

## *A Sketch of the Past, Present and Future of Science and Technology*

### **Um Esboço do Passado, Presente e Futuro da Ciência e Tecnologia**

**Agamenon R. E. Oliveira**

Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro

*agamenon.oliveira@lwmail.com.br*

**Abstract.** *This text summarizes the lecture I gave at the end of the Scientiarum Historia 14, held in remote mode by the Graduate Program of History of Sciences and Techniques and Epistemology, between 7 and 11 December 2021. The fundamental characteristics of the 17th century Revolution is briefly described. As we move on to the Industrial Revolution in England, we will return to the most notable events from the so-called first Industrial Revolution to the present day, i.e., at the turn of the Fourth Industrial Revolution, when S & T played a decisive role in the passage to the so-called Industry 4.0. As we will see, over time the convergence between science and technology becomes more conspicuous, with examples that point to a complete interchange and fusion of objectives. Some fundamental features of the work in S&T are presented as contemporary challenges, when a fierce fight against scientific denialism is demanded from the entire scientific community, under penalty of turning a blind eye and helping the adoption of a culture that supports authoritarian political regimes.*

**Keywords.** *Scientific revolution. Industrial revolution. History of science. Scientific denialism.*

**Resumo.** Este texto resume a palestra que proferi ao final do Scientiarum Historia 14, realizado em modalidade remota pelo Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, entre 7 e 11 de dezembro de 2021. As características fundamentais da Revolução do século XVII são brevemente apresentadas. À medida que avançamos para a Revolução Industrial na Inglaterra, retornaremos aos eventos mais importantes desde a chamada primeira Revolução Industrial até os dias atuais, ou seja, na virada da Quarta Revolução Industrial, quando a C & T desempenha um papel decisivo na passagem da chamada Indústria 4.0. Como veremos, ao longo do tempo a convergência entre ciência e tecnologia torna-se mais evidente, com exemplos que apontam para um completo intercâmbio e fusão de

objetivos. Algumas características fundamentais do trabalho em C & T são apresentadas como desafios contemporâneos, quando uma luta feroz contra o negacionismo científico é exigida de toda a comunidade científica, sob pena de fechar os olhos e facilitar a adoção de uma cultura que apoie regimes políticos autoritários.

**Palavras-chave.** Revolução científica. Revolução industrial. História da ciência. Negacionismo científico.

Recebido: 13/04/2022

Aceito: 15/07/2022

Publicado: 15/07/2022

DOI:10.51919/revista\_sh.v1i0.360

A “periculosidade” social da ciência é inerente à sua natureza. Por definição, não pode haver ciência “inocente”, “inofensiva”, porque só seria tal aquela que não servisse para nada, o que seria a negação da sua essência. O conhecimento é sempre uma arma na luta contra forças adversas, físicas ou sociais.

Álvaro Vieira Pinto

## **1. Introdução**

Em linhas bem gerais a ciência moderna é fruto de um longo desenvolvimento do conhecimento, sob suas diversas formas, desde as sociedades mais antigas do oriente e ocidente e cujo ponto culminante, no ocidente, ocorre no século XVII, muito embora a chamada Revolução Científica do século XVII abrace um período aproximado, começando em 1500 e terminando em 1700 (Moseley & Lynch, 2010). Este ponto culminante se refere a obra maior de Isaac Newton (1642-17127) os *Principia Mathematica Philosophia Naturalis*, que teve sua primeira edição em 1687 (Newton, 1952). Nela, Newton além de formular as leis do movimento (A Mecânica) propôs um modelo quantitativo para a força de atração gravitacional, embora tivesse sido muito questionado sobre a natureza meio enigmática de uma força que se propagava instantaneamente a distância. Sabemos hoje, que Newton sofreu grande influência da teoria alquímica das “virtudes” que os corpos exercem sobre os outros a distância, para formular seu modelo de atração gravitacional (Borges et al, 2020).

Ao longo de seu desenvolvimento, o conhecimento vai ficando cada vez mais especializado e um certo descolamento entre ciência, filosofia e tecnologia vai se descortinando. Com a Revolução Industrial na Inglaterra, a partir da segunda metade do século XVIII, a nova sociedade industrial vai absorvendo cada vez mais o conhecimento

científico e incorporando-o ao setor produtivo (Hobsbawm, 2000). Ainda no século XIX as indústrias química e elétrica, são empreendimentos muito intensivos em conhecimento científico. Um começo de simbiose entre ciência e tecnologia começa a acontecer.

