

revista

# MACROCOSMO.COM

www.revistamacrososmo.com Ano IV - Edição nº 41

Vista interna do domo norte do Observatório Gemini, durante uma sessão de observação

# Equação bioastrônômica

Estimando o potencial biótico da  
nossa galáxia

HÁ QUATRO ANOS DIVERSIFICANDO A ASTRONOMIA EM LÍNGUA PORTUGUESA

### Direção Geral

Hemerson Brandão  
editor@revistamacrocosmo.com

### Conselho Editorial

Hemerson Brandão (editor chefe)  
editor@revistamacrocosmo.com  
Walkiria Schulz (editora científica)  
walkiria.schulz@gmail.com  
Laércio F. Oliveira (conselheiro jurídico)  
lafoteo@thewaynet.com.br

### Arte Gráfica

Guilherme Balista  
gdbalista@revistamacrocosmo.com  
Hemerson Brandão  
editor@revistamacrocosmo.com  
Rodrigo Belote  
rodrigobelote@revistamacrocosmo.com

### Redação

Daniel Bins  
bins.br@gmail.com  
Edgar I. Smaniotto  
edgarsmaniotto@yahoo.com.br  
Marcelo Cruz  
marceloerux@gmail.com  
Priscila Ferreira  
prica1981@yahoo.com.br  
Ricardo Diaz  
ricardodiaz@revistamacrocosmo.com  
Rosely Grégio  
rregio@uol.com.br  
Sérgio A. Caixeta  
sergiocaixeta@revistamacrocosmo.com  
“Zeca” José Agustoni  
agustoni@yahoo.com  
Valmir Martins  
valmirmmorais@revistamacrocosmo.com

### Tradução

Rodrigo Campos (espanhol)  
rodrigocampos@revistamacrocosmo.com

### Colaboradores desta edição

Alberto Silva Betzler  
a\_betzler@yahoo.com  
Fabiano Leite  
bioastronomo@ibestvip.com.br  
Guilherme de Almeida  
g.almeida@vizzavi.pt

### Contato

redacao@revistamacrocosmo.com

### Correspondências

Caixa Postal: 417  
Bragança Paulista/SP  
CEP: 12914-970

### Portal

http://www.revistamacrocosmo.com

### Direitos Autorias

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação apenas para uso pessoal sem fins lucrativos, desde que citando a fonte. Os artigos publicados são de inteira responsabilidade dos autores, e os pontos de vistas apresentados nem sempre representam a opinião geral da equipe da revista. A revista não se responsabiliza pelo conteúdo dos artigos publicados, por eventuais erros, omissões, imprecisões neles existentes, bem como que os artigos passam a ter seus direitos cedidos à revista, para a publicar por qualquer meio, desde que se faça vinculado a marca REVISTA MACROCOSMO.com

### Crédito da Capa

Gemini Observatory/AURA

Edição nº 41, ISSN 1808-0731. Publicação exclusivamente eletrônica no formato PDF, distribuída gratuitamente através da internet, não sendo comercializada em bancas ou em qualquer outro meio.

# Editorial

Hoje em dia apontamos nossos radiotelescópios para as estrelas na busca por contato com outras civilizações inteligentes de nossa galáxia. É certo que nessa procura poderemos encontrar diversas civilizações em diferentes estágios evolutivos, e que por conseqüência diferentes níveis de inteligência, mas o que podemos definir como um ser inteligente?

O dicionário Houaiss define a inteligência como uma faculdade de conhecer, compreender e aprender. Mas será mesmo assim?

Em nosso planeta a inteligência não é uma particularidade única dos humanos, já que muitos de nossas funções neurais estão presentes em outros seres vivos, principalmente entre os mamíferos, como visão aguçada e colorida, memória de longo prazo, uso de símbolos na comunicação, integração e adaptação com seu meio ambiente, além da capacidade de efetuar trabalhos manuais.

Cachorros possuem a capacidade de aprender por meio de comandos e símbolos enquanto que os elefantes apresentam uma memória de longo prazo. Golfinhos praticam uma linguagem complexa e os macacos utilizam-se de ferramentas para trabalhos manuais.

Dessa forma o conceito de inteligência é muito mais misterioso, complexo e dividido em vários níveis, do que apenas a capacidade de compreender e aprender.

Quantos níveis de inteligências com funções neurais distintas poderíamos encontrar em nosso Universo? Seres que sabem de sua própria existência mas não desenvolveram ou desprezam a comunicação? Seres que vivem em sociedade mas não se perguntam sobre a origem do Universo ou mesmo sobre sua própria origem? Seres que apesar de sua capacidade para o raciocínio, não desenvolveram a razão e ainda se levam pelos instintos? Seres com funções neurais múltiplas e mais complexas do que a nossa e estariam se perguntando se os humanos seriam realmente inteligentes?

De qualquer forma, por enquanto parece mais seguro afirmar que a inteligência é a combinação de vários processos mentais, mas decidir quais peças são necessárias para constituir uma inteligência ainda está longe de ser respondido.

Alguns poderiam afirmar que no surgimento da inteligência o fator mais importante é aquele quando o ser vivo desenvolve a consciência de sua própria existência, ou seja a inteligência surge quando a matéria estelar bruta começa a se perguntar sobre sua própria origem.

Fica aqui uma frase de William Faulkner, reconhecido no mundo inteiro como um dos melhores escritores do século XX, que afirmou que “Inteligência é a capacidade que se tem de aceitar o que está ao redor.”

Boa leitura e céus limpos sem poluição luminosa.

por Hemerson Brandão

# Artigos

**05**

## O trabalho científico de Sir William Herschel por Alberto Betzler

Mais do que o descobridor de um planeta, Herschel foi um brilhante astrônomo e construtor de telescópios, tendo realizado observações sistemáticas que iniciaram novos campos de pesquisa astronômica. Tais pesquisas geraram importantes contribuições para entendimento do Sistema Solar e da galáxia que habitamos.

**17**

## Equação Bioastronômica por Fabiano Leite

Compilando dados de incontáveis fontes bioastronômicas e analisando-os por meio do método de avaliação lógica foi elaborada a Equação Bioastronômica que tem por intenção estimar da maneira mais científica e plausível possível o potencial biótico da nossa galáxia.

**39**

## A distância focal por Guilherme de Almeida

Este artigo é o primeiro de uma série dedicada ao conceito de distância focal e a várias das suas implicações. Ao longo dos vários artigos desta série iremos abordando sucessivamente, em sequência coerente, a começar pelos casos mais simples, aspectos muito relevantes para a astronomia de amadores.

# Seções

**04** Pergunte aos Astros por Zeca Agustoni

**44** Resenhas por Edgar Smaniotto

## Como é que o cometa Shoemaker/Levy 9 se chocou contra o planeta Júpiter se ele é gasoso? A lógica não seria ele apenas atravessar a massa gasosa do planeta? Isso seria devido à densidade de Júpiter?

Willi Piske Junior, 16 anos, Baixo Guandu/ES

Júpiter é um planeta formado em sua maior parte por gases mas possui uma grande densidade, tanto que nas profundezas de sua atmosfera a força de gravidade é tal que os gases acabam por se liquefazerem formando um oceano de hidrogênio líquido, além de um núcleo de hidrogênio metálico em seu centro. Mas o choque do cometa Shoemaker-Levy 9 ocorreu contra as altas camadas da atmosfera de Júpiter. Com a velocidade que o cometa penetrou na atmosfera (cerca de uma centena de km por segundo) ele praticamente se chocou contra os gases densos das camadas superiores. É a mesma coisa que acontece aqui na Terra quando vemos um meteoro. Os meteoros se formam quando uma partícula de rocha se incendeia pelo intenso atrito contra a nossa atmosfera superior. O atrito do cometa com estas camadas da atmosfera de Júpiter foi tão grande que praticamente fez os pedaços do cometa explodir antes de penetrarem mais fundo na atmosfera do planeta.

## Dado que o Sistema Solar encontra-se há 30 mil anos luz do centro da Via Láctea, se houver uma explosão em seu centro de tal forma (subjetivamente) que este evento destrua a Galáxia, nós levaremos 30 mil anos para sabermos que não existimos mais? Ou seja, nós só olhamos para o passado, não sabendo o que ocorre com o Universo hoje? Até mesmo se ele existe?

