

Geometrização do raciocínio em Aristóteles e Boole, linearidade e epistemologia

U.M.M. MALUF*

1. Introdução; 2. Geometria e lógica aristotélica, álgebra de Boole e espaço vetorial aditivo; 3. Mudança de geometria: novas lógicas, novas linguagens.

O autor pretende mostrar como a estrutura lógica aristotélica (silogismo) reflete a estrutura geométrica linear "euclidiana" e como essa geometrização do raciocínio irá permitir, mais tarde, a Boole construir uma verdadeira álgebra dessa lógica. Dentro dessa linha de raciocínio, identifica, também, nessa álgebra uma estrutura de "espaço vetorial" linear. Tudo isso para fundamentar o aspecto linear do pensamento aristotélico, que parece, ainda, contaminar as epistemologias científicas contemporâneas, mesmo após a revolução na física, no final da Idade Média. Como alternativa, aponta sugestões para um pensamento não-linear: rompimento com a geometria euclidiana, estabelecimento equivalente de novos padrões de lógica e construção dos respectivos tipos de linguagem, para sustentar os arcabouços de novas epistemologias.

1. Introdução

O panorama das epistemologias no século XX se conturbou, de modo global, com as implicações filosóficas contidas na revolução quântica e relativística de final do século passado e início do presente. Essa conturbação se deveu, basicamente, ao reconhecimento de que uma epistemologia alternativa se impunha para lidar com os novos fatos (Heisenberg, 1958; Born, 1951). Tal injunção demandava novos tipos de epistemologia e linguagem, principalmente, em razão de haverem sido abalados o determinismo dominante em ciências (Heisenberg, 1958; Weizsäcker, 1977), o paradigma clássico de espaço e tempo (Einstein,

* Chefe do Centro Brasileiro de Ergometria e Cibernética do ISOP. (Endereço do autor: Rua da Candelária, 6.) Equipe de estagiários: Galeno Ferreira Morgado (Física/PUC), Luiz Antonio da Silva Peixoto (Filosofia/UFRJ) e José Sérgio Duarte da Fonseca (Matemática/UFF).

1923, p. 27-45; Born, 1951, p. 79; Bohm, 1984, Prigogine & Stenger, 1979) e o padrão de lógica (Hughes, 1981; Finkelstein, 1981, p. 31). Talvez esse cenário possa ficar representado pelo que de novidade, do ponto de vista epistemológico, os anos posteriores a essa revolução física vieram a conhecer. Apareceram novos métodos matemáticos qualitativos (Prigogine & Allen, 1982, p. 3), tais como a teoria da catástrofe de Thom, a dos fractais de Mandelbrot; a termodinâmica se vê estendida, através da noção de estruturas dissipativas, à complexidade e diversificação dos sistemas biológicos, sociais e evolutivos (Prigogine, 1972; Prigogine & Allen, 1982, p. 5-6): não mais se restringe a sistemas que progridem para uma homogeneidade e desordem finais. Tudo isso redundaria, em última análise, em se impor a exigência da construção de um tipo também não-clássico de linguagem (cf., em especial, Bohm, 1984; van Frassen, 1981). Talvez nesse sentido, se não o surgimento, mas, certamente, a institucionalização da linguagem da cibernética e da inteligência artificial por Turing (1947) e Wiener (1948) possa retratar, de forma concreta, o papel de relevo que passava a desempenhar para a teoria do conhecimento, em geral, a questão da linguagem, ou seja, a linguagem como solidária de uma lógica, que tornasse viável uma epistemologia particular (cf. van Frassen, 1981). A possibilidade da construção de linguagens artificiais, segundo essas condições, radica-se na epistemologia haurida na concepção de Boole de uma álgebra das leis aritméticas naturais do pensamento humano (Boole, 1854). Para nós, Boole é o precursor mais próximo, no século XIX, do movimento da inteligência artificial (realização concreta — simbólica, material, tecnológica etc. — do isomorfismo entre aritmética e o pensamento ou o ser vivo). Sua álgebra é uma transcrição do “princípio de contradição” de Aristóteles (*Meta.*, III, 3).¹

