade.

O caminho trilhado até aqui, foi importante para que pudéssemos conhecer algumas das concepções acerca da produção do conhecimento científico propostas desde o advento da Idade Moderna. As reflexões aqui realizadas também foram importantes para que chegássemos a uma compreensão própria do que vem a ser Ciência, a qual concebemos como um componente fundamental para viabilizar a comunicação do homem com o mundo em que vive. Trata-se de ação humana, histórica e social, um artifício cognitivo, eloquente e universal, que propicia ao indivíduo o desenvolvimento de recursos que assegurem a sua sobrevivência e bem-estar.

Consideramos adequada a concepção acima apresentada, por entendermos que ela supera a compreensão de Ciência como uma atividade neutra, linear e a-histórica. Todavia, é importante reconhecer que mesmo diante do avanço da Filosofia e a Epistemologia da Ciência, ainda é comum no ambiente escolar e na sociedade, a reprodução de concepções distorcidas de Ciência. De acordo com Gil-Pérez et al., (2001), este cenário tem se constituído como um dos principais obstáculos à renovação do ensino de Ciências.

Nesta perspectiva, entendemos que é urgente a necessidade de uma educação científica que conduza os indivíduos a uma compreensão adequada da natureza da Ciência¹¹. Consideramos este entendimento como fundamental em prol de um ensino de ciências capaz de formar cidadãos aptos a compreender e atuar, de forma crítica, sobre os processos que envolvem ciência e tecnologia.

¹¹ Apesar de reconhecermos as dificuldades em definir o que vem a ser “Natureza da Ciência”, entendemos que estudá-la significa compreender como a humanidade construiu e continua a construir o conhecimento científico, considerando as condicionantes históricas, políticas e socioculturais, consubstanciando-se também em suas concepções ideológicas, filosóficas e metodológicas (Moura, 2014).

6. Contribuições do Estudo de Temas CTS a Luz da HFC em Prol da Superação de Visões Distorcidas de Ciência e de Suas Consequências Para a Sociedade

Até aqui tratamos da história do pensamento científico, buscando evidenciar a transitoriedade e provisoriade em torno das diferentes concepções de Ciência. A compreensão das diversas concepções que se sucederam e até mesmo coexistiram, nos mostram que, apesar do fazer científico estar fundado em valores epistêmicos, tais como o rigor e a razoabilidade, a motivação e a definição das estratégias para a sua realização, estão subordinadas a interesses e valores sociais.

As epistemologias que surgiram ao longo do século XX foram importantes para o processo de ressignificação do fazer científico. Na aceção de Massoni (2005, p. 92), as diferentes concepções epistemológicas estabelecidas nesse período têm em comum a compreensão de que “ a observação, a experiência, a experimentação não constituem fonte de conhecimento, pois a ciência é concebida constituindo-se hipóteses (conjeturas) e confrontando-as posteriormente, com o mundo real”.

Entretanto, mesmo diante da evidente oposição ao pensamento empírico-indutivista, característica presente nos modelos epistemológicos contemporâneos, o modo como se ensina ciências, nas escolas e nas universidades, ainda está distante de conduzir os estudantes à construção de uma visão crítica acerca construção do conhecimento científico. Para Cachapuz et al., (2005); Masón & Moreira (2007); Almeida & Farias (2016); Costa et al., (2017), as visões empírico-indutivistas de Ciência ainda exercem grande influência no modo como professores e estudantes concebem o conhecimento e o fazer científico.

Na aceção de Gil-Pérez et al., (2001), o predomínio de visões distorcidas de Ciência, no processo de ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos, têm se constituído como um dos principais obstáculos ao processo de renovação do ensino de ciências. Por conseguinte, aulas de ciências planejadas e realizadas com base na tradição hegemônica, reforçam a ideia de que o conhecimento científico e aqueles que os produzem, estão muito distantes do cotidiano de professores e estudantes. Em outras palavras, trata-se de um conhecimento absoluto e inquestionável, gerado por gênios enclausurados no interior de seus laboratórios. Como resultado, os alunos consideram que o aprendizado em ciências só é importante no contexto escolar, não tendo para si uma utilidade prática.