Antonio Carlos Gomes de Paula, 44 anos, Curitiba/PR

Antonio, uma explosão desta magnitude é algo impensável e não creio que exista mecanismo para tal evento mas vamos ficar no terreno da suposição. O “clarão” de tal explosão viajaria, obviamente, na velocidade da luz e só perceberíamos 30 mil anos depois. Pela magnitude desta explosão hipotética, só a radiação emitida já seria suficiente para “torrar” o planeta e tudo que existiria neste futuro distante. Mas ainda haveria a onda de choque, ou seja, o material ejetado da explosão. Este viajaria a velocidades menores que a da luz, mas ainda muito altas. Não tenho como calcular mas grosseiramente estimo que partículas (prótons e elétrons) demorariam algumas centenas de milhares de anos para nos atingir (ou atingir o que sobrou da Terra calcinada pela radiação inicial). Olhamos para o passado mas isso não significa que tudo possa não existir mais. O mecanismo de formação e destruição das estrelas e galáxias segue um padrão bem conhecido e praticamente tudo que podemos observar no céu ainda está existindo, exceto talvez, as galáxias observadas nos confins do Universo. Estas já devem estar bem modificadas e talvez misturadas com outras galáxias após interações gravitacionais entre elas. Se olhares um céu estrelado numa noite bem escura longe da cidade, podemos afirmar que praticamente todas as estrelas ainda estão “vivas”. As estrelas que conseguimos observar a olho nu estão todas muito próximas, a poucas centenas de anos-luz e isto representa uma fração bem pequena dos seus longos tempos de vida. Raramente é observada a “morte” de alguma destas estrelas visíveis a olho nu.



# O Trabalho Científico de Sir William Herschel

a história de um músico e sua contribuição para a Astronomia

por Alberto Betzler

**EM 1781**, Sir William Herschel foi o primeiro, em toda a história da Astronomia, a registrar a descoberta de um planeta. O planeta Urano, interpretado pelo próprio como um cometa, projetou-o ao patamar de uma celebridade conhecida em toda a Europa. Mais do que o descobridor de um planeta, Herschel foi um brilhante astrônomo e construtor de telescópios, tendo realizado observações sistemáticas que iniciaram novos campos de pesquisa astronômica. Tais pesquisas geraram importantes contribuições para entendimento do Sistema Solar e da galáxia que habitamos. Possuindo uma boa base em matemática e física percebe-se, nas pesquisas de Herschel, o uso constante do método científico e da física newtoniana.

## Biografia de W. Herschel

Friederich Wilhelm Herschel, como originalmente foi chamado, nasceu em Hanôver em 15 de novembro de 1738, sendo o quarto filho de Isaac e Anna Ilse (Moritzen) Herschel (MILLMAN, 1980). A família Herschel possuía uma grande cultura musical, iniciada por Isaac, ex-oboísta da banda da Guarda de Hanôver. Tal cidade, àquela época, pertencia à Inglaterra sob o reinado de George II.

Em idade tenra, Wilhelm ganhou um pequeno violino e aos quatro anos de idade já conseguia tocar solos com qualidade. Aos 14 anos, Wilhelm se tornou oboísta profissional, juntando-se ao seu pai e ao irmão Jacob na banda do regimento de Hanôver. Três anos mais tarde, a guarda foi estacionada em Kent, Inglaterra. Nesta cidade, Jacob e Wilhelm fizeram amizades com diversas famílias interessadas em música, uma conexão que viria a ser tomar útil nos anos que seguiriam.

Com o aumento das tensões internacionais teve início, em 1754, a guerra dos Sete Anos. Quando a França atacou Hanôver, a Guarda foi enviada para a Alemanha, onde, em 26 de julho de 1757, Wilhelm e Isaac estiveram sob fogo na batalha de Hastenbeck. Durante a confusão que se seguiu à retirada da Guarda entre esta e outras batalhas, não havia garantia real de segurança para os membros da banda. Em função disto, seguindo um conselho de seu pai, Wilhelm deixou abruptamente o regimento, partindo para a Inglaterra. Apesar disto, não houve deserção por parte de Wilhelm uma vez que Isaac obteve, junto às autoridades militares, um documento de dispensa oficial. Este fato é pouco lembrado em biografias de Herschel e está em oposição a uma história muito propagada que o mesmo recebeu um perdão real em 1782, após a descoberta do planeta Urano.

Quando Wilhelm chegou à Inglaterra, próximo ao fim de 1757, possuía pouquíssimos recursos financeiros, mas encontrou, rapidamente, no trabalho de copiar partituras musicais, uma forma de sustento. Mais tarde, junto com seu irmão Jacob, também antigo membro da Guarda de Hanôver, se envolveu na realização de pequenos concertos privados dos quais, segundo o próprio: “Nós conseguimos viver muito confortavelmente durante o inverno”.

No verão seguinte, Wilhelm obteve um posto como músico da milícia do Conde de Darlington. Após

este fato, entre 1760 e 1765, poucos detalhes são conhecidos da vida de Wilhelm, mas ele devia estar muito ocupado com aulas de música e compondo para apresentações em cidades do condado de Yorkshire. Ele visitou sua família em Hanôver em 1764, sendo esta a última vez que viu seu pai com vida.

Em fevereiro de 1766, aparecem os primeiros registros de observações astronômicas feitas por Herschel, entretanto ainda não sistemáticas. Neste mesmo ano, um novo órgão foi instalado na igreja de Halifax, Yorkshire. Em 30 de agosto, foi iniciada uma competição para a escolha do organista da igreja e o candidato que tocou antes de Herschel demonstrou grande destreza ao teclado, sendo muito difícil de ser batido. Mas Herschel tocou de maneira magistral, tendo sido escolhido para o cargo. Perguntado por um amigo a maneira de ter obtido tal posto, Herschel confessou que retirou do bolso dois pequenos pesos de chumbo. Colocados sobre teclas adequadas, produziram o efeito de se tocar a “quatro mãos”.

William Herschel, nome com o qual ficou mais conhecido na Inglaterra, permaneceu no cargo de organista de Halifax durante 13 domingos, pelos quais recebeu 13 guinés. Herschel pediu demissão após receber uma proposta para trabalhar na nova capela octogonal de Bath, Somerset (agora Avon), apesar da promessa dos “cavalheiros de Halifax” de aumentar seu salário se permanecesse. Esta cidade, foi a residência de William durante 15 anos.

O irmão Alexander, sete anos mais jovem que William, veio viver em Bath no verão de 1770. Apesar desta reaproximação familiar, o membro de seu clã que teria a maior importância na vida de Herschel foi sua irmã Caroline Lucretia. William a reencontrou durante uma viagem ao continente, em 1772. Quando Herschel chegou a Hanôver, encontrou seu irmão Jacob como chefe da família, posição obtida com a morte de Isaac em 1767. Jacob tinha como uma de suas convicções que as mulheres não deveriam obter qualquer tipo de educação. Para ele, o lugar das mulheres era em casa, ocupadas com afazeres domésticos. Caroline se mudou para a Inglaterra, tendo William, posteriormente, enviado a sua mãe uma quantia em dinheiro para compensar a ausência que Caroline faria nos trabalhos domésticos. Em Bath, Caroline se juntou a seus irmãos, William e Alexander na residência No. 7, no lado norte da “New King St”.

Após sua chegada na Inglaterra, Caroline iniciou

um curso intensivo de música para prepará-la como cantora, auxiliando William em obras executados pelo mesmo.

Em 1773, William iniciou estudos de matemática para auxiliá-lo com a harmonia musical, tendo gradativamente passado aos livros de Astronomia. Deste momento em diante, o tempo gasto com a música começou a se tornar mais escasso enquanto que o da Astronomia crescia. O custo para se adquirir um telescópio era excessivo para os recursos da família Herschel. Deste modo, William decidiu confeccionar seus próprios instrumentos. Neste trabalho, William foi ajudado por Alexander, que possuía boa habilidade mecânica.

Caroline lamentou o momento em que cada quarto de sua residência se tornou uma oficina em função do desejo de seus irmãos de confeccionar telescópios. Enquanto um marceneiro construía tubos e estruturas mecânicas de telescópios na sala de visitas, Alexander esmerilhava lentes e montava oculares nos quartos e William continuava a compor músicas em qualquer ambiente da casa. Durante este trabalho, as refeições eram servidas em pequenas porções não interrompendo, portanto, a execução do mesmo.

William passava horas polindo os espelhos metálicos que constituiriam as objetivas dos telescópios que construía. Nestes momentos, para que o mesmo não utilizasse as mãos, Caroline colocava o alimento em sua boca.

Durante estes anos, apesar do ritmo industrial de construção de telescópios, Herschel administrava seu tempo de maneira a conseguir ministrar de 30 a 40 lições semanais de música; tocar em uma série de concertos; compor músicas, além de efetuar sessões de observação astronômica.

Na construção de telescópios, William cuidadosamente registrava seus experimentos associados ao esmerilhamento, polimento e confecção da figura óptica dos espelhos. O número total de experimentos chegou a 2160. Metade destes, foi feito antes do fim de 1793.

Eventualmente, ele empregava um certo número de assistentes para executarem a fase inicial de confecção

dos espelhos. Entretanto, a fase final, a confecção da figura óptica era uma tarefa que estava destinada a suas hábeis mãos.

Os produtos gerados por este trabalho foram distribuídos por toda a Europa. Na lista de compradores de telescópios de Herschel estavam muitas famílias reais. Esta atividade comercial sustentou a pesquisa astronômica, que com a qual, William ficou famoso.