2. Geometria e lógica aristotélica, álgebra de Boole e espaço vetorial aditivo

Uma suposição que vimos investigando, há algum tempo, vincula esse princípio a uma concepção geométrica linear.² Ou seja, a álgebra geométrica da época de Aristóteles (cf. Heath, 1956) inspirou, a nosso ver, uma geometrização do raciocínio, conforme sistematizada nos *Analytica* e na *Metaphysica*. Não se há de estranhar essa afirmação, se se reconhecer que a lógica subjacente às epistemologias científicas contemporâneas, em todos os campos, realiza literalmente todas as propriedades do contínuo euclidiano: é o que caracteriza o pensamento linear. Dominante em grande parte das ciências contemporâneas, é objeto de contundentes críticas por parte da vanguarda da epistemologia científica contemporânea (Prigogine & Stenger, 1979; Prigogine & Allen, 1982; Thom, 1983; Mandelbrot, 1983; Wheeler, 1980; Bohm, 1984). Nada mais natural, pois, do que estender tal caracterização para a álgebra de Boole — uma vez que esta é uma transliteração aritmética de Aristóteles — em termos de uma álgebra linear. Assim sendo, uma álgebra de Boole pode ser considerada análoga a um subespaço

¹ Aristóteles: “Ser e não-ser impossível.”

Boole: “Ser” — x ; “não-ser” — $(1 - x)$; impossível — 0. Daí a transliteração $x(1 - x) = 0$, sendo a conjunção representada pelo produto (cf. Boole, 1854, p. 54).

² *Relatórios técnicos*. Rio de Janeiro, Centro Brasileiro de Ergonomia e Cibernética, ISOP/FGV.

vetorial de estrutura aditiva. Uma álgebra de Boole, B , tem duas operações binárias, “+” e “.”, que satisfazem leis comutativas, associativas e principalmente — de interesse particular para nós por traduzir o “princípio mais certo de todos” de Aristóteles — o extremo universal, 0 , que satisfaz a operação unária de complementação, $a \Rightarrow a': a.a' = 0$. Por seu turno, um espaço vetorial de estrutura aditiva está dotado das mesmas leis; tem um vetor zero, 0 , e uma operação binária “+”, bem como uma operação unária $u \Rightarrow u': u + u' = 0$.³ O importante é ressaltar que, dessa maneira, torna-se possível reforçar a já mencionada vinculação da lógica aristotélica com o raciocínio geométrico.

2.1 Matemática em Aristóteles

De fato, não constitui surpresa para ninguém a importância das matemáticas para Aristóteles: as partes essenciais da filosofia (divina e natural) são matemáticas (apud Kibre & Saraisi, 1978, p. 27). No século XII, o advento da universidade impôs como essencial no currículo o *quadrivium*. A partir da Alta Idade Média, a *Analytica Posteriora* (*A. Post.*) inspirava a lógica das ciências físicas (Wallace, 1978; Kibre & Saraisi, 1978; Mahoney, apud Lindberg, 1978; Grant, 1978). Bacon (século XIII) afirma: a lógica necessita da matemática, pois constitui o cerne dos *A. Post.*, onde é ensinada a técnica matemática da demonstração. Seu argumento é: a lógica inicia o Livro das Categorias; aí está contida a categoria da quantidade; ora, é impossível o estudo da quantidade sem as matemáticas. Grossotest (século XIII) e Bacon insistiam no papel fundamental da geometria para a compreensão da natureza e da física. Daí sua prevalência sobre a lógica. Não se olvide que nas Universidades de Paris e Oxford (séculos XIII e XIV) lógica, matemática e filosofia da natureza se ensinavam conjuntamente. Em Bologna e Pádua, entre outras, artes, direito, medicina para a qual era imprescindível o estudo de astrologia, pelo reconhecimento, de então, das influências dos astros sobre a fisiologia e psicologia humanas (cf. Lindberg, 1978) e para isso, evidentemente, a geometria se fazia propedêutica. Ora, todo esse cenário estava impregnado, de alguma maneira, do pensamento aristotélico. Ressalte-se que as fundamentais modificações, introduzidas por Euclides (século III a.C.) na obra sobre os *elementos* de seus antecessores basearam-se, em grande parte, em textos matemáticos de Aristóteles (Heath, 1956, p. 117). Ser versado em geometria era uma condição de ingresso na Academia. À época de Aristóteles, os *elementos* já estavam compilados num livro-texto por Theudius de Magnésia que, segundo Proclus (século V), “os organizou, de modo admirável, tornando mais gerais muitas de suas proposições, que eram restritas, particulares” (apud Heath, 1956, p. 117). Deve ser lembrado (Caraça, 1941, p. 81-2) com igual ênfase, a nosso ver, o “profundo horror ao infinito, horror ao movimento”, “o abandono das concepções dinâmicas” do grego, particularmente, a partir dos séculos VII-VI a.C. (talvez por motivos políticos) — cf. Mondolfo, 1968. Em seu lugar, se instauram as concepções das formas geométricas, rígidas e das matemáticas finitistas.⁴ Dentro

