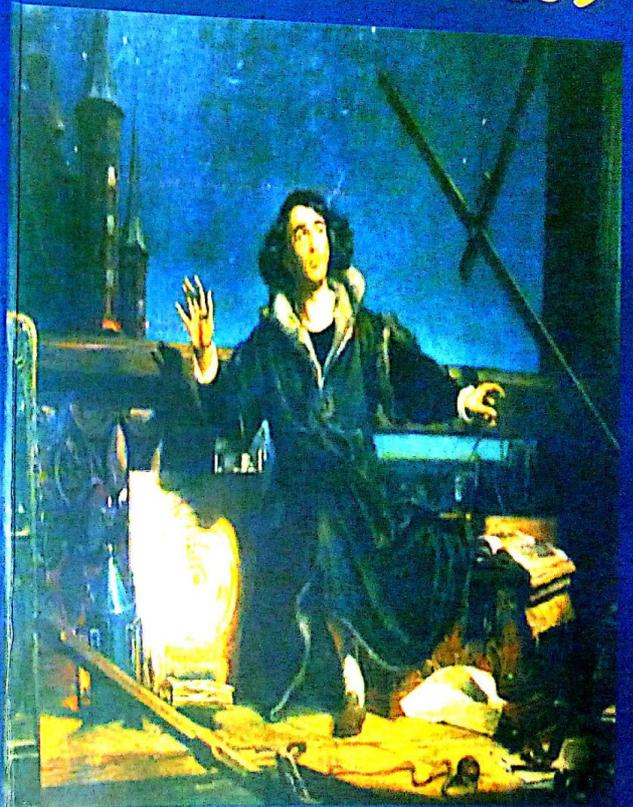


Nicolau Copérnico

# COMMENTARIOLUS



Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes

2ª Edição

**Roberto de Andrade Martins**  
Introdução, tradução e notas

Livraria  
Física  
editora

Poucos anos após a chegada dos portugueses ao Brasil, Nicolau Copérnico começou a elaborar sua teoria astronômica, tirando a Terra do centro do universo e transformando-a em um planeta. O *Commentariolus* (ou "pequeno comentário"), escrito por Copérnico nessa época, é a primeira versão de sua teoria revolucionária. O presente volume apresenta uma tradução comentada do texto copernicano, que possui grande importância histórica. O historiador da ciência Roberto de Andrade Martins apresenta uma introdução histórica e esclarecimentos que permitem compreender o significado desta obra no contexto de sua época.

ISBN 85-88325-12-8



9 788588 325128

Nicolau Copérnico

COMMENTARIOLUS

Livraria  
Física  
editora

Editora Livraria da Física  
www.livrariadafisica.com.br

ta dos fenômenos planetários. A culminação desse trabalho foi a obra de Ptolomeu.<sup>31</sup> Dois de seus livros astronômicos chegaram, completos, até nós: o *Almagesto* [cujo nome em grego era (*Megiste*) *sintaxis mathematica*, (Grande) Composição matemática] e *As hipóteses dos planetas*.<sup>32</sup>

Como quase todos os seus predecessores, Ptolomeu adota um sistema geocêntrico – ou, mais exatamente, *geostático*, pois a Terra, embora imóvel, não é o centro de todos os movimentos dos orbes. Ptolomeu diferenciou-se de seus predecessores, no entanto, em dois importantes aspectos: (a) o uso totalmente livre de todos os tipos de recursos matemáticos (ex-cêntricos, epiciclos, equantes etc.), sem qualquer limitação de princípio em relação à simplicidade dos movimentos básicos; (b) um maior sucesso na concordância entre teoria e observação, graças a um maior cuidado nas próprias observações utilizadas e a um feliz ajuste de movimentos circulares, de vários

<sup>31</sup>Em grande parte, a obra de Ptolomeu parece ter sido uma reprodução da obra de Hiparco mas, como as obras deste não foram conservadas, é difícil estimar a originalidade de Ptolomeu.

