

Niccolau de Cusa, Copérnico, Giordano Bruno, Kepler, Galileu, Descartes, Malebranche, Newton, Leibnitz — Alexandre Koyré traça as etapas da profunda revolução espiritual que nos séculos XVI e XVII "modificou os fundamentos e os próprios quadros de pensamento, revolução de que a ciência moderna é ao mesmo tempo, raiz e fruto".

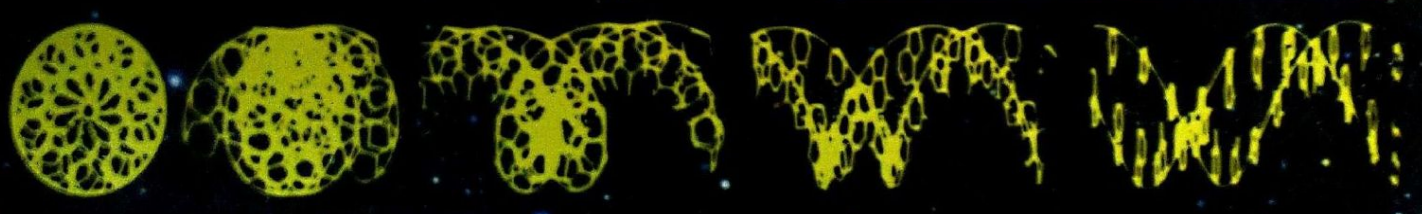
É a história da destruição do cosmos — do mundo concebido como um todo finito e bem ordenado, mundo no qual "acima" da Terra, centro da região sub lunar da mudança e da corrupção, se "elevavam" as estrelas dos astros incorruptíveis — e a substituição da concepção aristotélica do espaço pela concepção da geometria euclidiana, extensão homogênea e necessariamente infinita, que Alexandre Koyré nos oferece neste livro que é, porventura, a mais bela e peregrina das suas obras.

Um grande livro que a Gradiva se orgulha de ter podido editar em Portugal.

**TRAJECTOS 6**



Alexandre Koyré  
DO  
MUNDO  
FECHADO  
AO  
UNIVERSO  
INFINITO  
**TRAJECTOS**



Tudo isto não é novo, nem próprio de Kepler; é a doutrina tradicional da escolástica aristotélica. É-nos forçoso reconhecer que Johannes Kepler, grande pensador autenticamente revolucionário, não foi menos tributário da tradição. No seu modo de conceber o ser e o movimento — não a ciência — Kepler, em última análise, mantém-se um aristotélico.

#### Capítulo IV

*Coisas que nunca ninguém viu  
e pensamentos que nunca ninguém teve*

### DESCOBERTAS DE ASTROS NOVOS NO ESPAÇO FÍSICO E MATERIALIZAÇÃO DO ESPAÇO

*Galileu e Descartes*<sup>1</sup>

Já mencionei o *Sidereus Nuncius* de Galileu, obra de que se não pode sobrevalorizar a influência e o alcance, que anunciava uma série de descobertas mais estranhas e mais importantes do que todas as que foi dado ao homem realizar até então. Quando hoje em dia a temos já não podemos, como é evidente,

---

SIDEREUS  
NUNCIVS/  
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA/  
Spectacula pandens, suscipiendaque proponens/  
unicuique, praestertim verò/  
PHILOSOPHIS, atq̄ ASTRONOMIS, quas a/  
GALILEO GALILEO/  
PATRITIO FLORENTINO/  
Patavini Gymnasij Publico Mathematico/  
PERSPICILLI/  
Nuper à se reperti beneficio sunt observata/

sentir o impacte de novidade inaudita da mensagem; mas podemos sentir ainda a paixão e o orgulho que ardem sob a sóbria e fria redacção do relatório<sup>1</sup>:

São grandes coisas as que, neste curto tratado, proponho aos olhares e à reflexão de todos os observadores da natureza: grandes, por certo, pela sua excelência própria e pela sua novidade sem exemplo, mas sobretudo por causa do instrumento graças ao qual elas se manifestaram a nós.

É certamente importante acrescentar à turba das estrelas fixas que os homens tinham podido, até agora, observar a olho nu, outras estrelas inumeráveis, e oferecer ao olhar o seu espectáculo, anteriormente oculto: o seu número ultrapassa em mais de dez vezes o das estrelas antigamente conhecidas.

