

Eclipses e Geometrias

um Almanaque por **zeca bamboo**

Parte 8 versão [xitizap](#) PDF (1 MB)

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



a quem não os podia perceber. E tudo indica que se não fosse a pressão de Halley, **Principia** talvez nunca tivesse sido publicado.

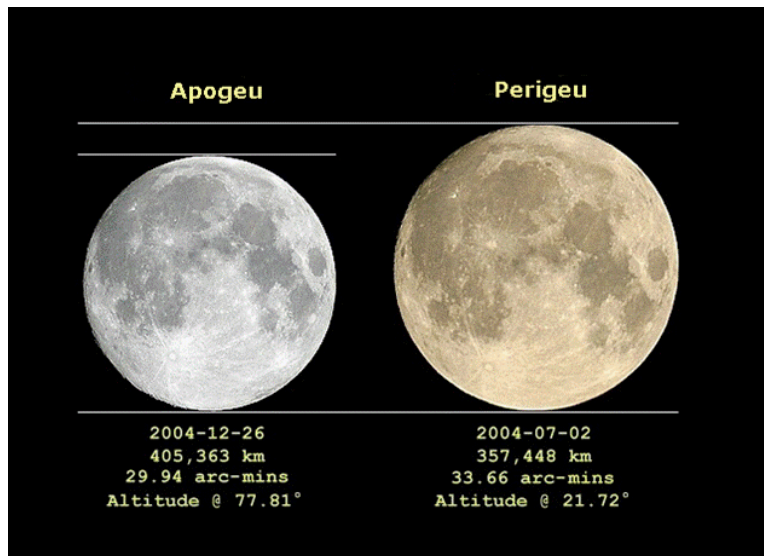
Ambos acabariam por conseguir domar seus egos e finalmente manifestar o seu mútuo reconhecimento. Em 1701, numa carta à Rainha da Prússia, Leibniz refere que *se olharmos para as matemáticas desde o princípio do mundo até Sir Isaac, o que ele fez foi a melhor metade*, ao passo que, numa carta que escreve a Leibniz em 1676, Newton diz que o método de Leibniz para obter séries convergentes é *certamente muito elegante, e que teria sido suficiente para reconhecer o génio do seu autor, mesmo que ele não escrevesse mais nada*.

Querelas à parte, e independentemente de precedências de invenção e datas de publicação, o que é realmente importante é que, quer Leibniz, quer Newton, acabaram por dar ao *calculus* as sólidas bases que permitiriam melhor perceber os *infinitos e infinitésimos* do universo.

Entretanto, em termos astronómicos, o **século XVIII na Europa** caracterizava-se pelo rápido crescimento de observatórios astronómicos patrocinados por estados, universidades e grupos religiosos.

Na prática, estas redes científicas eram investimentos que rendiam valiosos frutos para as navegações, para a cartografia de países e impérios, e mesmo até para as teologias de alguns financiadores. Por outro lado, a nível teórico, e graças aos firmes alicerces estabelecidos por Newton, a astronomia colocava-se em posição privilegiada para captar os rápidos avanços que se iam registando na matemática.

Leonhard Euler (1707-83), foi um dos cientistas que mais contribuiu para o desenvolvimento da matemática, pura e aplicada, oferecendo à astronomia alguns dos seus mais úteis procedimentos matemáticos, entre os quais, a teoria dos *erros instrumentais* e os métodos de determinação do *paralaxe solar*.



À época, Euler e outros colegas haviam concluído que o problema do *perigeu lunar* não se ajustava correctamente à teoria gravitacional de Newton; referiam por exemplo as tentativas de Clairaut e d' Alembert que, ao aplicarem os princípios de Newton, derivavam um valor que não batia certo com as tabelas de observações. Mais tarde contudo, por volta de 1749, Clairaut acaba por encontrar um erro no método de aproximação que até aí todos haviam usado.

pensava ter finalmente resolvido o problema da misteriosa aceleração no movimento da Lua.

Ao abordar a questão, Laplace começa por ignorar o principal argumento dos cépticos que sugeriam a possibilidade de os registos históricos não serem fiáveis. E o mesmo faz ele à hipótese de Euler que sugeria que a coisa resultaria de um atraso rotacional da Terra causado por ventos e fluidos etéreos. *Mas então, porque não aconteceria o mesmo aos outros planetas?* perguntava-se, e bem, Laplace.

Laplace tenta então modificar a lei da gravitação de Newton.

Normalmente, quando se falava na força de atracção gravitacional que um corpo exercia sobre outro, pensava-se em termos de acção instantânea. Mas, e se *afinal a acção levasse um tempo finito a exercer-se?* Laplace sugere que aí poderia estar a razão da aceleração secular da Lua mas, e continuava ele, *só se a força de atracção se deslocasse mais rápido que a luz; e mais rápido por um factor de 8 milhões de vezes.*

Contudo, para Laplace, esta hipótese também não era concluída por qualquer outra análise independente e, em 1787, ele passa a propor um desenvolvimento teórico aparentemente mais razoável.