Todavia, a hegemonia das concepções empírico-indutivistas de Ciência não é uma realidade apenas nas instituições de ensino e/ou nas aulas de ciências. A sociedade, de um modo geral, carrega consigo visões distorcidas sobre a produção do conhecimento científico. Essa realidade impede que os indivíduos analisem criticamente as consequências do fazer científico e tecnológico e, por consequência, os impedem de participar ativamente dos processos decisórios relativos a esses temas.

Nesse ínterim, para Chassot (2006), um dos desafios fundamentais para o ensino de ciências na atualidade, é a ressignificação do seu processo de ensino e aprendizagem, em prol da construção de uma concepção crítica de Ciência e Tecnologia por parte da sociedade escolarizada. Na percepção de Oliveira & Alvim (2017), um dos meios de se atingir esse objetivo seria por meio da inserção de discussões CTS a luz da História e Filosofia da Ciência (HFC).

A reconstrução do ensino de ciências por meio da associação entre HFC e CTS, ao nosso ver, seria capaz de abordar o conhecimento e o fazer científico, dentro do seu real fluxo histórico, filosófico, social e cultural, evidenciando assim a sua dinamicidade e provisoriade. Consideramos que esse seria um cenário promissor para desconstruir visões deformadas de Ciência, demonstrando o equívoco que repousa no entendimento de que a Ciência é um conhecimento neutro e desvinculado do contexto social onde é produzido.

A educação CTS surge dentro de um propósito de educação científica voltada à cidadania, em um momento em que o foco do ensino de ciências estava na formação de futuros cientistas (décadas de 1960 e 1970). Por meio da educação CTS almeja-se um ensino de ciências onde os conteúdos científicos e tecnológicos sejam estudados e discutidos considerando as suas dimensões históricas, políticas, socioeconômicas e éticas.

No que tange à HFC, como tendência teórica e metodológica, Marandino (2002) considera que essa abordagem, ao investigar e refletir sobre a produção do conhecimento, tende a focar mais nos processos do que nos artefatos da Ciência. Nessa perspectiva, o conhecimento científico não é tido como algo ‘pronto’ e ‘acabado’. Sendo assim, a sua produção ocorre em meio a divergências e interesses de natureza ética, social, política econômica e cultural. Considerando o ensino de ciências, essa abordagem pode contribuir para a sua melhoria, visto que ao promover a contextualização social e histórica dos conteúdos científicos, desvelando as contradições, disputas e embates que ensejaram a sua produção, contribui para romper com visões a-históricas e neutras de Ciência. Ainda de acordo com a autora, as discussões e proposições em torno da HFC advém dos campos da epistemologia, filosofia e história da Ciência, se apoiando nas contribuições de epistemólogos como K. Popper, T. Kuhn, B. Latour, dentre outros.

A contribuição da HFC para a discussão de temas CTS consiste em trazer à tona os aspectos históricos e filosóficos subjacentes à construção de um determinado conhecimento científico ou tecnológico. Nessa situação de aprendizagem, extrapola-se a dimensão conceitual do conteúdo, visto que os estudantes irão aprender esses conhecimentos a partir do contexto histórico, social, político e cultural em que foram construídos. Importante dizer que as recentes reformas educacionais, incluindo-se a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem destacado a importância da contextualização sócio-histórica e epistemológica dos conteúdos científicos.

As questões de natureza histórica e filosófica que estão por traz do desenvolvimento de conceitos e teorias são muito ricas e diversas, sendo possível selecionar eventos ou situações ocorridas nesse processo, que poderão ser utilizadas para contextualizar e conferir maior significado ao conteúdo ensinado. Todavia, de modo a resguardar a adequação dos casos e eventos a serem utilizados nessas situações de aprendizagem, a sua seleção deverá considerar as condições sociais, geográficas, educacionais e cognitivas dos alunos (Oliveira & Alvim, 2017).

