

Eclipses e Geometrias

um Almanaque por **zeca bamboo**

Parte 5 versão [xitizap](#) PDF (1 MB)

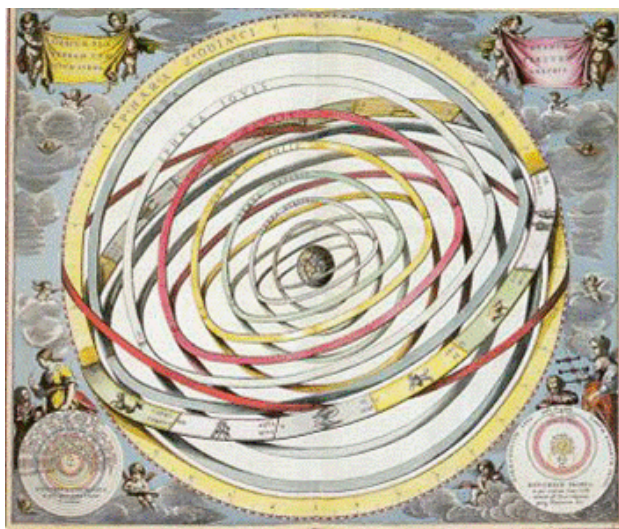
[download da versão integral \(7 MB\)](#)



numa **Europa do século XVI**

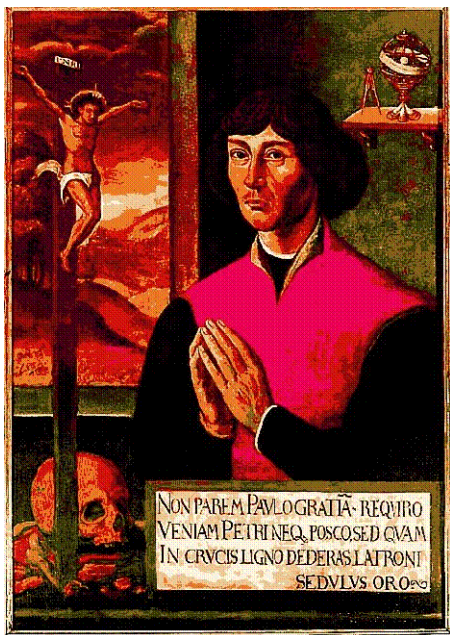
em que os poderes religiosos permaneciam ainda arreigados às velhas tradições aristotélicas, o *Almagest* de Ptolomeu continuava posicionar-se como a fonte primária da astronomia.

De facto, o velho tratado parecia imune à emergência de culturas e ciências alternativas e, não por acaso, esta nova vaga de informação indicava perigosas contradições para os poderosos dos regimes.



Na verdade, apesar de os novos conceitos, instrumentos, tabelas trigonométricas e observações astronómicas se mostrarem tecnicamente cruciais, como por exemplo no caso das grandes navegações europeias, o facto era que essas marés de novo conhecimento abalavam cada vez mais algumas das mais estabelecidas verdades desses sistemas – sobretudo a nível teológico.

Desde há 1300 anos que, para além das complicações inerentes aos epiciclos, um dos problemas críticos do sistema ptolomaico se relacionava com o modo como deveria variar o tamanho aparente dos astros. O caso mais imediato, porque mais à vista, era o da Lua e **Nicolau Copernicus** (1473-1543) decidiu analisar melhor o assunto.



Copernicus fora educado na prestigiosa Universidade de Cracóvia, tendo igualmente estudado em Itália antes de assumir o seu cargo como Cónone de Frauenberg, uma pequena cidade da costa báltica.

Quando reinterpretou o problema da variação do tamanho aparente dos astros, Copernicus concluiu que se impunha um corte epistemológico com as teorias geocêntricas vigentes e, literalmente, a revolução que se seguiu moveu os Céus e a Terra.

Embora continuasse a adoptar uma concepção eminentemente ptolomaica quanto à circularidade das órbitas planetárias, e mesmo quanto aos próprios epicíclos, Copernicus passa a propor um **sistema heliocêntrico** - um universo centrado no Sol. E este era um facto que,

por si só, representava uma imensa revolução!

