QUANTAS ESTRELAS SE VÊEM NO CÉU?

GUILHERME DE ALMEIDA
Colégio Militar
Apartado 4526 — 1511 Lisboa Codex

É opinião corrente que as estrelas observáveis a olho nu, num dado local e num dado instante, são incontáveis. E há também quem afirme que são milhões. De facto, sobretudo num local escuro, afastado de poluições, luminosas e outras, somos tentados a concordar com este ponto de vista. No entanto, o número de estrelas visíveis sem ajuda óptica — mesmo em condições muito favoráveis — é relativamente modesto, muito abaixo das especulações enraizadas no senso comum. Neste artigo apresenta-se um processo expedito e acessível para estimar o número de estrelas visíveis a olho nu do local, bom ou mau, em que o observador se encontra.

"Olha para os céus, por favor, e conta as estrelas, se as puderes contar"

(*Génesis*, 10:5)

1. Introdução

Para estimar o numero de estrelas observáveis a olho nu, de um dado local, é óbvio que não se põe, de modo algum a hipótese de, com o braço estendido e de indicador em riste, o observador ir apontando e contabilizando, uma a uma, as estrelas observáveis. Vamos, por outro lado, basear-nos na noção de densidade estelar aparente (número de estrelas observáveis por unidade de área aparente no céu. Para isso, impõe-se utilizar a noção de ângulo sólido e a sua unidade SI — o esterradiano (símbolo sr).

2. Conceitos fundamentais

Por definição, o ângulo sólido Ω segundo o qual a área S é vista pelo observador situado a uma distância d dessa mesma área (Fig. 1) é dado por

$$\Omega = \frac{S}{d^2} .$$

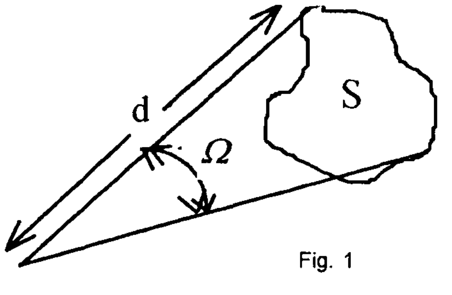

Fig. 1

O número de estrelas observáveis a olho nu é muito menor do que aquilo que nos diz o senso comum.

Se a área S está recortada na superfície de uma esfera, e se o observador (O) se encontra no centro desta (Fig. 2), a anterior expressão pode escrever-se

$$\Omega = \frac{S}{R^2} . \qquad [1]$$

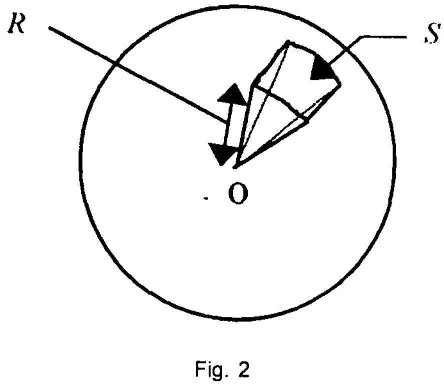

Fig. 2

O ângulo sólido Ω será de 1 esterradiano (1 sr) se limitar uma área S correspondente à de um quadrado de raio R. Se a área corresponder à totalidade da superfície esférica, cuja área é $4\pi R^2$ sr, um observador situado no centro dessa esfera observa a sua superfície segundo um ângulo sólido

$$\Omega_1 = 4\pi R^2/R^2 = 4\pi \text{ sr} . \qquad [2]$$

3. Cálculo do número de estrelas observáveis a olho nu

Se o observador olhar por um tubo (Fig. 3), de raio interno R e comprimento L, aberto nas duas extremidades, colocando um dos seus olhos em O, a medida do raio R do tubo será vista segundo a dimensão aparente θ, de tal modo que tan $\theta = R/L$. Será conveniente que o tubo seja pintado de preto baço, no seu interior, e que a boca do tubo onde o observador vai colocar um dos olhos tenha uma tampa com um furo de cerca de 10 mm de diâmetro, para posicionar correctamente o globo ocular.

O ângulo sólido, segundo o qual o observador vê a boca do tubo (do lado oposto àquele onde colocou um dos olhos) é

$$\Omega_2 = \frac{\pi R^2}{L^2}. \qquad [3]$$

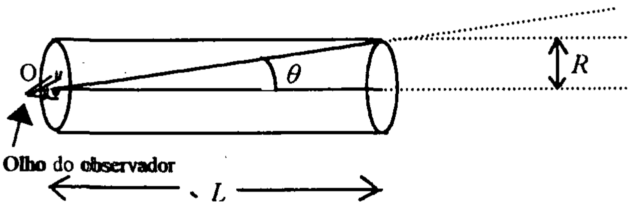

Fig. 3

Portanto a porção de céu observável, sem mover o tubo, continuando o observador com o olho em O, corresponde também ao ângulo sólido Ω_2 (é conveniente que o tubo seja fixado a um tripé). Por outro lado, o ângulo sólido correspondente à totalidade da esfera celeste, é, como vimos, $\Omega_1 = 4\pi$ sr. Assim sendo, a razão entre o ângulo sólido delimitado pelo tubo e o ângulo sólido correspondente à totalidade do céu é

$$\frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \frac{\frac{\pi R^2}{L^2}}{4\pi}, \text{ ou seja, } \frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \frac{R^2}{4L^2}. \qquad [4]$$