A articulação entre HFC e os estudos CTS podem, também, contribuir para a efetivação de uma abordagem interdisciplinar nos currículos escolares. Nos momentos de discussão dos temas que emergem dessa articulação, será necessário a mobilização de diversos conhecimentos que, por sua vez, irão transpor as barreiras existentes entre disciplinas e áreas do conhecimento. Esse movimento é importante para que professores e estudantes construam, em conjunto, a percepção de que a análise crítica de situações do cotidiano, dada a sua condição multifacetada, não podem ocorrer a luz dos conhecimentos e métodos de um único campo do conhecimento.

Neste íterim, diversas situações e controvérsias científicas poderão ser utilizadas pelos professores, em sala de aula, para ilustrar as relações CTS. A inserção no currículo e nas aulas de ciências de temas atuais como o surgimento do novo Coronavírus, a produção de vacinas, a substituição de combustíveis fósseis por renováveis, as relações de consumo e meio ambiente, os impactos sociais e ambientais da produção dos alimentos, dentre outros, poderiam ser capazes de mediar a compreensão dos conteúdos científicos que os sustentam e, ao mesmo tempo, fomentar o desenvolvimento do senso crítico dos estudantes.

O estudo dos temas CTS à luz da HFC tende a estimular professores e estudantes a desvelar e refletir criticamente sobre as bases histórico-epistemológicas, políticas e sociais que, por sua vez, constituem plano de fundo do desenvolvimento científico e tecnológico. Nessa medida, entendemos que há a real possibilidade de se romper com visões distorcidas de Ciência. Por conseguinte, espera-se que o fazer científico passe a ser visto como fruto do trabalho humano, em um determinado tempo e espaço e que, por isso, está sujeito a influências sociais, culturais e políticas particulares. Consideramos essa articulação como promissora considerando, sobretudo, o momento em que vivemos. A pandemia da COVID-19 ressaltou a necessidade de que o conhecimento científico consiga transpor as barreiras dos círculos acadêmicos e chegue à sociedade. Nessa ação quase que “subversiva” de uma formação para a cidadania, considerando a concretude dos dias atuais, o ensino de ciências exerce um papel fundamental. Nessa perspectiva, entendemos que cidadãos cientificamente e midiaticamente

alfabetizados tendem a ser menos suscetíveis ao poder persuasivo das Fake News, teorias da conspiração e do negacionismo científico.

Em suma, podemos dizer que uma educação CTS à luz da HFC busca preparar os indivíduos para que construam uma postura mais crítica acerca dos processos e produtos científicos e tecnológicos. Todavia, não é um processo simples e que deve ser promovido de modo aligeirado. Na concepção de Oliveira & Alvim (2017), a construção de propostas pedagógicas, sob o olhar dessas abordagens, deve considerar os seguintes aspectos: a abordagem dos conteúdos científicos a partir de temas que tenham repercussões nos campos científico, tecnológico e social, com ênfase naqueles que tenham relação com o cotidiano dos estudantes; estimular o questionamento dos estudantes sobre as implicações sociais e políticas do desenvolvimento científico e tecnológico, considerando a sua historicidade e; conduzir os estudantes para que estes, na condição de cidadãos, possam analisar criticamente a realidade e atuarem de forma consciente, responsável e solidária sobre ela.

7. Considerações Finais

Por meio do caminho percorrido até aqui, é imperioso reconhecer a importância da Ciência e a Tecnologia para o desenvolvimento da sociedade humana. Foi a partir do desenvolvimento científico e tecnológico que surgiram as indústrias, se aperfeiçoou o modo de produção de medicamentos e de alimentos que, por sua vez, aumentaram a nossa expectativa de vida, foram criados novos meios de comunicação e de transporte, dentre outros benefícios oportunizados à humanidade.

O significativo avanço experimentado pela humanidade até o fim do século XIX, fez com que a sociedade criasse um grande otimismo em torno da Ciência e de seus produtos. Nessa época o desenvolvimento científico passou a ser visto como sinônimo de bem-estar e desenvolvimento social. Nessa perspectiva, a partir da consolidação do paradigma empírico-indutivista e positivista, o fazer científico passou a ser concebido como uma atividade neutra, inquestionável e infalível e que, por conta do rigor método científico, estaria totalmente protegido de influências de natureza ética, social, política, cultural e econômica.