Tendo descoberto que a própria órbita da Terra também variava – de facto a excentricidade da elipse orbital diminuía – Laplace liga esta observação a uma outra: o período do mês, na Terra, ia gradualmente encurtando. E suplementa a sua proposta com estudos relativos a outras órbitas, no caso a dos satélites (luas) de Júpiter. Nesse novo desenvolvimento teórico, Laplace formula uma relação entre a forma da Terra e algumas irregularidades no movimento da Lua, introduz o efeito Terra na teoria das marés, e explica certas flutuações nas velocidades orbitais de Júpiter e Saturno com base nas interacções à distancia. Laplace calcula então uma expressão teórica para a aceleração secular da Lua que continua hoje muito próxima das melhores evidências históricas – 10.1816”.

Incidentalmente, ao ler estes trabalhos de Laplace, Lagrange regressa aos seus cálculos de 1783 e descobre onde havia cometido um erro. Corrige-o, e quando recalcula o problema, Lagrange chega quase exactamente aos mesmos resultados.

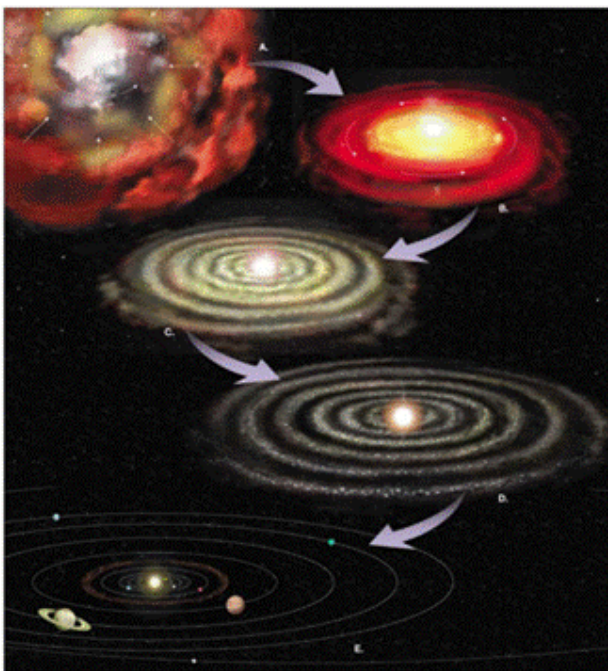
Todavia, outras dúvidas perturbam Laplace: *seria o sistema solar estável? Será que o sistema poderia continuar perpetuamente sem que Deus desse uma ajuda? Será que afinal, Deus não seria um Relojoeiro Perfeito, e que tudo necessitaria de outros ocasionais empurrõezitos do Divino? Senão, como se explicariam então algumas aparentes anomalias e perturbações no viajar dos astros?*

Intrigado, Laplace vai recorrendo a *lagrangianas* e tenta estabelecer a matriz de variação dos seis conhecidos elementos que afectavam a órbita de um planeta.

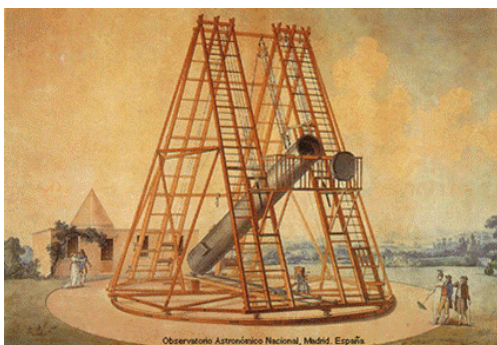
Em 1773, Laplace sentia-se capaz de demonstrar que, afinal, e mesmo que se considerassem milénios de exposição, a interacção entre planetas não produzia relevantes perturbações nas suas distâncias médias ao Sol. Na verdade, os operadores de Laplace, bem como todos os seus posteriores teoremas relacionando distâncias, excentricidades e ângulos de planos orbitais, apontavam numa única direcção: *o sistema solar era altamente estável.*

Em 1796, em *Exposição do sistema do mundo*, Laplace apresenta então a famosa **hipótese nebular**. Nesta hipótese, Laplace sugeria que o sistema solar teria sido originado a partir da contracção e arrefecimento de uma enorme e achatada nebulosa de gás incandescente, e chega mesmo a propor a existência de um plano em volta do qual todo o sistema solar oscilaria; um conceito que veio a ser refinado posteriormente, e que testemunha a grandeza presciente dos sucessores de Newton - sobretudo ao nível da novíssima **dinâmica astronómica**.

