



ARTIGOS - ARTICLES

Além da teoria e da prática – a História das Ciências e seus contributos para a superação do modelo linear de desenvolvimento científico

Gabriel Kenzo Rodrigues

Doutorando em História Social – FFLCH/USP
gabrielk.rod@gmail.com

Resumo: Este artigo pretende analisar o decurso histórico da relação entre os elementos denominados técnica, tecnologia e ciência, assim como auscultar a (muitas vezes) falsa dicotomia entre as noções de teoria e prática na História das Ciências. Através do levantamento da dinâmica dessas categorias ao longo tempo, busca-se a reflexão sobre o modo de operação dos processos de produção do conhecimento científico, que se demonstram frequentemente mais complexos e mais diversos do que supõem os modelos baseados na linearidade causal e na produção do conhecimento etapista; ainda que, não raro, são os modelos que enviesam as políticas de investimento em C&T e são reproduzidos no âmbito social mais geral.

Palavras-chave: História das Ciências e Tecnologia, Política Científica e Tecnológica, Inovações Tecnológicas, História do Conhecimento.

*Beyond theory and practice – the contributions of the
History of Sciences to the overcoming
of the linear model of scientific development*

Abstract: This article intends to analyze the historical process of the relation between these three elements: technique, technology, and science. It also intends to auscultate the (often) false dichotomy between the notions of theory and practice in the History of Science. Through the survey of the dynamics of these categories throughout time, we look to reflect on the way scientific knowledge is produced, being frequently more complex and diverse than the assumptions based on a linear causality and a knowledge production through stages; even though, these models often guide the investment policies on S&T and are reproduced on a large social scale.

Keywords: History of Science and Technology, Science and Technology Policy, Technological Innovation, History of Knowledge.

Introdução

O cientista político, educador e decano da *Woodrow Wilson School of Public and International Affairs* da Universidade de Princeton, Donald E. Stokes, começa o seu livro, *O Quadrante de Pasteur*, com a seguinte afirmação “Precisamos de uma visão mais realista do relacionamento entre a ciência básica e a inovação tecnológica para podermos estruturar políticas científicas e tecnológicas para um novo século”¹.

Stokes, que faleceu em 1997, buscou em seu livro propor uma nova forma de se compreender as relações entre pesquisa básica e aplicada, de modo que fosse superada a linearidade e a dicotomia que acentuam a separação entre essas duas atividades.

A linearidade está presente na sequência que se inicia na pesquisa básica, daí para a pesquisa aplicada, rumando então para o desenvolvimento e para o estágio final de produção e operações². Assim, uma separação inerente entre ciência básica e aplicada está sempre posta, de modo que uma atividade de pesquisa deve pertencer a uma ou à outra, o que acaba por torná-las empiricamente separadas. Essa cisão está de tal modo estabelecida que enviesa a forma como o Estado, a comunidade científica e, consequentemente, a população em geral enxerga a ciência e o seu processo de desenvolvimento.

Para que Stokes possa articular uma nova relação entre ciência básica e aplicada, ele remonta, nas primeiras páginas do livro, às origens e às mudanças da categorização dicotômica que separam o entendimento e o uso da ciência, concentrando-se principalmente no período do pós-segunda guerra, mas fazendo também um recuo histórico ao início do período moderno e à Antiguidade Clássica.

Dessa forma, o presente trabalho almeja, junto com Stokes e diversos outros autores, abordar a dialética entre conhecimento teórico e prático³ ao longo da História, para que possamos compreender melhor a dinâmica entre ciência, técnica e tecnologia,

¹ STOKES, Donald E. *O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2009, p. 16.

² Ibidem, p. 27.

³ Essa dicotomia simplista entre teoria e prática é trazida aqui para facilitar a referência e o horizonte da análise que será feita. Ao longo do trabalho será demonstrado como essas categorias incorporam uma grande diversidade de elementos que ora apresentam uma relação estreita ora apresentam um maior distanciamento, sendo muito mais móveis do que supõe uma divisão bipartite e antagônica.

e suas utilizações e aplicações em uma sociedade capitalista, que tem a inovação tecnológica⁴ como um componente fulcral para o ganho de competitividade.

Por conseguinte, uma breve definição conceitual sobre esses termos levantados se faz necessária para a discussão seguinte. Por ciência entenderemos “um conhecimento crítico generalizante, expresso implícita ou explicitamente em termos causais, e que busca entender o mundo em que vivemos, [...] ou seja, a realidade em qualquer nível”⁵. As teorias, portanto, entram no escopo científico, na medida em que possuem o caráter “generalizante” e relação com a realidade. À ciência não cabe apenas explicar a realidade, mas ela também atua sobre a mesma, ainda que diferentemente da técnica. Quanto a essa definiremos como “um conhecimento eminentemente prático, equivalente ao saber fazer, e que por vezes até está apoiado na ciência”⁶. Por fim, a tecnologia é “a ciência de alguma técnica em particular”, usualmente relacionada ao aprimoramento de alguma técnica, tendo em vista a agregação de valor a um modo de produção, a um processo ou a um produto.