Anos antes, em Bath, a carreira musical de Caroline teve curta duração e logo ela ficou envolvida com observações astronômicas do irmão, efetuando anotações que eram denominadas por este último como “detalhes das observações feitas com o telescópio”. Em 1779, William iniciou uma varredura sistemática do céu, com um telescópio de sete pés (2,14m) de distância focal. Na noite de 13 de março de 1781, no quintal do No. 19, no lado sul da New King St., casa



**Telescópio de sete pés de distância focal**

a qual os Herschels haviam se mudado em 1777, o planeta Urano foi descoberto. Originalmente descrito como um cometa, seu aspecto circular visível com grandes aumentos e movimento no céu, indicaram que o objeto era um novo planeta com um semi-eixo maior externo ao da órbita de Saturno.

A ciência não demorou em reconhecer sua descoberta. A “Royal Society” o agraciou com a Medalha Copley em novembro de 1781 e em dezembro do mesmo ano foi eleito membro desta organização. Um encontro com o rei George III foi agendado para julho de 1782. Porém, antes disto, o telescópio de sete pés foi levado para o Observatório de Greenwich. O astrônomo real, Nevil Maskelyne, testou o instrumento e afirmou que era muito superior em qualidade a qualquer outro que ele já havia examinado.

Em julho de 1782, Herschel foi indicado para o posto de “astrônomo do rei” com um salário de 200 libras anuais; com a incumbência de ter que viver perto de Windsor e “ocasionalmente mostrar alguma coisa de interesse da família Real ao anoitecer”.

No dia 02 de agosto de 1782, William retornou à varredura do céu mantendo este projeto sem interrupção, em várias residências em cidades próximas de Windsor, apesar das condições de vida estarem longe de serem satisfatórias.

Finalmente, no fim de março de 1786, os Herschels se mudaram para uma casa confortável na Windsor Rd, em Slough (Buckinghamshire agora Berkshire), tendo as observações se reiniciado em 03 de abril. Esta foi residência final de William Herschel e ficou conhecida como “Observatory House”, sendo ocupada pela família Herschel até pouco tempo antes de sua demolição em 1963.

Na época da mudança para Slough, o instrumento mais utilizado por Herschel era um telescópio de 20 pés de distância focal (6,11m), com um espelho de menos de 19 polegadas de diâmetro (48,3cm). Com este instrumento, William descobriu os dois satélites mais brilhantes de Urano: Titânia e Oberon, em janeiro de 1787. Dois anos depois, descobriu a sexta e sétima luas de Saturno (em ordem de descobrimento). Enquanto isso, desde agosto de 1782, Caroline tinha iniciado uma busca por cometas, enquanto não estava ocupada efetuando registros observacionais para seu irmão. O primeiro êxito desta tarefa veio em 01 de agosto de 1786, quando Caroline descobriu seu primeiro cometa usando um telescópio de foco curto, dois pés (0,61m),

construído por William especialmente para ela. Até 1797, Caroline Herschel descobriria oito cometas. Entretanto, sua verdadeira contribuição para a ciência foi o processamento dos dados coletados por William e sua compilação em várias publicações. Em especial, destaca-se o “Zone Catalogue”, infelizmente nunca publicado, com as listagens de todos os aglomerados e nebulosas observados por Herschel. Por este trabalho, ela foi agraciada com a medalha de ouro da “Royal Astronomical Society” em 1828.

Além das observações astronômicas, a atividade principal em Slough foi o projeto e construção de um grande telescópio com um espelho de 40 pés de distância focal (12,2m) e 49,5 polegadas de diâmetro (1,26m). As 4000 libras necessárias para a construção deste telescópio foram financiadas pelo rei, além de uma quantia anual para sua manutenção.

O espelho metálico para este telescópio possuía uma massa de 2100 libras (952kg) e, devido a isto, diversos problemas foram encontrados no esmerilhamento e na montagem final do espelho. Herschel teve dificuldade em projetar uma máquina de esmerilhamento, apelando para uma técnica em que utilizou 20 homens movendo-se simultaneamente. Apesar de funcional tal técnica se mostrou impraticável, motivando Herschel a criar um dispositivo de esmerilhamento que funcionasse de maneira adequada.

O tubo do telescópio, com algo como 58 polegadas de diâmetro (1,47m), ficou pronto muito tempo antes do espelho e atraiu muitos visitantes com a curiosidade de ter a experiência de caminhar em seu interior. O rei George III, acompanhado pelo Arcebispo da Cantuária, em uma visita a “Observatory House”, pegou a mão do Arcebispo dizendo: -“Venha, meu senhor bispo, eu vou lhe mostrar o caminho para o céu”. O telescópio de 40 pés foi completado em 1789, sendo utilizado pela primeira vez em 28 de agosto, para a confirmação da existência de Encelado, a sexta lua de Saturno em ordem de descoberta. Três semanas depois, o sétimo satélite, Minas também teve sua descoberta confirmada. Mas, este telescópio nunca teve o mesmo uso sistemático em pesquisas se comparado com o telescópio de 20 pés. Provavelmente, Herschel percebeu que os constantes ajustes necessários no instrumento o tornaram pouco prático em programas de observação contínua.



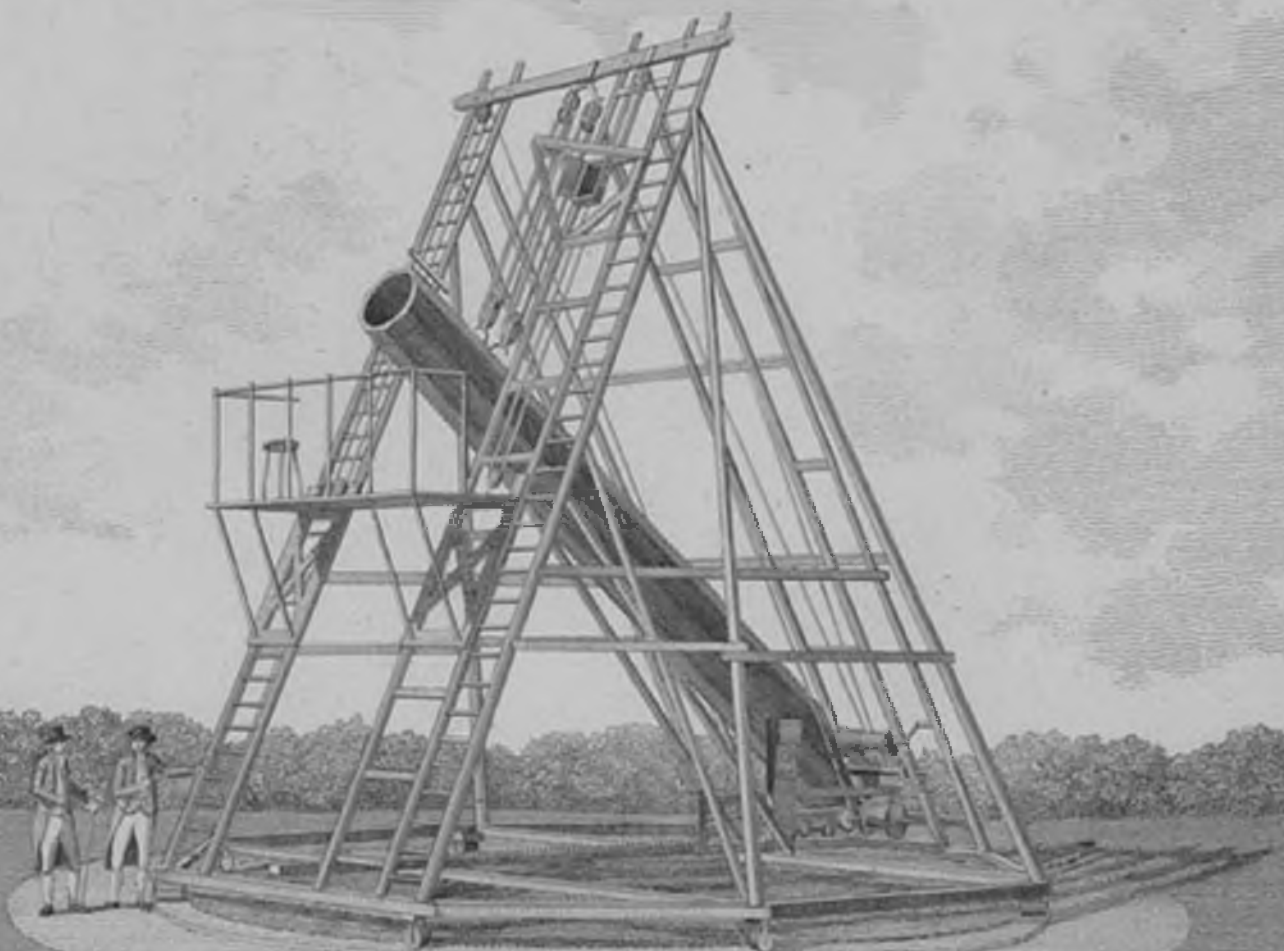
Em 08 de maio de 1788, em seu quinquagésimo ano de vida, Herschel casou-se com Mrs. Mary Pitt (née Baldwin), uma rica viúva de sua vizinhança. Mary e William tiveram apenas um filho, John Frederick William, que nasceu em 07 de março de 1792. Este casamento foi uma experiência traumática para Caroline. Ela se mudou da “Observatory House” indo morar em várias residências alugadas em Slough. Após algum tempo, Caroline voltou a ser a assistente do irmão em suas observações, permanecendo nesta função até a morte de Herschel em 1822.