³ Consulte-se, a respeito, Carvalho (1972) e Korphage (1966).

⁴ No século VI, Pitágoras estabelece os fundamentos de uma lógica da natureza: a ordenação matemática dos *kósmos*.

dessa perspectiva é que nos decidimos a levantar os fundamentos geométricos tanto da lógica (silogismos) quanto do princípio de não-contradição, em Aristóteles. Essa colocação nos parece legítima, na medida em que todo o pensamento ulterior a essa época virá permanecer, essencialmente, vinculado a Aristóteles, e, portanto, racional e linear (cf. Maluf, 1985). Faremos uso dos conceitos geométricos, *recebidos e modificados por Euclides nos Elementa*.

2.2 Silogismo e teoria da proporção

Nossa idéia básica é de que o princípio da não-contradição de Aristóteles radicar-se-ia no pressuposto geométrico euclidiano da não-ubiquidade dos seres, *ta onta*, ou seja, de uma concepção *espacial*, demarcável, do objeto (concreto ou abstrato). Assim sendo, existirão trechos nos *A. Post.* e na *Metaphysica* que deverão conter noções, que podem ser reputadas como correspondentes a certas noções dos *Elementos*. As proposições ou definições apresentarão, assim, termos, *equivalentes* aos dos silogismos e, com isso, lograr-se-á identificar, em Aristóteles, réplicas desses termos desempenhando um papel crítico na estrutura dos seus silogismos, portanto, na lógica desses. De modo especial, é o Livro V que estipula as condições mais gerais do aspecto de *racionalidade* da *proporção* e da *razão* permitindo, inclusive, entender o motivo de sua generalização e valorização na antiguidade clássica (cf. Jaegger, 1936). De fato, no Livro V, ficam estabelecidas as bases “da teoria geral da proporção (*analogia*) para ser, indiscriminadamente, aplicada tanto à geometria, aritmética, música, quanto às demais ciências matemáticas” (cf. Heath, 1956, p. 112-9) — não se olvide como a tradição aristotélica, conforme representada pela filosofia da ciência da Idade Média, deixava ressaltada a prioridade da aprendizagem da matemática sobre a lógica. Ou seja, o ensino da lógica fundado no conhecimento da matemática (cf. indicação anterior). Essa era a teoria de uma *medida comum* entre duas grandezas, fossem elas comensuráveis ou incomensuráveis (v. *definições* (1-18), apud Heath, 1956, *ibid.*). Definia, igualmente, essa teoria uma *razão* (*logia*), ou seja, *grandeza relativa*, aplicável tanto a comensuráveis, quanto a incomensuráveis.⁵ Com essa teoria, a nosso ver, ficavam estipuladas, assim, *as condições gerais de racionalidade*. Euclides fora o sistematizador máximo da geometria grega, mas, à época de Platão e Aristóteles (e mesmo anteriormente, cf. Hoyrup, 1985), já se tinha conhecimento dessa teoria (cf. Heath, 1956, p. 112). É nesse ponto que identificamos uma profunda vinculação da estrutura da lógica aristotélica, como um instrumento geral de conhecimento, a essa teoria geral da proporção e da razão na geometria grega, conforme o Livro V de Euclides. Nesse sentido, para nós é essa *medida comum* que desempenha um papel crucial na definição da *racionalidade geométrica* que ficará representada, no campo lógico, pelo *termo médio* do silogismo. Assim sendo, não será difícil reconhecer a projeção da estrutura racional, contida, especialmente, no Livro V, sobre a estrutura silogística da lógica aristotélica. Examine-se a afirmação (*Meta.*, 7, cap. 4, t. 2,