E é uma visão magnífica e agradável a do globo da lua, afastado de nós cerca de sessenta raios terrestres, e no entanto visto de tão perto como se não distasse mais que duas destas unidades de comprimento.

### De modo que:

Cada um se pode dar conta com a certeza dos sentidos que a lua é dotada de uma superfície não lisa e polida, mas feita de asperezas e rugosidades, e que, tal como a própria superfície da terra, toda ela é grandes inchações, abismos profundos e curvaturas.

Não é, em minha opinião, um escasso resultado o ter-se posto termo às controvérsias relativas à Galáxia ou Via Láctea e o ter-se tornado manifesta

in LUNAE FACIE, FIXIS IN/  
 NUMERIS. LACTEO CIRCULO, STELLIS NEBULOSIS/  
 Aprime vero in/  
 QUATUOR PLANETIS/  
 circa IOVIS stellam disparibus intervallis/  
 atque periodicis, celeri-/  
 tata mirabili circumvolutis; quos, nemini in/  
 hanc usque/  
 diem cognitos, novissimè Author' deprae-/  
 hendit primus: atque/  
 MEDICAE SIDERA/  
 NUNCUPANDUS DECREVIT/  
 VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. MDCX.

<sup>1</sup> A expressão *Siderius Nuncius* parece ter sido empregue por Galileu no sentido: a *mensagem* das estrelas. Mas Kepler interpretou-a como significando o «mensageiro» das estrelas». Esta última interpretação foi geralmente aceite e apenas foi rectificada numa recente edição do *Nuncius* pelo Sr. Timpanaro-Cardini, Florença, 1948.

<sup>2</sup> Cf. *Siderius Nuncius*, pp. 59 e seqs. (*Opere, Edizione Nazionale*, vol. III, Florença, 1892).



Fig. 5. — A constelação de Orion vista através do telescópio (diagrama do *Siderius Nuncius*, 1610)

a sua essência, não apenas aos sentidos mas ao intellecto; e é coisa agradável e magnífica o ter-se, além disso, apontado a dedo a substância de certas estrelas, qualificadas até agora como *nebulosas* por todos os astrónomos, substância que se revela muito diferente do que se cria.

Mas aquilo cujo alcance está muito para além de toda a surpresa e admiração e que me determinou acima de tudo a reclamar a atenção de todos os astrónomos e filósofos, é seguramente a nossa descoberta de quatro planetas mantidos desconhecidos e invisíveis a todos os nossos predecessores, planetas que realizam a sua revolução em torno de uma grande estrela já conhecida, tal como Vénus e Mercúrio em torno do sol, e que tanto estão em avanço como

em atraso em relação a ela, sem que a sua digressão jamais ultrapasse certos limites. Tudo isso foi descoberto e observado recentemente por meio dos *perspicilli* (do telescópio), que eu havia inventado por uma iluminação prévia do meu espírito pela Graça Divina.

Em resumo, montanhas sobre a Lua, novos «planetas» no céu, um número imenso de novas estrelas fixas, coisas que jamais algum olho humano havia visto, nem algum espírito humano jamais concebido. Mas mais ainda: estes factos assumidos, totalmente inesperados e imprevisíveis, eram acompanhados pela descrição de uma invenção espantosa, a de um instrumento, o primeiro instrumento científico, o *perspicillum*, que havia tornado possíveis todas estas descobertas e permitido a Galileu ultrapassar os limites determinados pela natureza — ou por Deus — aos sentidos e aos conhecimentos do homem<sup>1</sup>.

É portanto natural que o *Sidereus Nuncius* tenha sido acolhido à primeira impressão com desconfiança e cepticismo e que tenha desempenhado um papel decisivo ao longo de todo o desenvolvimento ulterior da ciência astronómica, que se encontrava a partir de agora tão estreitamente ligado ao dos instrumentos que todo o progresso num dos domínios implicava e acarretava um progresso no outro. Poderíamos até dizer que, com a invenção de Galileu, não somente a astronomia mas também a ciência enquanto tal entraram numa nova fase da sua evolução, a fase que poderíamos qualificar de instrumental.

