

Notas Sobre o Problema da Dimensionalidade do Espaço e da Extensão no Primeiro Texto do Jovem Kant

F. Caruso^{1,2} & *R. Moreira Xavier*¹

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

R. Dr. Xavier Sigaud 150, 22290-180, Rio de Janeiro, RJ

² Instituto de Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

R. São Francisco Xavier 524, 20550-013, Rio de Janeiro, RJ

Resumo:

Mostra-se, neste ensaio, que uma leitura cuidadosa do texto *Pensamentos sobre a Verdadeira Avaliação das Forças Vivas*, de Kant, leva-nos a concluir que, ao contrário do que é normalmente aceito, o raciocínio de Kant, que supostamente estabelece uma relação entre a tridimensionalidade do espaço e a lei da gravitação universal de Newton, não conduz a uma resposta satisfatória sobre a dimensionalidade do *espaço*, mas limita-se, na verdade, a justificar a tridimensionalidade da *extensão*.

Palavras-Chave:

Espaço, Espaço Físico, Dimensionalidade, Kant, Newton.

I. Introdução

É no período de florescimento do programa mecanicista que o jovem Kant vai tentar, em seu primeiro escrito [1], compreender por que o espaço é tridimensional. É largamente aceito que esta tentativa lança as bases para a discussão deste problema enquanto problema de Física, e representa a primeira solução física da questão da dimensionalidade [2-6]. Frequentemente, resume-se sua contribuição afirmando que a *razão da tridimensionalidade do espaço poderia ser encontrada na lei da gravitação de Newton, segundo a qual a força entre dois corpos decresce com o quadrado da distância que os separa*.

Entretanto, veremos neste ensaio que uma leitura mais cuidadosa do seu *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte* [1], como um todo, leva-nos a concluir que, ao contrário do que é normalmente aceito, o raciocínio de Kant não conduz a uma resposta satisfatória sobre a dimensionalidade do *espaço*, mas limita-se, na verdade, a justificar a tridimensionalidade da *extensão*. A relação que este fato tem com a natureza do sistema explicativo causal do jovem Kant foi discutida pelos autores em [7].

De qualquer forma, essa idéia de Kant — elaborada no período pré-crítico — de procurar determinar a dimensionalidade do espaço a partir de uma lei física é, sem dúvida, um marco importantíssimo para a discussão moderna deste problema, embora essa idéia não se sustente no período crítico da filosofia Kantiana. Dada, portanto, a relevância desta contribuição de Kant, entendemos ser necessário esclarecer as seguintes questões:

- Qual a base da conjectura de Kant?
- Por que Kant, em última análise, limita-se, na sua fase pré-crítica, a explicar a tridimensionalidade da *extensão* e não do *espaço*?
- Este fato teve alguma repercussão nos conceitos por ele desenvolvidos no período crítico?

Neste ensaio procuraremos esclarecer pelo menos alguns aspectos destas questões, examinando o primeiro texto do jovem Kant.

II. Kant e a Filosofia Natural do Espaço: entre Newton e Leibniz

Provavelmente sobre a influência de Knutzen, Kant adquiriu, enquanto esteve na universidade, um particular interesse pela Física e pela Matemática, de tal forma que seus escritos no período pré-crítico são dedicados essencialmente à Física, à Cosmologia e

ao estudo dos vulcões. Duas influências fazem-se sentir nesta fase: a de Newton e a de Leibniz⁽¹⁾.

Por um lado, o próprio título de sua primeira obra, *Pensamentos sobre a verdadeira avaliação das Forças Vivas*, mostra a influência de Leibniz. Por outro, concepções newtonianas estão no centro de seu argumento: a existência prévia de substâncias — capazes de interagir através de forças — é crucial para o desdobramento do argumento de Kant, como sugere o próprio título do nono parágrafo de seu escrito sobre *As Forças Vivas* [1], onde ele manifesta sua intenção de discutir a tridimensionalidade do *espaço*:

“If the substances had no force whereby they can act outside themselves, there would be no extension, and consequently no space”⁽²⁾.

De fato, uma das primeiras preocupações de Kant relaciona-se à *matéria corpórea* e à interação das substâncias físicas. Como expressar a interação em termos de leis universais de causa e efeito, e como a matéria, “por intermédio da força que tem em seu movimento, pode alterar o estado da alma”, são questões sobre as quais ele refletiu [9]. Neste processo cognoscitivo, as *forças* desempenham um papel fundamental para Kant, que aceita a idéia de Leibniz de que os corpos possuem uma força essencial inerente a eles, antes mesmo da própria extensão do corpo:

“In rebus corporeis esse aliquid praeter extensionem, imo extensione prius, alibi admonuimus” [10].