Os trinta anos finais da vida de William foram contrastantes com o período anterior à descoberta de Urano. Sua posição no mundo da ciência estava assegurada e várias comendas, nacionais e

internacionais, continuaram a lhe serem oferecidas. Uma medalha de ouro lhe foi conferida pelo rei da Polônia. Na Inglaterra, ele foi investido como cavaleiro da ordem Guélfica, em 1816 e se tornou o primeiro presidente da “Astronomical Society”, em 1821, sob a condição de que não se exigiria sua presença nas reuniões. As observações astronômicas, foram ficando cada vez menos freqüentes até que em junho de 1821 cessaram, muito provavelmente devido a uma diminuição de vitalidade, associada a seqüelas de enfermidades sofridas em 1808.

Em 25 de agosto de 1822, Frederick William Herschel morreu tranqüilamente em sua casa, em Slough, tendo sido enterrado sob a torre da igreja de St. Laurence em Upton, apenas meia milha de sua residência por 35 anos.

Royal Astronomical Society, Burlington House, Picadilly, London



Telescópio de 40 pés

William Herschel deixou como legado de suas descobertas um novo Sistema Solar, com o dobro do diâmetro conhecido até então. Mais importante que isto, aplicou o conceito de contagem estelar para obtenção de um melhor conhecimento da estrutura e organização da Via Láctea. Em seus últimos artigos, ele afirmou que dentre os 2.500 objetos catalogados por ele, incluindo-se aglomerados estelares, estariam objetos constituídos de gás envolvendo estrelas ou conjuntos de estrelas em diferentes etapas de formação que seus telescópios eram incapazes de resolver.

## O Destino dos Telescópios de Pesquisa de Herschel

O espelho do telescópio de 40 pés rapidamente sofria oxidação e necessitava de polimentos constantes. Por exemplo, em 1798, o espelho foi repolido em maio, junho, outubro e novembro. Como o espelho possuía uma massa próxima de uma tonelada, um guindaste era necessário para seu manuseio. O tempo consumido nesta tarefa deveria também ser consideravelmente grande. Mesmo antes da morte de Herschel, os suportes triangulares da torre do telescópio, entre os quais ocorria o deslocamento do tubo em altura, começaram a ficar muito deteriorados. Em 1839, a situação chegou a um ponto crítico no qual estes suportes não agüentavam mais o esforço mecânico da elevação e suporte do tubo. O tubo então foi colocado na posição horizontal, por John Herschel, pernecendo assim por anos até que uma forte tempestade derrubou uma árvore sobre o mesmo. Neste incidente, 30 pés do tubo foram destruídos. Finalmente, o telescópio foi inteiramente desmontado e seu último fragmento está atualmente em exposição no campus do “Old Royal Observatory”, parte integrante do Museu Marítimo Nacional em Greenwich. A coleção Herschel, constituída de telescópios, espelhos, máquinas de polimento, oculares e micrômetros, foi adquirida pelo Museu Marítimo, entre as décadas de 1960-1980. No acervo, destacam-se o telescópio de 20 pés, confeccionado por William e John, e utilizado por este último em observações no Cabo da Boa Esperança, África do Sul; o espelho original do telescópio de 40 pés e um telescópio de sete pés, idêntico ao utilizado na descoberta de Urano.

## O Trabalho Científico

A pesquisa astronômica realizada por William Herschel é dividida neste trabalho por objeto de estudo, não seguindo necessariamente a uma ordem cronológica. Preferiu-se partir de ordens de grandeza espaciais do Sistema Solar indo para as estrelas e nebulosas, objetos de estudo da Astronomia estelar e galáctica. Em tais partes da Astronomia, Herschel foi, certamente, pioneiro e inovador pela aplicação de técnicas refinadas de obtenção e processamento dos dados obtidos em seus telescópios.

## Asteróides

1 Ceres foi descoberto por Guiseppe Piazzi em 1801 e 2 Pallas por Heinrich Olbers no início de 1802. O mais cuidadoso observador deste dois primeiros asteróides descobertos foi William Herschel (CUNNINGHAM, 1984). Piazzi se tornou o seu mais entusiasmado correspondente e, pelo menos uma vez, visitou seu observatório em Slough.

Em 1802, Herschel observou os asteróides em 17 noites: quatro em fevereiro, cinco em março, cinco em abril e três em maio. Em 06 de maio, ele apresentou o artigo “Observações dos dois últimos corpos celestes recentemente descobertos”, à Royal Society. Neste trabalho, William apresentou um conjunto extensivo de observações e processamentos matemáticos relativos a dimensão, cor e natureza dos novos objetos. As estimativas de dimensões dos asteróides foram classificadas pelo próprio como “extraordinárias”, provavelmente pelas pequenas dimensões dos objetos em comparação com as distâncias que se encontravam do Sol.

Para obter estas estimativas, Herschel comparava os diâmetros aparentes de um anteparo iluminado, denominado de “disco lúcido”, de diâmetro conhecido, e o objeto de estudo. Afastando o “disco lúcido” a uma distância apropriada do telescópio de sete pés, William conseguia fazer com que o objeto de estudo e o disco tivessem a mesma magnitude. Nesta interpretação, a magnitude ou “brilho” do objeto era igual ao seu “diâmetro angular” do qual, a partir de semelhança entre triângulos, foi possível obter a dimensão do objeto em termos de uma certa unidade de distância. Em observações de 01 de abril de 1802, para a obtenção da estimativa da dimensão de Ceres, Herschel

teve que afastar o disco a 54m do telescópio para obter a semelhança angular. Em 22 de abril, ele manteve aproximadamente a mesma disposição espacial de seu disco-micrômetro para as observações de Pallas. Nesta sessão de observação, por comparação, Herschel observou Júpiter, tendo encontrado um disco de 4m. William concluiu que Ceres subtendia um ângulo de 0,35127 segundos de arco, implicando em um diâmetro de 260km. Para Pallas, o ângulo foi de 0,3199 segundos de arco e um diâmetro de 236km. Estes cálculos foram subestimados em função dos valores atuais de 948km para Ceres e 532km para Pallas. A razão para este erro está associada a uma combinação de fatores: a difração da luz ao passar por uma abertura circular; variações da transparência da atmosfera terrestre e as diferentes distâncias que os objetos se encontram do Sol. Estes primeiro e terceiro fatos eram, muito provavelmente, desconhecidos por Herschel.

Apesar das considerações feitas para o processamento dos dados não serem corretas, a comparação com Júpiter, que possui um diâmetro angular expressivo no céu, fazendo com que esta técnica forneça resultados razoáveis, permitiu a William perceber que os asteróides tinham pequenas dimensões. Em função disso, em seu artigo, ele escreve: “Não pode haver grande motivo para esperar que eles tenham quaisquer satélites. A pequena quantidade de matéria que eles contem é de longe inadequada para retenção em um segundo corpo”. Esta é, sem dúvida, a primeira menção moderna à possibilidade da existência de asteróides binários ou múltiplos. Apesar de uma possibilidade razoável, se passou quase um século inteiro até que surgisse na literatura a menção desta hipótese e, somente em 1995, a sonda Galileu obteve imagens do satélite Dactyl do asteróide 243 Gaspra.

Herschel também efetuou estudos relativos às cores dos dois novos objetos durante três noites. “A cor de Ceres é avermelhada, mas não muito profundamente”, como registrou na observação de 13 de fevereiro. Em abril, efetuou uma comparação entre a cor de Pallas e Ceres: “Ceres é muito mais avermelhado do que Pallas” mas ressaltando que “Pallas é de uma cor esbranquiçada fosca”. Observações modernas sugerem que ambos os objetos, tem aproximadamente a mesma cor (índice de cor B-VPallas = 0,635 e B-VCeres = 0,713), de modo que visualmente poderiam ser “cinzas” ou “esbranquiçados foscas”. Entretanto como os telescópios que utilizou para fazer as observações

utilizavam espelhos metálicos, suscetíveis à oxidação, suas estimativas de cor têm pouca confiabilidade. Isto porque a oxidação faz com que a luz refletida pelo espelho, de acordo com o grau de desgaste da superfície, tenha uma taxa de reflexão dependente do comprimento de onda.

