

UNIVERSO HUMANO

PROFESSOR BRIAN COX
E ANDREW COHEN

Tradução de Susana Serrão

 **DESASSOSSEGO**
LIVROS PARA PENSAR

BRIAN

Para George Albert Eagle:
É o teu futuro, meu rapaz.

ANDREW

Para a minha alma gémea, Anna, os meus lindos filhos,
Benjamin, Martha e Theo, a minha maravilhosa mãe, Barbara, os
meus irmãos, Paul e Howard, e todas as «criaturinhas» a quem
tenho a sorte de ter comigo na vastidão.

**ONDE
ESTAMOS?**

13

**ESTAMOS
SOZINHOS?**

63

**QUEM
SOMOS?**

123

**PORQUE
ESTAMOS
AQUI?**

167

**QUE
FUTURO
É O NOSSO?**

207

**QUE BELA OBRA É O HOMEM,
NOBRE NA RAZÃO, INFINITO NAS
FACULDADES, NA FORMA E NO
MOVIMENTO TÃO EXPRESSIVO E
ADMIRÁVEL, NA AÇÃO COMO
UM ANJO, NA APREENSÃO COMO
UM DEUS! A BELEZA DO MUNDO,
O PARADIGMA DOS ANIMAIS —
TODAVIA, PARA MIM, O QUE É ESTA
QUINTESSÊNCIA DO PÓ? O HOMEM
NÃO ME ENCANTA — A MULHER
TAMBÉM NÃO, EMBORA PELO TEU
SORRISO PAREÇA QUE O DIZES.**

HAMLET

O que é um ser humano? Objetivamente, nada de consequente. Partículas de pó numa arena infinita, presentes por um instante na eternidade. Cachos de átomos num universo com mais galáxias do que gente. Todavia, é necessário um ser humano para que a própria pergunta exista, e a presença de uma pergunta no universo — qualquer pergunta — é uma coisa maravilhosa. As perguntas requerem mentes, e as mentes conferem sentido. O que é o sentido? Não sei, exceto que o universo e cada grão de pó sem sentido nele significam algo para mim. Fico siderado pela existência de um único átomo, e considero a minha civilização uma marca ultrajante na realidade. Não a compreendo. Ninguém compreende, mas faz-me sorrir.

Este livro faz perguntas sobre as nossas origens, o nosso destino e o nosso lugar no universo. Não temos o direito de esperar respostas; não temos o direito de perguntar sequer. Mas perguntamos e admiramo-nos por perguntar. *Universo Humano* é, acima de tudo, uma carta de amor à humanidade: uma celebração da nossa fortuna ultrajante de existir de todo. Optei por escrever a minha carta na língua da ciência, porque não há melhor demonstração da nossa magnífica ascensão do pó a paradigma de todos os animais do que o expoente do conhecimento gerado pela ciência. Há dois milhões de anos, éramos homens-macacos. Agora somos homens do espaço. Não aconteceu, tanto quanto sabemos, em mais lugar algum. Vale a pena celebrar.

ONDE ESTAMOS?

*Não deixaremos de descobrir,
E o final de toda a descoberta
Será chegar aonde começámos
E conhecer o lugar pela primeira vez.*

T. S. Eliot

**OAKBANK AVENUE, CHADDERTON, OLDHAM,
GRANDE MANCHESTER, INGLATERRA, REINO UNIDO, EUROPA,
TERRA, VIA LÁCTEA, UNIVERSO OBSERVÁVEL...?**

Para mim, era um bangaló feito em tijoleira de inícios dos anos 60, na Oakbank Avenue. Se o vento soprasse de leste, cheirava a vinagre da Cervejeira Samson — embora fossem raros os dias em Oldham, a nossa terra geralmente sujeita a ventos de oeste que largavam humidade do Atlântico nas tecelagens, ensopando-lhes a tijoleira vermelha num brilho permanente contra o céu encharcado. Porém, num dia bom, aceitava-se o vinagre em troca do sol nas charnecas. Oldham parece-se com o som dos Joy Division — e eu gosto de Joy Division. Havia uma banca de jornais na esquina da Kenilworth Avenue com a Middleton Road e, à sexta-feira, o meu avô levava-me lá e comprávamos um brinquedo — geralmente um carrinho. Ainda tenho quase todos. Já mais crescido, jogava ténis nos campos de betão do Chadderton Hall Park, e bebia sidra *Woodpecker* no banco do jardim da igreja de São Mateus. Uma tarde de outono, logo após o início das aulas, e depois de uns goles, tive lá o meu primeiro beijo — todo nariz gelado e fungadelas. Calculo que este comportamento seja censurável, hoje em dia; o indivíduo da loja de bebidas teria sido levado a tribunal pelo czar da sidra de menores da Assembleia de Oldham, e eu teria ficado numa lista. Porém, sobrevivi e acabei por sair de Oldham para a Universidade de Manchester.