Claro está que Kant está aqui admitindo um espaço relacional à maneira de Leibniz, e não um espaço receptáculo dos corpos e dos fenômenos.

Esta visão de Kant se assemelha muito à idéia estóica — de grande impacto durante os três últimos séculos A.C. [11] — de que existiria uma força que tudo permeia, devida à interação do *pneuma* com a matéria ponderável, e que cria um contínuo bem ordenado chamado *espaço*.

Para Kant, é através dessas forças que se podem estabelecer conexões e relações entre os corpos, a partir das quais se chega à *ordem*⁽³⁾ necessária à existência do *espaço*, como mostra a seguinte passagem:

(1) A influência de Newton sobre Kant, na realidade, transcende a este período, na medida em que ele tentou, durante toda a sua obra, construir uma *metafísica* como *ciência*, nos moldes do sistema newtoniano [8].

(2) O grifo é nosso.

(3) uma espécie de ordem astronômica.

“*It is easily proved that there would be no space and no extension, if substances had no force whereby they can act outside themselves. For without a force of this kind there is no connection, without this connection no order, and without this order no space*” [12].

Sem essa *força* não haveria (pela ordem), *extensão*, *relação* entre as coisas, *ordem* e *espaço*.

Como bem nota Handyside na sua *Introdução* à tradução inglesa citada em [1], nesta fase, “Kant considera o espaço como um *fenômeno subsidiário*⁽⁴⁾, dependente das relações inteligíveis destas substâncias”. Sendo tais relações expressas por *leis de força*, parece-nos evidente que, apesar de aceitar o princípio do programa científico newtoniano, Kant (pelo menos neste período) discorda de Newton em um ponto crucial de seu sistema: é quanto à essência do espaço.

O espaço e o tempo absolutos são, segundo Koyré,

“... *réalités que Newton acceptait sans hésiter — puisqu’il pouvait les appuyer sur Dieu et les fonder en Dieu ...*” [13].

Mas para o jovem Kant, o espaço não é o sensorio divino. Ao contrário, é uma construção dependente das substâncias, capaz, sobretudo, de expressar e ressaltar o papel da Razão. Naturalmente, não se trata da identificação cartesiana entre *espaço*, *quantidade* e *substância corpórea* [14], pois são aqui as *forças* a causa da *extensão*. Esta concepção pré-crítica de espaço coloca o Homem, e não Deus, no centro da discussão sobre o espaço e suas qualidades, o que não ocorre em Newton e Aristóteles. É importante frizarmos este ponto, pois, como veremos a seguir, a sua justificativa da tridimensionalidade depende fortemente *desta* concepção de espaço, oposta às idéias sobre espaço que Kant adotará no período crítico.

A habilidade com que Kant extrai de Newton as idéias de matéria, de gravitação *etc.* e de Leibniz as idéias de espaço relacional e de *vis viva*, articulando-as em seu argumento, já revela a grande originalidade que vai caracterizar seu pensamento.

III. Kant e a tridimensionalidade

Embora Kant anuncie em seu primeiro escrito a intenção de discutir a tridimensionalidade do *espaço*, sua concepção de espaço, nesta fase pré-crítica, lhe permite apenas

(4) O grifo é nosso.

fundamentar a tridimensionalidade da *extensão*. De fato, no nono parágrafo, Kant afirma que

“the ground of the threefold dimension of space is still unknown.”

e no título do parágrafo seguinte sugere uma possível relação entre a tridimensionalidade do espaço e a lei de atração entre os corpos:

“It is probable that the threefold dimension of space is due to the law according to which the forces in the substances act upon one another” [15].

No entanto, em todo o texto que se segue, correspondente a demonstração propriamente dita, Kant refere-se, na realidade, à dimensionalidade da *extensão* que, como sabemos, tem um *status* ontológico diferente do *espaço*.

O fio condutor de seu raciocínio, como vimos na seção anterior, passa pelos seguintes pontos: em primeiro lugar a idéia de que existe uma força inerente às substâncias (aos corpos), sem a qual não haveria extensão. A partir da extensão estabelecem-se as relações entre as coisas necessárias à ordem, sem a qual o espaço não existe.