O sistema concebido por Copernicus predizia correctamente, a partir do Sol, a ordem das órbitas planetárias e tornava possível estimar a distância relativa de

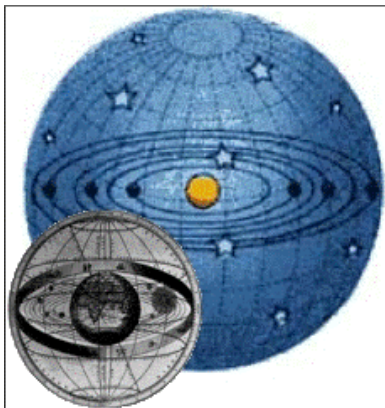
cada planeta ao Sol. Mais ainda, a partir de Copernicus, o aparente movimento retrógrado dos planetas passava a ser parcialmente explicado em termos do seu movimento relativamente a uma *Terra que também se movia*.

O seu grande trabalho **De revolutionibus orbium coelestium** (*Sobre Revoluções das Esferas Celestes*) foi publicado no ano de sua morte, 1543, e com muita relutância por sua parte. As ideias propostas neste trabalho haviam sido prefiguradas em *Commentariolus*, um manuscrito seu do início da década de 1510, que Copernicus havia distribuído apenas a um reduzido círculo de colaboradores. E esses eram uns comentários onde ele admitia que o seu objectivo seria, não a substituição do modelo ptolomaico em si, mas antes e apenas torná-lo mais perfeito, *mais Grego!*

Os *Commentariolus* eram um mero esboço conceptual que Copernicus havia prometido desenvolver, mas quis o destino que em Copernicus tivesse crescido uma sistemática relutância em publicar os seus trabalhos - mesmo que a isso o encorajassem as autoridades da Igreja próxima e, ironicamente, o próprio Vaticano.

E a propósito desta aversão mediática conta-se que, quando convidado a participar no Concílio Lateranense que em 1514 abordaria a reforma do calendário, Copernicus recusa o seminal convite porque, para ele, *o calendário não poderia ser adequadamente reformado sem que se conhecesse, com mais segurança, o movimento dos planetas*.

Para alguns historiadores estas posições sugerem que, de algum modo, a sua aversão mediática se poderia relacionar com a insegurança que Copernicus sentia no edifício científico da sua revolução. Copernicus sabia que se baseava em tabelas astronómicas antigas e que as suas próprias observações não eram suficientemente definitivas. Por outro lado, em princípio, a sua nova mecânica planetária deveria permitir-lhe simplificar o número de ciclos e epiciclos mas, à medida que refinava o seu protótipo, Copernicus afinal constatava a necessidade de mais epiciclos que o próprio Ptolomeu - 40 *versus* 34; e isto apenas relativamente a 7 astros e à esfera celestial.



Para Copernicus a questão tornava-se ainda mais dramática pelo facto de o seu protótipo exigir que os planetas se movessem, não já em torno do Sol, mas antes, em torno de pontos derivados do Sol. E importa aqui admitir que, na verdade, Copernicus não dispunha de nenhuma evidência que realmente lhe provasse que o seu sistema era perfeito, ou sequer melhor que o de Ptolomeu.

Infelizmente, Copernicus não viveu o bastante para saber que afinal, por muito inseguro que tudo aquilo lhe parecesse, ele estava muito perto



da correcta geometria planetária, e dos focos das elipses.

E foi o entusiasmo de Rheticus, um seu aluno, que permitiu vencer a relutância de Copernicus em publicar *De revolutionibus* no ano de sua morte, 1543, em Nuremberga - na altura, uma cidade luterana.

Pouco tempo depois de o livro de Copernicus ter sido sujeito a provas finais, Rheticus mudou-se para Leipzig e a impressão do livro acabou por ser confiada a Andreas Osiander, um dos fundadores do luteranismo. E foi então que um famoso prefácio apareceu inserido na obra; um prefácio que, no essencial, era um aviso ao leitor:

a verdade ou não do sistema de Copernicus não é, em si, uma questão séria: uma comparação entre sistemas diferentes é útil ao se julgar qual deles é mais fácil para se calcular; e os verdadeiros movimentos celestes são para ser decididos por outros critérios filosóficos e teológicos.