A fronteira entre esses conceitos não está dada de maneira rígida e estanque, a distinção facilita o entendimento das categorias no devir histórico, mas, como esperava-se clarificar ao final do trabalho, o trânsito entre elas é íntimo e o enrijecimento excessivo de seus contornos é prejudicial para a produção científica que se quer útil para ampla parcela da sociedade.

Recrudescimento científico e separação dos termos

Na Antiguidade Clássica não havia um termo correspondente à “ciência” tal qual empregamos na atualidade, no entanto a investigação científica certamente existia. E muito embora os babilônicos, os egípcios e os assírios, fossem povos tecnicamente avançados, a investigação da natureza e a busca por princípios generalizantes ficaram a cargo dos gregos antigos⁷, já que estavam dispostos a observar a natureza sob a lente da racionalidade causal e não apenas intermediada por elementos religiosos. Muito embora

⁴ Inovação é tratada aqui como uma invenção que adquire projeção econômica e social (MAGALHÃES, Gildo. Ciência e ideologia: uma excursão à história em torno da ideia de progresso. São Paulo: Intermeios, 2017, p. 40). De modo que à invenção cabe a originalidade, não obstante só se torne uma inovação a partir do momento em que se demonstra útil para a sociedade. Em uma sociedade capitalista a invenção torna-se inovação a partir do momento que adquire valor econômico, o que expressa sua utilidade e vice-versa.

⁵ MAGALHÃES, op. cit., p. 33.

⁶ Ibidem, p. 39.

⁷ STOKES, op. cit., p. 52.

esses também não sejam elementos estritamente excludentes, basta pensarmos em uma figura como Pitágoras de Samos e sua Escola Pitagórica, que possuíam uma visão unificadora que abarcava religião, matemática, música, medicina, cosmologia, corpo, espírito e mente, chegando inclusive a ser considerada por Arthur Koestler como a corrente fundadora da ciência, tal qual a compreendemos na atualidade⁸.

No tocante à união entre investigação científica e aplicabilidade prática podemos destacar a figura de Arquimedes, que embora tenha sido retratado por Plutarco como um pensador avesso às artes técnicas, estava na realidade intimamente relacionado à mecânica, seja através do livro de medidas e proporções de nau, do livro a respeito do funcionamento da balança ou do seu estudo a respeito da flutuação dos corpos na água⁹. Além disso, desenvolveu o cálculo do centro de gravidade de figuras planas e sólidas, sendo precursor do cálculo infinitesimal, atuou como engenheiro militar na defesa de Siracusa e calculou distâncias celestiais através da medição da paralaxe¹⁰.

Entretanto será ainda na Grécia Antiga que uma diferenciação de valores entre atividades teóricas e práticas se estabelecerá com maior intensidade. Com efeito, verifica-se um maior desprezo pelas artes manuais e mecânicas dentro de uma sociedade escravista “onde a abundância das ‘máquinas vivas’ tornava supérflua a construção de máquinas que tendessem a substituir o trabalho humano, e onde o desprezo que se sente pelo escravo (ou por quem execute atividades manuais) estende-se à própria atividade”¹¹. Também o fato da militarização da sociedade grega, no período de seu declínio, intensificou a estratificação social, assim como diminuiu a preocupação geral com a inventividade e o aprimoramento técnico.

O próprio Aristóteles teria defendido que a humanidade não necessitava de mais avanços tecnológicos, tendo em vista que todas as invenções e inovações que poderiam ser descobertas para auxiliar a vida humana já haviam sido feitas e estavam sendo empregadas¹². Também Platão expressava o mesmo desejo por estabilidade e permanência, de modo que as mudanças só poderiam ocorrer em um sentido negativo, já que o declínio cultural, político, econômico e militar da Grécia, frente ao domínio macedônico, apresentava-se cada vez mais nítido. Dessa forma, de acordo com Koestler, a filosofia de ambos teria mirado uma excessiva abstração e distanciamento da realidade,

⁸ KOESTLER, Arthur. *O homem e o Universo: como a concepção do Universo se modificou através dos tempos*. São Paulo: IBRASA, 1989, p. 8-9.

⁹ ROSSI, Paolo. *Os filósofos e as máquinas, 1400-1700*. São Paulo: Cia. das Letras, 1989, p. 57.

¹⁰ MAGALHÃES, op. cit., p. 89.

¹¹ ROSSI, op. cit., p. 122.

¹² KOESTLER, op. cit., p. 29.

sobretudo a de Platão, com vistas a tentar “salvar” o mundo grego, ao menos no campo das ideias.