<sup>32</sup>O *Almagesto* é a obra mais conhecida de Ptolomeu. É um grande tratado matemático, com poucas considerações físicas. Pelo contrário, nas *Hipóteses dos planetas* encontra-se uma sucinta descrição matemática e uma descrição do modelo de esferas físicas que Ptolomeu imagina como um mecanismo para explicar os movimentos planetários.

tipos. O que Copérnico tentará mais tarde será manter uma boa concordância com as observações, sendo no entanto mais escrupuloso na escolha das hipóteses e procurando utilizar movimentos circulares uniformes.

Quem nunca sequer folheou o *Almagesto* de Ptolomeu dificilmente poderá imaginar o esforço titânico que encerra. Enorme número de dados cuidadosamente selecionados; um rigoroso tratamento matemático (com o uso de trigonometria esférica); uma genial intuição para vislumbrar arranjos geométricos simples capazes de descrever os fenômenos; o uso desses arranjos para fazer previsões astronômicas. Tudo isso compreendia centenas de páginas de cálculos, números, argumentos. É claro que Ptolomeu não fez tudo sozinho: utilizou observações, métodos e cálculos de seus antecessores. Mas mesmo se nada tivesse de original, a simples compilação e síntese de tudo o que o *Almagesto* contém exigiria anos de trabalho. Não se pense que Copérnico substituiu por sua teoria científica uma proposta idiota de um astrônomo obtuso. A proposta de Ptolomeu é ciência, do mais alto nível. Os astrônomos que o seguiram não eram também idiotas dobrados sob o jugo da autoridade e do passado. Eram pessoas que adotavam a proposta geocêntrica de Ptolomeu por perceberem seu enorme valor e por não conhecerem uma alternativa que estivesse a seus pés.

Vamos descrever rapidamente alguns as-

pectos da teoria de Ptolomeu. No caso do movimento aparente do Sol, Ptolomeu utilizou a proposta já feita por Hiparco: descreveu esse movimento por meio de um único círculo excêntrico. É fácil, para nós, compreender que o movimento aparente do Sol, visto da Terra, em relação às estrelas, é simples: pois ele é essencialmente o oposto do movimento da Terra em relação ao Sol – e, conforme nossa teoria mais recente, esse movimento é elíptico – mas uma elipse pouco excêntrica, muito próxima de um círculo, com o Sol em um dos focos. Portanto, descrever o movimento aparente do Sol como circular, porém excêntrico, é uma boa aproximação.

A teoria da Lua, elaborada por Ptolomeu, é mais complexa. Para dar conta das observações, ele supôs que a Lua se deslocava sobre um epiciclo que se movia sobre um círculo excêntrico, sendo constante a velocidade angular do epiciclo em relação à Terra (não em relação a seu centro). Além disso, o eixo do deferente tinha um movimento de rotação.

No caso dos cinco planetas, Ptolomeu conseguiu um bom ajuste entre dados e teoria utilizando, como primeira aproximação, um deferente excêntrico, inclinado em relação ao plano da eclíptica; nesses deferentes, Ptolomeu adotou o *ponto equante* como o ponto em relação ao qual a velocidade angular dos epiciclos era constante. Uma exceção era Mercúrio, para o qual foi mais conveniente colocar um

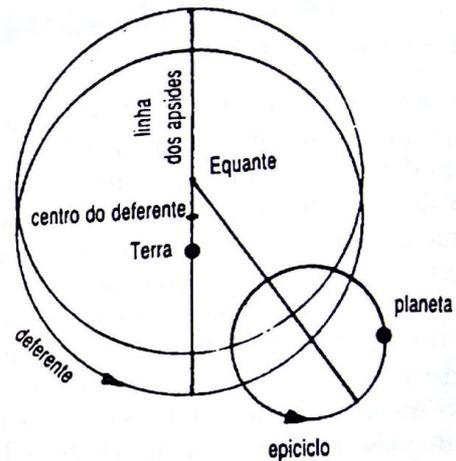


Figura 9: Para os planetas (exceto Mercúrio) Ptolomeu utilizou um sistema de um deferente excêntrico com equante, associado a um epiciclo.

