

## **Instrumentos e aparatos nas origens da ciência moderna<sup>1</sup>**

**SAITO, Fumikazu**

**PEPG em Educação Matemática/HEEMa/PUCSP**

**PEPG em História da Ciência/CESIMA/PUCSP**

[fsaito@pucsp.br](mailto:fsaito@pucsp.br)

<https://fumikazusaito.com/>

Ano passado proferi uma palestra sobre o significado dos instrumentos e aparatos, particularmente sobre os matemáticos, no processo da construção do conhecimento científico e matemático desde as origens da ciência moderna com vistas a iluminar propostas de articulação entre história e ensino de matemática.<sup>2</sup>

Nesta apresentação, vou tratar dos instrumentos “científicos” nas origens da ciência moderna dando especial atenção à classificação e ao seu papel no empreendimento experimental. Tentarei identificar os instrumentos que chamamos “filosóficos” de modo a compreender, nas origens da ciência moderna, o que os distingue de outros que eram denominados “matemáticos”, e apresentar algumas considerações gerais de ordem epistemológica implicadas em seu uso na investigação da natureza.

Por origens da ciência moderna, refiro-me ao período compreendido entre os séculos XV e XVII. Foi a partir daquela época que a ciência (e, portanto, também a matemática) deu os

---

<sup>1</sup> Apresento aqui apenas o roteiro da palestra proferida em 22 de fevereiro de 2017.

<sup>2</sup> “Instrumentos matemáticos na interface entre história e ensino”. Palestra proferida em 17 de março de 2016, no II Seminário Cearense de História da Matemática, realizado na UECE, Fortaleza, CE, Brasil.

primeiros passos em direção à especialização moderna.<sup>3</sup> E aqui convém observar que a ciência moderna não é um aprimoramento de outra, antiga, mas uma “nova ciência”.<sup>4</sup>

Nos séculos XVI e XVII, houve muitas discussões e debates sobre a caracterização dessa “nova ciência”. De um lado, alguns estudiosos defendiam que a ciência deveria retomar, corrigir e complementar os conhecimentos da antiguidade clássica, de outro, que deveria descartar tais conhecimentos e ser reconstruída sobre novas bases. Entretanto, entre um extremo e outro, havia um matiz de opiniões que fomentaram calorosos debates.

O motor desses debates não foi de natureza estritamente epistemológica, filosófica, científica, metodológica ou religiosa. A ciência moderna era diferente da outra que a antecederia e essa diferença deve ser entendida num contexto em que essas mesmas questões de ordem epistemológica, filosófica, científica, metodológica ou religiosa, entre muitas outras, estavam em jogo. É nesse contexto que devemos compreender os instrumentos e os aparatos nas origens da ciência moderna.

Mas, o que é um instrumento ou aparato científico? Hoje podemos dizer que são instrumentos utilizados em ciência, mais particularmente em laboratórios científicos. Damos a esses instrumentos uma definição funcional e, geralmente, os associamos à noção, bastante disseminada, de que é por eles que quantificamos diferentes aspectos da natureza. Nada de errado com esta definição. Ela está corretíssima. Porém, nem sempre foi assim.<sup>5</sup>

O uso de instrumentos e aparatos na investigação da natureza é muito antigo, “porém sua importância foi enfatizada apenas no início do século XVII, quando ‘novos instrumentos’, concebidos em virtude da demanda por novos métodos matemáticos e experimentais exerceram significativo papel no desenvolvimento da ciência moderna”.<sup>6</sup> Entre os séculos XVI e XVII, entretanto, o uso de instrumentos em ciência era bastante controverso.

---

<sup>3</sup> A esse respeito, consulte, por exemplo: Alfonso-Goldfarb (1994), Lindberg (2007), Beltran, Saito, Trindade (2014).

<sup>4</sup> De um modo geral, considera-se que a passagem de uma expressão de ciência antiga para outra, nova, deu-se por causa de uma Revolução Científica. A esse respeito, vide: Cohen (1985), Hall (1988), Lindberg e Westman (1990), Butterfield (2003), Osler (2000), Dear (2009).

<sup>5</sup> Vide estudos de Warner (1990), Taub (2009),

<sup>6</sup> Cf. Van Helden (1983), Warner (1990), Bennett (1986), Turner (1987).

