

A EXCENTRICIDADE DA ÓRBITA DA TERRA: os resultados (II)

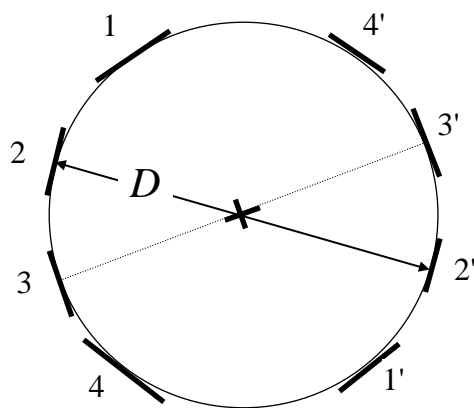
Guilherme de Almeida

Num número anterior da "Macrocosmo" apresentei um artigo que descreve o fundamento de um processo experimental para a determinação da excentricidade da órbita descrita pela Terra em torno do Sol. Seguindo as indicações já dadas nesse artigo (cuja consulta se recomenda), apresentam-se agora os resultados práticos obtidos, aos quais se juntam algumas indicações úteis. Este trabalho pode ser feito com facilidade por qualquer astrónomo amador ou por um grupo de Astronomia numa escola secundária. O facto de se poder fazer de dia, em duas ocasiões do ano escolar, é uma circunstância favorável para algumas pessoas.

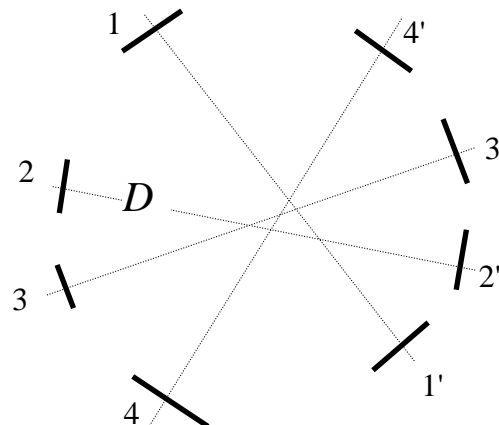
Para estas medições foi utilizado um telescópio reflector de Newton, com 110 mm de abertura e 805 mm de distância focal ($f/7,3$). Para proteger a ocular e o secundário de aquecimentos excessivos, o telescópio foi diafragmado com um orifício circular, descentrado, com 35 mm de diâmetro ($f/23$). A montagem equatorial tinha movimentos lentos manuais, mas não estava motorizada, o que dificultou o trabalho (embora estivesse orientada). O ecrã de projecção estava solidário com a extremidade do eixo de declinação, movendo-se consequentemente com o tubo óptico. Sobre o ecrã assentou-se um pedaço de papel, prendendo-o com *clips*. Os traços foram marcados com uma lapiseira de ponta fina.

Para a projecção foi utilizada uma ocular de Plössl de 25 mm de distância focal. A distância entre a ocular e o ecrã de projecção foi de 360 mm, padronizada por uma bitola de madeira de modo a garantir a repetição desta distância nas medições feitas no periélio e no afélio. A título de indicação, a distância focal equivalente do conjunto, embora não seja necessária a este trabalho, foi de 11,05 m.

Centrada a imagem do Sol no ecrã de projecção, regulou-se a distância entre esta e a ocular, e aprimorou-se a focagem (com a bitola de madeira confirmou-se que a distância era de 360 mm). O método baseou-se na marcação de pares de traços diametralmente opostos entre si e tangentes ao disco solar. Marcaram-se, assim, os traços 1 e 1', 2 e 2', 3 e 3', 4 e 4', etc. Os traços de cada par são paralelos entre si e a distância entre eles é o diâmetro da imagem solar.



(Fig. 1)



(Fig. 2)

Fizeram-se 5 medições em cada ocasião (5 no periélio e 5 no afélio). Como é óbvio utilizou-se um papel para todas as marcações referentes ao periélio e outro para as que se referem ao afélio. Em cada uma dessas datas rejeitei a pior medida (a que apresentava maior discrepância em relação às restantes e correspondia a uma medição de inferior qualidade). Trabalhei, assim, com quatro medidas de cada vez. Retirei seguidamente o papel dos *clips* e medi, com uma régua graduada, a distância entre cada par de traços. Esta medição é rigorosa até ao milímetro. Por *estimativa* avaliaram-se décimos de milímetro. Nestas medições deve olhar-se perpendicularmente ao papel, para minimizar erros de leitura.

