
A TERRA E O HOMEM NO UNIVERSO

*Silvia Helena Becker Livi
Depto. de Astronomia
Instituto de Física – UFRGS
Porto Alegre – RS*

I. Introdução

O título desta conferência foi dado por Camille Flammarion, que apresentou, em 1903, na Sociedade Astronômica da França, uma refutação à tese do naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913) “*de que o Sol estaria no centro da Via Látea, que a Via Látea representaria o Universo inteiro, que o Sol não teria outra função que iluminar e fecundar a Terra e que nosso planeta é o único habitado*”.⁽¹⁾

Infelizmente não tivemos acesso ao original de Wallace⁽²⁾, nem ao seu livro sobre o tema⁽³⁾. Entretanto, Flammarion ordena sua discussão conforme o artigo a refutar, possibilitando que acompanhem passo a passo suas idéias.

A tese de Wallace foi apresentada em cinco seções:

1º Será infinito o número de estrelas?

2º A distribuição das estrelas no espaço.

3º A Via Látea.

4º Nosso aglomerado de estrelas.

5º A adaptação da Terra para a vida.

Será instrutivo seguir de perto as justificativas de Flammarion, que serão citadas entre aspas, sem referência, como fizemos acima. Em seguida, serão cotejados as evidências observacionais e os modelos da época com os atuais. Mas antes de atingir 1903, pretendemos apresentar como a idéia de Universo foi evoluindo na concepção humana.

II. Concepções anteriores

A visão do céu estrelado, por si só, é fascinante. A posição do Sol e das estrelas visíveis sempre serviram de referência; sua relação com as estações do

ano deve ter sido reconhecida em tempos remotos. O aparecimento das estrelas Sotis (Sirius), pouco antes do nascer do Sol, após longo período de invisibilidade, indicava para os egípcios que a época de inundações do Nilo estava iniciando⁽⁴⁾. À medida que se estabeleceram conexões entre os eventos ocorridos na Terra e os astros, foram criados diversos mitos. O Sol, acalentador da vida na Terra, tornou-se deus dominante em diversas civilizações. A confirmação de previsões baseadas nos astros, tais como a relação das marés com as fases da Lua, reforçou as concepções de que os deuses usavam o céu para dar avisos aos homens. Muitos dos primeiros astrônomos eram sacerdotes encarregados de elaborar calendários para uso civil e religioso.

Os planetas eram identificados por serem “astros errantes” bastante brilhantes e facilmente reconhecíveis devido a seu movimento em relação ao panorama das estrelas fixas. Consideravam-se planetas a Lua e o Sol, além de Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. A Terra, habitat do homem, parece ser o centro da abóbada das estrelas, que gira com movimento incrivelmente regular. O comportamento dos corpos na Terra parece totalmente diferente, pois mesmo o complicado movimento dos planetas, que em algumas épocas revertem de sentido, mostra grande regularidade. Essa regularidade foi fator importante para que a Astronomia fosse a primeira ciência a se desenvolver.

III. A forma da Terra

A Terra parece plana, sendo considerada de natureza distinta da dos astros, não estando incluída entre os planetas. Entretanto, os povos que se deslocavam por grandes distâncias não encontraram qualquer limite e, quando se afastavam muito do Pólo, viam outras constelações além do horizonte, que novamente desapareciam abaixo do horizonte em seu retorno. Copérnico (1473-1543) vivia em regiões nórdicas, deduzindo a forma da Terra a partir de fatos há muito conhecidos:

Para povos que viajam de qualquer lugar para o norte, o pólo norte da revolução diurna sobe gradualmente, enquanto o pólo sul desce por igual valor. A maior parte das estrelas da vizinhança da constelação da Grande Ursa parece não mais se pôr e no Sul algumas estrelas parecem não mais se levantar. Portanto a Itália não vê Canopus que é visível para os egípcios. A Itália vê a estrela mais externa da constelação do Rio, que é desconhecida para nós, de uma zona mais fria. Por

outro lado, para povos que viajam para o Sul, essas estrelas levantam mais alto no horizonte, enquanto as estrelas que são altas para nós ficam mais baixas. Logo é evidente que a Terra está incluída entre os pólos e é esférica. Devemos também acrescentar que os habitantes do Leste não vêem eclipses lunares e solares que ocorrem ao entardecer, e povos que moram no Oeste não vêem as que ocorrem ao amanhecer, enquanto os que moram entre eles vêem as primeiras mais tarde e a últimas mais cedo.^(5,6)

Os astros forneceram, além desses, outros indícios da redondeza da Terra, que haviam sido reconhecidos pelos gregos, como a forma de sua sombra durante os eclipses da Lua⁽⁷⁾. Copérnico usou também argumentos físicos e filosóficos, pois antes do trecho acima especulara sobre a forma do Universo:

Inicialmente, asseveramos que o Universo é esférico; porque sua forma, sendo um todo completo e não necessitando de juntas, é a mais perfeita de todas; porque ele constitui a forma mais espaçosa, que é a mais apropriada para conter e reter todas as coisas e também porque todas as partes discretas do mundo, como o Sol, a Lua e os planetas aparecem como esferas; e porque todas as coisas tendem a assumir a forma esférica, um fato aparente em uma gota de água e em outros corpos fluidos, quando sob sua própria influência eles se limitam. Portanto ninguém duvidará que essa forma é natural para os corpos celestes. E continuava: Que a Terra também é esférica está acima de dúvida, pois ela pressiona de todos os lados para seu centro.^(5,6)