Assim, a República de Platão expressa uma sociedade fortemente controlada, com divisões sociais rigidamente determinadas, com princípios eugênicos de reprodução e censura em relação a autores como Homero, que disseminaria o medo da morte entre os jovens que deveriam lutar na guerra¹³.

Em relação à epistemologia, o mundo das ideias platônico como a única faceta digna de ser conhecida para se aproximar da verdade, teria dado mais um impulso para que a resolução de questões abstratas se sobreponesse às questões empíricas. Embora não se saiba se Platão escreveu para ser tomado de forma literal, ele certamente o foi durante o período da Alta Idade Média, tendo em vista a influência que seus escritos e os de Aristóteles tiveram sobre o período. Koestler elenca os principais motivos dessa perpetuação: i) sobrevivência física dos escritos originais em volumes maciços; (ii) abrangência temática de suas obras que versavam sobre metafísica, biologia, lógica, epistemologia e física; (iii) institucionalização da Academia de Platão e o Liceu de Aristóteles, que contribuíram para a continuidade da propagação de suas ideias; (iv) e, por fim, o caráter de complementaridade entre os dois, que embora possuíssem sistemas filosóficos diferentes, justamente por isso complementavam-se em suas faltas, “Platão, o místico, Aristóteles, o lógico”¹⁴.

A complementaridade se dava também em relação ao distanciamento do saber empírico. Como já mencionado, Aristóteles não via necessidade nos aprimoramentos técnicos e tecnológicos, em parte por conta da naturalização da escravidão, mas também por enxergar a “ciência pura” e a filosofia como atividades mais elevadas que - essas sim -, poderiam progredir e trazer novas reflexões e descobrimentos, enquanto aos artesãos, engenheiros e arquitetos caberia a reprodução do que já havia sido descoberto e confortava plenamente as necessidades humanas¹⁵.

Ainda que não adentremos neste trabalho o período da Alta Idade Média, a prevalência da abordagem teórica sobre a natureza e os fenômenos será expressiva nesse momento histórico. Às teorias de Platão – e mais tarde de Aristóteles - serão feitos recortes necessários às exigências do período, de modo que as investigações serão pouco

¹³ Ibidem, p. 28.

¹⁴ Ibidem, p. 27.

¹⁵ Ibidem, p. 28-9.

pautadas em experimentos e análise da realidade, e mais sobre a própria produção teórica e teológica sobre o corpo de textos, ao menos até o período da chamada Baixa Idade Média.

Pontos de aproximação e aplicação social

Em relação ao momento em que teoria, experimentalismo, técnica e observação da realidade voltam a dialogar de forma profícua há uma variedade de estudos e interpretações. Antonio Beltrán traz que Robert Grosseteste defende que os aspectos qualitativos do método experimental já haviam surgido no século XIII, através de uma “revolução metodológica” centrada em figuras como Alberto Magno, Roger Bacon e Guilherme de Ockham¹⁶.

Já Paolo Rossi é categórico em afirmar a união entre saber científico e vida ativa, no século XV, entre os renascentistas florentinos. Traz a figura de Filippo Brunelleschi, o construtor da cúpula de Santa Maria del Fiore (1420-1436) como um exemplo dessa junção, tendo em vista que era “arquiteto e escultor, ourives, construtor de fortalezas e relojoeiro, versado nas construções hidráulicas e na mecânica, especialista na teoria das proporções e na perspectiva”¹⁷. Também Leon Batista Alberti é elencado como uma figura importante nesse aspecto, por ter dado uma “concepção científica da arte”, estabelecendo a matemática como um campo comum tanto ao cientista quanto ao pintor. Mas Alberti também será um entusiasta da figura do engenheiro-arquiteto, tendo em vista que, através da aplicação prática da ciência, esse atuaria na natureza para tornar a vida humana mais confortável, já que seria capaz de “deslocar enormes massas de água e pedra, perfurar montanhas e preencher os vales, secar os pântanos e desviar as águas, regular o curso dos rios, construir navios, pontes, máquinas de guerra e fortalezas – de abrir, enfim, novas estradas e tráfegos em direção a todos os povos da Terra”¹⁸.

Alberti mesmo sendo um humanista, nobre e “refinado no latim” poderia encontrar-se relacionado a Leonardo da Vinci, que estaria mais próximo da figura do artesão, em um momento em que a superação do antagonismo entre artes liberais e artes mecânicas já estava em curso. Segundo Rossi, essa superação se expressava na figura de

¹⁶ BELTRÁN, Antonio. *Revolución científica, Renacimiento e historia de la ciencia*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, 1995, p. 38.

¹⁷ Ibidem, p. 32.

¹⁸ ROSSI, op. cit., p. 33.

Leonardo, tendo em vista que “é dessa familiaridade artesã com as características dos materiais e com a possibilidade de trabalhá-los que nasce a consciência, sempre viva em Leonardo, da união necessária entre o saber teórico e a execução prática e a experiência”¹⁹.