No que diz respeito aos estudos sobre a tecnologia, praticamente todos os grandes pensadores que se debruçaram sobre este fenômeno e seus efeitos sobre a sociedade, tais como Ortega y Gasset (1883-1955), Lewis Mumford (1895-1990), Oswald Spengler (1880-1936), Martin Heidegger (1889-1976), Jacques Ellul (1912-1994) e muitos outros, somente Marx (1818-1883) e, evidentemente aqueles que seguiram o caminho por ele desbravado, abordaram esta questão como pertencendo ao campo da produção do valor e das relações de trabalho (Marx, 1970). Além disso, a maioria das teorias que tentam explicar o desenvolvimento tecnológico, a inovação associada ao crescimento e ao bem-estar social, o fazem, considerando a inovação como uma variável exógena ao sistema, e daí decorre uma série de equívocos e mitos que são sustentados entre muitos especialistas do ramo (Mazzucato, 2014). Como uma consequência natural, outros mitos passam a ser alimentados, formando uma cadeia difícil de ser entendida e justificada.

Um dos mitos mais populares é que as mudanças tecnológicas se devem em grande medida a criatividade/genialidade de certos empreendedores que em seus laboratórios e excepcionais ambientes de trabalho são dotados de insights espetaculares para gerarem novos produtos. Discutiremos ao longo deste texto, em maiores detalhes, essas ideias, para mostrar que elas ignoram propositadamente os investimentos públicos nas fases iniciais do desenvolvimento dos produtos mais revolucionários (Mazzucato, 2018).

## **2. A Revolução Científica do Século XVII**

Conforme já observado anteriormente, o período que vai de 1500 até 1700, é considerado pela maioria dos historiadores da ciência, como aquele que cobre os mais importantes eventos ou descobertas responsáveis pela consolidação de uma visão de mundo completamente diferente daquela que existia mesmo no final da Idade Média, muito embora já no fim do Renascimento algumas transformações importantes tivessem ocorrido.

Os estudos sobre a Revolução Científica baseiam-se em alguns marcos estabelecidos por seus protagonistas históricos: Nicolau Copérnico (1473-1543) defende uma reforma da proposição apresentada por Cláudio Ptolomeu (100-170) sobre a necessidade de restaurar a harmonia perdida aos planetas (Repcheck, 2011); Johannes Kepler (1571-1630) e Galileu aceitam a proposta realista de Copérnico; com base nessa perspectiva, são desenvolvidas ferramentas matemáticas para estudar os céus; a matematização da queda livre e o movimento dos projéteis confirmam as bases realistas do copernicanismo; uma concepção inercial de movimento, associando um modelo abstrato e idealizado da natureza, é desenvolvida em conexão com resultados empíricos e

experimentação, tornando-se um quadro explicativo mais geral capaz de sustentar o surgimento da ciência moderna (Kuhn, 1957).

Ao considerar a Revolução Científica do século XVII, destacam-se duas tradições de pensamento filosófico: o pensamento platônico-pitagórico, que leva o mundo de um ponto de vista geométrico, e uma ordem pré-estabelecida baseada em princípios matemáticos para o cosmos; a segunda tradição veio de uma filosofia mecanicista, que concebeu a natureza como uma megamáquina provida de mecanismos ocultos como parte de uma estrutura gigantesca. Essas duas tradições nem sempre viveram em harmonia. A tradição pitagórica buscava encontrar ordem por meio de uma descrição matemática que revelasse a essência da estrutura do universo. A tradição mecanicista, por outro lado, visava encontrar a causa por trás dos fenômenos individuais. Os cartesianos estavam comprometidos com a ideia de que a natureza era inteiramente acessível e transparente à razão humana. Quaisquer explicações obscuras na filosofia natural devem ser eliminadas. Eles argumentaram ainda que os fenômenos naturais seriam governados pelos mesmos mecanismos reconhecidos em nossa vida diária.

### **3. A Revolução Industrial na Inglaterra**

Conforme ressaltou Eric Hobsbawm em um de seus livros mais conhecidos e que trata da Revolução Industrial na Inglaterra (Hobsbawm, 2000): A Revolução Industrial assinala a mais radical transformação da vida humana já registrada em documentos escritos. Durante um breve período ela coincidiu com a história de um único país, a Grã-Bretanha.