Copérnico estava seguindo a tradição dos gregos de estabelecer e quantificar as relações entre os corpos celestes. Aristarco de Samos, observando o movimento e as fases da Lua e reconhecendo que elas são decorrentes da iluminação do Sol e da geometria do sistema, inferiu distâncias e tamanhos do Sol e da Lua. Esse e outros modelos podem ser explorados como recurso didático.⁽⁸⁾ Eratóstenes infere o valor do raio da Terra a partir de informações sobre a sombra projetada no dia do solstício de verão, porque soube que o Sol ficava exatamente a pino (no zênite) nos poços de Siena, e mediu no mesmo dia o ângulo de sombra mínima em um obelisco de Alexandria.⁽⁹⁾ Podemos, com recursos simples, repetir essas medidas.^(10,11) As latitudes (norte) de Siena e de Alexandria correspondem

aproximadamente às latitudes (sul) de São Paulo e Porto Alegre. Cabe aqui um importante reparo: o fato de a sombra do Sol ser diferente em Alexandria e em Siena tanto pode ser devido à curvatura da Terra como ao não paralelismo dos raios do Sol. As ilustrações dos livros usualmente não respeitam as verdadeiras proporções, sendo comuns os desenhos que apresentam Terra e Sol de tamanhos semelhantes e muito próximos, com espaçamento incompatível com o tamanho angular do Sol no céu. Desse modo, os raios provenientes do Sol não podem ser considerados paralelos e o método de Eratóstenes não se aplica. Esse grave defeito ocorre na Fig.1⁽¹²⁾ e raramente é percebido pelos alunos. Aristarco já havia mostrado que o Sol deveria estar cerca de 20 vezes além da Lua; Eratóstenes considerou que os raios luminosos provenientes do Sol eram praticamente paralelos. Como foram feitas várias inferências com os dados observacionais, elas não devem ser consideradas “prova”, pois poderiam ser compatíveis com outros modelos em que a Terra não seria esférica, o que aliás ocorre. Se forem feitas medidas precisas em vários lugares, mediremos raios diferentes, mostrando que a Terra é achatada.

IV. Distâncias dos astros

Os gregos usaram métodos engenhosos para obter as distâncias dos astros e procuraram aprimorar suas medidas.

Aristarco de Samos calcula que a abóbada estrelada esteja 369 vezes mais longe de nós do que o Sol, distância que, um século mais tarde, Hiparco vai aumentar para 1200 vezes. O que dá para Aristarco 124 000 raios terrestres e 413 000 para Hiparco.⁽¹³⁾

Arquimedes, no “*The sand-reckoner*” (O contador de areia), tentando mostrar “por meio de provas geométricas” que pode representar um número maior que o de grãos de areia que caberiam em todo Universo, discute os conceitos e valores numéricos aceitos na época. Segundo ele, “universo” é o nome dado pela maioria dos astrônomos à esfera cujo centro é o centro da Terra e cujo raio é igual à linha reta entre o centro do Sol e o centro da Terra.

Mas Aristarco de Samos criou um livro contendo de algumas hipóteses, no qual as premissas levam ao resultado de que o universo é muito maior do que o agora nomeado. Suas hipóteses são que as estrelas fixas e o Sol permanecem sem

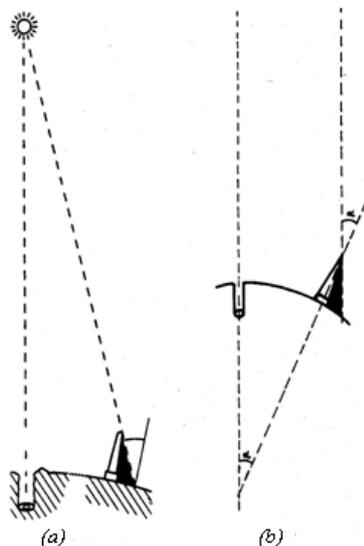


Fig. 1- (a) Ilustração errônea do método de Eratóstenes encontrada na pág. 125 da ref. 12. No desenho, o Sol é muito menor que a Terra e seus raios não incidem paralelamente. Nesse esquema, mesmo que a Terra fosse plana, a sombra poderia ser diferente nos dois lugares. (b) Método de Eratóstenes: A diferença de ângulo entre a sombra em dois lugares foi atribuída ao não paralelismo da vertical nos lugares devido à redondeza da Terra, sendo os raios solares considerados paralelos. Desse modo, o ângulo entre os raios solares e a vertical do lugar (α na figura) seria igual ao ângulo entre essas verticais e, sabendo-se a distância entre os lugares que deveriam ficar no mesmo meridiano, seria possível determinar o raio da Terra.

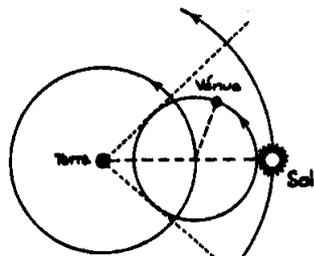
movimento, que a Terra gira em torno do Sol em uma circunferência, o Sol ficando no meio da órbita; a esfera das estrelas fixas, situada aproximadamente no mesmo centro que o Sol, é tão grande que o círculo em que ele supõe que a Terra gira tem tal proporção com a distância das estrelas fixas como o centro da esfera com a sua superfície. Atualmente, é fácil ver que isso é impossível pois, como o centro da esfera não tem magnitude, não podemos conceber que ele mantenha qualquer razão com a superfície da esfera. Entretanto, devemos

considerar o que Aristarco pretende dizer com isso: como concebemos a Terra como sendo o centro do universo, a razão que a Terra mantém com o que descrevemos como “universo” é a mesma que a esfera que contém o círculo em que ele supõe a Terra girar mantém com a esfera das estrelas fixas.⁽¹⁴⁾