No entanto, Rossi não atribui a Leonardo os louros da criação do método experimental ou a possibilidade de ser um precursor da fundação da ciência moderna, já que não estava preocupado em estabelecer uma sistemática dos conhecimentos levantados, tanto quanto não parecia se importar em provar e explicar as suas descobertas aos outros²⁰. Ainda assim, Leonardo contribuía para a invenção de um método de representação e descrição da realidade, sobretudo no que diz respeito aos seus desenhos de máquinas e desenhos anatômicos. À observação e análise da realidade eram acrescidas a pesquisa e a rigorosidade da descrição.

Para Edgar Zilsel, o método científico moderno surge entre a metade do século XVI e início do XVII, obviamente com a figura do engenheiro-artesão possuindo um caráter essencial nesse processo. Mas, principalmente, a possibilidade do surgimento da ciência moderna na Europa Ocidental deu-se por conta de alterações na estrutura econômica e social, da quais Zilsel enfatiza²¹: i) a emergência do capitalismo comercial ao final da Idade Média feudal, que possibilitou o advento de uma cultura mundana e urbana, tendo em vista que o espírito científico não poderia florescer em um ambiente majoritariamente cavaleiresco, militar e religioso; ii) o uso de máquinas para produção de bens e armamentos e, consequentemente, a substituição de um pensamento mágico por um raciocínio causal; iii) a competitividade e o individualismo presentes no capitalismo que contribuíram para o desmantelamento do pensamento coletivo das guildas, que geravam inevitavelmente conservadorismo, embora a questão da coletividade seja algo relevante ao processo científico, mas de maneira distinta; iv) a ascensão de uma racionalidade econômica dependente de métodos quantitativos, na qual a matemática ocupa um lugar central, de modo que técnicas de registros contábeis já apareciam em manuais matemáticos como, por exemplo, a *Summa de Arithmeticā* de Luca Pacioli, ou então nos trabalhos de Simon Stevin, que abordava problemas de finanças públicas e administração²².

¹⁹ Ibidem, p. 36.

²⁰ Ibidem, p. 37.

²¹ ZILSEL, Edgar. *The social roots of modern science*. Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, p. 9.

²² Sobre esse aspecto é interessante notar que o economista Joseph Schumpeter aponta na mesma direção ao dizer que: “é altamente significativo que a ciência matemático-experimental moderna se tenha desenvolvido, nos séculos XV, XVI e XVII, não só paralelamente ao processo social que se costuma

Dentro desse cenário, Zilsel destaca três grupos sociais que, em posterior conjugação de suas atividades, teriam engendrado o método científico moderno: os eruditos universitários, os humanistas e os artistas-engenheiros ou artesãos superiores. A dialética entre esses três estratos se daria de uma maneira complementar, grosso modo, suas principais características eram as seguintes: os universitários, versados nos métodos racionais e escolásticos aplicavam métodos de distinções sutis, enumerações, citações e comentários, tendo pouco contato com a aplicação prática ou observação direta da realidade²³. Os humanistas, adotando métodos racionais, preocupam-se com a filologia científica e estão “mais interessados na forma do que no conteúdo, mais em palavras do que em objetos”²⁴. Essas duas classes desprezavam e estavam distantes da terceira, a dos artistas-engenheiros, já trazidos aqui pelo olhar de Paolo Rossi, sendo Leonardo, Brunelleschi e Alberti, tanto para ele quanto para Zilsel, figuras representativas desse grupo.

Zilsel ainda apresenta os cirurgiões, os produtores de instrumentos musicais, os produtores de instrumentos náuticos e astronômicos, os agrimensores e navegantes como figuras importantes dentro da classe dos artesãos, embora ocupando posições diferenciadas dentro do amplo espectro de trabalhadores manuais²⁵.

Os pressupostos teóricos - reservados às classes superiores -, e a experimentação e observação - pertencentes aos artistas-engenheiros-, encontravam-se apartados, até que, através de uma série de fatores, destacando-se entre eles a circulação de textos traduzidos em línguas diversas e as alterações no contexto histórico que levariam às mudanças nas barreiras sociais, as duas parcelas distanciadas puderam imiscuir-se, por volta de 1600, em figuras como William Gilbert, Francis Bacon e Galileu²⁶.

De modo muito similar a Zilsel, Rossi também vê em Galileu o modelo da convergência entre saber teórico e empírico:

Mas é em Galileu que, pela primeira vez, encontramos historicamente realizada a plena convergência entre a tradição que

denominar ‘ascensão do capitalismo’, como também fora da fortaleza do pensamento escolástico e frente à sua desdenhosa hostilidade. No século XV, a matemática se ocupava principalmente de questões de aritmética comercial e de arquitetura” (SCHUMPETER, Joseph. Capitalismo, Socialismo e Democracia. São Paulo: Editora da Unesp, 2016, p. 175).