O papel fundamental que a *força* desempenha em seu sistema explicativo como essência primeira da matéria e de sua extensão é corroborado pela citação abaixo:

“Since everything which is to be found among the qualities of a thing must be capable of being derived from that which contains in itself the most complete ground of the thing itself, the qualities of the extension, and consequently their threefold dimension, will be grounded in the qualities of the force which the substances possess in respect of the things with which they are connected.” [15].

Desta frase, independente do conceito de *força* subjacente, vê-se que esta é a força através da qual as substâncias agem umas sobre as outras; aquela que é responsável pelas relações coletivas, que definirão o espaço à maneira de Leibniz. Quanto à natureza desta *força*, Kant afirma:

“The force, whereby a substance acts in union with others, cannot be thought apart from a determinate law which reveals itself in the mode of its action. Since the character of these laws according to which a whole collection of substances (that is, a space) is measured, in other words, the dimension of the extension, will likewise be due to the laws according to which the substances by means of their essential forces seek to unite themselves”.

Após estas considerações, Kant explicita que a lei de força à qual se refere é a lei

de atração de Newton que depende do inverso do quadrado das distâncias. Nesta hora, porém, expressa-se com dupla cautela, omitindo se a tridimensionalidade a que se refere é relativa ao espaço ou à extensão e concluindo que ela *parece resultar* da forma da lei de atração de Newton, como demonstra o trecho abaixo:

“*The threefold dimension seems to arise from the fact that substances in the existing world so act upon one another that the strenght of the action holds inversely as the square of the distances*” [15].

Note bem que, excetuando-se o título, em nenhum ponto desse décimo parágrafo, Kant utiliza explicitamente a palavra *espaço* quando se refere à tridimensionalidade, aludindo a ele somente duas vezes. A primeira, citada acima, reforça apenas a idéia de *espaço* definido a partir da *substância física*. A segunda, que nos parece também relevante para o tema que estamos tratando, é que Kant conclui sua especulação referindo-se ao *espaço*, ou melhor, aos diversos tipos de espaço, como objeto de estudo da Geometria:

“*A science of all these possible kinds of space would undoubtedly be the highest enterprise which a finite understanding could undertake in the field of geometry.*” [16].

Este fato pode ser considerado uma indicação de quanto Kant não compartilha das idéias galileanas de geometrização da Física. Seu sistema explicativo causal é essencialmente newtoniano [7], e toda a sua argumentação é construída a partir das leis de força. Mesmo que sua conjectura se refira às dimensões da *extensão*, Kant foi obrigado a imaginar a possibilidade de existência de espaços com um número diferente de dimensões, antes que houvesse uma teoria para estes tipos de espaço. Será a descoberta das geometrias não-euclidianas, no século XIX, que dará impulso a estas questões [2]. Parece-nos, portanto, que Kant não só tinha consciência, já em 1747, de que a estrada da compreensão da dimensionalidade do espaço envolveria a Física e a Matemática [17], mas, sobretudo, lançou a base para a discussão moderna deste fascinante tema.

Certamente, o fato epistemologicamente mais importante na contribuição do jovem Kant a esse tema é a ruptura com a concepção aristotélica do problema — no seu aspecto geral (causa do espaço) e particular (causa da dimensionalidade) —, através da introdução da *força* como *causa efficiens* do espaço, via o conceito de *ordem*. Embora, de certa forma, aristotélico no papel que a *substância* desempenha em seu sistema explicativo (no que concerne a discussão da dimensionalidade do espaço), note que Kant considera, na sua

primeira obra, *força* como geradora de ordem, ao contrário de Aristóteles, em cujo sistema, *força* (*dynamis*) conduz à ruptura de ordem cósmica.

IV. Considerações finais e conclusões

Concluimos, portanto, que Kant propõe, na verdade, uma justificativa para a tridimensionalidade da *extensão* e não do *espaço*, por considerar este último como não-perceptivo, como um produto de um esforço intelectual na busca do estabelecimento de uma *ordem* a partir das coisas inteligíveis; *espaço* este, objeto de estudo da Geometria e não da Física⁽⁵⁾. O que é perceptivo, o que impressiona a alma, são os objetos espacialmente extensos, a *matéria* que causa efeitos sobre outras *substâncias*⁽⁶⁾. Das substâncias é possível extrair relações a partir de leis de força causais e universais, como, em particular, a lei de Newton⁽⁷⁾.