⁵ Para uma ilustrativa discussão dos reflexos da descoberta do incomensurável entre os gregos, consulte-se Caraça (1941), Koestler (1961) e, mais recentemente, Davis & Hersch (1982).

p. 909, segundo Mahoney, apud Lindberg, 1978): “o termo médio se denomina *meio*, seja por causa de sua posição, seja por servir de objeto intermediário, de modo a permitir a comparação entre os outros dois”. Uma outra passagem nos *Analytica priora* (cap. 4, t. I, p. 54, segundo Mahoney, apud Lindberg, 1978) vai na mesma direção. Aristóteles demonstra uma preferência por exemplos numéricos e geométricos. Ao discutir, por exemplo, a distinção entre demonstração e silogismo, o peso de sua argumentação recai em exemplos geométricos de número e forma (*A. Post.*, l. I, cap. I, p. 121-22, e cap. II). Uma propriedade básica do silogismo é a transitividade (a ordenação do geométrico linear). Podemos esquematizar o raciocínio de Aristóteles ao descrevê-la: $B \Rightarrow A, C \Rightarrow B, C \Rightarrow A$ (*A. Post.*, l. I, cap. V, 45-51, 1-3). Nesse trecho estipula as condições em que a verdade procede (ou não) da não-verdade. E continua, adiante, fazendo ressaltar o importante papel do *termo médio* e dos *termos extremos*: o termo médio subjaz ao terceiro e o primeiro, ao termo médio (*A. Post.*, *ibid.* 31-32, p. 128). Examine-se, a propósito, o registro de um clássico para a literatura grega (Liddell & Scott, *Greek-English Lexicon*): “*mesos*, 4 em lógica, *to meson*, o *termo médio* de um silogismo, em oposição a *termos extremos*, *akra* (Arist., *A. Pr.*, 66, 30).” E, logo em seguida: “5 Matemática, termo médio de uma proporção, Euclides, 6, 16.” Em outro trecho, onde novamente são enfatizados exemplos inspirados na geometria e na aritmética, o termo médio é ressaltado (*A. Pr.* l. I, cap. VIII, 1-20); similarmente, pouco adiante (cap. X, 12-16); mais adiante, onde lista as várias utilidades da demonstração, vem a relevância do termo médio e a visível propriedade de transitividade, já mencionada. Termo médio do silogismo se põe como determinante (causa) do conhecimento científico (cap. XXXII). Irá reduzir, mais adiante (*A. Pr.*, l. III, 12-13), termo médio a causa: qualquer pesquisa se resume na investigação do termo médio. Ainda mais, prolificamente, fá-lo-á nos capítulos XV, XVI, XVII-XXI do livro II. Tudo isso, junto com o caráter inegável de linearidade das epistemologias científicas vigentes (ver *in initio*), concebidas segundo a lógica clássica, parece assegurar uma certa plausibilidade à suposição básica da presente exposição. E, principalmente, embasar, de certo modo, nossa idéia de que a *racionalidade* da lógica aristotélica se funda, possivelmente, em sua concepção *geométrica*, especial, do raciocínio (ver Maluf, 1985).

3. Mudança de geometria: novas lógicas, novas linguagens

Talvez o que acabamos de expor esclareça, de alguma forma, a reconhecida incapacidade, no pensamento ocidental, em conceber o *objeto* sem a vinculação obrigatória ao referencial espacial euclidiano (ver Drieschner, 1977; Maluf, 1985), refletindo a hegemonia do pensamento linear contemporâneo (cf. Bateson, 1980; Maturana & Varela, 1980; Wheeler, 1980; Prigogine & Stenger, 1979; Thom, 1983). Talvez, por isso, as revoluções científicas se possam caracterizar menos por uma substituição de “referência conceitual”, do que pela constatação daquela incapacidade, supramencionada. Isso pode ficar exemplificado, de modo particular, no campo físico moderno, pelas tentativas de buscar uma definição de objeto, liberta desse referencial euclidiano e compatível seja com uma geometria alternativa, seja com a noção de uma pré-geometria (Drieschner, 1977),