²³ ZILSEL, op. cit., p. 10-1.

²⁴ ZILSEL, Edgar. As raízes sociais da ciência. Tradução por: Flávio M. P. Santos. Khronos, Revista de História da Ciência, nº 6, pp. 113-116. 2018, p. 114. Disponível em: revistas.usp.br/khronos. Acesso em: 29/12/2020.

²⁵ ZILSEL, 2000, p. 14.

²⁶ Ibidem, p. 15.

desemboca nas experiências e na prática dos artesãos e técnicos e a grande tradição teórica e metodológica da ciência europeia. A investigação teórica da mecânica prática [...] e sua transformação em ciência são obra de Galileu: em sua obra se fundem, num sólido conjunto de conhecimento teórico, a mecânica empírica e a ciência do movimento²⁷.

Rossi chega a chamar Galileu de “cientista-técnico”, tendo em vista o aprimoramento de instrumentos por sua parte, sobretudo o telescópio, e da mesma maneira denomina Huygens, por ter transformado o relógio mecânico medieval em um novo instrumento dotado de precisão e passível de ser utilizado para fins científicos²⁸. Também aponta como esses aprimoramentos, além de satisfazerem exigências internas ao círculo de pesquisadores, também atendiam demandas externas.

Poderíamos facilmente multiplicar este tipo de exemplo, e em várias ocasiões insistiu-se, com justiça, na importância que muitos problemas práticos (como a velocidade dos navios, a construção de canais, a balística, a fabricação das bombas, a ventilação das minas etc.) passaram a assumir, em relação ao nascimento e progresso de uma série de pesquisas de caráter teórico (hidrostática e hidrodinâmica, astronomia, cronometria, dinâmica). A revalorização da técnica e o novo prestígio social dos artesãos e dos engenheiros estavam estreitamente ligados à maior importância econômica de alguns setores das artes mecânicas tradicionais (como, por exemplo, a metalurgia, a arte mineira e a navegação)²⁹.

Em relação aos fins da ciência e da tecnologia para satisfação de necessidades sociais prementes, sobretudo econômicas, os estudos de Boris Hessen sobre as origens e os usos dos Princípios Matemáticos de Filosofia Natural de Newton para a sociedade inglesa da época apontam relações importantes. De acordo com Hessen “a burguesia em ascensão colocou a ciência natural a seu serviço, a serviço do desenvolvimento das forças produtivas [...] a classe mais progressista, requeria também a ciência mais progressista”³⁰. Dessa maneira, Hessen estabelece uma série de paralelos entre os principais

²⁷ ROSSI, op. cit., p. 97.

²⁸ Ibidem, p. 44.

²⁹ Ibidem, p. 44.

³⁰ HESSEN, Boris. As raízes sociais e econômicas do “Principia” de Newton. In: BUKHARIN, N. I. (org.). *Science at the crossroads*. Frank Cass & Ltda, p. 37-55, 1971, p. 50-1.

problemas da época - que necessitavam de resoluções práticas para satisfação das exigências do desenvolvimento do capital mercantil³¹ -, e as pesquisas e experimentos realizados no âmbito da ciência e tecnologia.

O autor destaca pontos específicos das investigações dos filósofos naturais como aqueles concernentes à estática, à hidrostática, à aeroestática, à mecânica dos pontos materiais, à mecânica celeste, à teoria do fluxo dos líquidos, aos estudos do movimento do ar e compressão, ao cálculo matemático da transmissão por meio de rodas dentadas e, por fim, à balística, como sendo pesquisas intimamente relacionadas às necessidades econômicas e militares da época. Traz o nome de diversos filósofos naturais como Galileu, Torricelli, Pascal, Kepler, Gassendi e Huygens, para demonstrar o esforço coletivo para resolução dessa diversidade de questões³². Entretanto, como grande parte dessas questões tratavam principalmente da fundamentação da mecânica terrestre e dos corpos celestes, será nos *Principia* de Newton que haverá a abordagem de grande parte desses elementos³³.

Para Hessen, Newton conseguiu resolver grande parte dos complexos problemas técnicos e tecnológicos que a burguesia em ascensão colocava³⁴, ainda que o propósito maior de Newton fosse chegar a um sistema que abrangesse o universo como um todo, tendo em vista que os fundamentos da sua concepção mecânica tinham forte ancoragem em princípios divinos³⁵.