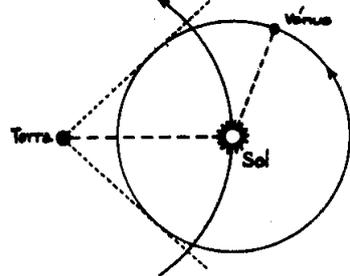
A distância das estrelas fixas tem que ser extremamente grande comparada com a órbita da Terra para o movimento aparente devido ao deslocamento da Terra não ser visto. Tycho Brahe tentou medi-lo e seu fracasso levou-o a desistir de um sistema heliocêntrico, pois implicaria em uma distância de pelo menos 1,4 milhões de raios terrestres. Tycho optou por um sistema intermediário.⁽¹⁵⁾ “Galileu adotou 13 milhões de raios terrestres; Kepler, 34 e, mais tarde, 60 milhões.”⁽¹³⁾ Mesmo com a capacidade instrumental do telescópio, que forneceu a Galileu tantas evidências observacionais do sistema heliocêntrico, o deslocamento aparente das estrelas (paralaxe estelar) continuou escapando à detecção até 1838. Entretanto, outro efeito do movimento da Terra, a aberração estelar⁽¹⁶⁾, foi descoberto por Bradley em 1728.⁽¹⁷⁾

Como estamos discutindo o papel da História da Ciência no ensino de Física, é importante ilustrar as evidências observacionais que Galileu soube apresentar de modo tão convincente: veja a versão “manipulador de idéias”⁽¹⁸⁾. Galileu descobriu as fases de Vênus (Fig.2), que não podem ser explicadas no sistema de Ptolomeu, e os satélites de Júpiter (ilustrações da ref. 11, pág. 79):

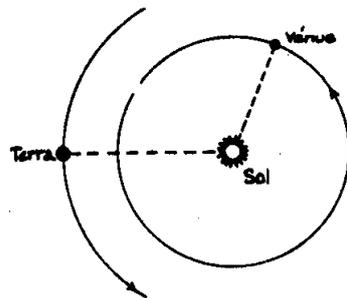
Temos aqui um argumento notável e ótimo para eliminar as dúvidas daqueles que, aceitando com tranqüilidade o sistema copernicano, se sentem contudo perturbados pelo movimento apenas da Lua em torno da Terra, enquanto ambas descrevem uma órbita anual em torno do Sol, até o ponto de considerar que se deve rechaçar por ser impossível esta ordenação do universo. Com efeito, agora temos não mais um planeta girando em torno de outro enquanto ambos percorrem uma órbita em torno do Sol, mas certamente quatro estrelas que, como a Lua ao redor da Terra, se oferecem aos nossos sentidos errando em torno de Júpiter, enquanto todos eles percorrem junto com Júpiter, enquanto todos eles percorrem junto com Júpiter uma grande órbita em torno do Sol no lapso de doze anos⁽¹⁹⁾.



*Esquema de Ptolomeu:
Vênus fica em um
epiciclo que deve ser
alinhado com o Sol*



*Esquema de Tycho
Brahe: Vênus (e
Mercúrio) giram em
torno do Sol, mas esse
se move em torno da
Terra.*



*Esquema de Copérnico:
todos os planetas giram
em torno do Sol.*

Fig. 2- Vênus, vista da Terra, nunca se afasta muito do Sol; o esquema de Ptolomeu não mostra as fases da Fig.3 observadas por Galileu (ref. 11).

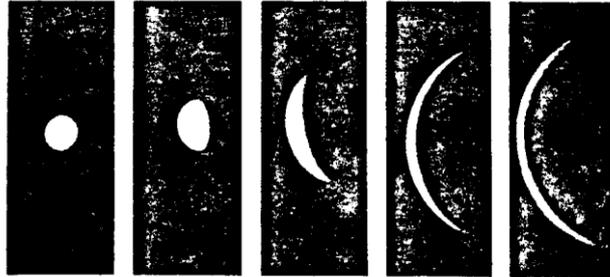


Fig. 3- Fotografias de várias fases de Vênus tiradas com a mesma ampliação (ref. 11, pág. 79).

Galileu também foi o primeiro a reconhecer o caráter estelar da Via Látea, descobrindo enorme quantidade de estrelas invisíveis a olho nu: “*se observa aquela brancura látea como nuvem esbranquiçada; se o óculo for dirigido para qualquer uma delas, toparemos com um assembléia de estrelas*”⁽¹⁹⁾ (p. 55). Mas, o conceito de “esfera de estrelas fixas” já tinha sido posto em dúvida por Leonard e Thomas Digges que, além da teoria, publicaram, em 1576, no “Prognóstico Eterno”, uma ilustração na qual as estrelas estavam distribuídas uniformemente no espaço⁽²⁰⁾. A partir de então, cabe o questionamento sobre a possibilidade de o número de estrelas ser infinito e o Sol ser uma estrela, como Giordano Bruno (1548-1600) defendeu⁽²¹⁾. Koyré compara as idéias de Digges, para quem o céu das estrelas está povoado de anjos, com as de Bruno, a quem atribui maior influência na concepção do mundo do século XVII⁽²²⁾. O desenho de Digges (figura da ref. 20, pág. 56) é antes um esquema que um modelo: a escala é claramente desproporcional. Os valores relativos das distâncias dos planetas foram obtidos por Copérnico, que continuou usando epiciclos para ajustar as órbitas. O fato de que Mercúrio e Vênus sempre são vistos perto do Sol (ao anoitecer ou ao amanhecer) tem explicação simples no sistema heliocêntrico: suas órbitas são internas à da Terra. Essa especial geometria torna extremamente simples construir um modelo em escala, de forma didática⁽²³⁾. Kepler, com base no sistema de Copérnico e nos dados de Tycho Brahe, obteve as proporções e os períodos das órbitas dos planetas que permitiram que descobrisse suas famosas leis.