Os *perspicilli* não se limitavam a aumentar o número dos astros fixos ou errantes; modificavam o seu aspecto. Já falei deste efeito da utilização do telescópio. No entanto, vale a pena ler o que diz Galileu acerca dele<sup>2</sup>:

Antes de mais deve notar-se que, vistas ao telescópio, as estrelas fixas, bem como os planetas, nunca têm as suas dimensões aumentadas na mesma proporção em que tal sucede para com os outros objectos e até para a lua: para

<sup>1</sup> Sobre a descoberta do telescópio cf. Vasco Ronchi, *Galileo e il cannocchiale*, Udine, 1942, e *Storia della luce*, 2.ª ed., Bolonha, 1952; tradução francesa, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956.

<sup>2</sup> *Sidereus Nuncius*, p. 75.

as estrelas, o aumento é bem menor; de modo que um telescópio que, por exemplo, possui o poder de aumentar cem vezes os outros objectos, apenas aumentará as estrelas quatro ou cinco vezes. A razão de tal coisa é que, observados a olho nu, os astros não se nos mostram na sua grandeza pura e simples e, por assim dizer, despidos, mas sim providos de um halo brilhante e de uma espécie de cabeleira feita de uma irradiação resplandecente, sobretudo quando a noite se encontra já avançada, por isso eles se mostram tanto maiores quanto se tenham despojado desta cabeleira enganadora: porque o ângulo de visão (diâmetro aparente) não é delimitado pelo corpo principal da estrela, mas na realidade pela auréola brilhante que o cerca.

Segundo Galileu, este carácter «adventício» e «accidental» do halo que rodeia as estrelas é claramente demonstrado pelo facto de que, vistas na alvorada, as estrelas, incluindo as de primeira grandeza, parecem muito pequenas; vista à luz do dia a própria Vénus pouco maior é do que uma estrela de última grandeza. O dia amputa, por assim dizer, as estrelas das suas franjas luminosas; porém, as nuvens transparentes, as telas negras e o vidro colorido têm o mesmo efeito<sup>1</sup>.

O telescópio possui o mesmo efeito: ele começa por privar as estrelas das suas auréolas enganadoras e accidentais, e aplica então o seu aumento aos globos verdadeiros (na condição de que se trate de figuras esféricas); daí resulta que eles parecem estar menos magnificados [do que os outros objectos]. É assim que, vista ao telescópio, uma pequena estrela de quinta ou sexta grandeza não aparece com dimensões superiores às de uma estrela de primeira grandeza observada a olho nu.

Observação de uma importância extrema, já que ela destrói pela própria base a mais impressionante, para os contemporâneos, das objecções formuladas por Tycho Brahe contra a astronomia heliocêntrica. Segundo esta objecção, se o sistema copernicano fosse exacto, as estrelas fixas deveriam ser tão vastas, senão mais, quanto a inteira *orbis magnus* do circuito anual da Terra. Ao reduzir o seu diâmetro visível de 2 minutos para 5 segundos, o telescópio abole a necessidade de aumentar a dimensão das estrelas fixas para além da do Sol. Mas a dimi-

<sup>1</sup> *Ibid.*, p. 76.

nuição da dimensão é mais que compensada pelo crescimento do número <sup>1</sup>.

Deve também assinalar-se a diferença de aspecto entre os planetas e as fixas. Os planetas, com efeito, oferecem-se ao olhar como globos delimitados por círculos perfeitos e têm a aparência de pequenas luas circulares e luminosas em todos os seus pontos. Pelo contrário, as estrelas não se apresentam como limitadas por circunferências de círculo, mas como nós de luz que irradiam e cintilam em todas as direcções; ao telescópio elas possuem a mesma forma de quinta ou sexta grandeza parece igualar a maior das estrelas fixas, o Cão. Mas, abaixo da sexta grandeza, vemos ao telescópio estrelas em número dificilmente crível, que haviam até aqui escapado à observação a olho nu; podemos aí distinguir mais de seis novos limites de grandeza; as mais brilhantes, que podemos definir como sendo de sétima grandeza (ou de primeira grandeza no domínio do invisível), mostram-se, com os favores do telescópio, maiores e mais brilhantes do que as estrelas de segunda grandeza vistas a olho nu. Mas a fim de oferecer ao vosso olhar um ou dois exemplos da inconcebível multidão que elas constituem, resolvi-me a apresentar duas figuras celestes para que possatis, a partir delas, ajuizar do resto. Havia de início pensado reproduzir a constelação de Orion inteira; mas, enfadado com o número excessivo de estrelas e o pouco tempo, remeti para mais tarde esta tentativa, porque, disseminadas na vizinhança das estrelas anteriormente conhecidas, e no limite de um ou dois graus, encontram-se mais de quinhentas outras.