Não tardou para que a ciência mecânica de Newton se infiltrasse capilarmente na sociedade da época, tanto que uma pequena “indústria” foi criada simplesmente com

³¹ Hessen determina três áreas principais cujos aprimoramentos diretos e indiretos eram necessários: i) as vias de comunicação, que necessitavam de um aumento na velocidade e tonelagem dos barcos, aperfeiçoamento da qualidade de flutuação, melhores meios de posicionamento no mar e aperfeiçoamento de vias fluviais e ligação com o mar (Idem, p. 41); ii) a indústria, que necessitava de melhorias na questão da elevação de minérios em grandes profundidades, na ventilação dentro das minas, no bombeamento e equipamento para condução da água e na “transformação do método rudimentar de produção baseado em fornos a vapor [...] para a forma mais perfeita de produção por altos-fornos” (Idem, p. 44); iii) por fim, aponta para as questões de tecnologia militar como, por exemplo, o processo interno de uma arma durante o tiro, a estabilidade em relação ao peso da arma e a adaptação para uma boa pontaria (Ibidem, p. 46).

³² HESSEN, Boris. As raízes sócio-econômicas dos *Principia* de Newton. Havana: Ed. Pedro Pruna, 1985, p. 34-44.

³³ Ibidem, p. 53.

³⁴ Uma controvérsia em relação à tese de Hessen éposta por Floris Cohen, para quem o método de Hessen adota uma projeção anacrônica, assumindo que os problemas dos engenheiros-artesãos não poderiam ter sido resolvidos de forma empírica, a não ser que uma expertise teórica se debruçasse sobre o problema. Para Cohen o artigo diz mais respeito ao momento histórico de Hessen, que procurava uma abordagem marxista ortodoxa, para se desvincilar da perseguição stalinista que sofria por ter se comprometido com a teoria da relatividade. Dessa forma, Cohen defende que a divisão entre internalistas e externalistas teria surgido a partir da tese de Hessen (COHEN, Floris. *The Scientific Revolution – a historiographical inquiry*. Chicago: The University of Chicago Press, 1994, 331-2).

³⁵ HESSEN, 1985, p. 62.

o propósito de divulgação e explicação dos *Principia*³⁶. Passaram a ser vendidos manuais ilustrados com pouca ou nenhuma explanação matemática, que apresentavam o funcionamento pormenorizado de certas máquinas. Um amigo de Newton, chamado Jean Desaguliers, percorreu toda a Inglaterra e os países francófonos do continente ministrando aulas sobre a mecânica newtoniana, atraindo uma grande quantidade de ouvintes por onde passava.

Margaret Jacob destaca que por volta de 1780, jovens produtores das cidades de Leeds, Birmingham e Londres frequentavam aulas sobre mecânica – já não mais ministradas por Desaguliers - para aplicarem diretamente os ensinamentos nos processos fabris³⁷. Em 1790, John Marshall, um fabricante de pano de linho de Leeds, após estudar as questões da resistência e da velocidade e aprender sobre o funcionamento do sistema de vapor, pôde aplicar os conhecimentos para aumentar a velocidade das bobinas e a potência do seu motor a vapor³⁸.

A relação entre descobertas científicas do século XVII e desenvolvimento industrial subsequente é um ponto de muitas controvérsias na historiografia da História das Ciências³⁹, portanto não adentraremos aqui nos pormenores dessa questão.

Assim, partir do que fora exposto podemos retomar as ideias de Donald Stokes, trazidas no início deste trabalho.

³⁶ JACOB, Margaret. *The Scientific Revolution – A Brief History with Documents*. Boston: Bedford/St. Martin's, 2010, p. 30.

³⁷ Ibidem, p. 30.

³⁸ Ibidem, p. 32.

³⁹ Um exemplo de ponto de vista diferente ao de Jacob pode ser observado em Tamás Szemrecsányi, que defende que as descobertas científicas das Revoluções de XVII não tiveram relação com o desenvolvimento industrial subsequente. Para Szemrecsányi os aprimoramentos teriam sido essencialmente técnicos e empíricos e a Revolução Industrial teria ocorrido por conta de variáveis econômicas e sociais, concorrentes mas a uma reorganização no formato da estrutura produtiva. De acordo com o autor: “Até o término da Primeira Revolução Industrial, as ciências e a tecnologia permaneceram separadas entre si: as descobertas científicas tiveram poucos efeitos diretos e imediatos sobre a evolução da tecnologia, enquanto que a passagem da invenção para a inovação continuou sendo rara, quase excepcional. Na verdade, o progresso técnico tende a preceder o progresso científico, e a criar problemas que as ciências se viram forçadas a resolver em seguida” (SZMRECSÁNYI, Tamás. Esboços de História Econômica da Ciência e da Tecnologia. In: Da Revolução Científica à Big (Business) Science – Cinco Ensaios de História da Ciência e da Tecnologia. São Paulo-Niterói: Ed. Hucitec-Ed. da UFF, 2001, p. 70).

Também Hessen adota uma postura semelhante ao colocar o aprimoramento técnico e tecnológico direcionados pela nova organização produtiva: “Não foram o desenvolvimento do motor e a invenção da máquina a vapor que criaram a Revolução Industrial do século XVIII, mas – pelo contrário – a máquina a vapor ganhou tal enorme importância porque a divisão do trabalho, desenvolvida na manufatura, e o aumento da produtividade tornaram possível e necessário inventar um instrumento de execução. A máquina a vapor, que havia nascido na indústria da mineração, encontrou um campo já preparado para sua aplicação como motor” (HESSEN, 1985, p. 72).