seja até mesmo com a representação de objetos a mais irredutível, pequeno em conteúdo informacional (1 bit), mas ubíquo, não restrito a um local no espaço. Parece claro que todas essas buscas levam à concepção de epistemologias alternativas: mudança de geometria, mudança de lógica, mudança de linguagem algébrica (cf. Bohm, 1984; Wheeler, 1980). Na área de sistemas autopoieticos (humanos, evolutivos e biológicos) encontram-se exemplos de tentativas nesse sentido: o cálculo das indicações (Varela, Maturana & Uribe, 1974), uma lógica temporal dialética (Riegel, 1973) e, mais recente, o esboço de uma linguagem irracional orientada para a psicologia (Maluf, 1983), que ensinou a construção de uma linguagem experimental prévia, denominada "sistemas autogênicos não-ordinários"⁶ endereçada para sistemas auto-organizadores. Um traço comum une todas essas alternativas: desvinculação de referenciais euclidianos, o que as exime de equivalências a "subespaços vetoriais" e, conseqüentemente, não as classifica como uma álgebra de Boole (em que pese a uma crítica recente, ao contrário, no que tange ao cálculo das indicações).⁷ Procuram romper com a linearidade e, portanto, com uma geometria euclidiana tridimensional. Ensejam, desse modo, a consideração de parâmetros novos de epistemologias científicas.

Abstract

The suggestion is made that the structure of Aristotelian logics mimics the linear structure of Euclidean geometry. This so-called geometrization of thought is supposed to entail later the algebrization of logics by Boole, the structure of which seems, in turn, to mirror the structure of linear "vector spaces". All this altogether, in turn, seems to embody the basis for the linear aspect of Aristotelian thinking still prevailing among present-day scientific epistemologies, even after physical sciences revolution in the late Middle Age. As an alternative, a final proposal is made that breaking Euclidean geometry references would entail both the equivalent establishment of new standard of logics and its accompanying construction of new types of languages. Thus a new type of epistemological architectures would come out as a result.

Referências bibliográficas

- Aristóteles. *Opera omnia*. Paris, Editoribus Firmin-Didot, 1927. *Graece et Latine*. v. 1.
 Bateson, G. *Mind and nature*. Glasgow, W. Collins, 1980.
 Birkoff, M. L. *A survey of modern algebra*. New York, MacMillan, 1965.
 Bohm, D. *Wholeness and the implicate order*. Ark, 1984.
 Boole, G. *The laws of thought*. London, Cambridge Macmillan, 1854.
 Born, M. *The restless universe*. New York, Dover, 1951.

⁶ Em desenvolvimento no Centro Brasileiro de Ergonomia e Cibernética, do ISOP/FGV, essa linguagem refere-se a sistemas que se auto-organizam de modo *nem linear, nem não-linear*, apresentando assim propriedades matemáticas "não-ordinárias", anômalas, mas de aparente aplicabilidade aos estudos dos sistemas humanos, em geral.

⁷ Kohout, L. J. & Pinkawa, V. The algebraic structure of the Spencer-Brown and Varela Calculi. *Int. J. Gen. Syst.*, 6:155-71, 1980.