Do nosso local de observação, bom ou medíocre, apontemos o tubo segundo uma dada direcção do céu e, sem o mover, contemos o número n_1 de estrelas visíveis a olho nu dentro da boca do tubo (nestas condições o número de estrelas será pequeno e fácil de contar. Apontemos o tubo em outra direcção, contando o número n_2; segundo outra direcção ainda conte-se o número n_3, etc. Convém fazer pelo menos umas 15 contagens, obtendo os números n_1, n_2, ... n_{15}, referentes a diferentes direcções de observação. Calcula-se seguidamente a média aritmética destes valores, $n_{méd}$. Este último valor é o número médio de estrelas visíveis segundo o ângulo sólido Ω_2 anteriormente definido.

Como estamos a raciocinar com base em números médios de estrelas observáveis num dado ângulo sólido (com base na amostragem feita), o número de estrelas observáveis será directamente proporcional ao ângulo sólido de observação, sendo assim válida a expressão

$$\frac{n_{méd}}{N} = \frac{\Omega_2}{\Omega_1};$$

Por outro lado, tendo em conta esta última relação e a expressão [4], obtém-se imediatamente o número N de estrelas visíveis a olho nu *na totalidade da esfera celeste* (ângulo sólido $\Omega_1 = 4\pi$ sr)

$$\frac{n_{méd}}{N} = \frac{R^2}{4L^2}, \text{ e portanto } N = \frac{4L^2 n_{méd}}{R^2}, \qquad [5]$$

Concretizando, admitamos que o observador utiliza um tubo com $L = 40{,}0$ cm e $R = 3{,}0$ cm, num bom local de observação, obtendo, por exemplo, $n_{méd} = 8{,}1$. Utilizando a expressão [5] chegamos facilmente a

$$N = \frac{4 \times 40^2 \times 8{,}1}{3^2} = 5{,}8 \times 10^3 \text{ estrelas.}$$

Estando à superfície da Terra, só poderemos ver, como é óbvio, metade da esfera celeste (num dado momento). Estarão assim, em termos médios, $N/2$, ou seja, cerca de $2{,}9 \times 10^3$ estrelas acessíveis a olho nu, *caso não consideremos* a absorção da luz estelar ao atravessar a atmosfera terrestre. Porém, esta absorção é tanto maior quanto maior for o percurso dos raios luminosos através da atmosfera terrestre (Fig.4).

4. A influência da atmosfera terrestre

Na Fig. 4 pode ver-se que, supondo um modelo de atmosfera simplificado (de espessura perfeitamente delimitada e índice de refracção decrescente com a altitude), o percurso do raio luminoso 1, através da atmosfera, é muito mais curto que o do raio 2, e este é, por sua vez, mais curto que o 3. Nestas condições, a absorção da luz estelar pela atmosfera é mínima na vizinhança do zénite (caso do raio 1) e máxima para os astros que se encontram a pouca altura, junto ao horizonte.

Assim sendo, é compreensível que a luz das estrelas mais chegadas ao horizonte seja mais absorvida do que a das que estão a maior altura. Verifica-se também que uma dada estrela, pouco depois de despontar no horizonte, aparenta (devido à absorção atmosférica) menor brilho do que, mais tarde, quando está a maior altura. Em particular, uma estrela visível com dificuldade na vizinhança do zénite (caso 1) será completamente invisível a olho nu se se encontrar, digamos, a 8º de altura. Deste modo, a Fig. 4 justifica a razão pela qual, embora nas condições anteriormente referidas fosse admissível que se vissem a olho nu 2900 estrelas, na realidade esse número é menor: na proximidade do horizonte muitas estrelas *que* *seriam detectáveis*, se estivessem mais altas, deixam de ser visíveis devido à absorção atmosférica. Tendo em conta este efeito, o número de estrelas observáveis a olho nu, de um dado local e num dado momento, é apenas 70% do valor $N/2$ que seria de esperar se não houvesse absorção atmosférica: neste caso seriam apenas cerca de 2000 estrelas.