ponto entre o centro do deferente e a Terra como sendo o ponto em relação ao qual a velocidade angular era uniforme. O próprio centro do deferente era móvel, deslocando-se segundo um pequeno círculo, no caso de Mercúrio. Em cada caso, ao deferente estava associado um epiciclo conveniente escolhido. Os epiciclos de Marte, Júpiter e Saturno eram paralelos ao plano da eclíptica; no caso de Mercúrio e Vênus, os deferentes é que eram quase paralelos ao plano da eclíptica, oscilando para um lado e para outro. Vários outros detalhes completavam o modelo de cada planeta. E, para cada caso, Ptolomeu fixava períodos de

rotação, raios (relativos) dos círculos, suas inclinações, excentricidades, etc.

O ponto principal do modelo de cada planeta propriamente dito (excluindo Lua e Sol) era um deferente excêntrico e um epiciclo. A partir de nossa teoria moderna, é fácil perceber que essa deve ser uma boa aproximação. De fato: o movimento de cada planeta em torno do Sol, no modelo heliocêntrico, é quase circular (incluindo o da Terra). Esses movimentos, vistos da Terra, devem ser compostos pelos movimentos de cada planeta em relação ao Sol e do movimento do Sol em relação à Terra – ou seja, devem poder ser compostos, aproximadamente, por dois círculos: um deferente e um epiciclo. No caso dos planetas superiores (Marte, Júpiter e Saturno) – que estão mais afastados do Sol do que a Terra o círculo maior (deferente) corresponde ao movimento desses astros em relação ao Sol e o círculo menor (epiciclo) corresponde ao movimento aparente do Sol visto da Terra. Pelo contrário, no caso dos planetas inferiores (Vênus e Mercúrio) – os que estão mais próximos ao Sol do que a Terra – o círculo maior (deferente) corresponde ao movimento aparente do Sol visto da Terra e o círculo menor (epiciclo) corresponde ao movimento do planeta em torno do Sol. O passo essencial de Copérnico foi exatamente essa reinterpretação dos modelos de Ptolomeu. Todo o restante consistiu em elaboração e aperfeiçoamento matemático dos esquemas.

## AS ESFERAS ENCAIXADAS

Muitas vezes se dá exclusiva atenção à contribuição matemático astronômica de Ptolomeu, deixando-se de lado suas idéias sobre os mecanismos celestes. Não há dúvidas de que o *Almagesto* é mais conhecido do que *As hipóteses dos planetas*. No entanto, durante a Idade Média, ambas as obras foram estudadas e traduzidas pelos árabes, que viram como uma unidade indissolúvel esses dois aspectos do trabalho de Ptolomeu. Como foi através da tradução árabe que o conhecimento astronômico ressurgiu na Europa, ao final da Idade Média, é importante estudar essas concepções e as suas versões que poderiam ter influenciado Copérnico.

Ptolomeu imagina todo o sistema do universo, desde a Terra até as estrelas, como formado por uma série de corpos esféricos que se encaixam uns nos outros, sem deixar nenhum espaço vazio. A região mais externa do universo é uma casca esférica (orbe) de certa espessura (pequena, mas não desprezível em relação a seu raio) onde estão as “estrelas fixas”; essa casca esférica é cercada por uma outra, também de certa espessura, mas sem estrelas. Os pólos do orbe das “estrelas fixas” estão fixados em certos pontos do último orbe; seus eixos de rotação não coincidem. Forma-se assim um pequeno sistema semelhante às esferas homocêntricas de Eudoxo, que permite explicar a rotação diária das estrelas e a