Toda a gente tem uma Oakbank Avenue; um lugar no espaço, no princípio do nosso tempo, central ao universo pessoal em expansão. Para os nossos antepassados distantes no Rife da África Oriental, a sua expansão só teve experiência física, mas para um ser humano com a sorte de nascer na segunda metade do século xx, e num país como o meu, a educação empodera a mente além da experiência direta — para a frente e para fora e, no caso deste rapazi-nho, rumo às estrelas.

Conforme a Inglaterra passava os anos 70 com passadas fortes, aprendi o meu lugar entre os continentes e oceanos do nosso planeta azul. Poderia falar de ursos polares em plataformas de gelo árticas, ou gazelas a pastar nas planícies centrais, muito antes de sair fisicamente do nosso litoral. Descobri que a nossa Terra é um planeta entre nove (agora redefinidos como oito), a percorrer uma órbita elíptica à volta de uma estrela média, com Mercúrio e Vénus do lado de dentro, e Marte, Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno mais além. O Sol é uma estrela entre quase 400 mil milhões na Galáxia da Via Láctea, ela própria apenas uma galáxia entre 350 mil milhões no universo observável.

Mais tarde, na universidade, descobri que a realidade física se estende muito além da esfera visível a 90 mil milhões de anos-luz até — se tivesse de calcular com base na minha imersão de 46 anos no conhecimento global da civilização humana — ao infinito.

Esta é a minha ascensão à insignificância; um caminho percorrido por muitos, mas que continua intensamente pessoal a cada indivíduo que o empreende. As rotas que seguimos pela paisagem sempre crescente do conhecimento humano são caóticas; o virar de página tardio de um livro em que se tropeçou pode levar a uma vida inteira de descoberta. Todavia, há temáticas comuns entre as nossas díspares jornadas intelectuais, e a rejeição implacável do centro do debate, que inevitavelmente resultou do desenvolvimento da astronomia moderna, tem tido um efeito possante na nossa experiência partilhada. Tenho a certeza de que a viagem desde o centro da criação até um grão infinitesimalmente diminuto se deve chamar ascensão, a mais gloriosa subida intelectual. Claro que também reconheço os muitos que tiveram dificuldades — e continuam a ter — com tal rejeição física estonteante.

John Updike escreveu que «a astronomia é o que temos agora, em vez da teologia. Os terrores são menos, mas os confortos não são nenhuns». Para mim, a escolha entre o medo e o júbilo é uma questão de perspetivas, e um dos objetivos centrais deste livro é defender o júbilo. À primeira vista, poderá parecer um desafio difícil — o próprio título *Universo Humano* parece demonstrar um solipsismo injustificável. Como é que uma realidade possivelmente infinita pode ser vista pelo prisma de um monte de máquinas biológicas, habitantes temporárias de um grão de pó? A minha resposta é que *Universo Humano* é uma carta de amor à humanidade, porque o nosso grão de pó é o único lugar onde o amor existe certamente.

Parece um regresso à visão antropocêntrica que sustivemos tanto tempo, e que a ciência tanto fez para destruir num milhão de golpes humildes. Talvez, mas deixem-me adiantar uma visão alternativa. Existe apenas um cantinho do universo onde sabemos de certeza que as leis da natureza conspiraram para produzir uma espécie capaz de transcender os limites físicos de uma única vida, e desenvolver uma biblioteca de conhecimento além da capacidade de um milhão de cérebros individuais, que contém uma descrição exata da nossa localização no espaço e no tempo. Nós sabemos o nosso lugar, o que nos torna valiosos e, pelo menos no nosso bairro cósmico, únicos. Não sabemos a que distância teremos de viajar para encontrar outra ilha de entendimento, mas decerto que fica bem longe. Isto torna a raça humana digna de celebração, a nossa biblioteca digna de estima, e a nossa existência digna de proteção.