Todavia, os acontecimentos históricos ocorridos ao longo do século XX fizeram com que se reduzisse drasticamente a euforia em torno do desenvolvimento científico e tecnológico. As duas guerras ocorridas na primeira metade desse século, bem como o uso do conhecimento e dos artefatos científicos, em prol do crescimento do sistema de produção capitalista e a consequente ampliação das desigualdades, fez com que a humanidade enxergasse a face obscura da Ciência.

A partir dessa nova percepção da realidade, os epistemólogos contemporâneos se dedicaram a promover a ‘desdogmatização da atividade científica’. Nessa perspectiva, o conhecimento científico, ao contrário do que defendia a tradição moderna de Ciência, está continuamente sob a influência dos contextos histórico, sociocultural, político e econômico num determinado tempo e espaço, em que são produzidos.

Essa nova forma de conceber a Ciência, seus produtos e consequências fez com que surgissem movimentos que passavam a exigir a participação da sociedade nos processos decisórios acerca dos temas e problemáticas que envolvem Ciência e Tecnologia. Dentre esses movimentos, destacamos os estudos CTS. No ensino de Ciências, a abordagem CTS é vista como uma possibilidade rica de contextualização de conteúdos científicos de modo que, além dar significado ao seu aprendizado, possa preparar os estudantes a exercer a sua cidadania. Ademais, é uma abordagem teórico-metodológica capaz de reverter visões distorcidas de Ciência que possam se fazer presentes no ideário de professores e estudantes.

Entretanto, o estudo dos temas CTS, de modo a atingir os seus objetivos de aprendizagem, devem ser discutidos a luz do contexto histórico, epistemológico e filosófico em que os conhecimentos científicos, que os subsidiam, foram construídos. Nesse movimento, os estudantes têm a possibilidade de compreender que a produção do conhecimento científico e, até mesmo, a sua aceitação pela comunidade científica, está sujeita a fatores de natureza diversa. Nessa perspectiva, entendem que a atividade científica não é neutra ou conclusiva e que está, sim, sujeita a situações que ultrapassam as barreiras de controle do

método científico. A partir dessa visão mais crítica sobre a produção e os potenciais usos dos artefatos da Ciência e da Tecnologia, espera-se que os estudantes possam conseguir desvelar os reais interesses acerca da implementação de empreendimentos científicos e tecnológicos que são, constantemente, apresentados à sociedade.

Contudo, o rompimento no modo como tradicionalmente se ensina ciências é uma tarefa complexa. Atualmente, os conteúdos são apresentados aos estudantes de modo fragmentado e desconectado da sua realidade. Nessa perspectiva, os alunos internalizaram que os conteúdos científicos devem ser aprendidos a partir de sua memorização e sem a possibilidade de questionamentos. Essa é a mesma lógica de ensino também se repete nos cursos de licenciatura que formam professores para os campos disciplinares das Ciências da Natureza.

Neste íterim, consideramos que a mudança no contexto acima relatado requer uma ressignificação no modo como se organizam os currículos, na formação ofertada pelas licenciaturas e, enfim, na forma como se ensina ciências. Nessa perspectiva, entendemos que a utilização de temas CTS e a sua discussão à luz das contribuições da HFC, podem trazer contribuições importantes em prol de um efetivo aprendizado dos conteúdos científicos. Entendemos que essa articulação CTS e HFC pode se fazer presente como fundamentação teórico-metodológica para a elaboração dos currículos de ciências (educação básica e superior), na elaboração dos materiais didáticos ou, simplesmente, no planejamento do professor ao preparar suas aulas. Por fim, entendemos que torna-se necessário a realização de novos estudos teóricos e/ou empíricos que se dediquem à produção de novos conhecimentos sobre possíveis associações entre as abordagens teórico-metodológicas para o ensino de ciências.