- Caraça, B. *Conceitos fundamentais em matemática*. Lisboa, Irmãos Bertrand, 1941.
- Carvalho, J. P. *Introdução à álgebra linear*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972.
- Davis, P. J. & Hersch, R. *The mathematical experience*. Houghton Mifflin, 1982.
- Drieschner, M. The abstract concept of physical object. In: Castell, M. L.; Drieschner, M. & Weizsäcker, C. F. v., ed. *Quantum Theory and the Structure of Time and Space*, Plenum Press, 2:21-32, 1977.
- Einstein, A. Geometry and experience. In: ———. *Sidelights of relativity*. Dutton, 1923. p. 27-45.
- Finkelstein, D. Quantum set theory and geometry. In: Castell, M. L.; Drieschner, M. & Weizsäcker, C. F. v., ed. *Quantum Theory and the Structure of Time and Space*, Plenum Press, 4:31-41, 1981.
- Grant, E. Scientific thought in fourteenth-century Paris: Jean Buridan and Nicole Oresme. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 314:105-23, 1978.
- Heath, T. *The thirteen books of Euclid's elements*. London, Dover, 1956. v. 1 e 2.
- Heisenberg, W. *The physicist's conception of nature*. London, Hutchinson, 1958.
- Hoyrup, J. Varieties of mathematical discourse in pre-modern socio-cultural contexts: Mesopotamia, Greece, and Latin Middle-Ages. *Science and Society*, 49(1):4-41, Spring 1985.
- Hughes, R. I. G. Quantum logic. *Scientific American*, p. 146-57, Oct. 1981.
- Jaeger, W. *Paidea*. Lisboa, Irmãos Bertrand, 1936.
- Kibre, P. & Saraisi, N. G. The institutional setting: the universities. In: Lindberg, D. C., ed. *Science in the Middle Ages*. The University of Chicago Press, 1978. p. 120-44.
- Koestler, A. *Os sonâmbulos; história das idéias do homem sobre o universo*. São Paulo, Ibrasa, 1961.
- Korhage, R. R. *Logic and algorithms*. New York, Wiley, 1966.
- Lindberg, D. C., ed. *Science in the Middle Ages*. The University of Chicago Press, 1978.
- Maluf, U. M. M. Prolegômeno a uma Epistemologia Irracional em psicologia. *Arq. Bras. de Psicol.*, 35(1):11-39, jan./mar. 1983.
- . II Colóquio Fluminense de Filosofia, Lógica e Teoria da Ciência. Niterói, Instituto de Matemática, UFF, 1984.
- . II Encontro de Filosofia Grega. Instituto de Lógica, Filosofia e Teoria da Ciência. Niterói, UFF, set. 1985. 27p.
- Mandelbrot, B. *The fractal geometry of nature*. New York, Freeman, 1983.
- Maturana, J. R. & Varela, F. J. *Autopoiesis and cognition*. Boston, 1980. (Boston Studies in the Phil. of Science, 42.)
- Mondolfo, R. *O infinito no pensamento da Antigüidade clássica*. São Paulo, Mestre Jou, 1968.
- Prigogine, I. La thermodynamique de la vie. *La Recherche*, p. 547-62, mai 1972.
- & Allen, P. M. The challenge of complexity. In: Schieve, W. C. & Allen, P. M., ed. *Self-organization and dissipative structures; applications in the physical and social sciences*. University of Texas Press, 1982.
- & Stenger, I. *La nouvelle alliance; la metamorphose de la science*. Paris, Gallimard, 1979.
- Riegel, L. Dialectic operations. *Human Develop.*, 16:346-70, 1973.
- Schieve, W. C. & Allen, P. M., ed. *Self-organization and dissipative structures; applications in the physical and social sciences*. University of Texas Press, 1982.
- Thom, R. *Paraboles et catastrophes; entretiens sur les mathématiques, la science et la philosophie*. Paris, Flammarion, 1983.
- Turing, A. M. Intelligent machinery. Artigo de 1947, reproduzido em: Meltzer, S. & Michie, D., ed. *Machine intelligence*. Edinburgh Univ. Press, 1969.
- van Frassen, B. C. Assumptions and interpretations of quantum logic. In: Beltrametti, E. G. & van Frassen, B. C., ed. *Current issues in quantum logic*. Plenum Press, 1981. p. 17-31.
- Varela, F. G.; Maturana, H. R. & Uribe, R. Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *Bio Systems*, 5(4):187-96, May 1974.
- Wallace, O. P. Medieval science. In: Lindberg, D. C., ed. *Science in the Middle Ages*. The University of Chicago Press, 1978.
- Wheeler, J. A. Beyond the black hole. In: Woolf, H., ed. *Some strangeness in the proportion; a centennial symposium to celebrate the achievements of Albert Einstein*. Ma., Addison-Wesley, 1980. p. 341-75.
- Wiener, N. *Cybernetics*. Chicago Univ. Press, 1948.