E tentando resumir como este processo de industrialização foi desencadeado, ele afirma: As exportações, apoiadas pelo auxílio sistemático e agressivo do governo, proporcionaram a centelha e construíram – juntamente com a produção têxtil de algodão – o “setor básico” da industrialização. Evidentemente, e Hobsbawm o confirma que o mercado interno proporcionava a base geral para que se estabelecesse uma economia industrializada em larga escala. As observações de Hobsbawm também confirmam que é a indústria têxtil a primeira a ser impactada pela Revolução em marcha. E foi a indústria do algodão que ao penetrar nas primeiras regiões deram o tom e a nova configuração de sociedade capitalista industrial, baseada em uma nova forma de produção econômica a fábrica.

Voltemos a Hobsbawm: A manufatura de algodão foi um subproduto típico daquela crescente corrente de comércio internacional, e principalmente colonial, sem o qual, a Revolução Industrial não pode ser explicada. Sobre a importância das mudanças tecnológicas, podemos encontrar em seu texto que três delas jogaram um papel decisivo: a) a “Spinning Jenny”, na década de 1760 e que permitiu que um único artesão pudesse trabalhar com vários fios de uma só vez; b) o tear movido a queda d’água, o “water frame” de 1768 e que colocou em prática a ideia de fiar com uma combinação de rolos e fusos; c) uma fusão dessas duas invenções na conhecida “mula” da década de 1780 a qual imediatamente absorveu o acionamento através da máquina à vapor.

### **3.1 As Fases da Revolução Industrial**

A primeira fase da Revolução Industrial cobre seu período inicial e vai até cerca de 1830, quando o processo industrial ainda fica restrito a Inglaterra. Normalmente, a maioria dos historiadores costuma dizer que é o período da máquina à vapor e da utilização do carvão mineral como fonte de energia. É também muito comum por parte dos historiadores atribuir a máquina à vapor o papel de motor principal da própria Revolução Industrial. No entanto, Marx mostra no Livro I do Capital que o motor da Revolução Industrial é o próprio desenvolvimento da produção e quando a máquina atinge um certo desenvolvimento e passa a utilizar múltiplas ferramentas ela então demanda um outro tipo de acionamento mais potente. O que corrobora o pensamento de Marx é que a máquina de Newcomen (1663-1729) entrou em operação em 1712 e somente em 1763 com a implementação e aperfeiçoamentos feitos por James Watt (1736-1819) com Joseph Black (1728-1799) é que ela ganhou o impulso definitivo e tornou-se a mola propulsora da própria Revolução Industrial.

A segunda fase da Revolução Industrial, podemos dizer que durou aproximadamente um século. Nesta segunda fase teremos o pleno desenvolvimento das máquinas e motores elétricos, bem como, dos motores de combustão interna.

A origem dos motores e geradores elétricos está na experiência que em 1819, o engenheiro dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) apresenta para o mundo, qual seja, ele verifica que uma agulha magnética se move sob a ação da passagem de uma corrente elétrica que circula em um fio que lhe é paralelo. A partir daí, Michael Faraday (1791-1867) promove uma série de investigações, principalmente de natureza experimental até chegar em 1831 a lei da indução eletromagnética.

Como consequência, uma série de tecnologias derivadas da eletricidade, vão surgindo quase que em cascata, sendo as principais os motores e geradores elétricos, mas também o telégrafo, o telefone, o radar e mais recentemente o rádio e a televisão. Ainda na década de 1830 começam a aparecer os primeiros geradores elétricos, mas somente em 1863 é que o engenheiro italiano Antonio Pacinotti (1841-1912) construiu uma nova família de geradores mais potentes e comercialmente viáveis.