Como segundo exemplo, reproduzimos as seis estrelas do Touro, conhecidas pelo nome de Pleíades (digo seis, porque a sétima é muito raramente visível), estrelas que estão contidas no céu entre limites muito estreitos, e com as quais vizinham outras estrelas invisíveis, cujo número ultrapassa as quatro, mantendo-se a meio grau de afastamento em relação aos seis astros mencionados.

Dissemos já que a invisibilidade, para o olho humano, das estrelas fixas descobertas por Galileu e, por conseguinte, o papel do seu *perspicillum* na descoberta delas, poderiam ser interpretados de dois modos diferentes. Estas estrelas poderiam ser invisíveis: a) quer porque são demasiado pequenas; b) quer porque estão demasiado afastadas de nós para que as possamos ver. No primeiro caso, o *perspicillum* actuaria como uma espécie de microscópio celeste, ao aumentar, de algum modo, as estre-

las até dimensões perceptíveis; no segundo caso, ele seria um «telescópio» que, por assim dizer, aproximaria as estrelas de nós, até uma distância tal que elas se tornavam visíveis. No momento actual, a segunda interpretação, aquela que faz da visibilidade uma função da distância, parece-nos a única possível. Mas não era assim no século XVII. Na verdade, as duas interpretações convêm tanto uma como a outra aos dados de facto da óptica; um homem deste tempo não podia então optar entre elas a não ser por razões filosóficas e não estritamente científicas. E foi por razões filosóficas que a tendência dominante no pensamento do século XVII rejeitou a primeira interpretação e adoptou a segunda.

É certo que também Galileu optou por esta segunda interpretação. Numa curiosa passagem da sua carta a Francesco Ingoli, que constitui, na realidade, a única ocasião em que ele afirma esta tese, ele escreve de facto <sup>1</sup>:

Se é verdade, tal como vulgarmente se crê, que as partes mais altas do Universo estão reservadas à habitação de substâncias mais puras e mais perfeitas <sup>2</sup> [isto o homem], elas [as fixas] não serão menos luminosas e resplandecentes do que o próprio sol; e, no entanto, a luz destas, tomadas no seu conjunto, tal como as suas grandezas visíveis, igualmente tomadas no seu conjunto, não alcancam a décima parte da grandeza visível e da luz que nos é comunicada pelo sol; e de um como do outro destes efeitos, a única razão é o seu afastamento; quão grande então o não devemos crer?

De facto, no debate sobre a finitude ou a infinidade do universo, o grande florentino, ao qual a ciência moderna deve mais do que a quem quer que seja, não tomou partido. Ele nunca nos diz se acredita numa ou na outra. Parece nunca ter adoptado um partido ou até, ainda que inclinando-se mais para a infinidade, parece ter considerado o problema como insolúvel. Bem entendido, ele não oculta que, de modo diferente de Ptolomeu, Copérnico ou Kepler, não admite a limitação do mundo

<sup>1</sup> Galileu Galilei, *Lettera a Ingoli, Opere, Ed. Naz.*, vol. VI, Florença, 1896, p. 526.

<sup>2</sup> É interessante notar que a concepção segundo a qual os corpos celestes estão habitados é mencionada por Galileu como «vulgarmente admitida».

nem o supõe encerrado numa *esfera real* de estrelas fixas. É assim que, na já citada carta a Ingoli, ele escreve <sup>1</sup>:

Supondes que as estrelas do firmamento estão, todas elas, colocadas sobre a mesma orbe, o que é uma coisa cujo conhecimento é de tal modo incerto que nem vós nem qualquer outro o provará alguma vez; mas, mantendo-nos nas conjecturas e probabilidades, eu diria que não existem sequer quatro das estrelas fixas, sem falar de todas elas, que estejam à mesma distância de qualquer ponto do Universo que possais escolher.