Embora (em virtude das peculiaridades de nosso sistema educacional) seja possível que alguém jamais tenha ouvido falar das leis de Kepler, o seu pensamento, à revelia dele, foi

estruturado por elas; constituem o fundamento invisível de um edifício inteiro de pensamento.⁽²⁴⁾

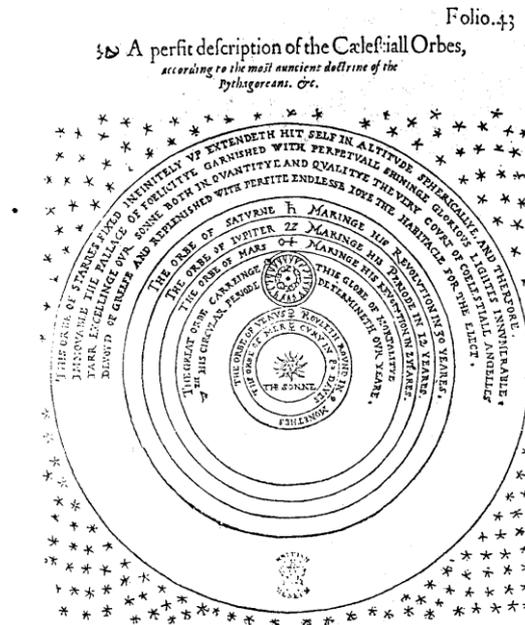


Fig. 4- Figura apresentada por Digges em 1576, sugerindo uma distribuição de estrelas até o infinito (ref. 20, pág. 56).

Como se ignorava as distâncias entre os planetas, os valores absolutos do sistema solar permaneciam desconhecidos.

Parece que a primeira pessoa enviada em viagem para realizar medições astronômicas definidas foi Jean Richer, que seguiu para Cayenne, na Guiana Francesa, em 1672-1673, sob os auspícios de Colbert, famoso ministro de Luis XIV, a fim de “fazer observações astronômicas de utilidade para a navegação (...), movimentos do Sol, dos planetas, refração e paralaxe”. Das distâncias relativas conhecidas, essas observações deduziriam as distâncias absolutas, sendo o mais impressionante dos dados de Richer a revelação do enorme

tamanho do Sol e dos planetas maiores, bem como as próprias dimensões do Sistema Solar: escolheram até as raias da insignificância a Terra e o Homem⁽²⁵⁾.

“Até o início do século XVIII, a Astronomia esteve primariamente dedicada a um único e grandioso problema, o plano do Sistema Solar”⁽²⁶⁾. Entretanto, William Herschel (1738-1822), que se tornou famoso por ter descoberto o planeta Urano, dobrando o tamanho do Sistema Solar, foi o grande desbravador da Via Látea⁽²⁷⁾.

V. 1903: Revendo a tese da Terra no centro do Universo

Em 1903, Alfred Russel Wallace, *“um dos criadores da teoria da evolução, já é há muito célebre”*. Wallace concebera independentemente a teoria da evolução, tendo enviado seu ensaio a Darwin, que nele reconheceu um excelente resumo para a teoria que vinha desenvolvendo. O trabalho conjunto de Darwin e Wallace foi lido perante a sociedade Lineana de Londres, a 1º de julho de 1858, e depois publicado^(28,29). Flammarion salienta que vai se ater ao exame das asserções *“do ponto de vista de sua exatidão astronômica, de sua interpretação fisiológica e de seu valor filosófico”*, embora reconheça que o estudo não seja puramente científico, mas também teológico. Para facilitar a organização e compreensão dos argumentos, vamos seguir a mesma seqüência:

1) Será infinito o número de estrelas?

Em primeiro lugar é importante não confundir o espaço absoluto com o Universo. Parece-me que não podemos não considerar o espaço absoluto como sem fronteiras, ilimitado, infinito, porque, se nossa imaginação supuser uma fronteira nesse espaço, ela se evidenciaria por si mesma. Note-se a semelhança com o trecho de Copérnico citado anteriormente.

Podemos concordar com o Sr. Wallace que o número de estrelas não é infinito (este substantivo e este adjetivo são deveras contraditórios), mas não podemos concordar com ele que esteja demonstrado que o Universo inteiro esteja representado pelo número de estrelas conhecidas ou a conhecer pelo homem. Pode existir um número considerável de astros eternamente invisíveis, seja devido à imensidão de suas distâncias, seja porque

a radiação emitida por esses astros esteja fora da gama acessível às impressões de nossa retina.

Pode ocorrer também que o número de sóis apagados seja consideravelmente maior que o número de sóis luminosos. Nós já conhecemos os eclipses das estrelas, como testemunham Algol e sistemas desse tipo.

Pretendeu-se que, se o número de estrelas fosse infinito, o céu inteiro deveria brilhar com a claridade esplandecente do Sol, fundamentando-se sobre o fato que as esferas concêntricas que podemos imaginar em torno de nós crescem com o quadrado de seus raios, enquanto a quantidade de luz enviada por cada estrela diminui segundo a mesma lei, donde o resultado que, se o número de estrelas fosse infinito, o céu inteiro deveria ser pleno de luz, igual ao Sol em intensidade luminosa. Mas ninguém nos prova que a luz das estrelas não sofre qualquer extinção com a distância nem diminui com a distância mais depressa que seu quadrado. Halley, Chéseau, Olbers, W. Struve, que atacaram o problema, não o resolveram. O espaço pode não ser absolutamente transparente. Não está cheio de substâncias diversas, corpúsculos meteóricos, nebulosidades variadas? Será a matéria nebulosa necessariamente luminosa? Não, sem dúvida, e a nebulosidade gradualmente iluminada da estrela de Perseu parece uma prova. A estrela de Perseu é a Nova Persei, que erupcionou em 22 de fevereiro de 1901: o aumento da área luminosa foi tão rápido que se concluiu ser devido a uma onda de iluminação propagando-se em nebulosidade pré-existente: o material ejetado pela estrela só apareceu anos depois⁽²⁹⁾.