Com relação a teoria do calor, no ano de 1824, Sadi Carnot (1796-1832) publicou seu único e fundamental livro: Reflexões sobre a potência motriz do fogo e máquinas próprias para aumentar essa potência, que fundou a termodinâmica (segunda lei), inicialmente como uma ciência das máquinas, mas posteriormente como uma ciência geral das grandes transformações na natureza (Gillispie, & Pisano, 2014). A passagem da teoria do calor para as tecnologias dos motores de combustão interna vai se dar em 1860, com o motor fabricado por Etienne Lenoir (1822-1900), movido a gás de carvão e em 1876, com o mais conhecido de todos o motor de August Otto (1832-1891), também movido a gás e usando o mesmo ciclo térmico proposto por Carnot (ciclo Otto). Mas a verdadeira consagração do motor de combustão interna começa em 1899, quando Henry Ford cria sua Companhia e o automóvel muda em definitivo a vida e os costumes em todo mundo.

A terceira fase da Revolução Industrial ou a chamada terceira Revolução tecnológica, caracteriza-se pela entrada em cena do computador, o que vai acontecer nos anos que antecedem a segunda guerra mundial (Petzold, 2008). No entanto, antes disso, merecem destaques especiais os projetos de duas máquinas mecânicas de calcular feitos pelo engenheiro inglês Charles Babbage (1791-1871), em 1819, uma máquina chamada por ele de máquina de diferenças e em 1834, a máquina analítica.

As figuras mais importantes na história dos computadores são: John Von Neumann (1903-1957) e Alan Turing (1912-1954). Também deve ser mencionado o nome de Ada Lovelace (1815-18320 a parceira de Babbage e quem escreveu o primeiro algoritmo para computador (Dyson, 2012).

Um segundo momento crucial para a história dos computadores foi a descoberta do transistor, em 1947, nos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos e que revolucionou todos os sistemas computacionais ao levá-los a serem severamente miniaturizados. Os principais nomes associados a esta invenção foram: John Bardeen, Walter Brattain e William Stockley. Essa mudança radical nos sistemas informacionais vai propiciar um salto significativo nas tecnologias da comunicação e informação, as TIC's e nos sistemas robotizados que são o coroamento da terceira revolução tecnológica (Gleick, 2011).

#### **4. Novos Processos Estruturantes e a Indústria 4.0**

No mundo atual, dominado por um conglomerado de corporações, os constantes ataques ao meio ambiente, tem trazido em muitas regiões do planeta, frequentes catástrofes, crises hídricas e inundações. Também devemos lembrar que as pandemias, como essa que nos aflige, a do covid -19, é causada pelos desequilíbrios ambientais. O modo como essas corporações operam, as vezes dotadas de um poder político superior a muitos estados-nacionais, levou uma grande parte da população mundial a níveis insuportáveis de desigualdades econômicas, fruto de seus mecanismos voltados para a maximização dos lucros (Grohmann, 2021).

O agravamento dessa situação em nível mundial aliado as pressões da população em muitos lugares, levou os países mais desenvolvidos a comandar um movimento estruturante na economia e na C&T, chamado de transição energética, consistindo em um conjunto de políticas visando a eliminação progressiva dos combustíveis fósseis devido ao aumento da temperatura do planeta causado pelos gases do efeito estufa (Hughes, 2001). Concomitantemente, uma nova Revolução tecnológica está em marcha, a chamada indústria 4.0, propondo uma reconfiguração completa do sistema produtivo, interconectando as diversas novas tecnologias, como a inteligência artificial, a biotecnologia, a nanotecnologia, a impressão em 3D, o big data, as neurociências e outras, com a chamada fábrica inteligente, com uma linha de montagem extremamente flexível, sendo operada a distância e em tempo real. Nesta nova revolução a inovação tecnológica joga um papel decisivo e será o diferencial entre os países e os ramos produtivos que puderem nela se inserir.

## 5. Desfazendo Alguns Mitos Tecnológicos

### **MITO N.º 1: A Tecnologia serve para diminuir a carga de trabalho e facilitar a vida das pessoas.**

Logo no início do Capítulo XIII, do primeiro livro do *Capital*, cujo título é: *A Maquinaria e a Indústria Moderna*, no item 1. *Desenvolvimento da Maquinaria*, Marx cita uma frase extraída da obra *Princípios da Economia Política*, da autoria de John Stuart Mill:

*É duvidoso que as invenções mecânicas feitas até agora tenham aliviado a labuta diária de algum ser humano.*

Marx, embora concorde no geral com a afirmação acima, no entanto, ele faz um pequeno reparo de que esse ser humano não viva do trabalho alheio. E Marx acrescenta:

*Não é esse o objetivo do capital, quando emprega maquinaria. Esse emprego, como qualquer outro desenvolvimento da força produtiva do trabalho, tem por fim baratear as mercadorias, encurtar a parte do dia de trabalho da qual precisa o trabalhador para si mesmo, para ampliar a outra parte que ele dá gratuitamente ao capitalista. A maquinaria é meio para produzir mais valia.*

Na citação anterior está a chave para entendermos o papel da tecnologia na produção capitalista. Sendo a utilização da força de trabalho, uma mercadoria, o barateamento das mercadorias com emprego de novas tecnologias, enfim, da inovação tecnológica, tem essa finalidade e pagar menos por sua utilização. Poucas páginas mais a frente Marx afirma:

*Do ponto de vista exclusivo de baratear o produto, a aplicação da máquina deve conter-se dentro do limite em que sua própria produção exija menos trabalho que o que ela substitui com sua aplicação. Para o capital, entretanto, o limite é mais apertado. Uma vez que não paga o trabalho empregado, mas o valor da força de trabalho utilizada, a aplicação da maquinaria, para o capital, fica limitada pela diferença entre o valor da máquina e o valor da força de trabalho que ela substitui.*

Marx enriquece um pouco mais essa discussão da expansão do maquinismo durante a Revolução Industrial, afirmando:

*Tornando supérflua a força muscular, a maquinaria permite o emprego de trabalhadores sem força muscular ou com desenvolvimento físico incompleto, mas com membros mais flexíveis. Por isso, a primeira preocupação do capitalista ao empregar a maquinaria, foi a de utilizar o trabalho das mulheres e das crianças. Assim, de poderoso meio de substituir trabalho e trabalhadores, a maquinaria transformou-se imediatamente em meio de aumentar o número de assalariados, colocando todos os membros da família do trabalhador, sem distinção de sexo e idade, sob o domínio direto do capital.*

Em suma, o emprego da tecnologia, como Marx exemplificou ao se referir a mecanização generalizada durante o período de pleno desenvolvimento da Revolução Industrial na Inglaterra, tinha por finalidade aumentar o domínio do capital sobre o trabalho, abaixar o valor do salário e aumentar a mais-valia relativa, inclusive com mulheres e crianças cujos salários eram ainda mais baixos que o de um trabalhador comum, além de aumentar a quantidade de trabalhadores disponíveis para a produção o que pressionava ainda mais os salários para baixo.

## **MITO Nº. 2: A Inovação tecnológica é feita por empreendedores geniais responsáveis por invenções revolucionárias.**

É de extrema importância que se tenha em conta o papel real desempenhado pelos investimentos governamentais no desenvolvimento científico e tecnológico de qualquer país avançado. Certos mitos amplamente difundidos pelos meios de comunicação de que as maravilhas surgidas no mercado de bens e serviços eletrônicos, por exemplo, se devem única e exclusivamente à capacidade empreendedora individual, aliada a outras características como genialidade, capacidade de insight, etc. Vamos mostrar, mesmo de forma muito breve tratar-se de um mito.

Vamos começar exemplificando pelos EUA. Em 1945, Vannevar Bush, conselheiro para assuntos científicos do então presidente Franklin Roosevelt, encaminhou-lhe um relatório intitulado: *Science, the endless frontier*, no qual ele sugeria ao governo adotar um modelo colaborativo de inovação tecnológica, montado no tripé: Estado, Universidade e empresas. Ao primeiro agente caberia o papel de financiador da iniciativa inovadora, ao segundo a responsabilidade pelas pesquisas de novas tecnologias e, finalmente as empresas pelo seu desenvolvimento e transformação em um produto final. Este sistema, evidentemente sofreu muitas alterações ao longo dos anos, as universidades, em alguns casos foram substituídas pelos centros de pesquisas das próprias empresas, mas os investimentos públicos sempre foram fundamentais para o atual estágio de desenvolvimento tecnológico que atingimos no presente.

Para exemplificar, utilizaremos três citações retiradas do livro da professora da cadeira de Economia da Inovação da Universidade de Sussex, na Inglaterra, Mariana Mazzucato: *O Estado Empreendedor*, lançado pela Editora Schwarcz, em 2014.