## DO COMMENTARIOLUS AO DE REVOLUTIONIBUS

Embora a atitude geral adotada por Copérnico no *Commentariolus* seja mantida no *De revolutionibus*, escrito muito posteriormente, há muitas diferenças entre ambos. O *De revolutionibus* não é simplesmente uma versão mais desenvolvida do *Commentariolus*: alguns recursos técnicos utilizados neste são abandonados naquele. Por exemplo, enquanto Copérnico utiliza, no *Commentariolus*, para cada planeta, um deferente concêntrico como o centro da órbita terrestre, sobre o qual se movem dois epiciclos (um sobre o outro), vemos no *De revolutionibus* esse esquema substituído por um círculo excêntrico em relação ao centro da órbita terrestre, sobre o qual se move apenas um epiciclo. O eixo desse círculo excêntrico, por sua vez, gira lentamente com o passar do tempo. Alterações como essa indicam que, entre os dois trabalhos, Copérnico se convenceu que a linha que liga o Sol à posição de máximo afastamento do planeta (seu apside, ou, no caso, seu afélio) não mantém uma direção fixa no espaço, mas gira lentamente. Além desse fenômeno, que só recebe reconhecimento e tratamento adequado no *De revolutionibus*, este inclui também o estudo da precessão dos equinócios, assim como do movimento dos nós da Lua. Na tentativa de incorporar todos os fenômenos conhecidos, Copérnico chega a explicar movimentos que

não existem: ele introduz, no *De revolutionibus*, dois movimentos circulares para explicar uma oscilação da velocidade de precessão dos equinócios. Essa variação, assumida por Copérnico, não foi posteriormente confirmada.

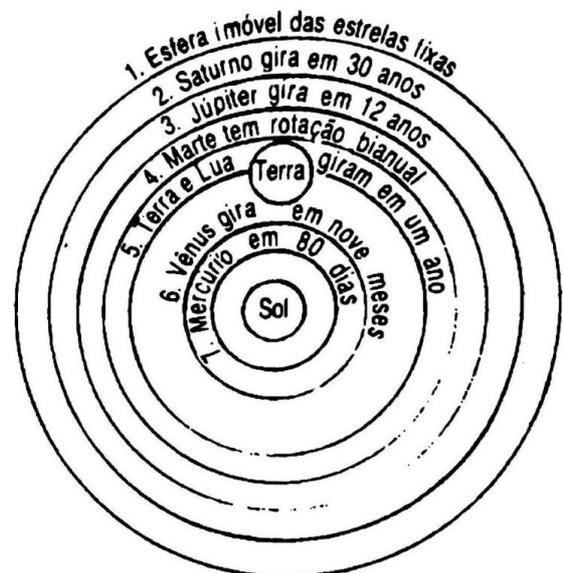


Figura 14: A ordem dos planetas segundo Copérnico.

Além de alterações técnicas gerais como essas, o *De revolutionibus* tem um tratamento matemático detalhado, que falta no *Commentariolus*, o qual apenas apresenta alguns

parâmetros do sistema copernicano, sem mostrar como foram obtidos nem indicar como podem ser utilizados. Nesse aspecto, o *De revolutionibus* segue o estilo geral do *Almagesto* sendo, em muitas partes, estreitamente dependente do mesmo.

Outra diferença é um maior cuidado na comparação entre teoria e observações, o que leva a um refinamento de vários cálculos. Ao mesmo tempo, isso leva a um aumento do número de círculos (por exemplo: no caso de Vênus, o movimento em latitude, descrito no *Commentariolus* por dois círculos, passa a exigir seis círculos no *De revolutionibus*).

No total, Copérnico eliminou dos céus treze dos orbes ptolomaicos (três deferentes e dois epiciclos que foram substituídos pelo movimento da Terra em torno do Sol e outros oito círculos que foram abolidos introduzindo-se a rotação da Terra). No entanto, Copérnico introduziu vinte e um epiciclos adicionais, acabando por aumentar em oito círculos a complexidade do sistema ptolomaico.

### O QUE COPÉRNICO NÃO FEZ

Para nós, que fomos doutrinados de acordo com a teoria heliocêntrica, Copérnico é o herói; Ptolomeu, o vilão. E todos os que resistiram à concepção copernicana, idiotas. Isso não é verdade.