No trecho acima, Flammarion mostra-se a favor de um Universo imensamente maior que o descortinado até então, aventando a possibilidade de ocorrerem diversos fenômenos que foram confirmados mais tarde: a extinção da luz proveniente das estrelas devido à absorção por poeira interestrelar e a existência de objetos que irradiam predominantemente fora da faixa visível. Esses fenômenos, embora causem a extinção da luz e impeçam que tenhamos uma visão completa da Via Láctea, não resolvem o problema de o céu ser escuro (paradoxo de Olbers). Hoje entendemos que, em um universo infinito, seria enorme a quantidade de energia que incidiria nesses objetos escuros e seria absorvida, aumentando sua tempera-

tura e os fazendo irradiar. Algumas das nebulosas brilhantes da Via Láctea são nuvens gasosas aquecidas e ionizadas por estrelas azuis muito luminosas da vizinhança. Se o Universo existisse há muito tempo, já se teria estabelecido equilíbrio e a energia absorvida deveria ser igual à irradiada. Corpos opacos, portanto, não tornariam o céu escuro em um Universo infinito e eterno.

O paradoxo de Olbers só teve uma explicação satisfatória após a descoberta da recessão das galáxias, que favoreceu a teoria do Universo em expansão.

2) A distribuição das estrelas no espaço

Flammarion critica o método usado por Wallace para inferir distâncias, baseado no brilho das estrelas. “*Não é o brilho das estrelas que indica suas distâncias. As mais brilhantes não são as mais próximas. São os movimentos próprios que fornecem a melhor indicação, os mais rápidos assinalando as estrelas mais próximas...*” Movimento próprio é o deslocamento angular da estrela no céu e depende apenas da componente transversal de sua velocidade e da distância, sendo maior para estrelas próximas. O brilho aparente de uma estrela depende da distância e de sua luminosidade intrínseca. Flammarion reconhecia que a enorme diversidade na luminosidade intrínseca das estrelas afetava severamente a obtenção de distâncias a partir do brilho aparente.

Pouquíssimas estrelas tinham paralaxe medida, portanto esse método não se aplicava para pesquisar a forma e a estrutura do Universo. A situação era oposta a que ocorrera no Sistema Solar, quando as proporções eram conhecidas e as distâncias ignoradas. Ainda assim, a insignificância do lugar do homem no Universo fora ainda mais corroborada.

A mais próxima das estrelas está tão afastada, que a distância da Terra ao Sol, vista desta estrela, subentende um ângulo inferior a um segundo arco (cerca de sete décimos). Nos daremos conta dessa exigüidade se pensarmos que a letra aqui mostrada, afastada por um quilômetro e meio, subentende um ângulo de aproximadamente um décimo de segundo. Essa é a ordem de grandeza aparente que nos oferece os movimentos em perspectiva das estrelas próximas causados pelo deslocamento anual da Terra ao redor do Sol.

3) A Via Láctea

Este cinto estrelado faz a volta ao redor do mundo e, se a Terra fosse transparente, nós o veríamos sob nossos pés, tanto como acima de nossas cabeças.

Desenha um grande círculo sobre a esfera celeste, inclinado a 63 graus da eclíptica e se aproxima do pólo norte e do pólo sul. (Os pólos referidos são os pólos celestes; esse e os outros conceitos astronômicos aqui citados estão explicados na ref. 31.) “Notamos sua divisão em dois ramos, do Cisne ao Escorpião (...) as estrelas de todas as ordens de brilho são mais numerosas na Via Látea e em sua vizinhança. Os dois pólos da Via Látea são as regiões onde há menos estrelas.

Desses fatos o Sr. Wallace conclui, junto com inúmeros astrônomos, por outro lado, que a Via Látea é uma vasta aglomeração anular de estrelas e que nós estamos situados perto do centro de tal aglomeração. Sir John Herschell, que fez um estudo completo no Cabo da Boa Esperança, bem como na Inglaterra, pensa que estamos mais perto do lado austral que do lado boreal, porque o lado austral é mais brilhante e dá uma impressão de maior proximidade. Mas isso pode ser uma ilusão, porque a Via Látea é bastante irregular e as partes vizinhas do pólo norte e do pólo sul são ambas estreitas comparadas com as partes situadas a 90°. William Struve chegou à conclusão contrária”. John Herschell (1792-1871), filho de William Herschell, procurou completar o trabalho do pai. Note que, com as mesmas observações básicas, o modelo anular usado por John Herschell o leva a concluir que a galáxia se estende menos do lado austral, enquanto um modelo de disco, em que maior brilho corresponde a maior extensão de estrelas, levaria ao oposto.

Wallace, que ficara impressionado com a privilegiada posição do Sol e concluía que devia haver “alguma conexão causal entre nosso sistema e a Galáxia”, afirmou que nenhum astrônomo se impressionara com esse fato extraordinário, ao que Flammarion replica com uma série de citações:

*Em 1620, Kepler se exprimiu como segue no seu Epitome:
O Sol com seu sistema está situado em um lugar particular e notável do Universo, em relação às demais partes das estrelas fixas: ele está perto do centro do anel estelar que forma a Via Látea. Esta posição está indicada pelo fato que a Via Látea apresenta aproximadamente o aspecto de um grande círculo.*

*Em 1755, Kant escreve no seu Histoire Naturelle du Ciel:
As regiões não compreendidas pelo traço esbranquiçado da Via Látea são tanto mais ricas em estrelas quanto mais se aproximam do meio mesmo do traço; a maior parte das estrelas visíveis a olho nu está confinada em uma zona pouco larga da qual a Via Látea ocupa o meio.*

Em 1761, Lambert escreve em suas Lettres Cosmologiques: Nosso Sol é uma estrela que pertence a um grande aglomerado esférico formado pela totalidade das estrelas dispersas em todas as direções da abóbada celeste. Este aglomerado, assim como os outros, forma em seu conjunto o aspecto da Via Látea, de forma não esférica, mas oblonga ou discóide com um diâmetro incomparavelmente maior que sua espessura. Nós não estamos totalmente no centro, mas do lado de Sirius...”

Verificamos que essa idéia estava expressa nos tratados de 1876: “O Sol, com os planetas que o acompanham, se encontra situado aproximadamente no centro deste disco e no meio de sua espessura”⁽³²⁾.