Excluindo-se os instrumentos que permitiam “medir” distâncias, ângulos e tempo, outros aparatos eram vistos com muita desconfiança. Isso porque, naquela época, inexistia ainda uma convenção para o seu uso, pois não havia ainda critérios que permitissem validar resultados experimentais ou observacionais obtidos por meio dele.<sup>7</sup> Tanto que os termos “aparato”, “instrumento”, “artifício”, “experiência” e “experimento”, por exemplo, eram utilizados de forma intercambiável.<sup>8</sup>

Além disso, inexistia ainda naquela época o termo “científico” que foi cunhado apenas no século XIX. Assim, era comum designar por “filosóficos” aqueles instrumentos e aparatos utilizados em “filosofia natural” e por “matemáticos”, aqueles outros utilizados para medir distância, ângulo e tempo, observando, entretanto, que o emprego do termo “filosófico” ocorre apenas a partir de meados do século XVII aproximadamente. *Grosso modo*, entravam na classe de instrumentos filosóficos, todos aqueles que revelavam algum processo natural.<sup>9</sup> Faziam parte do rol desses instrumentos, os termômetros, os “vidros de clima” (*weather glasses*), os barômetros, as bússolas e outros aparatos mecânicos e elétricos. No que diz respeito, aos “matemáticos”, esses eram bem antigos e geralmente entravam nessa categoria, instrumentos de navegação, de agrimensura, de astronomia, alguns relógios entre muitos outros que permitiam medir distâncias, ângulos e tempo.

Note que classificar os instrumentos “científicos” antes do século XIX é bastante complexo, uma vez que as categorias às quais estamos hoje acostumados ainda não estavam estabelecidas.<sup>10</sup> Alguns instrumentos, por exemplo, o telescópio, o microscópio, e outros dispositivos que utilizavam lentes e espelhos, eram também denominados ópticos, como se fossem parte de uma subcategoria dos instrumentos filosóficos. Entretanto, eles eram assim denominados por causa de sua procedência e não porque eram instrumentos que pertenciam à ciência óptica. Se assim fosse, o telescópio, por exemplo, poderia também ser classificado

---

<sup>7</sup> Cf. Van Helden (1994), Winkler e Van Helden (1997).

<sup>8</sup> Nos tratados de magia natural do século XIX e nos opúsculos de Blaise Pascal (1623-1662), por exemplo, os termos “experiência”, “experimento”, “instrumento”, “aparato” e “artifício” são empregados indistintamente, vide estudo de Saito (2006, 2011, 2014a).

<sup>9</sup> A esse respeito, vide estudos de Daumas (1989), Bennett (1989), Turner (1998), Hankins e Silverman (1997).

<sup>10</sup> Vide estudo de Saito (2014b).

como matemático, uma vez que a astronomia era uma das ciências matemáticas. Esses instrumentos eram assim classificados porque provinham das “oficinas” de vidreiros que se especializaram em instrumentos ópticos em geral, tais como óculos, lentes, espelhos etc.

Apesar de ser bastante difícil estabelecer uma clara classificação desses instrumentos entre os séculos XVI e XVII, a análise de diferentes documentos tem revelado que os estudiosos da natureza comumente classificavam os instrumentos em “filosóficos” e “matemáticos”. Vamos ver alguns exemplos para compreendermos o que essa classificação queria significar. Note que os instrumentos matemáticos são aqueles utilizados para “medir” o que Aristóteles (1952) em suas *Categorias* denominou “quantidades” (distância, ângulo e tempo). Por comparação, podemos dizer que os filosóficos são aqueles que de “algum modo” se referem ao que Aristóteles havia denominado “qualidades” (o rápido, o lento; o quente e o frio; o leve e o pesado etc.).

Aqui é preciso observar que o que faz um instrumento “matemático” não é a medida, mas é aquilo que é passível de ser medido porque faz parte da categoria “quantidade” (distância, ângulo e tempo). Diferentemente, um instrumento filosófico não é matemático porque ele revela uma qualidade que, a partir do século XVII, foi gradativamente quantificada. (Isso esteve relacionado com o movimento que buscou matematizar a natureza, gerando intensos debates entre estudiosos da natureza naquela época).

Isso significa que a existência ou o estabelecimento de uma escala não torna um instrumento “matemático”. Um termômetro, por exemplo, é um instrumento com escala, que mede a temperatura, porém não é um instrumento matemático. Diferentemente dos instrumentos matemáticos, os filosóficos revelam um processo natural (a elevação da temperatura, por exemplo). A subida do mercúrio (ou de outra substância) não revela uma medida da temperatura à primeira vista, mas um processo que é natural. E só saberemos se “está quente” ou “frio” comparando a temperatura de dois corpos diferentes.