Partindo destas ideias, a minha visão é que nós, humanos, representamos

uma ilha isolada de sentido num universo sem sentido, e vou desde já esclarecer a que me refiro com «sem sentido». Não vejo razão para a existência do universo, numa aceção teleológica; decerto não há causa final nem propósito. Antes pelo contrário, penso que o sentido é uma propriedade emergente; apareceu na Terra quando os cérebros dos nossos antepassados cresceram o bastante para permitir culturas primitivas — provavelmente entre 3 e 4 milhões de anos atrás, com o surgimento do *Australopithecus* no Vale do Rift. Decerto que há outros seres inteligentes nos milhares de milhões de galáxias além da Via Láctea e, se a moderna teoria da inflação eterna estiver correta, há um número infinito de mundos habitados no multiverso além do horizonte. No entanto, tenho muito menos certezas de que haja grandes números de civilizações a partilhar a nossa galáxia, e por isso emprego o termo «isolada». Se estivermos atualmente sozinhos na Via Láctea, as vastas distâncias entre as galáxias provavelmente significam que nunca conseguiremos debater a nossa situação com mais ninguém.

Encontraremos todas estas ideias e argumentos ao longo do livro, e vou separar cuidadosamente a minha opinião do ponto de vista da ciência — aliás, o que sabemos com algum nível de certeza. Contudo, vale a pena salientar que a moderna imagem de um cosmos vasto e, possivelmente, infinito, povoado por mundos incontáveis, tem uma história longa e violenta, e a reação frequentemente visceral à despromoção física da humanidade revela preconceitos arraigados e ilações confortáveis que jazem, porventura, no âmago do nosso ser. Por conseguinte, parece-me apropriado começar esta digressão ao universo humano com uma figura controversa cuja vida e morte ombream com muitos destes desafios intelectuais e emocionais.

Giordano Bruno é famoso em igual medida pela sua morte, vida e obra. A 17 de fevereiro de 1600, com a língua presa para o impedir de repetir a heresia (faz lembrar a cena do apedrejamento em *A Vida de Brian* dos Monty Python, quando a repreensão «só estás a piorar as coisas para ti» é corretamente dada como ameaça vã), Bruno foi queimado na fogueira do Campo de' Fiori em Roma, e as cinzas lançadas ao rio Tibre. Os crimes eram numerosos, incluindo ideias heréticas como, por exemplo, negar a divindade de Jesus. Do mesmo modo, há muitos historiadores com a opinião de que Bruno era irritante, dado a discussões e, não querendo esmiuçar, um rematado chato, a ponto de muita gente poderosa ficar simplesmente aliviada de o ver pelas costas. No entanto, também é verdade que Bruno acolheu e fomentou uma ideia maravilhosa que levanta questões importantes e exigentes. Bruno acreditava que o universo é infinito e está cheio de um número infinito de mundos habitáveis. Do mesmo modo, acreditava que, embora cada mundo exista por breves momentos,

quando comparado com a vida do universo, o espaço propriamente dito não é criado nem destruído; o universo é eterno.

Porquanto os historiadores ainda discutam as razões específicas da sentença de morte de Bruno, a ideia de um universo infinito e eterno parece ter sido central à sua sina, porque levanta claramente questões sobre o papel de um criador. Claro que Bruno sabia disso, e, assim, o regresso a Itália em 1591, após uma existência segura e bem-sucedida no ambiente mais tolerante do Norte da Europa, permanece um mistério. Nos anos 80 do século XVI, Bruno desfrutou do mecenato de dois monarcas, o rei Henrique III de França e a rainha Isabel I de Inglaterra, promovendo alto e bom som o ideal copernicano de um sistema solar heliocêntrico. Embora se parta frequentemente do princípio de que a própria ideia de retirar a Terra do centro do sistema solar bastaria para suscitar uma reação violenta por parte da Igreja, o copernicanismo não era considerado herético em 1600, e as infames brigas com Galileu ainda estavam 30 anos no futuro. Com efeito, foi a ideia filosófica de Bruno de um universo eterno, desprovido de ponto de criação, que transtornou as autoridades da Igreja e, porventura, abriu caminho para batalhas posteriores com astronomia e ciência. Como veremos, a ideia de um universo que existia antes do Big Bang é agora central à cosmologia moderna, e insere-se de veras no domínio da ciência teórica e empírica. Na minha opinião, isto constitui um desafio igualmente grandioso aos teólogos modernos que constituía na época de Bruno, e talvez não seja de admirar que o tenham despachado.