Flammarion também analisa o trabalho de William Herschel:

*As primeiras investigações reais sobre a extensão e o arranjo da Via Látea são devidas ao gênio e a perseverança do grande observador William Herschell. Começadas em 1784 e continuadas até sua morte, em 1822, suas publicações sobre esse importante assunto, inseridas nas **Phylosophical Transactions** da Sociedade Real de Londres, mostram mudanças de visão consideráveis, devido ao progresso de suas descobertas. (...) em 1784 o ilustre astrônomo admite que as estrelas são de igual tamanho e igualmente distantes entre si. Nessa concepção o número de estrelas que podemos contar em um campo telescópico corresponde à extensão do raio visual. ...A Fig.5, publicada no Transactions de 1784, mostra nosso aglomerado de estrelas... Essa era a idéia de Thomas Whright (*The Theory of the Universe*, London, 1750), na qual Kant baseou sua teoria.*

O grande observador não tardou em abandonar essa primeira teoria ... em 1785 apresenta, em uma segunda Memória, a Fig. 96, de forma oblonga e bifurcada, onde S mostra a posição do Sol. ... Uma das qualidades de Herschel é de não se obstinar com qualquer opinião preconcebida. Em 1796 começa a abandonar a hipótese de distribuição uniforme das estrelas. Em 1802 escreve: estou persuadido que a Via Látea está composta de estrelas distribuídas de modo bem distinto da de nosso entorno. Em 1817 escreve: Minhas amostras indicam muitas condensações. Elas mostram a riqueza das diversas regiões do céu.

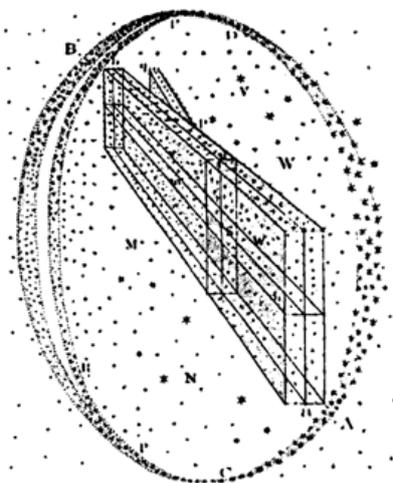


Fig. 5- Primeiro esquema de William Herschel (1784) (Fig. 95 da ref. 1).



Fig. 6- Segundo esquema de William Herschel (1785) (ref. 1, pág. 96).

4) Nosso aglomerado de estrelas

As estrelas cujas distâncias são conhecidas, isto é, as mais próximas, são vistas em todas as direções. Segundo as pesquisas do Sr. Kapteyn, de Groningen, este fato indica que essas estrelas formam um aglomerado globular quase concêntrico com a Via Látea. Nosso Sol será uma estrela desse aglomerado.

Flammarion continua, referindo-se a Wallace:

A nova Astronomia, diz ele, estabelece que nosso Sol é um dos astros centrais de um aglomerado de estrelas globular e esse aglomerado de estrelas ocupa um lugar bastante central no

plano da Via Látea. Nós estamos então no centro de todo o Universo.

Não devemos confundir essa aglomeração com os aglomerados globulares visíveis no céu, com telescópio, que são muito compactos e contêm milhões de estrelas. Foi com base na distribuição dos aglomerados globulares, que ocorrem preferencialmente na direção da constelação do Sagitário, que Harlow Shapley inferiu que o centro da galáxia deveria estar bastante deslocado nessa direção, supondo que esses aglomerados estariam distribuídos simetricamente ao redor da galáxia.

Em 1914, Arthur S. Eddington, que viria a ser o maior dos astrônomos matemáticos da Inglaterra, comentava a visão antropocêntrica do Universo: “*Como uma reação natural às visões geocêntricas da Idade Média, nós somos aversos a situar a Terra no eixo do universo estelar, mesmo que essa distinção seja partilhada por milhares de outros corpos*”. Quem pensava como Eddington ficou avaliado quando o centro da Via Látea foi colocado a uma considerável distância do Sol e quando as nebulosas espirais foram interpretadas como galáxias semelhantes a nossa (ref. 30, p. 199). Shapley desconsiderara efeitos de absorção da luz e calibrara as distâncias dos aglomerados globulares usando estrelas variáveis cefeidas das vizinhanças do Sol e das Nuvens de Magalhães, sugerindo um diâmetro de 300 000 anos luz para a Galáxia. Como a distância das nebulosas espirais era menor, Shapley entendeu que elas seriam objetos da nossa Galáxia: nisso ele estava errado.

5) A adaptação da Terra para a vida

O último ponto da argumentação de Wallace será que o nosso planeta é o único habitável. “*Segundo ele, para um mundo ser habitado é necessário não apenas que seja análogo, mas idêntico ao que nós habitamos:*

1º) Distância do Sol conveniente para a temperatura do solo, a evaporação da água do mar, as nuvens e as chuvas;

2º) Uma atmosfera extensa e com densidade suficiente para a circulação geral como aqui;

3º) Os mares e as marés, portanto a Lua para as produzir. Sem marés não haveria seres superiores;

4º) Que os mares sejam bastante profundos e que a quantidade de água represente treze vezes a do relevo do solo;

5º) Enfim, a poeira. Sem poeira, nenhuma nuvem de chuva. Os desertos seriam igualmente necessários, do mesmo modo que os vulcões, para repartir a

poeira na atmosfera e permitir a cada molécula de vapor de água que se condense em torno de um pequeno grão.

Sendo supostas essas cinco condições inescapáveis, sabemos que o Sr. Wallace não encontrará facilmente outro mundo igual ao nosso. Em nosso sistema solar, a Terra é a única à distância conveniente, evidentemente. Os outros planetas estão muito perto ou muito longe do Sol. ...Os argumentos do Sr. Wallace são mais ou menos originais, mas seu raciocínio é velho como o mundo e sempre o mesmo: ou nos assemelhar ou não existir. Esses singulares biólogos não concebem a vida além da identidade. ...Nós pensamos, nós escrevemos que Deus criou o homem à sua imagem! A vaidade natural, um pouco ajudada, acreditou. E logo que o homem resolveu representar Deus, ninguém pode imaginar melhor que lhe dar o retorno e o fazer um homem. Um filósofo grego ajuntou, por outro lado, que se os bois pudessem ter uma idéia de Deus, eles o considerariam, evidentemente, eles também, como um ser semelhante a eles, como um grande boi”.