Em boa verdade, e embora Copernicus também alimentasse algumas dessas dúvidas, conta-se que o prefácio foi abusivamente inserido por Andreas Osiander para apaziguar Martinho Lutero que, na altura, se opunha fortemente à visão de Copernicus.

De revolutionibus, por Copernicus, não foi um sucesso científico, e as revolucionárias asserções sugeridas em 1510 nos *Commentariolus* não apareceram demonstradas em *De revolutionibus* (1543). Porém, pelo menos com uma certeza se finou Copernicus – **a Terra movia-se!** O trágico era que ele não havia deduzido nem como, nem porquê.

Mas, mesmo sem o desejar, Copernicus havia acendido um rastilho intelectual de explosivas repercussões.



Johannes Kepler (1571-1630)

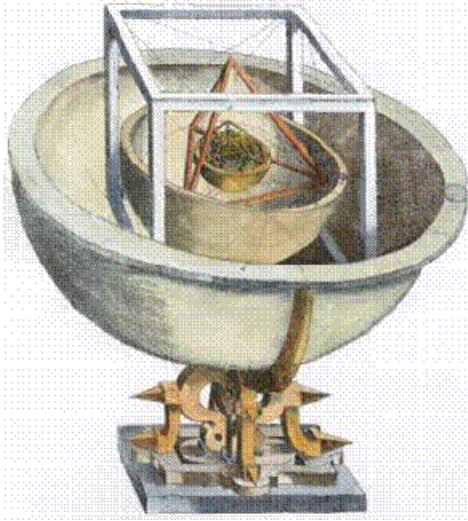
que era um ardente copernicano, sentiu-se ultrajado pelo prefácio abusivamente inserido no *De revolutionibus* já que, encapotado em anonimato, o prefácio parecia dar a impressão de poder ter sido escrito pelo próprio Copernicus.

Mas quis o destino que **Kepler**, para além de muita ciência, dispusesse também de coragem para se rebelar contra tiranias intelectuais, incluindo a astronomia geocêntrica de raiz aristotélica.

Em 1595, enquanto dava uma aula, Kepler teve a sua primeira visão de uma nova harmonia cósmica. No quadro, desenhava ele um triângulo equilátero com um círculo inscrito no seu interior e um outro circunscrito à sua volta quando, subitamente, Kepler constata que a relação dos raios desses dois círculos era igual à relação entre as órbitas de Saturno e Júpiter, tal como então eram conhecidas.

Kepler julga-se perto de uma relação mágica, e imagina então um modelo cósmico construído a partir de sólidos platónicos anichados numa sequência de esferas orbitando em volta do Sol. Contudo, esse era ainda um modelo que,

embora revolucionariamente **heliocêntrico**, continuava a recorrer às tradicionais esferas aristotélicas e a órbitas circulares.



O modelo de Kepler não se previa fácil porque, de acordo com a concepção euclidiana da época, só existiam 5 sólidos perfeitos, e o número de planetas então conhecidos já chegava a seis. Mesmo assim, Kepler fica efusivo com a ideia, particularmente porque o modelo lhe parecia permitir casar precisão matemática com harmonia cósmica, e acaba por propor a seguinte ordem sequencial para os sólidos platônicos: *octaedro* (8 - faces), *icosaedro* (20), *dodecaedro* (12), *tetraedro* (4) e *cubo* (6).

Com apenas 25 anos, Kepler publica então os seus primeiros resultados no *Mysterium cosmographicum* (1596) dando assim

início à mediatização póstuma de Copernicus.

Muito embora Kepler houvesse acolhido um eclesiástico conselho no sentido de não dedicar capítulos inteiros à reconciliação do heliocentrismo com as Escrituras, ele resiste à hipocrisia e em *Mysterium cosmographicum* Kepler afirma, preto no branco, que o *universo heliocêntrico é absolutamente e fisicamente verdadeiro*.