Exposição do sistema do mundo, por Laplace, era uma introdução não-matemática ao seu mais importante trabalho, **Tratado de Mecânica Celeste**, cujo primeiro volume aparece três anos depois. Este primeiro volume, cuja base matemática são as equações diferenciais, estava dividido em dois livros; o primeiro, abordava as leis gerais de equilíbrio e movimento de sólidos e fluidos, e o segundo livro centrava-se na lei da gravitação universal e nos movimentos dos centros de gravidade dos corpos no sistema solar. No segundo volume do *Tratado de Mecânica Celeste*, Laplace trata de mecânica aplicada aos planetas, e nele inclui estudos sobre a forma da Terra, e a teoria das marés - e é neste volume que Laplace demonstra a sua famosa equação para a aceleração lunar.



Bastante mais tarde, em 1821, é publicada a primeira edição de *Teoria Analítica das Probabilidades*, em dois livros, onde Laplace define o seu conceito de probabilidade e apresenta a regra de Bayes, para além de dar início ao cálculo de probabilidades em acontecimentos conjugados. É ainda neste livro que Laplace propõe um método envolvendo os mínimos-quadrados. Estes eram métodos probabilísticos que Laplace aplicava sobretudo à mortalidade e esperança de vida, mas as edições posteriores continham já suplementos com aplicações de cálculo probabilístico a erros em observações, determinação de massas planetárias, triangulações e a problemas de geodesia, incluindo a determinação do meridiano de França.



Entretanto, a relativa *vulgarização* de novos e potentes telescópios começa a permitir que, para além de académicos e cientistas profissionais, alguns cidadãos mais comuns se iniciem na observação astronómica.

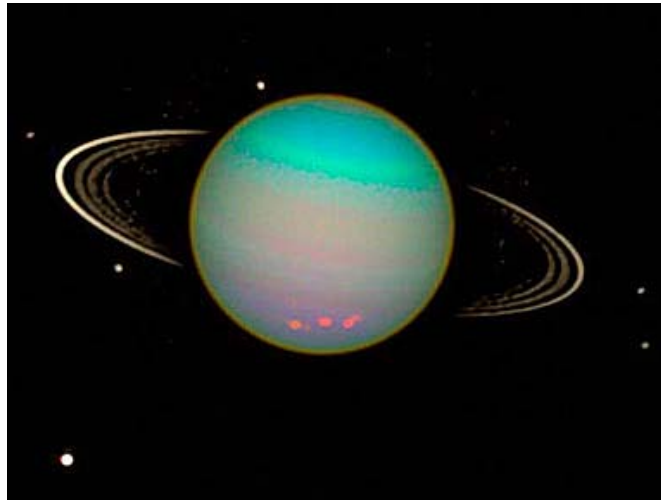
William Herschel (1738-1822), um astrónomo amador, decide dedicar-se ao estudo das nebulas e estrelas mais distantes com o objectivo de identificar o

plano da sua distribuição no seu Universo visível.

Por volta de 1779, **Herschel** já havia visionado as estrelas até à quarta magnitude e, quando se preparava para uma segunda campanha, a 13 Março de 1781 *por acaso* descobre um objecto que ele sabia não poder ser uma estrela. Supôs primeiro que se tratasse de um cometa, mas o cálculo da sua órbita revelava-se difícil e vai pedindo ajuda a astrónomos mais estabelecidos, até que **Lexell**, o *Astrónomo Imperial de São Petersburgo*, finalmente determina os elementos da órbita deste desconhecido corpo celeste e conclui que Herschel havia descoberto um novo planeta – **Uranus**.

Herschel, agora famoso, prossegue os seus estudos e observações astrais e, a par de muitos outros notáveis astrónomos, dispõe-se a enfrentar as dificuldades da medição do cosmos com a questão: *será o Universo finito ou infinito?*

O mundo científico tornava-se cada vez mais trepidante, e toda essa comunidade parecia excitada com a ideia de novas estrelas, novas nebulas, e sobretudo com a possibilidade de descoberta de novos planetas vizinhos.



A descoberta de *Uranus* havia de algum modo confirmado a lei *de Titius-Bode* para as distâncias planetárias e, embora tal lei fosse muitas vezes considerada como sem apropriada justificação, o facto é que ela havia permitido prever um raio orbital que estava de acordo com o raio observado para *Uranus*. E isto veio a reforçar a suposição de que um planeta existiria entre Marte e Júpiter, correspondendo ao valor $n=3$ para tal lei.