A partir de suas detalhadas observações físicas dos asteróides, William partiu para a especulação relativa à “natureza das novas estrelas”. Ele listou sete atributos para planetas e cinco para cometas, associados a suas dimensões, órbitas e atmosferas. Ele concluiu que nenhuma destas propriedades poderia ser aplicada, com “propriedade de linguagem”, segundo suas palavras, a estas “duas estrelas”. Então, sugeriu que um novo nome deveria ser criado para designar estes objetos. Ambos, Ceres e Pallas, Herschel escreveu: “Assemelham-se a pequenas estrelas, sendo muito difícil de serem distinguidas destas.” A partir desta observação surgiu o termo “asteróide”, usado desde então para definir estes objetos. William também deu a primeira definição deste tipo de objeto a surgir na literatura científica: “Asteróides são corpos celestes, os quais se movem em órbitas com pouca ou considerável excentricidade ao redor do Sol, em planos que podem ser inclinados com a eclíptica em qualquer ângulo que houver. Seus movimentos podem ser diretos, ou retrógrados; e estes objetos podem ter ou não atmosferas consideráveis, comas muito pequenas, discos ou núcleos. Para finalizar seus comentários, Herschel elabora uma hipótese relativa à conexão de asteróides e cometas: “Quando os cometas possuem um tempo consideravelmente grande, suas comas podem reduzir-se de tamanho suficientemente para fazer com eles assumam a aparência de estrelas; isto é se tornam asteróides”. Apesar de ser uma hipótese extremamente razoável a transição asteróide-cometa ainda não foi estabelecida com precisão. Exemplos de conexão entre os dois objetos são os asteróides 3200 Phaethon, associados a um chuva de meteoros anual, e os objetos do grupo dos Damoclóides (JEWITT, 2005), possíveis núcleos extintos da família Halley de cometas.

## Física Solar

William Herschel de acordo com historiador da Astronomia do séc XIX, Agnes Clerke, acreditava que o Sol deveria ser um “globo frio, negro e sólido recoberto por um exuberante vegetação e ricamente

ocupado com habitantes, protegidos por uma pesada cobertura de nuvens, da luminosidade intolerável da região luminosa superior” (KAWALER & VEVERKA, 1981).

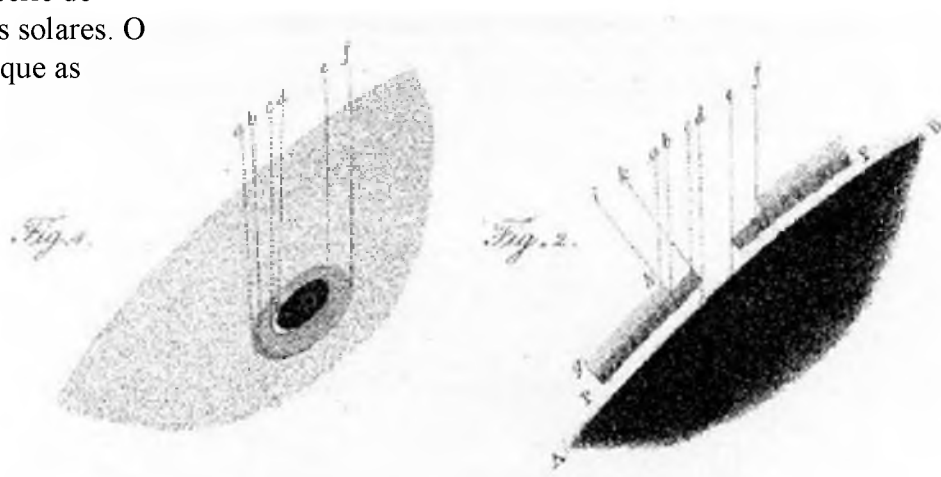
A idéia que a vida poderia existir em todos os planetas era uma constante no período histórico de Herschel. No séc. XVII, o Sol era visto como um corpo planetário grande, em especial, um globo escuro parecido com a Terra, envolvido por uma atmosfera luminosa e quente. Especificamente, esta crença surgiu em Herschel pela leitura de “Astronomy, Explained upon Sir Isaac Newton Principles” de James Ferguson, trabalho que, segundo Caroline, era seu livro de cabeceira no início de sua carreira como astrônomo. Este livro teve profunda influência em William. Em uma de suas primeiras edições, publicada em 1756, Ferguson argumentava que: “- Todo o resto (dos planetas) estão projetados, situados e providos, com igual sabedoria, com acomodações para seus habitantes”. Todos estes corpos teriam dia e noite, “O que é necessário para o trabalho, descanso e vegetação”. Para planetas distantes do Sol, a redução da quantidade de luz e calor é compensada pelo aumento do número de luas. Saturno, adicionalmente, tem um anel brilhante o qual “como uma zona lúcida no céu reflete luz muito copiosamente sobre aquele planeta”. Ferguson completa dizendo que: “Estas similaridades nos permitem a oportunidade de duvidar, mas todos os planetas e luas no sistema são projetados como habitações cômodas para as criaturas donatárias....desde que as estrelas fixas são.....como nosso Sol....isto é razoável para concluir que elas são feitas para os mesmos propósitos daqueles do Sol, fornecer luz, calor e vegetação em um certo número de planetas habitados...”

Tal hipótese era suportada por uma série de interpretações curiosas de observações solares. O observador inglês Derham acreditava que as manchas solares poderiam ser nuvens de fumaça expelidas por vulcões. O crescimento de uma mancha era atribuído ao progressivo aumento do tamanho desta nuvem. Seu compatriota, Horsley propôs que uma

vez que as manchas eram nuvens, em uma atmosfera luminosa, estas estruturas poderiam ser utilizadas para determinar a altitude desta camada. O astrônomo francês Lalande, no texto “Astronomie”, propôs que as umbras das manchas, a região mais central das mesmas, eram na realidade o topo de montanhas que se elevariam acima do nível de um oceano luminoso que envolveria o Sol. As regiões periféricas das manchas, as penumbras, foram interpretadas como “escarpas” destas montanhas, visíveis pouco abaixo da superfície do oceano. Alexander Wilson de Glasgow, Escócia, descartou a hipótese das montanhas solares, comparando as dimensões da umbra e penumbra quando a mancha está no centro do disco solar e em sua periferia. A partir destas observações, verificou que as manchas eram cavidades na superfície visível do Sol. Com isto, ele então sugeriu que o Sol poderia ser constituído de duas partes: “a maior parte é negra, e...este imenso globo negro é encoberto com uma cobertura fina que corresponderia à superfície resplandecente. Tal hipótese encontra o problema de justificar como o globo não fica incandescente se este é cercado de uma atmosfera quente e luminosa. Wilson pensou neste problema argumentando que a superfície do globo negro possuía uma temperatura um pouco menor do que o envoltório luminoso.

Em 1795, Herschel apresentou um artigo denominado de “Sobre a natureza do Sol e das estrelas fixas” para a “Royal Society”. A motivação do trabalho, segundo William, era a “perseverante ignorância relativa à constituição interna real do Sol”. O modelo de Herschel era semelhante ao de Wilson.

Em relação ao debate de Landale-Wilson, relativo à natureza das manchas solares, ele concluiu que eram fenômenos atmosféricos que expunham o interior



Diagramas feitos por Herschel relativos à natureza das manchas solares

do Sol. Por outro lado, William não descartou a existência de montanhas solares de grande altitude, associado-as às manchas solares de pequena dimensão e grande longevidade na superfície solar. Em uma destas observações, em 1783, supôs que uma mancha observada poderia ser o topo de uma montanha com 500 a 600 milhas de altura.

Segundo esta hipótese, a origem desta atmosfera luminosa reside em um processo análogo ao que origina as nuvens na Terra. Herschel preocupava-se que tal suposição, se correta, poderia implicar na exaustão do Sol. Apesar disto, afirmava que seu objetivo não era explicar como o Sol mantém seu brilho.

Neste mesmo trabalho, o problema da transferência entre a camada luminosa e a superfície negra seria solucionado de duas maneiras: poderia-se admitir que a luz e o calor são transportados por “onda separadas”. Herschel argumentou que se a luz visível causasse calor, o alto das montanhas seria mais quente que a superfície da Terra. Para transformar a luz em calor seria necessário algum tipo de meio calorífico. Dentro deste contexto, em um artigo de 1801, William propôs uma camada luminosa e a superfície do globo negro como uma camada de “nuvens planetárias”. Tais nuvens teriam alta opacidade e serviriam de escudo para a superfície, refletindo a luz diretamente para o espaço. Tal camada de nuvens teria 27 vezes a densidade superficial da Terra e estaria flutuando sobre uma atmosfera solar transparente.

Esta argumentação foi questionada por Thomas Young em seu “Natural Philosophy”, publicado em 1807, dizendo que não importa o valor da densidade desta camada de nuvens, pois esta seria ineficiente como isolador térmico. Adicionalmente, afirmou que mesmo que houvessem condições para que seres humanos habitassem o Sol, sua força peso seria o maior problema. Neste caso, com os dados disponíveis à época, ele argumentou que um homem mediano, no Sol, sofreria uma força peso aproximadamente igual a 20.000N. Este valor corresponde ao valor da força peso de um objeto com uma massa de duas toneladas na Terra.