Julga-se mesmo que, de alguma forma, Kepler acreditava na existência dos sólidos platônicos muito embora ele admitisse que a estrutura subjacente ao Universo não poderia ser senão um sinal da obra do Grande Arquitecto, ele próprio.

Após algumas outras especulações metafísicas, o *Mysterium cosmographicum* subitamente muda de tom e começa a explanar-se como uma peça de moderna física. Kepler descreve todos os seus cálculos e raciocínios, e procura uma solução física para os movimentos orbitais.

Em definitivo, Kepler não estava disposto a ter que continuar a acreditar em *anjos empurrando planetas*, e é de facto neste trabalho que, pela primeira vez, se aborda a hipótese de uma força gravitacional que, emanando do Sol, ia perdendo intensidade à medida que cresciam as distâncias planetárias. Para Kepler, a fonte desta força seria Deus, o Grande Arquitecto.

Mas cedo se revelaram os problemas de *Mysterium cosmographicum*, e Kepler tentou adequar o seu modelo, mas sem sucesso – os dados das observações disponíveis não estavam em acordo com o modelo, a teoria dos sólidos anichados mostrava-se incoerente e a sua versão de uma força gravitacional não funcionava. Mesmo assim, Kepler permanecia convencido que andava perto da verdade e resolve então passar à experimentação.

Desde logo, o que Kepler necessitava era de boas tabelas de observações astronómicas e havia um astrónomo que as tinha – **Tycho Brahe**.

Kepler envia-lhe o *Mysterium cosmographicum* e Tycho Brahe detecta que, incongruências à parte, em Kepler habitava uma mente brilhante. Três anos depois, em 1600, Kepler torna-se assistente de Tycho Brahe, em Praga.

Mas estes eram dois homens que não podiam ser mais diferentes.

Com o seu famoso nariz dourado - uma prótese de ouro, prata e cobre substituía a parte do nariz que ele havia perdido em duelo por assuntos matemáticos - Tycho Brahe, era certamente uma figura esfuziante, mas era sobretudo um cientista apostado em estabelecer um conhecimento rigoroso dos céus e tudo indica que o seu interesse pela astronomia se ficou a dever ao facto de, durante a juventude (talvez em 1559), ter observado um eclipse do Sol que havia sido previsto por alguns astrónomos.



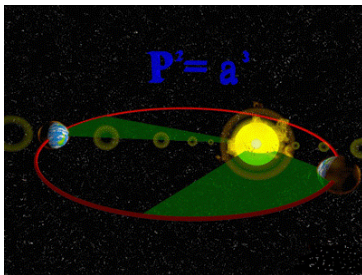
Kepler, por seu lado, era um jovem cientista obcecado com a mística, e conta-se que se mostrava muito pouco tolerante com as bizarras cortesãs que tanto excitavam Tycho Brahe. Todavia, diferenças à parte, para Kepler era Tycho quem dispunha não só das melhores tabelas, mas também dos mais modernos e completos observatórios astronómicos da altura - Uraniborg e Stjerneborg na ilha de Hveen, no Báltico.

Ocorre que, tal como Kepler, Tycho também alimentava uma teoria planetária alternativa que já tomava em consideração os notórios erros da visão aristotélica - mas essa era uma teoria que Tycho se recusava a publicar e, incidentalmente, a teoria era tão egoisticamente sua que os seus colegas e assistentes não conheciam dela a maior parte.

Quando Kepler começa a trabalhar como assistente de Tycho em 1600, o mestre destina-lhe a tarefa de analisar os dados orbitais de Marte - claramente, um dos casos mais difíceis das órbitas planetárias.

Contudo, desde cedo que começaram a manifestar-se as diferenças de idade e carácter, e a relação entre eles desenvolve-se em ambiente de alguma tensão. Mas cada um sabia que necessitava do outro e Tycho, então já com muitos anos de idade, admitiu que, após a sua morte, seria ao jovem Kepler que ele deveria legar o trabalho da sua vida - para que Kepler pudesse conceber o novo universo.