Por conseguinte, Bruno era uma figura complexa e os seus contributos para a ciência são questionáveis. Ele era mais livre-pensador beligerante do que protocietista e, embora não haja vergonha nisso, as origens intelectuais da nossa ascensão à insignificância jazem algures. Bruno foi um mensageiro desabrido, embora portentoso, que muito provavelmente não teria chegado a conclusões heréticas sobre um universo infinito e eterno sem o trabalho de Nicolau Copérnico, enraizado no que agora claramente reconhecemos por exemplo incipiente de ciência moderna, e publicado mais de meio século antes do fim cinematográfico de Bruno.

PARA FORA DO CENTRO

Nicolau Copérnico nasceu na cidade polaca de Torun em 1473, e beneficiou de uma educação superior depois de matriculado na Universidade de Cracóvia, aos dezoito anos, por um tio influente, o Bispo de Várnia. Em 1496, na ideia de seguir os passos do tio, Copérnico mudou-se para Bolonha a fim de estudar Direito Canónico; ficou hospedado em casa de uma professora de Astronomia, Domenica Maria de Novara, com reputação de questionar as obras clássicas dos gregos antigos e, em particular, a sua cosmologia amplamente aceite.

A mundivisão clássica baseava-se numa asserção não irrazoável de Aristóteles de que a Terra estava no centro de todas as coisas, e que tudo se movia em seu redor. Parece acertado porque nós não nos percecionamos em movimento e o Sol, a Lua, planetas e estrelas parecem varrer o céu à nossa volta. Todavia, basta uma observação atenta para revelar que a situação é, de facto, mais complicada do que isso. Em particular, os planetas descrevem pequenos ciclos no céu, em certas alturas do ano, invertendo o percurso ao longo das estrelas em segundo plano, antes de seguirem caminho pelas constelações do zodíaco. Este facto empírico, a que se chama movimento retrógrado, ocorre porque contemplamos os planetas de um ponto de vista móvel — a Terra — em órbita à volta do Sol.

Esta é, de longe, a explicação mais simples para a evidenciar, embora seja possível interpretar um sistema capaz de prever a posição dos planetas, com meses ou anos de antecedência, e manter a posição estacionária única da Terra no centro de todas as coisas. Tal modelo centrado na Terra foi desenvolvido por Ptolemeu, no século II, e publicado na sua obra mais famosa, *Almagesto*. Os pormenores são extremamente complicados, e não vale a pena esmiuçá-los porque a ideia central está completamente errada, e não se aprende nada com isso. A complexidade puramente congeminada de uma descrição geocêntrica dos movimentos planetários pode ver-se no modelo ptolemaico, o qual mostra movimentos aparentes dos planetas relativamente às estrelas, conforme vistos da Terra. Este intrincado sistema ptolemaico de movimentos circulares geocêntricos, repleto de terminologia obscura de epiciclos, deferentes e equantes, foi usado com êxito pelos astrólogos durante milhares de anos, para prever onde os planetas estariam relativamente às constelações do zodíaco — presume-se que para os deixar escrever horóscopos e ludibriar os cidadãos crédulos do mundo antigo. Se só nos ralarmos com as previsões propriamente ditas, e os preconceitos filosóficos e o senso comum de quietude implicarem que a Terra esteja no centro, estará tudo bem. Assim continuou

até que Copérnico se sentiu ofendido o suficiente pela feiura do modelo ptolemaico para agir.

Desconhecem-se as objeções exatas de Copérnico a Ptolemeu; contudo, por volta de 1510, escreveu um manuscrito inédito intitulado *Commentariolus*, em que exprimia insatisfação com o modelo. «Considerarei amiúde se poderia encontrar uma disposição de círculos mais razoável, de onde derivasse cada irregularidade aparente, enquanto tudo em si se movesse uniformemente, como é apanágio da regra do movimento perfeito.»