O advento da espectroscopia, em meados da segunda metade do século XIX, e o desenvolvimento da física levaram a comunidade científica ao conceito de que o Sol é uma enorme bola de gás. Apesar de uma modelagem incorreta para o problema, as pesquisas de Herschel foram de suma importância

para o entendimento da física solar. Em especial, as observações estão em um período entre 1799-1806, dentro do intervalo de tempo entre 1780 e 1820 quando o Sol apresentava uma baixa atividade, conhecida como Mínimo Moderno ou de Dalton (HOYT & SCHATTEN, 1992a). Os dados de Herschel corroboram uma associação entre uma baixa de temperatura superficial terrestre, no início do séc. XIX, com este período de baixa na atividade solar (HOYT & SCHATTEN, 1992b).

Experimentos realizados por Herschel no âmbito desta pesquisa, com a passagem da luz solar por filtros coloridos e sua relação com a temperatura, o levaram, em 1800, à descoberta da radiação infravermelha.

## Estrelas e a Via Láctea

Foco central das idéias cosmológicas de Herschel era que a origem e evolução dos objetos astronômicos, eventualmente, poderiam ser explicadas em termos da gravitação, em especial, constituindo a origem do processo de “condensação” (CHAPMAN, 1989). Neste universo em condensação, nunca em expansão, imaginado por William, os corpos celestes se movimentariam para formar agregados simétricos, compactos e com um nível de complexidade crescente. Exemplos de objetos com estas propriedades são os aglomerados globulares e nebulosas planetárias.

Sob a onipresença da “gravitação” e uma “lei universal”, estrelas isoladas moveriam-se de suas posições iniciais, definidas pelo Criador, para formar aglomerados. Dependendo do intervalo de tempo passado, durante o qual estas forças atrativas estariam em ação, o aglomerado poderia ser aberto, globular ou planetário. A Via Láctea era considerada como um aglomerado complexo, irregular e também palco da ação deste processo universal de condensação. Tal estrutura, dentro de este conceito, estaria fragmentada em múltiplos aglomerados locais.

Herschel procurou um embasamento observacional para esta hipótese buscando aglomerados e nebulosas não separáveis em estrelas, nas proximidades de regiões aparentemente vazias da Via Láctea.

Como um dos resultados desta busca, William citava os aglomerados globulares M-4 e M-80 da constelação do Escorpião.

A descoberta, em novembro de 1790, de um objeto, atualmente conhecido com NGC-1514, convenceu

Herschel de que “nebulosidades verdadeiras” existiam. Sob esta perspectiva, tais objetos não se tratavam de aglomerados estelares que, por estarem muito distantes, não eram separados em estrelas individuais e sim constituídos de gás.

Em sua concepção, tais nebulosidades eram o meio onde futuras estrelas isoladas iriam se condensar e do qual, elas obteriam alimentação para a manutenção de sua emissão luminosa. Com isto, procurou estabelecer uma seqüência evolutiva nestas nebulosas gasosas deste o estágio de condensação inicial até a formação de uma ou várias estrelas. Baseado nestas observações, Pierre Simom Laplace formulou sua “hipótese nebular” na qual o Sol e o Sistema Solar são formados a partir do colapso gravitacional de uma enorme nuvem de gás em rotação lenta.

Com um grande número de observações, William pôde especular que os processos de aglomeração e condensação ocorrendo entre estrelas separadas, gerando aglomerados, ou em nebulosas tornando-as estrelas, têm uma mesma causa universal: a gravidade.

Apesar de em 1767, John Michell ter demonstrado que a possibilidade de aglomerados como as Plêiades (M-45) terem se formado aleatoriamente era de 1 para 50.000, Herschel foi sempre cauteloso em efetuar analogias para uma ordem de distância maior que as dimensões do Sistema Solar. Isto pode ser justificado pela não apresentação de provas substanciais da validade da Lei da Gravitação no “Universo Estelar” no período em que fazia suas observações.

A validade desta lei para a Terra havia sido comprovada em uma série de experimentos e medidas. Em 1735, acadêmicos franceses, depois de extensivas observações geodésicas realizadas na França e no Peru, declaram que a Terra é um oblato esferóide, assim como predito no livro “Principia”. Tais observações provaram que a gravitação era válida na ordem de grandeza planetária. Mas esta regra seria válida para objetos de nosso cotidiano? Em 1775, Nevil Malkelyne, medindo a deflexão angular causada pela atração gravitacional entre o fio de prumo de seu setor zenital e o monte Schiehallion, conclui que a atração gravitacional era válida para objetos terrestres relativamente pequenos. Cavendish, em 1798, confirmou esta observação com sua balança de torção.

Pouco antes deste impasse no início da década de 1780, William mergulhou em um problema sem solução há séculos: a determinação de distâncias

estelares por paralaxe. A existência da paralaxe para estrelas próximas do Sol, em relação ao fundo de estrelas “fixas” é uma das causalidades observacionais previstas pelo modelo Copernicano. Acreditava-se, na época, que a paralaxe poderia ser detectável através da observação de estrelas de primeira magnitude, hipoteticamente mais próximas do Sol. Ao contrário de seus predecessores, Herschel dispensou o uso de instrumentos de medida angular, como o setor zenital, e resolveu escolher um ponto fixo no espaço que serviria de referencial para que a paralaxe fosse medida. Este ponto seria alguma estrela de sistemas binários, nos quais duas estrelas são vistas com pequena separação angular, pelo que tudo indicava, por um efeito de uma linha de visada favorável. Tais observações foram baseadas em dados colhidos com um telescópio de sete pés e grandes aumentos, muito superiores aos que eram obtidos por outros astrônomos contemporâneos de Herschel. Para as medidas angulares, William utilizou um micrômetro de lâmpada. Tal dispositivo reproduzia artificialmente o sistema de estrelas duplas, valendo-se de lâmpadas colocadas em um suporte regulável. Valendo-se do princípio da divisão da imagem, era possível comparar as duplas como seu análogo artificial. A separação do sistema duplo poderia ser deduzida, conhecendo-se a distância entre o olho do observador e o sistema duplo artificial. A precisão deste método poderia ser, pelo menos teoricamente, ampliada pelo uso de grandes aumentos e interpretando os ângulos como múltiplos das ampliações empregadas. Herschel atingiu com este método, desvios absolutos da ordem de 1/16 segundos de arco. Uma quantidade que poderia ter ocasionado a detecção da paralaxe de 0,29 segundos de arco de 61 Cygni, medida em 1838, por Friedrich Wilhelm Bessel. Tal estrela possui uma alta velocidade angular no céu, associada a seu movimento orbital ao redor do núcleo da Via Láctea. Esta característica faz com que a estrela percorra 0,5 graus, o diâmetro aparente da Lua, em algo como 150 anos e sugere, a princípio, proximidade ao Sol. Os

**Alberto Silva Betzler** é bacharel em Astronomia pela UFRJ, mestre em Engenharia Elétrica pela UFBA e colaborador do IF-UFBA no projeto “Descobrimo o Céu” de pesquisa e popularização da Astronomia. Trabalha com Astrofísica do Sistema Solar (asteroides e cometas), instrumentação astronômica e ensino de Física e Astronomia.

resultados deste esforço foram publicados em 1781 e 1782, entretanto, Herschel admitiu, incorretamente, que o movimento de certas duplas era totalmente aparente e devido ao movimento da Terra ao redor do Sol. De fato, em 1802, William se conscientizou deste fato afirmando que estas estrelas eram conectadas fisicamente e ambas giravam ao redor de um centro de massa comum. Com isto, Herschel demonstrou, mesmo sem querer, a universalidade da lei da gravitação universal para distâncias presumivelmente maiores que as do Sistema Solar.

Este trabalho com estrelas duplas foi seguido por John Herschel, tendo o mesmo determinado as propriedades orbitais de vários sistemas estelares através de um ajuste gráfico das elipses keplerianas (BUTTMAN, 1970).

Em 1783, William publicou o artigo “Sobre o movimento próprio do Sistema Solar”. Neste trabalho, Herschel afirmava que parte do movimento próprio observado nas estrelas, casualidade observacional bem conhecida pelos astrônomos do séc. XVIII, tinha uma contribuição devido ao movimento do próprio Sol no espaço (CLARIDGE, 1909). William foi o primeiro a investigar este movimento concluindo, corretamente, que o Sol se move para a direção da constelação de Hércules.

Herschel também efetuou medidas da distribuição de estrelas na Via Láctea. A partir de 1784, iniciou

contagens estelares em regiões particulares da Via Láctea repartindo-a em zonas definidas, em intervalos regulares de ascensão reta e declinação. Contando estrelas em zonas com 15 minutos de arco quadrados, em 1785, ele foi capaz de afirmar que nossa galáxia tem um “estrato” de estrelas que se distribuiu em um plano aproximadamente circular.