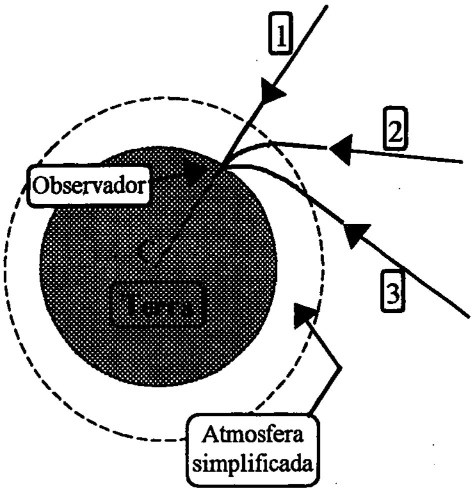

Fig. 4

É interessante e instrutivo fazer a experiência no local onde o observador se encontra, quer esse local seja bom, medíocre ou excepcional. Se $n_{\text{méd}}$ for, por exemplo 1,7 (um local de observação francamente mau), a equação [5] dá para N o valor $1{,}2 \times 10^3$, conduzindo a cerca de 420 estrelas visíveis num dado momento, sem instrumentos de óptica (já contando com a absorção atmosférica). Mesmo num local excepcional (ausência de poluições, ar seco e grande altitude), no caso de um observador treinado e com excelente visão, um valor de $n_{\text{méd}}$ de ordem de 11,0 conduz a $N = 7{,}8 \times 10^3$ estrelas. Nestas condições verdadeiramente excepcionais, o observador verá então, num dado momento e na melhor das hipóteses, umas 2700 estrelas, já contando com a absorção atmosférica.

Na realidade, num dado momento podemos ver um pouco mais de metade da esfera celeste, pois a refracção atmosférica eleva a altura dos astros, fenómeno evidenciado na Fig. 4 de uma forma muito exagerada. A Fig. 5 mostra, sem escala, a marcha de um raio luminoso emitido pela estrela S_1, atingindo o observador em O. Se não existisse atmosfera, a estrela seria vista a uma altura h_1 (AO e S_1B são direcções paralelas, como é óbvio). Devido à refracção atmosférica, para o observador tudo se passa como se o astro estivesse na posição S_2, sendo visto a uma altura $h_2 > h_1$. A elevação aparente (Δh) do astro é a diferença $h_2 - h_1$ e é tanto menor quanto maior for a altura deste. Por esta razão, devido à refracção da luz na atmosfera, um astro aparenta estar mais alto do que

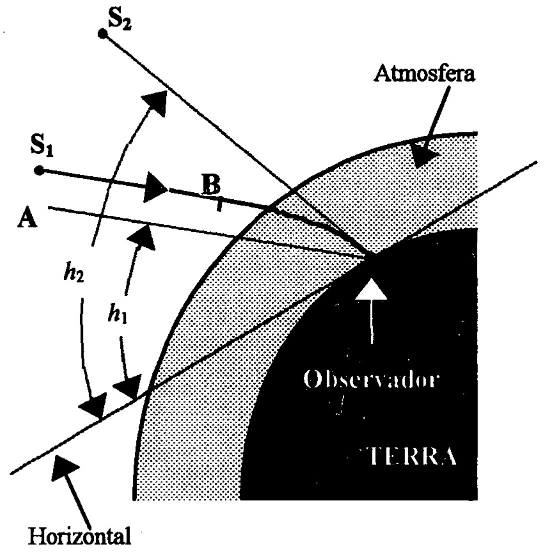

Fig. 5

aquilo que seria observado se a Terra não tivesse atmosfera. Este efeito é máximo na vizinhança do horizonte e diminui gradualmente com a altura, até se anular no zénite. No entanto, mesmo na situação de máximo efeito, a elevação aparente dos astros é apenas de 0,57°. Deste modo, o pequeno acréscimo da extensão da esfera celeste observável, proporcionado por esta refracção, tem uma contribuição praticamente desprezável *para* a determinação do número de estrelas observáveis a olho nu. Essa escassa contribuição é ainda contrariada pela forte absorção da luz das estrelas que se encontram pouco elevadas sobre o horizonte.

4. Conclusão

O processo utilizado é relativamente simples e não requer equipamento especial. Com ele, os alunos de uma escola secundária, ou de um clube de Astronomia, podem obter uma estimativa bastante satisfatória do número de estrelas observáveis a olho nu, num dado momento e de um dado local.

Com base nas considerações anteriores vemos que o senso comum e a tradição popular são grandemente exagerados, mesmo no caso dos melhores locais de observação. Esta conclusão, inesperada e desconcertante para muitas pessoas, não faz perder, contudo, a extraordinária beleza e encanto do céu nocturno.

Guilherme de Almeida é licenciado em Física e professor do Ensino Secundário, tendo incluído a Astronomia na sua formação académica. Autor de obras sobre iniciação à Astronomia e observações astronómicas, assinou diversos artigos e realizou numerosas acções de formação para professores. É formador do programa FOCO para as áreas de Astronomia e Física.