O *Commentariolus* continha uma lista de asserções radicais e majoritariamente corretas. Copérnico escreveu que a Lua gira em redor da Terra, os planetas rodam à volta do Sol, e a distância da Terra ao Sol é uma fração insignificante da distância até às estrelas. Foi o primeiro a sugerir que a Terra gira sobre o seu eixo, e que esta rotação é responsável pelo movimento diário do Sol e das estrelas no céu. Compreendeu também que o movimento retrógrado dos planetas se deve ao movimento da Terra e não dos planetas propriamente ditos. Copérnico quis sempre que o *Commentariolus* fosse a introdução a uma obra muito maior, e incluiu poucos detalhes, ou mesmo nenhuns, quanto à génese de tão radical desvio das ideias clássicas. A justificação completa, e a descrição da sua nova cosmologia, demoraram mais vinte anos; porém, em 1539, terminara a maior parte dos seis volumes da obra *De Revolutionibus*, embora as obras completas não fossem publicadas antes de 1543. Continham as elucubrações matemáticas do seu modelo heliocêntrico, uma análise da precessão dos equinócios, a órbita da Lua, e um catálogo de estrelas, e são justamente consideradas obras seminais no desenvolvimento da ciência moderna. Eram amplamente lidas nas universidades de toda a Europa e admiradas pela exatidão e previsões astronómicas. Todavia, é interessante notar que o tumulto intelectual causado pela nossa relegação do centro de todas as coisas ainda toldava a visão de muitos dos grandes nomes científicos da época. Tycho Brahe, o maior observador astronómico antes da invenção do telescópio, referia-se a Copérnico como um segundo Ptolemeu (o que pretendia ser um elogio), mas não aceitava inteiramente o modelo de sistema solar heliocêntrico, em parte porque o entendia em contradição com a *Bíblia*, mas também porque parece óbvio que a Terra está em repouso. Não se trata de uma objeção trivial a um sistema solar copernicano, e um entendimento verdadeiramente moderno do que significa precisamente «em repouso» e «em movimento» necessita das teorias da relatividade de Einstein — a que chegaremos mais tarde! Até o próprio Copérnico era claro em como o Sol ainda repousava no centro do universo. Porém, com o avançar do século XVII, as observações rigorosas melhoraram grandemente devido à invenção do telescópio, e a uma aplicação cada vez mais aperfeiçoada

da matemática para descrever os dados, o que levou uma hoste de astrónomos e matemáticos — incluindo Johannes Kepler, Galileu e, em derradeira instância, Isaac Newton — a uma compreensão do funcionamento do sistema solar. Esta teoria ainda hoje é boa o suficiente para enviar sondas espaciais a planetas no espaço sideral com precisão absoluta.

À primeira vista, é difícil compreender porque é que a intrincada trapalhada de Ptolemeu durou tanto tempo, mas há um enviesamento moderno nesta afirmação que é revelador. Hoje em dia, uma pessoa cientificamente letrada parte do princípio de que há um universo real e previsível além da Terra, e que funciona segundo leis da natureza — as mesmas leis que regem os objetos aqui na Terra. Esta ideia, correta, só surgiu plenamente formada na obra de Isaac Newton, na década de 80 desse século, mais de cem anos depois de Copérnico. Os astrónomos antigos interessavam-se principalmente por previsões e, embora debatessem a natureza da realidade física, a ideia científica central de leis universais da física, muito simplesmente, ainda não tinha sido descoberta. Ptolemeu criou um modelo que faz previsões concordantes com a observação até certo grau de precisão, o que bastava para muito boa gente. Claro que existiram vozes dissonantes notáveis — a história das ideias nunca é linear. Epicuro, que escreveu por volta de 300 a.C., propôs um cosmos eterno povoado por uma infinidade de mundos e, aproximadamente na mesma altura, Aristarco propôs um universo heliocêntrico em redor do qual orbitam a Terra e os planetas. Do mesmo modo, havia uma forte tradição de ortodoxia clássica no mundo islâmico, nos séculos x e xi. O astrónomo e matemático Ibn al-Haytham, ou Alhazen, salientou que, embora o modelo ptolemaico tivesse poder preditivo, os movimentos dos planetas, mostrados na Figura 2: O Sistema de Ptolemeu, representam «uma disposição que é impossível existir».