Pasteur e a pesquisa básica inspirada pelo uso

Assim como Arquimedes é tido como um pesquisador que não apenas unia experimentação, cálculo, observação e sistematização, mas também produzia aplicações socialmente relevantes para suas descobertas, assim também foi Galileu e do mesmo modo Louis Pasteur.

Stokes nos traz o exemplo do cientista francês do século XIX, para demonstrar que estudos de grande importância na História muitas vezes tiveram a influência tanto do aspecto aplicado quanto dos aspectos fundamentais teóricos, e que dessa confluência surgiram descobertas socialmente úteis e outras verdadeiramente determinantes para os rumos da História.

Pasteur, ainda um jovem com 22 anos de idade, iniciou uma pesquisa sobre o ácido racêmico, tendo em vista a busca por um entendimento teórico sobre ele. Entretanto, conforme o comportamento de seu objeto de estudo demonstrava-se cada vez mais insólito, Pasteur começou a conjecturar que a ação de agentes microscópicos estava presente, os quais ele posteriormente veio a descobrir que eram responsáveis pela fermentação alcóolica do suco de beterraba. A partir disso, Pasteur passou a elaborar uma estrutura conceitual para tornar inteligível as descobertas feitas sobre os novos fenômenos, nesse sentido “à medida que os estudos de Pasteur se tornavam progressivamente mais fundamentais, os problemas escolhidos por ele e as linhas de investigação adotadas tornavam-se progressivamente mais aplicados”⁴⁰. Soma-se a isso a sua preocupação em avançar as pesquisas para evitar a deterioração na “produção de vinagre, cerveja, vinho e leite, e de vencer a *flacherie* no bicho-da-seda, o antraz no gado ovino e bovino, a cólera no frango, e a raiva em animais e seres humanos”.

Os processos concernentes à microbiologia elucidavam-se à medida em que os problemas práticos eram trazidos a Pasteur por industriais, pelo ministro da Agricultura, pelo imperador Napoleão III e por uma mãe que teve seu filho mordido por um cão raivoso⁴¹. Assim, o desenvolvimento da microbiologia não poderia ter ocorrido desvinculado de seus objetivos aplicados, do mesmo modo que as resoluções práticas não teriam ocorrido sem conhecimento fundamental.

Stokes busca, com o exemplo de Pasteur, não apenas remediar a dicotomia entre teoria e prática e apontar para o fato que essas devam sempre atuar em conjunto de

⁴⁰ STOKES, op. cit., p. 31.

⁴¹ Ibidem, p. 32.

uma maneira horizontal, mas romper com a ideia de uma linearidade causal no processo de pesquisa. Essa, de fato, teria sido instaurada sobretudo no pós-segunda guerra, a partir de uma interpretação da *National Science Foundation* sobre o relatório intitulado *Science, the Endless Frontier*, do então diretor do *Office of Scientific Research and Development*, Vannevar Bush.

A NSF teria simplificado a dicotomia dos termos propostos por Bush, para torná-los mais acessíveis para o público⁴². Esse modelo linear então deu origem às categorias de P&D do Departamento de Defesa, responsável pelos investimentos federais em pesquisa no pós-guerra, servindo como modelo para grande parte das políticas científicas a partir de então.

Figura 1 – Modelo de quadrantes da pesquisa científica

		Considerações de uso	
		Não	Sim
Busca de entendimento fundamental?	Pesquisa inspirada por:	Pesquisa básica pura (Bohr)	Pesquisa básica inspirada pelo uso (Pasteur)
			Pesquisa aplicada pura (Edison)

(STOKES, op. cit., p. 118)

O que Stokes propõe é uma nova categorização dos elementos que compõem o processo de pesquisa científica. Para isso, ele apresenta o quadrante da figura 1, como modelo explicativo. O que ele procura é superar a sequência unidimensional do processo de pesquisa, pensando nas possibilidades transversais das categorias, de modo que tanto as combinações quanto os elementos em separado tenham a sua devida importância e o seu local específico dentro do processo.