## Conclusões

William Herschel, sem dúvida alguma, era um homem à frente de seu tempo, tendo trabalhado, simultaneamente, em diversos campos de pesquisa da Astronomia. Apesar de certas estimativas feitas por Herschel terem sido profundamente influenciadas por erros observacionais, introduzidos devido a suposições incorretas com relação aos objetos de estudo e sua interação com os instrumentos de pesquisa, ele reconhecia a necessidade de ter objetos de controle para efetuar comparações e, principalmente, preocupava-se com a reprodução de seus resultados. A venda de telescópios de sua fabricação para diversos institutos europeus e astrônomos amadores serviu para que outros observadores conseguissem reproduzir suas observações em objetos variados como estrelas duplas e nebulosas, a exemplo do que foi feito por Galileu no séc. XVII. **M**

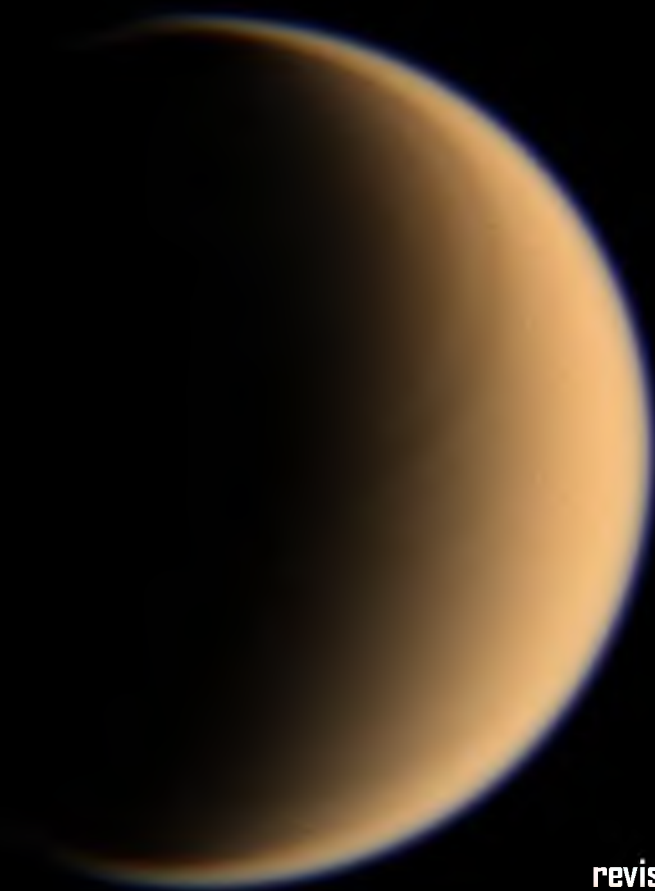
## Referências

- Buttmann, G. The shadow of the telescope, a biography of John Herschel. Guildford & London: Lutterworth Press, 1970. 219p.
- Chapman, A. William Herschel and the Measurement of Space. R.A.S. Quartely Journal, V.30, No. 4/DEC, p.399, dez. 1989.
- Claridge, J. T. Sir William Herschel and his astronomical work. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada, V. 3, p.31, fev. 1909.
- Cunningham, C. J. The Minor Planet Bulletin. V. 11, p.3, mar. 1984.
- Hoyt, D. V.; Schatten, K. H. Sir William Herschel's notebooks - Abstracts of solar observations. Astrophysical Journal Supplement Series. v. 78, p. 301-340, jan. 1992a.
- Hoyt, D. V.; Schatten, K. H. New information on solar activity, 1779-1818, from Sir William Herschel's unpublished notebooks. Astrophysical Journal, Part 1. V. 384, p. 361-384, jan. 1992b.
- Jewitt, D. A First Look at the Damocloids. The Astronomical Journal. V. 129, Issue 1, p. 530-538, jan. 2005.
- Millman, P. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. V. 74, No. 3, 1980.
- Kawaler, S.; Veverka, J. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. V. 75, p. 46, fev. 1981.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), ao MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), à Fundação Vitae e ao Instituto de Física da UFBA pelo apoio ao projeto “Descobrimdo o Céu”.

Em breve  
uma nova viagem  
pelo Sistema  
Solar



revista  
**MACROCOSMO**.COM  
diversificando a astronomia





# Equação bioastronômica

estimando o potencial biótico da nossa galáxia

por Fabiano Leite

**DURANTE MUITOS ANOS** de pesquisa exobiológica por meios próprios e por meio do Grupo SETI-Bioastronomia, o qual fundei com intenção de colaborar na divulgação da Bioastronomia no Brasil, encontrei muitos livros e artigos interessantes, porém sempre ficava algumas lacunas, no sentido que o que havia em um faltava em outro. Um exemplo é a Equação de Drake que com certeza é pioneira e muito importante como iniciativa científica de cálculo exobiológico, todavia observei que pelos padrões atuais de conhecimento esta equação é pouco específica em seus fatores. Foi então que compilando dados de incontáveis fontes bioastronômicas e analisando-os por meio do método de avaliação lógica elaborei a Equação Bioastronômica que tem por intenção estimar da maneira mais científica e plausível possível o potencial biótico da nossa galáxia.

$$\text{NPI} = \text{EC} \times \text{ZG} \times \text{PR} \times \text{SP} \times \text{ZE} \times \text{IA} \times \text{TC} \times \text{CA} \times \text{PV} \times \text{EB} \times \text{ED} \times \text{VI} \times \text{VS}$$

**NPI** = Número de planetas na galáxia com vida inteligente e autoconsciente;

**EC** = Estrelas com uma ecosfera útil\*;

**ZG** = Porcentagem de EC que está em uma zona habitável da galáxia\*;

**PR** = Porcentagem de ZG que possui planetas rochosos;

**SP** = Porcentagem de PR que se encontra em um sistema planetário adequado\*;

**ZE** = Porcentagem de SP que está em uma zona habitável em relação à sua estrela\*;

**IA** = Porcentagem de ZE que apresenta inclinação axial e rotação adequadas e estáveis\*;

**TC** = Porcentagem de IA que possui massa e composição certas para que ocorra retenção atmosférica, campo magnético e tectônica das placas;

**CA** = Porcentagem de TC que possui composição, pressão e temperatura atmosférica adequadas\*;

**PV** = Porcentagem de CA em que a vida surgiu;

**EB** = Porcentagem de PV em que a vida passou por evolução biológica bem sucedida, gerando efetivamente deste modo metazoários grandes e complexos;

**ED** = Porcentagem de EB em que houve poucos eventos naturais com capacidade de esterilização total em período inicial de formação biótica no planeta e nenhum após evolução biológica bem sucedida;

**VI** = Porcentagem de ED em que surgiu vida inteligente e autoconsciente;

**VS** = Porcentagem de VI que não se autodestruuiu.

\* para a vida animal complexa

## Resolução da equação

$$\text{NPI} = \text{EC} \times \text{ZG} \times \text{PR} \times \text{SP} \times \text{ZE} \times \text{IA} \times \text{TC} \times \text{CA} \times \text{PV} \times \text{EB} \times \text{ED} \times \text{VI} \times \text{VS}$$

$$\text{NPI} = 52.000.000.000 \times 60\% \times 40\% \times 25\% \times 5\% \times 1\% \times 50\% \times 65\% \times 90\% \times 55\% \times 60\% \times 15\% \times 70\%$$

Número de planetas na Via Láctea com vida inteligente e autoconsciente = 15.800

Dependendo do ponto de vista este resultado pode aparentar ser um valor relativamente alto, porém se efetuarmos o cálculo veremos que 15.800 equivale somente a 0,00000526 % do total de estrelas da Via Láctea.

Apesar deste valor proporcionalmente pequeno devemos considerar os seguintes fatores:

- É provável que existam planetas mais próximos um do outro, formando possivelmente pequenos aglomerados locais que viabilizariam detecção por ondas de rádio e talvez até sondagem;
- É possível que existam os chamados “mundos independentes” conjecturados por Asimov, que são pequenos planetas artificiais e independentes de sua estrela de origem, que vagam pelo universo, construídos por civilizações altamente desenvolvidas;
- O resultado desta equação refere-se restritamente a seres que estão em um nível de inteligência e autoconsciência no mínimo equivalente ao nosso, de maneira que outras centenas de planetas podem estar povoados por seres cuja capacidade mental em equivalência vai do peixe até o símio;
- Destes 15.800 uma parte considerável pode estar em um patamar científico e tecnológico tão avançado que lhes permite utilizar meios de comunicação mais rápidos do que a velocidade da luz (como as supostas ondas superluminais), cabendo a nós descobrir este meio para que possamos captar a comunicação;
- Também não é impossível que algumas civilizações possam estar tão avançadas ao ponto de dominarem técnicas que possibilitem superar a barreira espaço-tempo de modo a transpor as distâncias interestelares;
- E por último a hipótese menos modesta de todas: talvez as considerações da equação foram excessivamente austeras, como considerar muitos fatores e atribuir baixa probabilidade para alguns, de maneira que possivelmente 15.800 seja um valor mínimo a se propor. Frank Drake (idealizador da Equação de Drake), conjecturou 100 mil civilizações, Issac Asimov calculou meio milhão de planetas

habitados por formas inteligentes, o renomado bioastrônomo Carl Sagan e o astrônomo brasileiro Ronaldo Mourão chegaram a supor que na nossa galáxia poderia haver 1 milhão de planetas habitados por civilizações inteligentes!