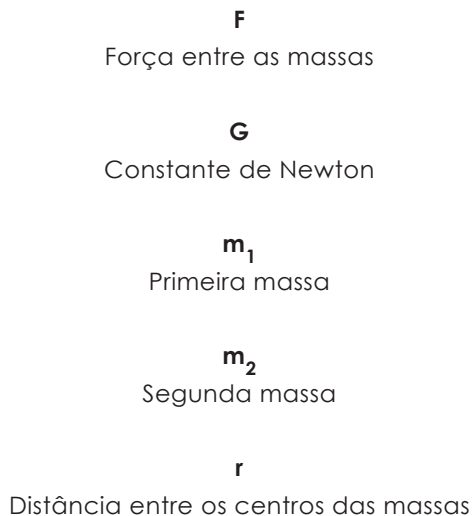
O final da revolução começou com Copérnico, cerca de 1510, e o princípio da moderna física matemática pode remontar a 5 de julho de 1687, quando Isaac Newton publicou o *Principia*. Demonstrou que o emaranhado geocêntrico de Ptolemeu pode ser substituído por um sistema solar heliocêntrico e uma lei da gravitação universal, aplicável a todos os objetos do universo, e que se pode exprimir numa única equação matemática:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

A equação indica que a força gravitacional entre dois objetos — um planeta e uma estrela, digamos — com as massas m_1 e m_2 pode calcular-se multiplicando as massas, dividindo pelo quadrado da distância r entre elas, e multiplicando

por G , o que codifica a energia da força gravitacional propriamente dita. G , conhecida como a Constante de Gravitação Universal ou Constante de Newton, é, tanto quanto sabemos, uma propriedade fundamental do nosso universo — é um número único que é o mesmo em qualquer parte e assim permanece. Henry Cavendish mediu G numa experiência famosa, em 1798, em que conseguiu (indiretamente) medir a força gravitacional entre bolas de chumbo de massa conhecida, com uma balança de torção. Trata-se de mais um exemplo da ideia central da física moderna — as bolas de chumbo obedecem às mesmas leis da natureza que as estrelas e os planetas. Para que conste, a melhor medida atual de $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$, indicando que a força gravitacional entre duas bolas, cada uma com 1 quilo de massa, a 1 metro de distância, é menos de dez milhares de milionésimos de um Newton. A gravidade é realmente uma força muito fraca, e por isso é que só lhe mediram a força 71 anos após a morte de Newton.

**FIGURA 1:
A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE NEWTON**



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Trata-se de uma simplificação deveras inteligente e, talvez o mais importante, a descoberta fulcral da profunda relação entre a matemática e a natureza, que subjaz ao êxito da ciência, descrita com verdadeira eloquência pelo filósofo e matemático Bertrand Russell: «A matemática, vista corretamente, possui não só verdade, mas suprema beleza — uma beleza fria e austera, como aquela de uma escultura, sem apelo a qualquer parte da nossa natureza mais fraca, sem as vestes gloriosas da pintura ou da música, porém sublimemente pura, e capaz de uma perfeição severa, como só a mais grandiosa arte pode mostrar. O verdadeiro espírito do encanto, a exaltação, a sensação de ser mais do que o Homem, que é a pedra de toque da mais elevada excelência, encontra-se na matemática na mesma medida que na poesia.»