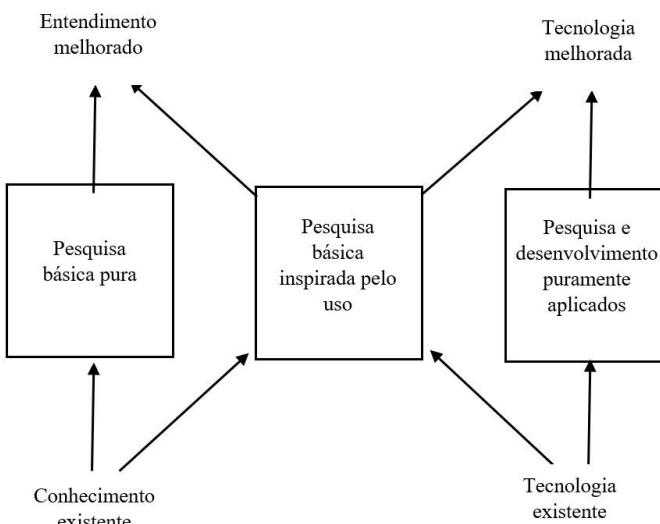
⁴² Ibidem, p. 40.

O canto superior esquerdo é representado pelo quadrante de Niels Bohr, tendo em vista as pesquisas do físico dinamarquês para o estabelecimento de um modelo atômico. Ainda que suas descobertas tenham atingido uma grande proporção, o intento inicial de Bohr era a busca por um entendimento fundamental, por isso Stokes o coloca no quadrante referido. O quadrante de Pasteur diz respeito ao processo elucidado há pouco, enquanto no quadrante inferior direito, Thomas Edison é trazido como o representante da pesquisa aplicada pura, tendo em vista a sua grande propensão às invenções de cunho prático, sobretudo com o estabelecimento de sua “fábrica de invenções” em Menlo Park, uma região rural situada entre Nova Iorque e Filadélfia⁴³.

O quadrante vazio, que não apresenta considerações de uso ou busca de entendimento fundamental, tanto não é menos importante que os outros, como valida todo o modelo. Stokes o exemplifica como aquele concernente à pura curiosidade do pesquisador como, por exemplo, a de Darwin antes da formulação de sua teoria mais famosa, ou podendo inclusive ser o quadrante precedente às experimentações no quadrante de Edison⁴⁴. Ainda, outra possibilidade seriam os projetos voltados ao aprimoramento das habilidades técnicas e ganho de experiência dos pesquisadores, o que não repercutiria diretamente em uma consideração de uso ou busca por entendimento fundamental.

Stokes ainda elabora uma versão dinâmica do modelo de pesquisa que possibilita uma melhor visualização da atuação transversal dos elementos de pesquisa.

Figura 2 – Modelo dinâmico revisado



(STOKES, op. cit., p.138)

⁴³ HUGHES, Thomas. *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm, 1870-1970*. Chicago, United States: University of Chicago Press, 2004, p. 27.

⁴⁴ STOKES, op. cit., p. 120.

Nesse modelo, a pesquisa básica pura e a pesquisa puramente aplicada caminham paralelas, tendo a pesquisa básica inspirada pelo uso como o elo agregador, pelo qual ambas perpassam e, ao mesmo tempo, aprimoram-se. As relações que os elementos estabelecem entre si são mais importantes do que o desenvolvimento dos seus núcleos em separado, ou então, caminhando apenas em um sentido lateral.

Considerações finais

Em suma, o Quadrante de Pasteur poderia auxiliar na formulação de políticas de C&T mais abrangentes e equitativas, que não concentrassem excessiva importância apenas nos setores tecnológicos com perspectivas de uso a curto prazo, tal qual é fomentada por uma compreensão errônea do processo de pesquisa científica, uma vez que se acredita que um maior investimento em pesquisa aplicada geraria causalmente maiores inovações tecnológicas e, consequentemente, crescimento econômico.

Um exemplo histórico dessa falta de compreensão é o da defesa de Ronald Reagan, quando governador da Califórnia em 1967, do corte de orçamentos destinado à ciência básica por considerá-la uma “curiosidade intelectual” que não teria um retorno prático à sociedade⁴⁵.

Nesse sentido, espera-se que o presente artigo tenha demonstrado como a História das Ciências é relevante para o entendimento do processo científico como algo que não é rigidamente etapista e, ao mesmo tempo, impassível de ser reduzido a uma simples dicotomia entre teoria e prática. Assim, os impactos sociais de uma política de C&T, que vislumbre modelos mais dinâmicos, resultam em aprimoramentos que ultrapassam - ainda que incluam-, o aspecto econômico⁴⁶, proporcionando melhorias a parcelas cada vez mais amplas da sociedade.

⁴⁵ MARQUES, Fabrício. Os impactos do investimento. São Paulo, Revista Pesquisa Fapesp, ed. 246, p. 16-23, ago. 2016, p. 16.

⁴⁶ Uma pesquisa realizada em 2005 pelos canadenses Benoît Godin e Christian Doré, com pesquisadores e organizações que se beneficiam do conhecimento científico, levantou 11 tipos de impactos que a ciência promove na sociedade, a saber, impacto científico, impacto político, impacto organizacional, impacto tecnológico, impacto econômico, impacto na saúde, impacto cultural, impacto no ambiente, impacto simbólico, impacto social e impacto educacional (*Ibidem*, p. 21).