

O PROBLEMA DO ENSINO DA ÓRBITA DA TERRA

João Batista Garcia Canalle

Instituto de Física/UERJ

canalle@uerj.br

Resumo

Este trabalho foi motivado pela reação inesperada de centenas de professores participantes da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) quando afirmamos no gabarito da IV OBA, realizada em 2001, que a órbita da Terra é quase um círculo. Mostramos na seção 3 a excentricidade das órbitas dos planetas e as desenhamos. Mostramos na seção 4 as evidências contra a alta excentricidade das órbitas dos planetas, na seção 5 como desenhar elipses com determinadas excentricidades usando um barbante ou simplesmente a mão livre ou ainda um editor de texto tal como o Word, na seção 6 como determinar a excentricidade de elipses já desenhadas e na seção 7 as conclusões.

1. Introdução

Sempre que os livros didáticos do ensino fundamental ensinam a trajetória da órbita da Terra ao redor do Sol, desenham uma figura tal com excentricidade da ordem de 0,8. Os livros de Física do ensino médio usam a mesma figura quando explicam as leis de Kepler. A posição do Sol dentro desta elipse varia conforme o livro, mas pode ir da posição central até um ponto muito próximo da própria órbita ao longo do eixo maior da mesma.

Não temos aqui o objetivo de analisar os erros de nenhum livro didático em particular, pois isto já foi feito em várias publicações, como por exemplo em Bizzo (1996).

Na tentativa de esclarecer o erro que involuntariamente livros e professores transmitem ao desenharem as órbitas dos planetas, os organizadores da IV Olimpíada Brasileira de Astronomia (IV OBA) introduziram a questão 5, na prova nível I (1ª à 4ª série) e a mesma questão, mas de número 7, na prova de nível II (5ª à 8ª série), da IV OBA, realizada em 2001. Abaixo reproduzimos a referida questão, sendo que na Fig. 1, o desenho da esquerda, preenchido de cinza e com o ponto preto quase no centro dele já representa a resposta dada no gabarito da respectiva questão (As provas e gabaritos de todas as OBAs podem ser obtidas em <http://www.oba.org.br>).

Questão Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário. Muito bem, esperamos que você já tenha estudado a forma do movimento da Terra ao redor do Sol. Uma das figuras abaixo é a que melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

a) Pinte (de qualquer cor) a figura que na sua opinião melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.

b) Na figura que você escolher no item (a) desenhe o Sol (basta fazer um ponto) no lugar que melhor representa o lugar que ele deve ocupar.

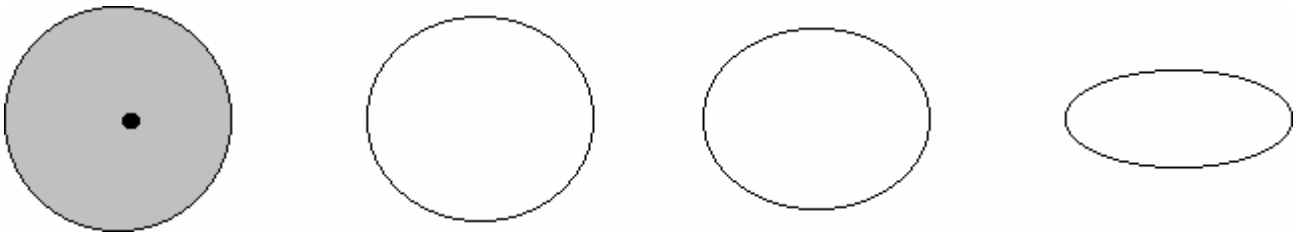


Fig. 1. Elipses usadas na questão 5, na prova nível I (1ª à 4ª série) e a mesma questão, mas de número 7, na prova de nível II (5ª à 8ª série), da IV OBA

Observação: Não existe nenhum efeito de perspectiva nas figuras. Outra coisa: infelizmente existem muitos livros que ilustram de forma errada o movimento da Terra ao redor do Sol. Esperamos que você não tenha estudado num livro com esse problema.

Constatamos que quase 100% dos alunos concentraram suas respostas nas duas últimas elipses da direita da Fig. 1, ou seja, justamente as duas mais excêntricas. Além desta concentração de respostas errôneas nas duas elipses mais excêntricas, nos chamou a atenção o grande número de e-mails e telefonemas de professores contestando a afirmação da nossa resposta de que a figura que melhor representava a órbita de Terra ao redor do Sol seria a primeira da esquerda para a direita da Fig. 1. Diante deste quadro de evidente arraigado erro conceitual sobre a real forma da órbita da Terra e da órbita dos outros planetas resolvemos escrever este trabalho.