No que diz respeito à quantificação desses fenômenos naturais também não é tão óbvia quanto parece à primeira vista. Um caso interessante são os “vidros de clima” (*weather glasses*). Esses instrumentos eram utilizados como se fossem barômetros, porém antes do

surgimento do próprio conceito de pressão atmosférica. Então, o que o “vidro de clima” “mede”? Na verdade, ele “mede” o peso do ar. Caso o ar esteja mais carregado (de terra e de água) mais pesado ele é. Assim, quanto mais pesado o ar, maiores são as chances de precipitação.

Note que os “vidros de clima”, na realidade, revelam um processo natural e, dessa maneira, são também instrumentos que, utilizados num experimento, indicam que o ar é composto, por exemplo, se aceitarmos uma das muitas teorias da matéria vigentes naquela época, de quatro elementos (terra, fogo, ar e água). Ou ainda que o ar “pesa” e que vivemos na realidade num mar de “ar”, conduzindo alguns estudiosos a investigarem sobre o peso relativo do ar e especular sobre o seu peso específico.

Um instrumento que passou a ter grande uso na navegação foi a bússola. Esse instrumento, diferentemente de um termômetro ou de um “vidro de clima” era utilizado para localizar-se, principalmente, em alto-mar. Do mesmo modo que faz um instrumento matemático, a bússola revela uma posição e apontam para uma direção (note que ao realizar uma triangulação por meio instrumentos matemáticos, estamos na realidade estimando uma posição). Mas, do mesmo modo que o termômetro e o “vidro de clima”, a bússola é um instrumento filosófico porque revela um fenômeno que não é perceptível por nenhum dos nossos sentidos diretamente. Ela revela a existência de um campo magnético.

Outro caso interessante são os marcadores de tempo. Note que esses “relógios”, o de fogo, o mecânico (acionado por peso), o de água, o analema (sol) e ampulheta eram utilizados para medir o tempo. Porém, o que na realidade eles medem? Ou eles apenas são testemunhos de que o tempo “passa”? Esses instrumentos trazem indícios de que, seja qual for o fenômeno em questão, nenhum deles “mede” ou revela algum aspecto da natureza sozinho. É preciso empregar pelo menos dois deles para investigar a natureza.<sup>11</sup>

Os instrumentos, portanto, medeiam a relação entre sujeito e natureza, promovendo a transcendência do sujeito em relação à natureza. Assim, na perspectiva da ciência moderna, nada na natureza poderia ser revelada e mapeada sem o uso de instrumentos. Os instrumentos

---

<sup>11</sup> Santos (2014).

filosóficos dão acesso aos “segredos” mais recônditos da natureza que os nossos cinco sentidos não conseguem captar diretamente. A bússola, o telescópio e o microscópio, por exemplo, revelam algo que não é visível a olho nu. Nesse sentido podemos dizer que eles “ampliam” ou “potencializam” nossos sentidos. Foi mais precisamente entre os séculos XVI e XVII que os estudiosos da natureza passaram a observar que os instrumentos, além de “estenderem” os sentidos, potencializam suas capacidades, proporcionando “controle” sobre os fenômenos naturais.<sup>12</sup>

Os estudiosos da natureza naquela época estavam atentos para os diferentes recursos intervencionistas que poderiam ser utilizados para explorar a natureza. O uso de diferentes artifícios, que permitissem compreender os processos naturais, possibilitaria não só “controlar”, como também “disciplinar” a natureza, fazendo-a realizar o que ela não poderia realizar sozinha.<sup>13</sup> Em última instância, no contexto experimental, os instrumentos matemáticos e filosóficos permitiam explorar a natureza em seus diferentes aspectos de modo a fazê-la revelar suas leis (regularidades).

Os instrumentos, dessa maneira, definem diferentes relações entre diversos segmentos do saber e levantam interessantes questões relativas aos processos de construção de conhecimento na medida em que conjugam procedimentos racionais e mecânicos. É por isso que ao analisarmos e examinarmos os instrumentos antes do século XIX, afrouxamos a rígida tríade teoria-instrumento-experimento. Tanto o instrumento matemático, quanto o filosófico, devem ser entendidos num processo e não como mero artefatos, uma vez que eles veiculam e disseminam conhecimento. Assim, é preciso compreendê-los antes de se tornarem científicos para que a sua história preencha algumas lacunas do processo que conduziu a ciência e matemática modernas.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Cf. Saito (2011).

<sup>13</sup> Cf. Saito (2011, 2014c).

<sup>14</sup> A esse respeito, vide: Saito (2009, 2011).