Após criticar Wallace, remata:

“Não senhores, a variedade é infinita no campo das estrelas, como nas pradarias da Terra”.

Em uma publicação de 1989, podemos ler: *“não sabemos sequer se é legítimo imaginar outras formas de vida que aquelas que populam a Terra”*⁽³³⁾. Embora a vida no Universo seja tema de investigação científica e a ela se tenha dedicado muitos colóquios e publicações nos últimos anos, nenhum sinal de vida foi detectado até agora. Apesar disso, ainda parece válida a conclusão de Flammarion:

O resultado desse exame, ao qual vos agradeço me terem seguido com tanta benevolência, é que nosso planeta não tem qualquer superioridade marcante em nosso sistema solar; que nosso Sol não ocupa qualquer lugar preponderante na aglomeração de milhões e milhões de sóis que constituem nosso universo sideral, que esse universo sideral, seja qual for sua imensidão, não é mais que um ponto no seio do infinito sem bornes, que não há qualquer razão para que milhares de outros universos não existam, mais vastos e mais maravilhosos que aquele que conhecemos e que todas as nossas concepções sobre a vida, sobre a natureza, sobre o espaço e sobre a eternidade nada mais são que impressões na mente de libélulas flutuando

em um raio de Sol. Nós vivemos no relativo e no Ignorado e nós vemos se dissolver a trama aérea de nossas existências no seio de um absoluto, sem limites, sem começo e sem fim.

VI. Conclusão

Agradeço eu também, tendo certeza que, se obtive vossa atenção, foi mais devido aos interessantes argumentos aqui revividos que por mérito próprio. As conclusões de Flammarion soam deveras convincentes, mas o Universo hodierno deixou de ser absoluto, sem limites, sem começo e sem fim. A lição dos planetas do zodíaco e da Via Látea, as duas faixas notáveis no céu a olho nu e que nos dão vívida impressão de estarmos em seu centro, foi bem aprendida. Apesar de que as galáxias pareçam retroceder simetricamente em todas as direções, novamente nos dando a impressão de estarmos no centro do Universo, rapidamente surgiram teorias para continuarmos em um universo acêntrico: a teoria do estado estacionário tentou de todos os modos preservar a aparência do Universo no tempo e no espaço⁽³⁴⁾, mas hoje tem poucos seguidores. A teoria do **Big Bang**, em que o Universo é limitado e começou em uma grande explosão, produziu explicações (pudim de passas crescendo no forno, balão sendo inflado) justificando um Universo sem centro, embora limitado, observacionalmente.

Quando este artigo estava praticamente pronto, encontrei uma análise de Charles Whitney⁽³⁰⁾ sobre o livro de Wallace (Man's Place in the Universe, New York, 1904): “dá uma excelente síntese do conhecimento astronômico no fechamento do século dezenove” (p. 307) e uma defesa de Wallace: “Ele entendia a Via Látea como um sistema dinâmico seguindo uma evolução própria, ele supunha, como Herschel, que as estrelas se estavam formando dentro das nebulosas; com o tempo essas nuvens também se iriam contrair em estrelas. As novas estrelas iriam brilhar sobre o gás e poeira remanescentes e produzir objetos tais como a grande nebulosa de Orion. Desta maneira a ausência de pequenas nebulosas perto da faixa da Via Látea era explicada: essas nebulosas já haviam sofrido nascimento de estrelas e tinham se esvanecido. ...Todas as nebulosas estavam então incorporadas em um único esquema evolucionário – e todas terminavam com a produção de estrelas”. (p. 198) “Mas Wallace era confessadamente deísta e isso o colocava à parte da maioria, se não todos, dos astrônomos de 1900. A maioria dos astrônomos da época tanto evitavam parecer deístas como tratavam de divorciar sua teologia de sua astronomia” (p. 199). Encontrei um relato muito interessante desse conflito nas memórias de Flammarion⁽³⁵⁾. Mas, também eu, repetindo Flammarion,

pretendo me ater à interpretação astronômica; embora sequer tenha arranhado o assunto, encerro por aqui.

Agradecimentos

Agradeço aos organizadores deste simpósio e aos editores desta revista pela gentil acolhida e incentivo; a Miguel Coifman Branchtein, meu aluno na disciplina Evolução da Astronomia e Astrofísica, pelo empréstimo dos “Bulletin de la Société Astronomique de France” de 1899 e 1903; a Claudia Perón, bolsista da PROEXT-UFRGS, pelas sugestões e a Zuleika Berto, bibliotecária do Instituto de Física da UFRGS, pela ajuda na confecção e busca das referências bibliográficas.