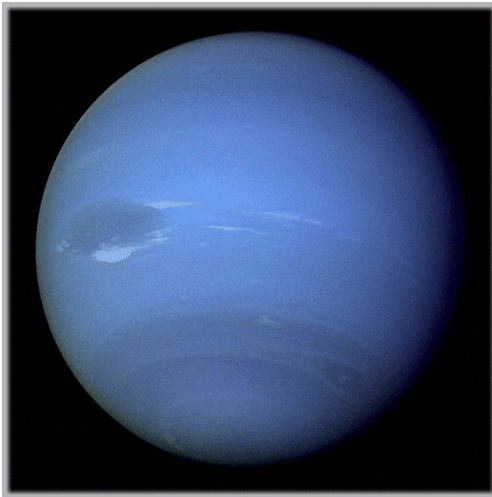
Quando Piazzi descobre de facto um corpo nesta órbita, a comunidade científica surpreende-se contudo com a sua pequena dimensão – e com razão já que o objecto era o asteróide *Ceres* com um diâmetro de apenas 913 km.

Mas várias outras surpresas vão acontecendo à medida que os astrónomos, entre os quais **Gauss**, vão descobrindo mais e mais asteróides povoando tais órbitas; em $n=3$, posicionava-se afinal uma cintura de múltiplos asteróides (entre Marte e Júpiter) e, ao desenvolver a sua análise, Gauss acaba por estabelecer uma importante lei ainda hoje utilizada sempre que se pretende combinar uma teoria pura com as medidas de uma observação – *a lei dos mínimos quadrados*.

Porém, *Uranus*, o novo planeta, ia mostrando estranhos comportamentos orbitais e várias hipóteses se perfilavam: *teria sido Uranus atingido por um cometa após a sua descoberta? Ou existiria mesmo o tal fluido newtoniano, o tal éter interplanetário que causava fricção ao movimento dos planetas? Ou seria que a lei da gravitação de Newton não seria afinal aplicável às grandes distâncias? Ou haveria um outro planeta, ainda invisível, que perturbaria a órbita de Uranus?*

Passou-se algum tempo até que **John Couch Adams** (1819-1920) previsse, não só a existência matemática de um novo planeta – **Neptuno** – como ainda viesse a demonstrar duas coisas: primeiro, que a teoria de Laplace não englobava todos os devidos efeitos gravitacionais; segundo, que Laplace havia laborado num erro em relação à famosa e secular aceleração da Lua.

Especulando sobre um cálculo matemático insinuado pela análise orbital de *Uranus*, Adams e outros astrónomos prevêem então a existência de um novo planeta, e decidem-se a caçá-lo!



Durante este safari astronómico, e após aturados cálculos, em 18 Setembro de 1846 **Jean Joseph Leverrier** (1811-1877) pede a **J. G. Galle** no Observatório de Berlim que com ele colabore na pesquisa de uma certa área dos céus. Cinco dias depois, a 23 de Setembro de 1846, o planeta **Neptuno** era descoberto, e apenas com o erro de um grau relativamente à localização prevista.

Entre outras coisas, esta descoberta mostrava que um físico poderia não dispor de grandes e dispendiosos telescópios, mas que as matemáticas, essas estariam sempre à sua disposição.

E talvez por isso mesmo seja intrigante recordar que, muitos anos mais tarde, já em **1930**, a descoberta do novíssimo planeta **Plutão**, não resultou de um cálculo orbital, mas antes de uma combinação de sorte e persistente observação.

Percival Lowell (1855-1916) era um rico astrónomo amador que nos USA havia conquistado muita publicidade através de observações algo fantasiosas de Marte. Lowell comungava a ideia de que os planetas se teriam formado a partir de material ejetado do Sol aquando de uma quasi-colisão com uma outra estrela, e que após a formação de um planeta, o seguinte seria formado num local cuja órbita teria uma simples relação com a do planeta anterior – cinco para dois, no caso de Saturno e Júpiter, três para um no caso de Uranus e Saturno, e dois para um no caso de Neptuno e Uranus.

Seguindo esta lógica simples, Lowell perguntava-se: *porque não existiria então um novo planeta para além de Neptuno, numa órbita também ela obedecendo a uma relação simples desse tipo?*

Lowell tentou e tentou, mas os seus predicados matemáticos e astronómicos não lhe permitiam ir muito mais além. Todavia, no caríssimo observatório que Lowell havia mandado construir em Flagstaff, Arizona, a caçada ao misterioso planeta prosseguiu, mesmo após a sua morte.

Dotado de um novo telescópio, e agora dispondo do recurso à **fotografia** que permitia uma análise mais serena e exaustiva, em 1930 **Clyde William Tombaugh** descobre finalmente o novo planeta **Plutão**. Curiosamente, e como veio a provar-se posteriormente, a descoberta havia sido matematicamente acidental porque, de facto, a massa de Plutão é tão pequena que é praticamente insusceptível de induzir perturbações orbitais nos gigantes Neptuno e Uranus.