E, além disso, não somente não está provado que elas formem uma esfera, mas nem o próprio Ingoli <sup>2</sup>,

nem qualquer outro homem no mundo conhece, nem pode conhecer, não somente qual é a forma do firmamento, mas até se ele possui uma forma qualquer.

Por conseguinte, opondo-se uma vez mais a Ptolomeu, Copérnico e Kepler, e de acordo com Nicolau de Cusa e Giordano Bruno, Galileu rejeita a ideia de um centro do universo, onde seria necessário colocar quer a Terra quer o Sol, deste «centro do universo do qual não sabemos onde se encontra ou até se existe». Chega a dizer-nos que «as estrelas fixas são outros tantos sóis». No entanto, no *Diálogo sobre os Dois Maiores Sistemas do Mundo*, discutindo *ex professo* a distribuição das estrelas fixas, ele não afirma que estas estejam disseminadas sem fim no espaço <sup>3</sup>:

SALVIATI. — Mas que faremos nós, Senhor Simplicio, das estrelas fixas? Supó-las-emos dispersas pelos abissos imensos do Universo a distâncias diferentes de qualquer ponto determinado ou, pelo contrário, colocadas sobre uma superfície estendida esteticamente em torno do seu próprio centro, de tal modo que cada uma delas esteja igualmente distante deste mesmo centro? SIMPLICIO. — Seguiria antes a via média e atribuir-lhes-lha uma superfície em torno de um centro determinado e compreendido entre duas superfícies

esféricas, isto é, uma muito alta e côncava e a outra mais baixa e convexa e entre elas colocaria a multidão inumerável das estrelas a altitudes todavia diferentes; e a esta esfera poder-se-ia chamar a esfera do Universo, contendo nela as orbes dos planetas.

SALVIATI. — Mas teríamos assim, Senhor Simplicio, ordenado os corpos do mundo exactamente segundo a disposição de Copérnico.

Dado o próprio carácter do *Diálogo*, pode-se decerto explicar a moderação do porta-voz de Galileu, Salviati, que, sem aderir à concepção proposta pelo aristotélico Simplicio, todavia não a critica e aceita-a pelas necessidades da discussão, enquanto perfeitamente compatível com a astronomia copernicana. Com efeito, o *Diálogo* é um livro que, dirigindo-se ao grande público, visa destruir a concepção aristotélica do mundo a favor da de Copérnico, um livro que, para mais, pretende nada fazer a esse respeito, e ao qual, por conseguinte, cabe evitar os temas difíceis e espinhosos.

Poderíamos mesmo negligenciar a negação categórica da infinidade do espaço que se encontra no *Diálogo* — livro que devia ser submetido à censura da Igreja — e opor-lhe a passagem da carta a Ingoli na qual a possibilidade desta infinidade é afirmada do mesmo modo categórico. No *Diálogo*, Galileu diz-nos, exactamente como Kepler, que é <sup>1</sup>

absolutamente impossível que haja um espaço infinito acima das estrelas fixas, porque não existe tal lugar no mundo; e, se existisse, um astro que aí estivesse situado não seria perceptível para nós.

Enquanto na *Carta a Ingoli* escreve <sup>2</sup>:

E não sabeis que é ainda incerto (e creio que o será sempre para a ciência humana) se o mundo é finito ou, pelo contrário, infinito. E se de fosse verdadeiramente infinito, como poderíeis vós afirmar que as dimensões da esfera estrelada são proporcionais às da *orbis magnus* se esta, em relação ao Universo, é mais pequena do que um grão de milho em relação a ela?

<sup>1</sup> *Carta a Ingoli*, p. 525.

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 518.

<sup>3</sup> Galileu Galilei: *Diálogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (Opere, Ed. Naz., vol. VII, Florença, 1897), p. 44; cf. também p. 379.

<sup>1</sup> *Diálogo*, p. 315.

<sup>2</sup> *Carta a Ingoli* (Opere, vol. VI), pp. 518 e 529.