1<sup>a</sup>) Sobre o papel do financiamento público no lançamento dos iPad's e iPhones:

*Mas sem o maciço investimento público por trás das revoluções da informática e da internet, esses atributos (individuais) poderiam ter levado apenas à invenção de um novo brinquedo – e não a produtos revolucionários como o iPad e o iPhone, que mudaram a maneira como as pessoas trabalham e se comunicam. (pp. 127).*

2<sup>a</sup>) Sobre o papel de vanguarda da Dinamarca no campo da energia eólica, recentemente superando em 40% sua demanda interna, podendo exportar energia para Alemanha, Suécia e Noruega:

*A investida dinamarquesa rumo às turbinas eólicas incluiu o desenvolvimento de protótipo financiado pelo Estado, o que atraiu grandes fabricantes. Empresas como Bonus e Vestas puderam comprar patentes geradas pelo programa de pesquisa dinamarquês e pequenas empresas pioneiras, o que lhes deu o controle sobre o conhecimento coletivo. (pp.200).*

3<sup>a</sup>.) Sobre os progressos alcançados pela energia solar fotovoltaica:

*O Bell Labs tinha inventado a primeira célula solar fotovoltaica de silício cristalino (C-Si) em 1954 enquanto ainda fazia parte da AT&T. As primeiras grandes oportunidades para a tecnologia solar fotovoltaica foram criadas pelo Departamento de Defesa e pela NASA, que compraram células solares produzidas pela americana Hoffman Electronics para satélites artificiais. (pp.206).*

Em suma, as formas de financiamento governamentais podem ser variadas, financiamento diretos em projetos, ou somente na fase crucial de desenvolvimento de um protótipo, ou mesmo garantindo a compra dos produtos.

**MITO N<sup>o</sup>. 3: C&T nem são boas nem más, suas aplicações é que podem ser benéficas ou prejudiciais aos seres humanos.**

A afirmação acima constitui um dos mitos mais difundidos por amplos segmentos da população ou até mesmo por cientistas e pesquisadores científicos. Com o intuito de retirar dos ombros da ciência e da tecnologia qualquer possibilidade ou qualquer culpabilidade sobre malefícios porventura causados por guerras, armas de destruição de qualquer natureza, as pessoas esquecem que tanto a ciência quanto a

tecnologia são produzidas no espaço social e político desta sociedade que tem em ambas, vetores fundamentais para a produção econômica. Devemos ainda acrescentar que não existe uma ciência idealizada em estado puro e que o problema reside tão somente na aplicação. Algumas vezes, para reforçar esta linha de argumentação, é citado o caso de uma faca que pode servir para cortar um legume, uma fruta etc., mas também pode servir para matar, reforçando a tese de que o uso é que faz a diferença e não a tecnologia em si.

O que queremos dizer é que C&T fazem parte preponderante e estão no centro da produção econômica, servindo a seus propósitos mediatos e imediatos e as políticas e estratégias do sistema capitalista em nível global. Uma faca está ligada a uma determinada pessoa e serve a vontade de seu dono. A C&T servem as grandes corporações capitalistas e seus governos, representando uma força social e política e que a faca está destituída deste poder e desta inserção social.

Na sociedade capitalista, da produção generalizada de mercadorias, a ciência que é produzida é praticamente toda voltada para aumentar os lucros dos empreendimentos e mesmo uma ciência dita pura, ou seja, que não tem um curto horizonte de aplicação, está completamente condicionada por critérios produtivistas e de aumento da eficiência. No caso dos países mais desenvolvidos, em especial os EUA, todo o aparato científico e tecnológico é vertebrado pela indústria armamentista e pelas políticas das grandes corporações. Outros segmentos industriais como a indústria de alimentos ou da fabricação de medicamentos, servem aos objetivos maiores do capitalismo: crescer e aumentar seus lucros. Exatamente neste caso é que os investimentos públicos se sobressaem e sustentam a produção tecnológica justamente naquela fase em que os interesses privados não fazem os investimentos necessários diante do grau elevado de incerteza sobre o seu retorno. Foi o que vimos recentemente na fabricação das vacinas contra a covid-19. E o que é pior, na maioria das vezes os setores públicos que fizeram esses investimentos dificilmente são minimamente compensados pelos investimentos realizados, muito menos a sociedade, quando aqueles investimentos resultaram em grandes inovações tecnológicas. Na sociedade capitalista nem sempre os setores que produzem valor são compensados e a apropriação da contrapartida do valor produzido é redirecionado para outros segmentos da sociedade que têm o poder político de fazê-lo.