Referências

- Almeida, A. V. & Farias, C. R. O. (2016). A natureza da Ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 16(3), 473–488.
- Andrade, S. A. & Piva, T. C. de C. (2011). A influência do positivismo no ensino científico brasileiro. In *Scientiarum Historia IV* (pp. 681–687). HCTE/UFRJ.
- Araújo, A. B. & Silva, M. A. da. (2012). Ciência, Tecnologia e Sociedade; trabalho e educação: possibilidades de integração no currículo da educação profissional tecnológica. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 14(1), 99–112.
- Araujo, R. R. (2010). Os paradigmas da ciência e suas influências na constituição do sujeito: a intersubjetividade na construção conhecimento. In M. R. R. M. de (org. Camargo & V. C. C. dos S. (colab. . Santos (Eds.), *Leitura e escrita como espaços autobiográficos de formação* (pp. 91–103). São Paulo: Editora da UNESP.
- Auler, D. & Bazzo, W. A. (2001). Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 1–13.
- Bachelard, G. (2006). *A epistemologia*. (F. L. Godinho & M. C. (trad. . Oliveira, Eds.). Lisboa: Edições 70. Retrieved from <https://marcosfabionuva.files.wordpress.com/2011/08/a-epistemologia.pdf>
- Bolshaw, M. (2015). Breve história da epistemologia. *Temática*, 11(12), 16–25.
- Bueno, A. de P. (2016). La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias. In M. P. J. Aleixandre, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, & A. de P. Bueno (Eds.), *Enseñar ciencias* (9th ed., pp. 33–54). Barcelona: Graó.
- Cachapuz, A. F. C. et al., (2005). *A necessária renovação para o ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Cavalcanti, A. D. S. (2014). Olhares epistemológicos e a pesquisa educacional na formação de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, 40(4), 983–998.
- Chassot, A. (2006). *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação* (4th ed.). Ijuí: Unijuí.
- Chaves-Filho, M. M. de F. & Chaves, S. M. L. de F. (2000). A ciência positivista: o mundo ordenado. *Iniciação Científica Cesumar*, 2(2), 69–75.
- Comte, A. (1978). Curso de filosofia positiva. In J. A. (org.). Giannotti (Ed.), *Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural.
- Costa, F. R. da S., Zanin, A. P. de S., Oliveira, T. A. L. de, & Andrade, M. A. B. S. de. (2017). As visões distorcidas da natureza da ciência sob o olhar da história e filosofia da ciência: uma análise nos anais dos ENEQ e ENEBIO de 2012 e 2014. *ACTIO: Docência Em Ciências*, 2(2), 4.
- Damião, A. P. (2018). O Renascimento e as origens da ciência moderna: Interfaces históricas e epistemológicas. *História Da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*, 17(0), 22.
- Ferrari, M. (2008). Herbert Spencer, o ideólogo da luta pela vida. *Nova Escola*.