Não esqueçamos, todavia, que neste mesmo *Diálogo*, onde nega tão resolutamente a infinidade do espaço, ele faz dizer a Salviali (que se dirige a Simplicio), exactamente tal como ele próprio o havia dito a Ingoli, que <sup>1</sup>

nem vós nem qualquer outro provou alguma vez que o mundo seja finito e dotado de uma forma ou, pelo contrário, infinito e interminado.

Além disso, não poderíamos rejeitar o testemunho da *Carta a Liceti*, na qual, voltando ao problema da finitude ou da infini-  
nidade do mundo, Galileu escreve <sup>2</sup>:

Foram alegadas numerosas e sublis razões em favor destas concepções, mas nenhuma delas, em minha opinião, conduz a uma conclusão necessária: de modo que permaneço na dúvida quanto à verdade de uma ou de outras destas asserções. Existe um único argumento, que me é próprio, que me inclina mais para o infinito e o interminado do que para o terminado (nota! que a minha imaginação não me serve aqui de auxílio, porque não posso imaginá-lo mais finito do que infinito); sinto que a minha incapacidade de compreender poderia com maior propriedade ser referida à incompreensível infinidade do que à finitude, onde se não encontra nenhum principio de incompreensibilidade. Mas esse é um dos problemas, felizmente inexplicáveis para a razão humana, e talvez semelhantes aos da predestinação, livre arbitrio e outros tais a que apenas a Sagrada Escritura e a revelação divina podem oferecer uma resposta às nossas perguntas reverenciosas.

É possível, sem dúvida, que *todas* as declarações de Galileu devam ser tomadas *cum grano salis* e que o destino de Bruno, a condenação de Copérnico, em 1616, e a sua própria citação por Belarmino o tenham incitado a praticar a virtude da prudência. Assim, nem nas suas obras nem nas suas cartas ele menciona alguma vez o nome de Bruno. Mas é igualmente possível, e até muito provável, que este problema, como, de uma maneira geral, os problemas de cosmologia e até mesmo de mecânica celeste, o não tenha interessado em demasia. Na realidade, ele concentra a sua atenção sobre a questão: *a quo*

<sup>1</sup> *Diálogo*, loc. cit.

<sup>2</sup> Cf. *Carta a Liceti*, de 10 de Fevereiro de 1640 (*Opere*, vol. XVIII, Florença 1906), pp. 293 e segs.

*moventur projecta?* Mas nunca se coloca o problema: *a quo moventur planetae?* É portanto possível que, como o próprio Copérnico, ele nunca tenha penetrado a questão e por conseguinte nunca tenha tomado a decisão de tornar o seu mundo infinito, ainda que esta decisão esteja implicada na geometrização do espaço de que ele foi um dos principais promotores. Certos traços da sua dinâmica, o facto de que nunca se conseguia libertar inteiramente da obsessão da circularidade — os seus planetas giram em torno do Sol sem nunca desenvolverem força centrífuga no seu movimento — parecem indicar que o seu mundo não era infinito. Se ele também não era finito, era provavelmente, como o de Nicolau de Cusa, um mundo indefinido. É talvez por mais do que simples coincidência fortuita que, tanto no *Diálogo* como na sua carta a Liceti, ele se serve da expressão «interminado», empregue por Nicolau de Cusa.

\*

De qualquer modo, foi Descartes (e não Bruno ou Galileu) quem formulou clara e distintamente os principios da ciência nova e da nova cosmologia matemática, o seu sonho de *reductioe scientiae ad geometriam*. Infelizmente, como veremos daqui a pouco, ele deixou-se levar longe de mais e, ao identificar prematuramente matéria e espaço, privou-se do meio de dar uma solução correcta aos problemas que lhe collocava a ciência do século XVII.

O Deus de um filósofo e o seu mundo correspondem-se sempre. Ora, diferentemente da maioria dos deuses anteriores, o Deus de Descartes não é simbolizado pelas coisas que Ele criou; Ele não se exprime no mundo, e o único atributo de Deus que a criação nos revela é, paradoxalmente, a sua imutabilidade <sup>1</sup>. Mas não existe analogia entre Deus e o mundo, não existem *imagines* nem *vestigia Dei in mundo*, à excepção única da nossa alma, que é um puro espírito, um ser, uma substância cuja

<sup>1</sup> É na imutabilidade divina que Descartes apoia as leis de inércia e da conservação do movimento.