## **6. O Conhecimento Científico Deverá Ser Reconfigurado**

O nível de desenvolvimento científico atual tem colocado algumas dificuldades sérias em se preservar o atual sistema em funcionamento. O primeiro sintoma da necessidade de uma outra configuração vem da forma de classificação das ciências. A separação em dois grandes campos, sendo um de ciências ditas humanas e um outro de ciências exatas, não consegue dar conta do entendimento de vários problemas científicos (Oliveira, 2020). O pressuposto fundamental deste sistema, ou seja, da separação entre sujeito e objeto é problemático e dificulta a alocação de certos ramos científicos que não se enquadram neste esquema.

O desenvolvimento científico faz parte do desenvolvimento histórico da própria humanidade e toda teoria científica tem uma dimensão provisória e, em princípio, pode ser alterada ou mesmo completamente substituída por outra, sempre que um novo fenômeno que não se enquadre no corpo da teoria a coloque em xeque. Isto significa que os seres humanos vão também construindo ao longo da história novos instrumentos e formas de conhecimento que possam melhorar ou substituir teorias que não responderem ao desafio colocado por novos fenômenos. Assim, não faz muito sentido se falar em exatidão de um conhecimento que é provisório e pode ser reformulado ou até mesmo negado. Neste sentido, perde força a ideia de Popper de fazer uma demarcação do que seria conhecimento científico daquele que não tivesse esta característica (Popper, 1959). Conhecimento e desconhecimento parecem duas faces da mesma moeda. Algumas propostas epistemológicas já se deram conta disso, como é a ideia do conhecimento aproximado de Bachelard (Bachelard, 2004) e da incorporação do erro de Feyrabend (Feyrabend, 1987).

Olhando no sentido inverso, falar em ciência exata significaria que as teorias deste campo de conhecimento teriam atingido um estágio definitivo e não poderiam nunca mais serem modificadas. Se isto acontecesse o conhecimento se negaria a si próprio e atingiria um status de dogma, ou seja, uma verdade absoluta, em hipótese alguma questionada e colocada em um pedestal de perfeição e contraditoriamente petrificada e morta.

Outro problema sério a ser resolvido é do da incorporação do sujeito na construção do conhecimento sem que isto resvale para interpretações subjetivistas (Nicoletis, 2020). O fato de não existir uma separação entre sujeito e objeto, significa levar em conta a parcela do sujeito na construção do conhecimento o que não quer dizer que a objetividade da realidade fora do observador se perca e que a realidade agora é uma mera representação do que os indivíduos “veem”. Como se os indivíduos vissem coisas completamente diferentes para uma dada realidade. Se isto fosse verdade a comunicação entre os indivíduos seria impossível e uma nova Babel teria sido instalada o que de fato não aconteceu.

## **7. Implicações para o Ensino das Ciências**

Se o conhecimento científico deverá ser reformatado, modificada sua forma de classificação, alguns campos unificados, por outro lado, o desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação colocou a disposição do ensino das ciências novas possibilidades. Seja na forma presencial ou a distância, o ensino já está sendo impactado por novos métodos e novas experiências em todos os níveis. É o que vem acontecendo com essas novas estratégias de ensinar envolvendo os alunos a resolverem problemas científicos construídos modelos e aprender fazendo. Alguns desses métodos são chamados de STEM (Science Technology Engineering Mathematics) ou STEAM (Science Technology Engineering Arts Mathematics). Como se vê são propostas claramente integradoras e interdisciplinares de ensinar a ciência (Park, et al, 2020).

Da engenharia esses novos métodos podem incorporar o que já vem sendo tentado em algumas Escolas de Engenharia, ou seja, também priorizar as disciplinas teóricas em paralelo com suas aplicações. Existem Escolas que já não têm mais os anos iniciais de

formação básica e desde o começo e as disciplinas básicas e as aplicações aparecem simultaneamente. Em outras Escolas o ensino se desenvolve como uma decorrência do projeto. Por exemplo projetar uma máquina com uma certa complexidade. Na engenharia aeronáutica o projeto de uma aeronave comanda o curso e a ordem na qual as disciplinas vão aparecendo.