Do ponto de vista da Física, uma compreensão mais profunda da conjectura de Kant só pode ser alcançada com o conceito de campo na Física [7]. É através da solução da equação de Laplace–Poisson em um espaço euclidiano de n -dimensões que se põe em evidência a relação entre o expoente do potencial newtoniano e a dimensionalidade do espaço.

Até onde sabemos — com o aval de Brittan [3] —, não há outra tentativa de Kant em fornecer uma base física à questão da dimensionalidade. Sabe-se que Kant voltou a este problema, como atestam os manuscritos coligidos no *Opus Postumum* [19], mas, ironicamente, há uma interrupção no texto, num ponto fundamental, tornando impossível descobrir como o Kant maduro revisitaria o problema da dimensionalidade do espaço do ponto de vista da Física. Concluiremos este ensaio com esta reticente citação de Kant:

“*La qualité de l'espace et du temps, par exemple que le premier ait 3 dimensions, le second une seulement, que la révolution se règle sur le carré des distances sont des principes que ... [interruption]*” [19].

(5) Foi um matemático — Riemann — quem primeiro contribuiu para aproximar o que Kant separou. Ao especular que a matéria poderia determinar a estrutura métrica do espaço, Riemann antecipou um certa interrelação entre *substância*, por um lado, e *espaço físico* e *espaço geométrico* do outro. Esta idéia que, segundo Jammer, não ressoou entre a maioria dos físicos e matemáticos contemporâneos de Riemann, veio a ser amplamente discutida por Einstein em sua teoria da relatividade.

(6) “... matter, by means of the force which it has in its motion, changes that state of the soul whereby the soul represents the world to itself.” [9]

(7) Tal relação causal foi elaborada mais tarde por Überweg [18].

REFERÊNCIAS

- [1] I. Kant, *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, Königsberg, 1747; tradução inglesa de J. Handyside, in *Kant's inaugural dissertation and the early writings on space*, Chicago, Open Court, 1929.
- [2] M. Jammer, *Concepts of Space: the History of Theories of Space in Physics*, Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press, 1954.
- [3] G.G. Brittan, Jr., *Kant's Theory of Science*, Princeton, Princeton Univ. Press, 1978.
- [4] J.D. Barrow, "Dimensionality", *Phil. Trans. Roy. Soc. London* A310 (1983) 337.
- [5] J.D. Barrow & F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford, Clarendon Press, 1986.
- [6] F. Caruso & R. Moreira Xavier, "On the physical problem of spatial dimensions: an alternative procedure to stability arguments", *Fundamenta Scientiae*, 8 (1) (1987) 73-91.
- [7] F. Caruso & R. Moreira Xavier, "*Causa Efficiens versus Causa Formalis: Origens da Discussão Moderna sobre a Dimensionalidade do Espaço*", *Notas de Física* CBPF-NF-043/94, Rio de Janeiro, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 1994, submetido à publicação.
- [8] Cf. o verbete KANT in: *Dizionario dei Filosofi*, Centro di Studi Filosofici di Gallarate, Firenze, G.C. Sansoni, 1976, pp. 646-58.
- [9] I. Kant, *idem* pp. 7-8.
- [10] Leibniz, *Acta Eruditorum* (1695), *apud* Kant, *op. cit.* p. 4.
- [11] S. Sambursky, *The Physical World of Late Antiquity*, London, Routledge & Kegan Paul, 1987.
- [12] I. Kant, *op. cit.*, p. 10.
- [13] A. Koyré, *Études d'Histoire de la Pensée Philosophique*, Paris, Gallimard, 1971, p. 269.
- [14] M. Mamiani, *Teorie dello Spazio da Descartes a Newton*, Milano, Franco Angeli Editori, segunda edição, 1981.
- [15] I. Kant *op. cit.*, p. 11.

- [16] I. Kant *idem*, p. 12.
- [17] G.J. Whitrow, “Why Physical Space has Three Dimensions?”, *Brit. J. Phil. Sci.* 6 (1955) 13-31.
- [18] F. Überweg, *System der Logik*, 5a. ed., Bonn, 1882, p. 113, *apud* Jammer [2].
- [19] E. Kant, *Opus Postumum — passage des principes métaphysiques de la science de la nature à la physique*, tradução apresentação e notas de F. Marty, Paris, Press Univ. de France, 1986.