Referências Bibliográficas

1. FLAMMARION, C. La Terre et l’homme dans l’univers. **Bull. Soc. Astr. France**, Paris, v. 17, p. 260-291, 1903.
2. WALLACE, A. R. **The fortnightly review**. [s.l.: s.ed.], 1903. Apud ref. 1.
3. _____. Man’s place in the universe. [s.l.: s. ed.], 1903. Apud ENCICLOPAEDIA britannica. Chicago, 1964. v. 23, p. 303.
4. A ciência antiga e medieval. In: As ciências antigas do oriente. História Geral das Ciências, v. 1. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1959. p. 49
5. COPERNICUS, N. On the revolutions of the heavenly spheres. In: HUTCHINGS, R. M. (Ed.) **Great books of the western world**. Chicago: Enciclopedia Britannica, 1978. v. 16, p. 511.
6. _____. Concerning the revolutions of the heavenly bodies. In: SHAPLEY, H. et al. (Ed.). **A treasury of science**. 3 ed. Rev. New York: Harper & Brothers, 1954. p. 54-55.
7. HARTMANN, W. K. **Astronomy: the cosmic journey**. Belmont: Wadsworth, 1978. p. 36.
8. CANIATO, R. **O céu**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1978.
9. GRAYSON-SMITH, H. **Los conceptos cambiantes de la ciencia**. México: Centro Regional de Ayuda Técnica, 1967. p. 16.
10. FASOLO, P. Latitudes do Brasil. **Revista de Ensino de Ciências**, v. 13, p. 49-52, jun. 1985.
11. HARVARD PROJECT PHYSICS. **Movimento nos céus: texto e manual de experiências e atividades**. Coimbra: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979. p. 146-147. (Projecto Física, 2)

12. RONAN, C. A. **Das origens à Grécia**. In: História Ilustrada da Ciência, v. 1. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. p. 125.
13. GROUEFF, S.; CARTTER, S. P. **O enigma do cosmos**. Rio de Janeiro: Primor, 1978.
14. HEATH, T. L. (Ed.). **The works of Archimedes**. New York: Dover, [s.d.]. p. 221-232.
15. LIVI, S. H. B. Um visitante inesperado: a supernova 1987A. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 4, n. 2, p. 98-103, ago. 1987.
16. BOCZKO, R. **Conceitos de astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. cap. 10, p. 213-228.
17. BASSALO, J. M. F. A crônica da óptica clássica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 4, n. 3, p. 140-150, dez. 1987.

Devo aqui anexar um esclarecimento quanto à descoberta da aberração estelar. O trecho da pág. 147 salienta que “essa descoberta consolidou duas hipóteses fundamentais da Física: a finitude da velocidade da luz e a rotação spinorial da Terra”. A “rotação spinorial” é o movimento de rotação da Terra que causa os dias e as noites. Não é esse, entretanto, o fenômeno que, junto com a finitude da luz, causa a aberração estelar medida por Bradley. O “spin” da Terra corresponde a uma velocidade de 0,5 km/s no Equador; seu valor é ainda menor nas latitudes da Inglaterra, onde as observações foram feitas. A hipótese fundamental confirmada é o movimento da Terra em torno do Sol, exatamente o que Bradley buscava ao tentar detectar a paralaxe da estrela Gama Draconis. Suas medidas se estenderam por mais de dois anos e a estrela se deslocou significativamente no período de um ano, mas não do modo previsto. O que estava causando o deslocamento era a composição da velocidade da luz com a velocidade da Terra que, nesse intervalo de tempo, faz uma translação em torno do Sol (e não uma rotação em torno de si própria, como afirma a descrição). Como estava procurando achar paralaxe estelar, Bradley certamente efetuou medidas em intervalos adequados para obter o efeito do movimento da Terra em torno do Sol, que corresponde a uma velocidade de 30 km/s e é máximo no intervalo de meio ano. Quando essa velocidade for perpendicular à da luz da estrela (300 000 km/s), o ângulo de aberração será 0,0001 radianos, ou 20,6 segundos de arco. Note-se que esse valor é quase cem vezes maior que a paralaxe das estrelas mais próximas; justifica-se, então, porque só cento e dez anos mais tarde a paralaxe seria detectada. Como a velocidade de spin da Terra na latitude do observatório de Bradley seria cerca de 0,3 km/s, ou seja, um centésimo da velocidade da translação da Terra, o ângulo correspondente ao efeito do spin seria cerca de um centésimo do devido à translação e da mesma ordem de grandeza da paralaxe,

causando apenas uma flutuação que não poderia ser detectada por estar dentro do erro observacional.

18. ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – um cientista em várias versões. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. Especial, p. 36-48, jun. 1988.
19. GALILEI, G. **A mensagem das estrelas**. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins. 1987. p. 71. (Coleção Clássicos da Ciência, 1)
20. RONAN, C. A. **Da renascença à revolução científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. p. 56. (História Ilustrada da Ciência, 3)
21. LUCIE, P. **A gênese do método científico**. Rio de Janeiro: Campus, 1977. p. 114.
22. KOYRÉ. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1986.
23. INSTITUTO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Iniciação à ciência**. 3. ed. São Paulo: EDART. 1966. p. 227.
24. KOESTLER, A. **Os sonâmbulos**. São Paulo: IBRASA, 1961. p. 214.
25. DAMPIER, W. C. **Pequena história da ciência**. São Paulo: IBRASA, 1961. p. 113.
26. SPENCER JONES, H. Astronomy through the eighteen century. In: FERGUSON, A. (Ed.). **Natural philosophy through the eighteen century and allied topics**. London: Taylor & Francis, 1972. p. 10-27.
27. HOSKIN, M. William Herschel and the making of modern astronomy. **Scientific American**, v. 254, n. 2, p. 106-112, feb. 1986.
28. KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Ed. da USP, 1978. p. 110.
29. BERRY, S.; CHALONER, B.; HAWKES, J. On the origins of a learned society. **New Scientist**, v. 117, n. 1599, p. 49-53, feb. 1988.
30. WHITNEY, C. A. **The discovery of our galaxy**. New York: Alfred Knopf, 1971.
31. LIVI, S. H. B. Abra sua janela para o céu. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 4, n. 3, p. 158-163, dez. 1987.
32. DELAUNAY, C. **Cours elementaire d'astronomie**. Paris: Masson & Garnier, 1876.
33. DAVOUST, E. La recherche de la vie extraterrestre. **La Recherche**, v. 20, n. 211, p. 828-834, juin. 1989.
34. RONAN, C. A. **Discovering the universe**. New York: Basic Books, 1971. p. 219.
35. FLAMMARION, C. **Mémoires biographiques et philosophiques d'un astronome**. Paris: Ernest Flammarion. 1911.