2. Visualizando as elipses e suas respectivas excentricidades

O parâmetro usado quando queremos expressar a forma de uma elipse é a sua excentricidade (“achatamento”) a qual é definida pela razão entre F (distância entre os focos) e A (comprimento do eixo maior) e chamamos esta razão de “ e ”, algebricamente ela é dada por:

$$e = \frac{F}{A} \quad (1)$$

3. A excentricidade das órbitas dos planetas

Os valores das excentricidades das órbitas dos planetas estão na Tabela 1. Note que a maior excentricidade é a da órbita do planeta Plutão cujo valor é $e = 0,25$.

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
e	0,2	0,07	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009	0,25
$f(\text{mm})$	4,0	1,4	0,4	1,8	1,0	1,2	1,0	0,2	5,0

Tabela 1. Na segunda linha estão as excentricidades das órbitas dos planetas; na terceira linha está a distância (f (mm)) do centro da elipse de eixo maior igual a 4,0 cm até o seu foco.

A Fig. 2 mostra as elipses que representam as órbitas dos 9 planetas do sistema solar. Elas foram calculadas usando os dados da Tabela 1. Observe que todas as elipses da Fig. 2

possuem eixo maior igual a 4 cm, o qual foi escolhido arbitrariamente por nós. O ponto central em cada elipse representa o centro da elipse e o ponto à direita dele é um dos focos f da elipse o qual é ocupado pelo Sol. A distância entre o centro e foco está dada na Tabela 1 e foi calculada usando a relação $f = eA/2$.