## Referencias

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *O que é história da ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- ARISTOTELES. *Organon*. In: ARISTOTLE. *The Works of Aristotle*. Org. by W. D. Ross. Chicago/London: Encyclopaedia Britannica, 1952, 2v. V. I, p. 5-20.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. *História da ciência para formação de professores*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/CAPES/OBEDUC, 2014.
- BENNETT, J. A. The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy. *History of Science*, v. 24, p. 1-28, 1986.
- \_\_\_\_\_. A viol of water or a wedge of glass. In: GOODING, D; PINCH, T.; SCHAFFER, S. (eds.). *The Uses of Experiment. Studies in the Natural Sciences*. Cambridge/New York/Sidney: Cambridge University Press, 1989. p. 105-114.
- BUTTERFIELD, H. *As origens da ciência moderna*. Lisboa: Edições 70, 2003.
- COHEN, I. B. *Revolution in Science*. Harvard: Harvard University Press, 1985.
- DAUMAS, M. *Scientific Instruments of the Seventeenth and Eighteenth Centuries*. London: Portman Books, 1989.
- DEAR, P. *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and Its Ambitions, 1500-1700*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Palgrave Macmillan, 2009.
- HALL, A. R. *A revolução na ciência, 1450-1750*. Lisboa: Edições 70, 1988.
- HANKINS, T. L.; SILVERMAN, R. J. *Instruments and the Imagination*. Princeton: Princeton University Press, 1997.
- LINDBERG, D. C. *The Beginnings of Western Science. The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, Prehistory to A.D. 1450*. 2<sup>nd</sup> ed. Chicago/London: University of Chicago Press, 2007.
- LINDBERG, D. C.; WESTMAN, R. S. (eds.). *Reappraisal of the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- OSLER, M. J. (ed.). *Rethinking the Scientific Revolution*. Cambridge/New York: Cambridge University Press, 2000.
- SAITO, F. Alguns aspectos da ideia de experiência de Blaise Pascal (1623-1662). In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (orgs.). *O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações*. São Paulo: Educ/Ed. Livraria da Física/FAPESP, 2006. p. 119-144.
- \_\_\_\_\_. Algumas considerações historiográficas para a história dos instrumentos e aparatos científicos: o telescópio na magia natural. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.;

GOLDFARB, J. L.; FERRAZ, M. H. M.; WAISSE, S. (orgs.). *Centenário Simão Mathias: documentos, métodos e identidade da história da ciência – seleção de trabalhos*. São Paulo: PUCSP, 2009. p. 103-122.

\_\_\_\_\_. *O telescópio na magia natural de Giambattista della Porta*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/Educ/FAPESP, 2011.

\_\_\_\_\_. *As experiências relativas ao vazio de Blaise Pascal*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/CAPES/OBEDUC, 2014a.

\_\_\_\_\_. Revelando processos naturais por meio de instrumentos e outros aparatos científicos. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. (orgs.). *História da Ciência: Tópicos atuais 3*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/CAPES/OBEDUC, 2014b. p. 95-115.

\_\_\_\_\_. Knowing by doing in sixteenth-century natural magic: Giambattista della Porta and the wonders of nature. *Circumscribere: International Journal for the History of Science*, v. 14, p. 17-39, 2014c.

SANTOS, L. R. Leon Battista Alberti (1404-1472) e a medida do tempo em sua obra *Matemática Lúdica*. Dissertação de Mestrado em Educação Matemática. São Paulo: PUCSP, 2014.

TAUB, L. On Scientific Instruments. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 40, n. 4, p. 337-438, 2009.

TURNER, G. L'E. Scientific Toys. *British Journal for the History of Science*, v. 20, p. 1987, p. 377-398.

\_\_\_\_\_. *Scientific Instruments 1500-1900. An Introduction*. Berkley/Los Angeles/London: University of California Press, 1998.

VAN HELDEN, A. The Birth of the Moderns Scientific Instruments. In: BURKE, J. G. (ed.). *The Use of Science in the Age of Newton*. Berkley/Los Angeles/London: University of California Press, 1983. p. 49-84.

\_\_\_\_\_. Telescopes and Authority from Galileo to Cassini. *Osiris*, v. 9, p. 9-29, 1994.

WARNER, D. J. What is a scientific instrument, when did it become one, and why?. *British Journal for the History of Science*, v. 23, p. 83-93, 1990.

\_\_\_\_\_. Terrestrial Magnetism: For Glory of God and the Benefit of Mankind. *Isis*, v. 9, p. 67-84, 1994.

WINKLER, M. G.; VAN HELDEN, A. Johannes Hevelius and the Visual Language of Astronomy. In: FIELD, J. V.; JAMES, F. (eds.). *Renaissance & Revolution: Humanists, Scholars & Natural Philosophers in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 97-116.