Essas novas formas de ensinar ciências irão aos poucos desfazendo certos preconceitos e dificuldades que os alunos foram adquirindo com o ensino baseado na classificação atual. Só assim será possível integrar as áreas das atuais ciências humanas com o que se habituou a chamar de ciências exatas numa perspectiva unificada.

## **8. Conclusões**

O futuro da ciência está indissolivelmente ligado ao futuro da democracia e da liberdade na grande maioria dos países do mundo, onde a paz entre as nações não seja obtida através do poder de dissuasão pelos arsenais de guerra. Onde uma sociedade de combate as desigualdades, a destruição do meio ambiente e de distribuição do poder político seja construída, baseada no conhecimento como um bem público e acessível a todos os cidadãos. Neste sentido, é fundamental que toda comunidade científica e todos os trabalhadores em C&T adotem uma postura de combate ao negacionismo científico, porta de entrada do autoritarismo político e das práticas antidemocráticas. Esta corrente político-ideológica vem ganhando terreno em vários lugares do mundo e tem como objetivo transformar o conhecimento científico em uma mera questão de opinião, para que o poder político discricionário decida o que é verdadeiro ou não. Uma reedição grotesca e apocalíptica do 1984 de George Orwell, onde a mentira passa a ser a verdade do poder. A sociedade dos indivíduos vigiados e comandados pelo grande-irmão, das liberdades relativas e da mentira absoluta.

A guerra não pode ser o principal motivo a mover o mundo, sua economia e sua ciência. A ciência é o pensamento crítico por excelência e capaz de se transformar em um inestimável instrumento de combate contra forças físicas e sociais como queria Álvaro Vieira Pinto.

## **Financiamento**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **Referências bibliográficas**

- BACHELARD, G. **Essay on Approximate Knowledge**. Editora Contraponto, Rio de Janeiro, 2004.
- BORGES, Paulo A. F. et al. Alquimia experimental. **Química Nova**, v. 43, n. 9, p. 1362-1373, 2020.
- DYSON, G. **Turing's Cathedral**. Penguin Books, London, 2012.

- FEYERABEND, P. K. **Contra el Método**. Editorial Ariel, Barcelona, 1987.
- GILLISPIE, C. C.; PISANO, R. **Lazare and Sadi Carnot: A Scientific and Filial Relationship**. Editora Springer, Amsterdam, 2014.
- GLEICK, J. **A Informação: Uma história, uma teoria, uma enxurrada**. Companhia das Letras, São Paulo, 2011.
- GROHMANN, R. **Os Laboratórios do Trabalho Digital**. Editora Boitempo, São Paulo, 2021.
- HOBBSAWM, E. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. Editora Forense Universitária, Rio de Janeiro, RJ, S. Paulo, 2000.
- HUGHES, D. **An Environmental History of the World**. New York: Routledge, 2001.
- KUHN, T. S. **A Revolução Copernicana**. Edições 70 Brasil Ltda, Rio de Janeiro, 1957.
- MARX, K. **Capital Livro I: O Processo de Produção Capitalista**. Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1970.
- MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor**. Editora Schwarcz S. A., S. Paulo, 2014.
- MAZZUCATO, M. **O Valor de Tudo: Produção e Apropriação na Economia Global**. Editora Schwarcz S. A., S. Paulo, 2018.
- MOSLEY, M.; LYNCH, J. **A History of Science**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ltda, 2010.
- NEWTON, I. **Mathematical Principles of Natural Philosophy**. The Great Boks, University of Chicago, 1952.
- NICOLELIS, M. **O Verdadeiro Criador de Tudo**. Editora Planeta do Brasil Ltda., S. Paulo, 2020.
- OLIVEIRA, A. R. E. All Sciences Are Human and No Science is Exact. **AHS Journal**, v. 9, 2020.
- PARK, Wonyong. et al. The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan. **Science & Education**, v. 29, p. 899-927, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/s\\_11191-020-00139-1](https://doi.org/10.1007/s_11191-020-00139-1). Acesso em: 23 abr. 2022.
- PETZOLD, C. **The Annotated Turing**. John Wiley Publishing, New York, 2008.
- POPPER, K. **Conjectures and Refutations**. Brasilia: Publisher of the University of Brasilia, 1972.
- REPCHECK, J. **O Segredo de Copérnico**. Editora Record, Rio de Janeiro, São Paulo, 2011.