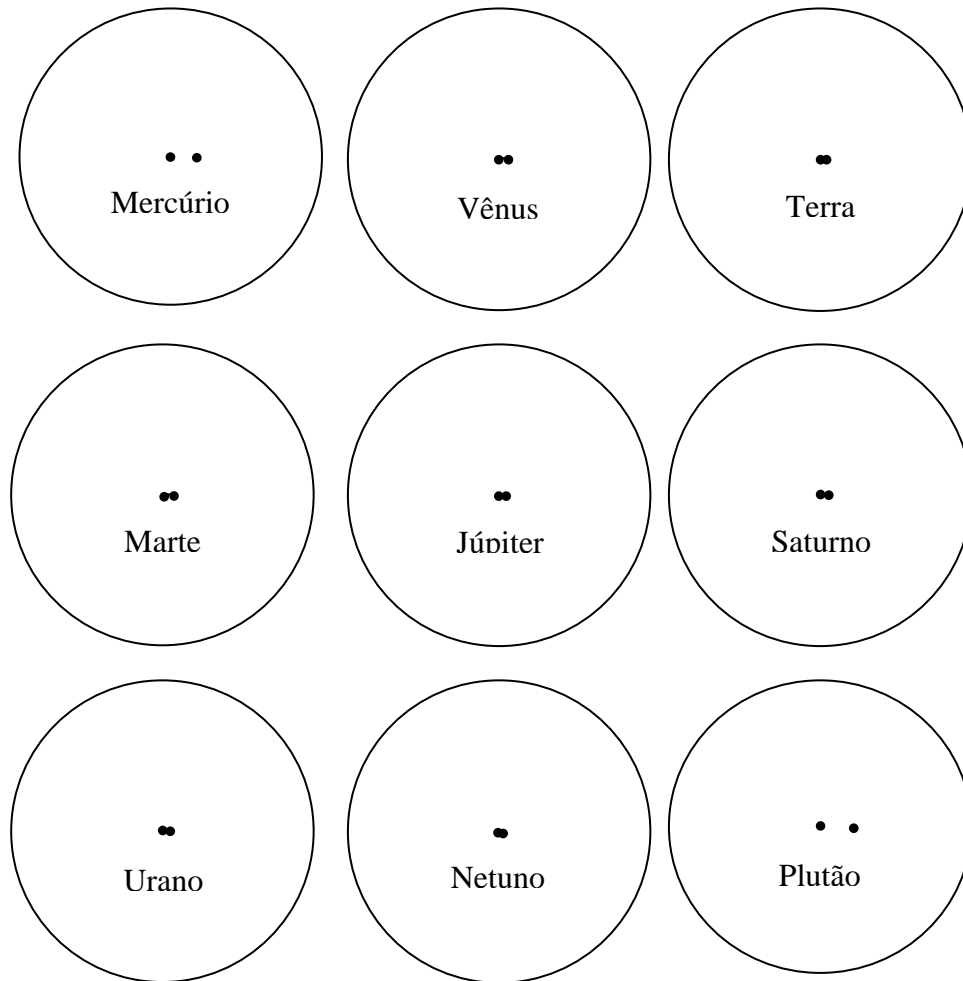


Fig. 2. Elipses das órbitas dos 9 planetas desenhadas com eixo maior de 4 cm. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos o qual é ocupado pelo Sol.

4. Evidências observacionais da baixa excentricidade da órbita da Terra

Uma evidência de que a órbita da Terra não é tão achatada (excêntrica) quanto aparece nos livros didáticos é o fato de vermos o Sol sempre com o mesmo tamanho. Se a órbita da Terra fosse tão excêntrica, quanto, por exemplo, $e = 0,8$ ou $e = 0,9$, teríamos que ver o tamanho aparente do Sol mudar ao longo do ano. Quando próximo dele deveríamos vê-lo enorme (e morreríamos de calor) e quando distante dele o veríamos pequeno e morreríamos congelados (os dois hemisférios da Terra simultaneamente). Além disso, quando próximo teríamos marés enormes e quando distante teríamos somente as marés devido à atração gravitacional da Lua.

5. Desenhando elipses com a forma correta

Vamos apresentar nesta seção três métodos para desenhar elipses. O primeiro é conhecido como método do jardineiro e apesar de conhecido, geralmente falta à sua descrição os detalhes que daremos abaixo para que seja possível construir elipses com determinadas excentricidades. Para o segundo método usamos uma régua e “mão livre”, no qual temos uma elipse bem esboçada com a excentricidade desejada. No terceiro método usamos as ferramentas do editor de texto “Word” (mas o mesmo procedimento pode ser válido para editores similares ao Word).

5.1 Método do jardineiro

Este é o método mais conhecido e consiste em fixar dois alfinetes separados pela distância $F = e.A$, cortar um barbante com comprimento $L = F + A$, colocá-lo ao redor dos alfinetes e mantendo-o sempre esticado com um lápis desenha-se a elipse com a excentricidade desejada.

5.2 Método da mão livre

Neste método, em não se dispendo de barbante, pregos ou alfinetes, ainda assim podemos fazer uma boa representação de uma elipse com uma determinada excentricidade. Neste método, tudo o que precisamos fazer é calcular o comprimento do eixo menor, B , o qual, demonstra-se facilmente, que é dado por

$$B = A\sqrt{1 - e^2} \quad (2)$$

e traçar os dois eixos da elipse, perpendiculares entre si passando pelo centro da mesma e fazer o contorno destes eixos à mão livre.

5.3 Método usando o editor de texto “Word”

Outra ferramenta simples de ser usada, com resultados perfeitos, é o editor de texto Word (ou similares). Usando o menu Inserir/Figuras/Auto formas/Formas básicas basta clicar sobre a figura da elipse do menu disponível e depois clicar sobre a folha do documento word e arrastar o cursor para desenhar uma elipse qualquer. Em seguida clique com o botão direito do mouse sobre a elipse assim desenhada para abrir outro menu e nele clique a opção “Formatar auto forma”. Neste novo menu clique na aba “Tamanho” e insira no retângulo “Altura” o comprimento do eixo menor da elipse, conforme obtido pela Eq. (2) e insira no retângulo “Largura” o comprimento do eixo maior da elipse, o qual, como já escrevemos é escolhido arbitrariamente.

6. Determinando a excentricidade de elipses já desenhadas

Dada uma elipse qualquer já desenhada podemos calcular sua excentricidade a partir da equação:

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} \quad (3)$$

7. Conclusões

Neste trabalho ilustramos a forma das elipses das órbitas dos planetas em função da sua excentricidade, além disso mostramos como desenhá-las na forma correta sabendo-se a excentricidade. Esperamos que o arraigado erro conceitual de que a órbita da Terra tem formato de um ovo seja corrigido.

Referências

1. BIZZO, N., **Graves erros de conceitos em livros didáticos de ciência**, Ciência Hoje, v. 121 (21), p. 26 – 35, 1996.