As primeiras medições foram feitas a 4 de Janeiro de 1999, próximo da data do periélio (que ocorreu nesse ano a 3 de Janeiro, *um ou dois* dias a mais ou a menos fazem pouca diferença). As medições no afélio foram feitas a 4 de Julho de 1999 (véspera da data do afélio), num dia com algumas nuvens, pelo que tive de aproveitar os pequenos intervalos de tempo em que o Sol ficava descoberto.

As medições podem fazer-se como se vê na Fig. 1. No entanto, devido principalmente à rotação da Terra, nas montagens não motorizadas o Sol "foge" entre a marcação de um traço e a marcação do traço

diametralmente oposto, o que obriga a reposicioná-lo constantemente, com os movimentos lentos da montagem. Pode-se também ver antecipadamente em que sentido é que a imagem do Sol se está a "deslocar", e marcar um traço *antes* do limbo solar lá chegar. Aguarda-se, já com o lápis à espera, do lado oposto. Quando o limbo solar passa no primeiro traço marca-se rapidamente o traço do lado diametralmente oposto. Note-se que o que é necessário é que *cada* par de traços toque dois pontos *diametralmente* opostos do disco solar. *Cada diâmetro* deve ser marcado com cuidado. No entanto, não é necessário que os sucessivos diâmetros se cruzem rigorosamente no mesmo ponto (Fig. 2). Por outras palavras, *pequenos* desvios entre a posição do centro da imagem do Sol quando se marca um par de traços e quando se marca o outro par não são importantes, desde que *cada par de traços* diste entre si de uma medida correspondente ao diâmetro da imagem solar. As figuras 1 e 2 são representações esquemáticas, meramente descritivas do procedimento. Não são réplicas dos traçados feitos e medidos.

Medidas do diâmetro da imagem do Sol, com a Terra no periélio:

104,5 mm, 105,0 mm, 105,2 mm, 105,4 mm

Valor mais provável do diâmetro da imagem do Sol (média aritmética dos valores anteriores):

$D_p = 105,0$ mm.

Medidas do diâmetro da imagem do Sol, com a Terra no afélio:

100,6 mm, 101,0 mm, 102,0 mm, 101,5 mm

Valor mais provável do diâmetro da imagem do Sol (média aritmética dos valores anteriores):

$D_a = 101,3$ mm.

Cálculos, de acordo com o que foi indicado do artigo anterior, já referido:

$$e = \frac{D_p - D_a}{D_p + D_a} = \frac{105,0 - 101,3}{105,0 + 101,3} = 0,0179 \quad (\text{valor obtido para a excentricidade da órbita da Terra}).$$

O valor actualmente aceite, segundo as melhores determinações é $e_T = 0,0167$. Utilizei aqui o " T " para indicar que é o valor que aparece normalmente em Tabelas, para o distinguir do que resultou das minhas medições. O erro *relativo*, é, consequentemente,

$$\frac{\Delta e}{e_T} = \frac{e - e_T}{e_T} = \frac{0,0179 - 0,0167}{0,0167} = 0,0718 \approx 7,2\%$$

Repare-se que, apesar de eu ter sido cuidadoso, deixei margem para os leitores fazerem melhor. Uma montagem motorizada (e orientada) deixaria o Sol a deslocar-se *muito* lentamente para leste (apenas devido à translação da Terra), o que seria desprezável durante a curta duração destas medições (dois períodos de 10 minutos, para minimizar o aquecimento da peças ópticas). Assim, a imagem do Sol ficaria praticamente imóvel no ecrã, e a marcação dos traços seria muito mais cómoda e rigorosa. Nessas condições seria possível obter um valor ainda mais próximo de 0,0167.

Procurei mostrar que é possível chegar a resultados interessantes, com erro relativamente baixo, utilizando meios e procedimentos simples. Não se trata aqui de competir com os observatórios. Tendo isso em consideração, o resultado alcançado pode-se considerar "bom". Os leitores farão certamente melhor.

NOTA FINAL: *em rigor*, devemos ter em conta que o observador não está no centro de massa do sistema Terra-Lua, mas sim à superfície da Terra. E "quem" descreve a elipse em torno do Sol (com a excentricidade 0,0167) é este centro de massa (CM). A distância Sol-observador difere, em poucos milhares de quilómetros, da distância Sol-CM, e essa diferença depende de factores ligados ao momento e ao local de observação. No entanto a repercussão dessa diferença no valor da excentricidade obtida é muito pequena e, para os nossos propósitos, podemos desprezá-la. Por isso, os nossos resultados podem ser melhores, mas serão ligeiramente diferentes do valor tabelado (que já é corrigido da diferença atrás referida). ■

Guilherme de Almeida

Referências para a projecção da imagem do Sol:

Ferreira, Máximo e Almeida, Guilherme —*Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, 7.^a edição, 2004.

Aqui vi o texto biográfico habitual do autor