Dezoito meses apenas após o início desta portentosa colaboração, Tycho morre e Kepler, após uma disputa com os herdeiros, ganha finalmente o direito de utilização das melhores observações astronómicas da época - a colecção de Tycho.



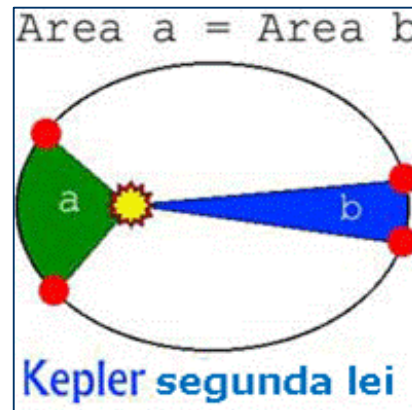
Mas era notoriamente difícil transformar números em órbitas e, durante anos, Kepler tentou aplicar as observações de Tycho na formulação de novos modelos heliocêntricos. Note-se que a dificuldade com a órbita de Marte se devia ao facto de ela ser a que mais se desviava da órbita circular. Mas, note-se também que, a resolução desta dificuldade seria a chave para que se entendessem todas as outras órbitas planetárias.

Finalmente, em 1609, Kepler publica o seu *magnum opus*, **Astronomia nova**, onde estabelece com clareza geométrica que a órbita de Marte tinha a forma de uma elipse, e não a de um círculo. Ele estabelece também que o Sol ocuparia um dos dois focos dessa elipse, e esta é a primeira das **leis de Kepler**.

Neste tratado, Kepler define ainda uma segunda lei – *cada planeta cobre áreas iguais em tempos iguais*.

E é igualmente notável que, neste mesmo tratado, Kepler haja correctamente induzido que, na Terra, as marés resultam da força de atracção exercida pela Lua, e que seria essa mesma força que manteria as águas dos oceanos ligadas à Terra.

Kepler andava assim dramaticamente próximo de uma teoria da gravitação modelada na atracção magnética mútua. Mas, estranhamente, ele não desenvolve a respectiva lei do inverso do quadrado da distância, mesmo já sabendo que, em Óptica, tal lei já se aplicava à intensidade da luz.



No entanto, embora as órbitas dos planetas estivessem agora correctamente descritas, Kepler continuava a sentir-se inseguro quanto à verdadeira natureza das forças que faziam mover planetas e, infelizmente, nunca chegou a descobrir porque razão seriam elípticas tais órbitas. Assim, o conhecimento científico teria que aguardar pelo impacto de uma maçã numa outra mente genial.

Porém, tudo somado, com **Astronomia nova** de Kepler eram finalmente banidos da astronomia os aristotélicos anjos invisíveis empurrando planetas, e o universo astronómico passava agora a ser um mundo de geometria e forças. E, para Kepler, não restavam dúvidas que a coreografia de piruetas da tradicional astronomia geocêntrica podia agora ser substituída por elegantes elipses concebidas segundo um modelo heliocêntrico.

No limite, Kepler também demonstrava que a tarefa da ciência não mais seria *consagrar o fenómeno*, como propunha a ortodoxia aristotélica, mas antes descobrir as leis físicas dos movimentos planetários e expressá-las em linguagem geométrica – *explicar o fenómeno*, portanto!

Em 1618 Kepler retoma o *leitmotif* da sua vida com a publicação de **Harmonice mundi** - uma fusão de matemáticas, física e misticismo, onde ele explicita a sua terceira lei dos movimentos planetários: *o quadrado do período da revolução de um planeta é proporcional ao cubo da sua distância média ao Sol*.

A um ritmo infernal, no período 1618-21 Kepler vai publicando o seu **Epitome astronomiae Copernicanae**, uma completa exposição da astronomia kepleriana, com grande foco nas órbitas de Marte certamente, mas que abrange igualmente os outros planetas conhecidos. Um tratado que viria a tornar-se numa das mais importantes referências astronómicas – um novo Almagest – e que colocava Kepler pelo menos uma geração à frente dos seus colegas astrónomos, inclusive de **Galileu**.