Apesar de sua grande contribuição, como

já foi afirmado, Copérnico não resolveu os problemas básicos do heliocentrismo: mostrar que a Terra se move, desenvolver uma dinâmica não aristotélica, estabelecer uma teoria da gravidade. Se o objetivo de Copérnico tivesse sido apenas o de propor um esquema matemático de cálculo, nada disso poderia ser exigido. Porém, como ele pretendia descrever a realidade, precisaria ter boas respostas para certas perguntas: Por que os corpos caem em direção à Terra? Por que não somos atirados para fora da Terra, por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que mostre que ela se move? Qual sua teoria física de movimentos, se não aceita Aristóteles?

Um outro ponto importante a observar é que a teoria de Copérnico começa sub-repticiamente a alterar a visão cosmológica mais ampla. De fato, até Copérnico, supunha-se em geral que as estrelas eram astros de natureza semelhante às dos planetas, porém presas à oitava esfera, logo após a esfera de Saturno; as esferas dos planetas, por sua vez, estavam encaixadas umas dentro das outras, de modo que não existiam regiões vazias no céu. No entanto, a teoria de Copérnico exigiu que as estrelas estivessem muito mais distantes, pelo menos uma centena de vezes mais remotas do que se pensava: caso contrário, o movimento da Terra em torno do Sol produziria um movimento aparente das estrelas e o horizonte não bissectaria a esfera celeste. O que existia,

então, entre Saturno e as estrelas? Copérnico não podia responder. Esse vazio imenso, sem utilidade, pesava contra o heliocentrismo.

Copérnico tentou dar uma resposta a algumas dessas perguntas no *De revolutionibus*, mas sem sucesso. A reação quase unânime dos astrônomos foi considerar a teoria de Copérnico como fisicamente absurda, embora matematicamente genial e adequada. Citemos alguns exemplos:

- Em 1555, Gemma Frisius escreve uma carta a Stadius, afirmando admirar Copérnico mas ter restrições à idéia de que a Terra se move;

- Caspar Peucer, genro de Melanchton, afirma em seu livro *Hypotheses astronomicae* (1571) que utiliza as observações e tabelas de Copérnico mas que não desprezará suas hipóteses, para não ofender e perturbar os iniciantes. Em outro lugar, diz que sua teoria é absurda e distante da realidade; considera, no entanto, Copérnico como o maior astrônomo desde Ptolomeu;

- Michael Mästlin (1550-1631), professor de Kepler, utilizou em seu *Epitome astronomiae* (1588) os dados de Copérnico, sem admitir sua teoria;

- O jesuíta Christophorus Clavius chamou de "absurda" a hipótese de Copérnico, porém considerou-o o grande reformador da astronomia; utilizou suas observações e catálogos de estrelas, aperfeiçoando-os;

- Giuseppe Magini (1555-1617), professor de matemática em Bolonha, utilizou os dados numéricos e observações de Copérnico, declarando-o o maior astrônomo de todos os tempos, porém classificou sua teoria como absurda.

Muitos outros exemplos poderiam ser citados. É claro que alguns astrônomos aceitaram também a hipótese heliocêntrica, e outros, ainda, rejeitaram tudo. Mas a reação típica acima descrita, e que não é comum na ciência, permite perceber que, como foi afirmado, faltava algo à teoria de Copérnico: a aparência de verdade.

É importante assinalar que essas reações dos astrônomos não foram determinadas pela oposição da Igreja Católica ao copernicanismo: na realidade, essa oposição surgiu apenas quando alguns adeptos do heliocentrismo (como Giordano Bruno) utilizaram essa teoria como pano de fundo para fundamentar uma filosofia oposta à escolástica. A oposição dos astrônomos foi quase sempre sincera, independente de motivos religiosos e fundamentada na falta de argumentos físicos a favor de Copérnico.

Galileu, Newton e outros fizeram o que Copérnico não conseguiu. Mas isso é outra história, que não pode ser descrita aqui.