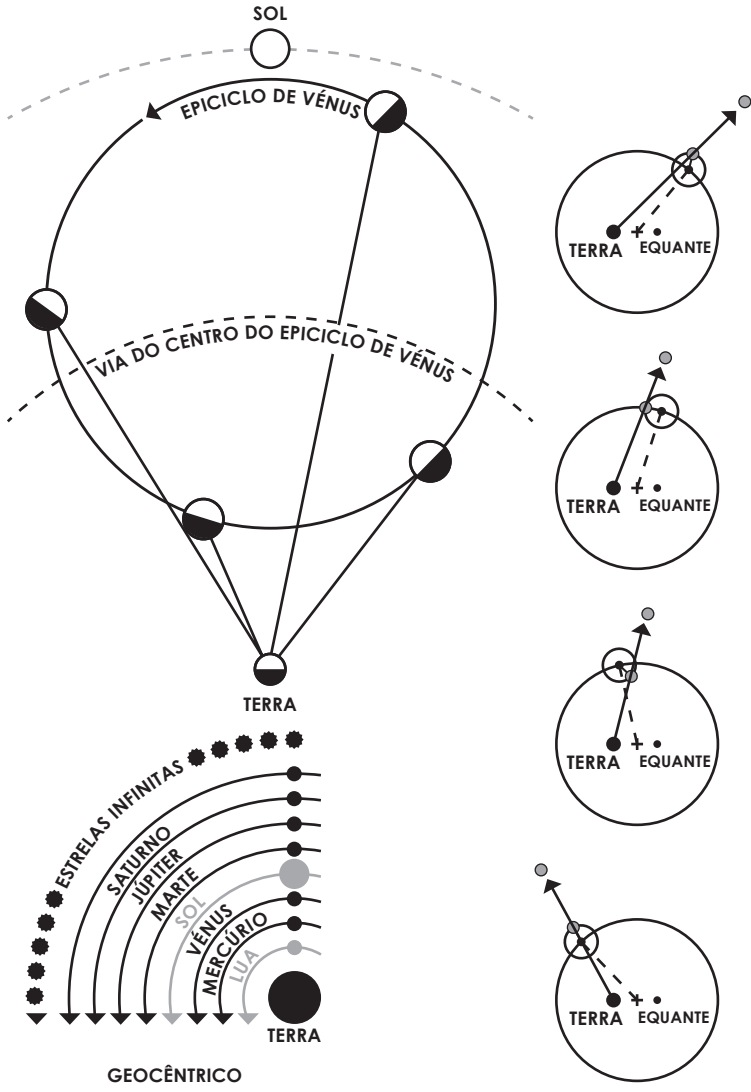
Este sentimento é manifesto com a maior clareza na Lei da Gravitação Universal de Newton. Dada a posição e a velocidade dos planetas num momento único, pode calcular-se a geometria do sistema solar em qualquer altura, milhões de anos no futuro. Comparemos esta economia — podia escrever-se todas as informações necessárias no verso de um sobrescrito — com os epiciclos deslocados e rodopiantes de Ptolemeu. Os físicos apreciam grandemente tal economia; se puderem descrever um amplo leque de fenómenos complexos numa lei ou equação única, geralmente significa que estão no caminho certo.

A demanda da elegância e da economia na descrição da natureza é o princípio norteador dos físicos teóricos até aos dias de hoje, e formará parte central da nossa história, conforme traçamos o desenvolvimento da cosmologia moderna. Visto nesta luz, Copérnico assume ainda maior importância histórica. Além de catalisar a destruição do cosmos geocêntrico, inspirou Brahe, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros, rumo ao desenvolvimento da moderna física matemática — isto não é apenas notavelmente bem-sucedido na sua descrição do universo, mas também necessário para o surgimento da nossa civilização tecnológica moderna. Reparem bem, políticos, economistas e legisladores em ciências do século XXI: um pré-requisito para a criação do edifício intelectual que sustenta as vossas folhas de cálculo, gabinetes climatizados e telemóveis foi a demanda movida pela curiosidade para compreender os movimentos dos planetas e o lugar da Terra entre as estrelas.

NO CENTRO DO SISTEMA SOLAR

A combinação das observações dos astros errantes — os planetas — do céu noturno com a ideia de que a Terra estava no centro do sistema solar exigia modelos extremamente complexos. No caso de Vénus, combinar a Terra no centro com as observações significava que Vénus tinha uma órbita circular à volta de um ponto, a meio caminho entre a Terra e o Sol, os chamados epiciclos, com todos os outros planetas a terem órbitas igualmente complicadas, em redor de vários pontos espalhados por todo o sistema solar. A colocação do Sol no centro do sistema solar, com os planetas dispostos na sua ordem familiar, e a Lua na órbita da Terra, traduziu-se num sistema muito mais simples.

FIGURA 2:
O SISTEMA DE PTOLEMEU



**FIGURA 3:
O SISTEMA DE COPÉRNICO**