- Garcia, J. P. (2013). Embates teórico-filosóficos entre Thomas Kuhn e Karl Popper: como pensar a atividade científica hoje.
- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A. & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(2), 125–153.
- Goldfarb, D. P. et al., (2012). A filosofia da ciência em Auguste Comte: desvencilhando o pensamento comtiano de malentendidos históricos. *Revista Inquietude*, 3(2), 33–55.
- Iskandar, J. I. & Leal, M. R. (2017). Sobre positivismo e educação. *Revista Diálogo Educacional*, 3(7), 89–94.
- Kuhn, T. S. (1998). *A estrutura das revoluções científicas* (5th ed.). São Paulo: Editora Perspectiva.
- Laburú, C. E., Arruda, S. de M. & Nardi, R. (1998). Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência & Educação*, 5(2), 23–38.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Lopes, A. R. C. (1996). Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3), 248–273.
- Mairinque, I. das M. & Silva, M. F. de A. (2013). Karl Popper e a teoria dos Mundos de Platão. *Metanoia*, (5), 7–17.
- Marandino, M. (2002). *Tendências teóricas e metodológicas no Ensino de Ciências*. São Paulo, USP.
- Masón, N. T., & Moreira, M. A. (2007). Um estudo exploratório sobre a contribuição de visões epistemológicas contemporâneas na transformação das concepções de professores de física atuantes. *TED: Tecnê, Episteme y Didaxis*, (22), 5–31.
- Massoni, N. T. (2005). Epistemologias do século XX. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa da Pós- Graduação em Ensino de Física.
- Modena, E. (2015). O surgimento da Ciência/Filosofia moderna e a construção de uma concepção utilitarista da natureza. *Geografia Em Atos (Online)*, 1(15), 1–14.
- Monge, M. A. & Camacho, M. N. (2017). Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Revista Actualidades Investigativas En Educación*, 17(3), 1–20.
- Morin, E. (1986). *Para sair do século XX*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Morin, E. (2000). *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. (E. de A. Carvalho, Ed.) (2.). São Paulo: Cortez.
- Morin, E. (2003). *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. (Eloá Jacobina, Ed.) (8th ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Morin, E. (2007). *Introdução ao pensamento complexo* (Vol. 1). Porto Alegre: Sulina.
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História Da Ciência*, 7(1), 32–46.
- Oliveira, C. G. (2010). A matriz positivista na educação brasileira: uma análise das portas de entrada no período republicano. *Diálogos Acadêmicos - Revista Eletrônica Da Faculdade Semar/Unicastelo*, 1(1), 1–17.
- Oliveira, R. R. & Alvim, M. H. (2017). Elos possíveis entre a História das Ciências e a educação CTS. *Khronos, Revista de História Da Ciência*, (4), 58–71.
- Popper, K. (1982). *Conjecturas e refutações*. Brasília: Editora da UnB.
- Popper, K. (2002). *A lógica da pesquisa científica*. (E. Cultrix, Ed.). São Paulo.
- Portela-Filho, R. N. A. (2010). A epistemologia histórica de Gaston Bachelard. *Revista Pesquisa Em Foco: Educação e Filosofia*, 3(3), 101–109.
- Portugal, C. A. (2002). Discussão sobre empirismo e racionalismo no problema da origem do conhecimento. *Diálogos e Ciência*, (1), 1–19.
- Ribeiro, W. C., Lobato, W., & Liberato, R. de C. (2010). Paradigma tradicional e paradigma emergente: algumas implicações na educação. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 12(1), 27–42.
- Rufatto, C. A., & Carneiro, M. C. (2009). A concepção de ciência de Popper e o ensino de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 15(2), 269–289. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132009000200003>
- Sampieri, R. H., Fernández-Collado, C., Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la investigación*. (4th ed.) Cidade do México: McGraw-Hill Iteramericana.
- Silva, F. R. (2020). As abordagens CTS/CTSA e alguns desafios atuais do ensino de ciências. In: Laurindo, A. P.; Silva, J. A. P.; Neves, M. C. D. (orgs). Educação para a ciência e CTS: um olhar interdisciplinar. Coleção Singularis, v. 10. Ponta Grossa, Texto e Contexto, 11-22.
- Silva, F. A. da. (2017). A Revolução Copernicana na filosofia de Kant: breves considerações a partir do prefácio da segunda edição da Crítica da Razão Pura. *Revista Enciclopédia de Filosofia*, 6(0), 22–35.
- Silveira, F. L. (1996). A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3), 219–230.
- Silveira, F. L. (2002). A teoria do conhecimento de Kant: o idealismo transcendental. *Cat. Ens. Fís.*, V, 19, 28–51.
- Silvino, A. M. D. (2007). Epistemologia positivista: qual a sua influência hoje? *Psicologia: Ciência e Profissão*, 27(2), 276–289.

Souza, D. C. de. (2020). O positivismo de auguste comte e a educação científica no cenário brasileiro. *Revista REAMEC*, 8(1), 29–42.

Strieder, R. B. (2012). *Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas*. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo.

Tesser, G. J. (1994). Principais linhas epistemológicas contemporâneas. *Educar Em Revista*, (10), 91–98.

Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: à pesquisa em educação*. São Paulo: Editora Atlas S.A.