## Porcentagens conjecturais da Equação Bioastronômica e comentário dos fatores

**EC = Estrelas com uma ecosfera útil\*:  
52.000.000.000**

Começamos nosso raciocínio com a seguinte pergunta: quantas estrelas existem na Galáxia?

A massa total da Via Láctea é certamente mais de 100 bilhões de vezes a do nosso Sol, sendo que algumas estimativas situam-na em 200 bilhões de vezes, podemos considerar então um valor médio de 160 bilhões de vezes a massa do nosso Sol. Esta massa total da Galáxia está distribuída entre três tipos de objetos: (1) estrelas, (2) corpos planetários não luminosos, (3) nuvens de poeira e gás. Os corpos planetários não luminosos apesar de serem quantitativamente superiores às estrelas são minúsculos em comparação a elas, as nuvens de poeira e gás apesar de imensas são muito rarefeitas, de maneira que é sensato supor que em torno de 94% da massa da Galáxia corresponda às estrelas (no nosso sistema solar por exemplo 99,8% de sua massa corresponde ao Sol). Deste modo a massa das estrelas na Galáxia seria igual a 150 bilhões de vezes a massa do Sol. Estima-se que uma estrela mediana possui 0,5 vezes a massa do Sol, resultando então que provavelmente há cerca de 300 bilhões de estrelas na Via Láctea.

Mas quais são os tipos de estrelas que possuem uma ecosfera útil (ou zona habitável) biogênicamente adequada para o surgimento e manutenção da vida animal complexa?

As estrelas são classificadas em classes espectrais, em ordem decrescente de massa, temperatura e luminosidade: O, B, A, F, G, K e M; ou seja, a classe espectral O possui mais massa, calor e luminosidade que a classe B, e a classe B mais que a classe A e assim por diante. Sendo ainda que cada classe representada por uma letra esta subdividida em dez subclasses numéricas: B0, B1, B2 ... B9; A0, A1, A2 ... A9, e assim por diante. Nosso Sol pertence à classe espectral G2.

Entre as classes espectrais F2 e M2 estão as estrelas cuja massa se estende de 1,4 vez a 0,33 vez a massa do Sol. Acima do limite superior dessa escala o tempo de vida das estrelas na seqüência principal é demasiadamente curto para possibilitar o desenvolvimento da vida ao nível de inteligência, sem contar que sua radiação seria muito escassa na faixa da luz visível, predominando a emissão de luz ultravioleta e raios X. Abaixo do limite inferior da escala o problema não é a duração da estrela na seqüência principal, mas sim o fato que devido a sua menor emissão de energia (que neste caso seria na faixa do infravermelho), a zona habitável está muito próxima da estrela, de modo que o planeta tenderá a sofrer o efeito de maré estacionária em que estaria sempre com a mesma face virada para a estrela, tendo nesta face uma temperatura alta e na outra uma temperatura congelante causando com isto também, além da extrema discrepância térmica, a perda de atmosfera para o espaço. Pesquisas indicam que a faixa que vai da classe espectral F2 até M2 representa quantitativamente 25% das estrelas da Via Láctea, ou seja, 75 bilhões.

Todavia não podemos nos esquecer de uma questão muito importante: as estrelas binárias!

Dando continuidade ao raciocínio pode-se utilizar as estimativas do escritor e cientista Isaac Asimov:

- 30 bilhões (40%) são singulares;
- 25 bilhões (33%) formam um sistema binário com uma estrela anã;
- 18 bilhões (24%) formam binárias umas com as outras;
- 2 bilhões (3%) formam um sistema binário com uma estrela gigante.

Em suma: Podemos considerar os 30 bilhões de estrelas singulares.

No que diz respeito aos 25 bilhões de estrelas que têm como parceira uma estrela anã podemos deduzir que é muito menos provável que uma estrela anã

interfira num sistema planetário, pela gravidade ou irradiação, do que uma grande estrela. Pode-se então estimar conservadoramente que 2/3 dessas estrelas tenham ecosferas úteis, equivalendo então a 16 bilhões de estrelas.

Dos 18 bilhões de estrelas que estão em associação binária com outra estrela como o Sol, pode-se estimar, de novo conservadoramente, que apenas 1/3 tenha ecosferas úteis, ou seja, 6 bilhões de estrelas.

E por fim, eliminar os 2 bilhões de estrelas que têm como parceira uma estrela gigante, totalizando 52 bilhões de estrelas.

### **ZG = Porcentagem de EC que está em uma zona habitável da galáxia\*: 60%**

A Via Láctea pode ser dividida em bulbo central, halo e orla, sendo que antigamente considerava-se plausível que devido à maior concentração de estrelas na região central da galáxia deveria existir um possível maior número de civilizações nesta região. Todavia, atualmente é consensual que devido à proximidade entre estrelas, os planetas que por ventura venham a orbitá-las estão sujeitos a todo tipo de radiação letal, como por exemplo, a radiação gama de supernovas, sem contar com a maior probabilidade de instabilidade destas estrelas devido às interações gravitacionais. No que diz respeito à orla do disco galáctico também não seria apropriado para o surgimento da vida animal complexa pelo fato que as estrelas desta região são pobres em metais. E somado a tudo isto ainda há mais uma questão a se considerar quando se trata de zona galáctica habitável, sabemos que as estrelas que estão em revolução em torno do centro galáctico seguem as leis de Kepler de modo que a velocidade de revolução diminui gradualmente do centro em direção à orla, ao passo que o gás e poeira giram em um bloco único segundo as leis da hidrodinâmica. Desta maneira não é difícil concluir que em períodos, que vão de milhares a bilhões de anos, as estrelas atravessam um por um os quatro braços espirais que formam a galáxia. Porém atravessar freqüentemente braços espirais não é algo muito salutar para sistemas solares que estão gerando ou que já possuem vida, pelo fato que nestes a concentração estelar é maior, sendo por sua vez a exposição à radiação intensa muito maior.

Deste modo a faixa mediana do halo da galáxia, na

qual o Sol se localiza centralizado, é a que tem maior sincronização de movimento das estrelas em relação aos braços espirais, de modo que levam centenas de milhões de anos para que as estrelas desta região atravessem um braço espiral.

Com base em tais informações levanto a hipótese que a zona habitável da galáxia venha a estender-se por 15 mil anos-luz do Sol em direção ao centro da galáxia e mais 15 mil anos-luz do Sol em direção à orla, perfazendo uma região circular de 30 mil anos-luz de largura por 180 mil anos-luz de extensão circunferencial no seu ponto médio.

**PR = Porcentagem de ZG que possui planetas rochosos:  
40%**

Há atualmente grande quantidade de dados que corroboram a hipótese que em torno de todas as estrelas, ou pelo menos em quase todas, há planetas em órbita. Isto ocorre devido ao processo de estruturação das nebulosas em sistemas planetários que ocorre da seguinte maneira:

O material que forma a nebulosa quando está suficientemente frio começa a condensar-se devido à atração gravitacional e forma uma nuvem achatada e girante. Na fase seguinte esta nuvem assume a forma de uma distribuição de gás, poeira e rochas em forma de discos concêntricos orbitando em torno do proto-sol, em seguida estes discos irão individualmente formar “zonas de alimentação” que por acumulação de material cada uma originará um planeta, se este processo logicamente for bem sucedido, pois é possível que em alguns destes discos de acreção o material mais volátil próximo à estrela perca-se no universo e sendo mais pesado venha a não colidir de maneira correta para formar corpos maiores (o que pode ter ocorrido com o cinturão de Kuiper entre Marte e Júpiter). Enquanto nas nebulosas de 1ª geração o hidrogênio e o hélio são totalidade, nas nebulosas de 2ª geração existem também elementos pesados, gerando por meio da aglutinação da matéria planetas rochosos e gasosos que podem tomar diversas disposições. Mas por fatores, principalmente térmicos, a tendência é que se formem planetas rochosos relativamente menores próximos à estrela central e gigantes gasosos mais afastados. Pois como os planetas que estão mais próximos da estrela em torno da qual orbitam

recebem mais calor os elementos mais voláteis (como o hidrogênio e o hélio) perdem-se no espaço, enquanto os planetas mais afastados, por receberem menos calor, retêm em torno de um núcleo rochoso grande quantidade de elementos voláteis, fato este que lhes garante imensos volumes.

Sendo assim é necessário que a nebulosa que formou a estrela e o sistema planetário como um todo seja de 2ª geração para que origine um ou mais planetas rochosos (ou telúricos). Como o Universo já possui em torno de 14 bilhões de anos já houve tempo suficiente para que se formasse uma quantidade considerável de elementos pesados no núcleo de estrelas que ao colapsarem em nebulosas planetárias ou supernovas provocam a dispersão de tais elementos no espaço que vão compor as nebulosas de 2ª geração. Somando isto a outros dados corroborativos, tudo indica que em torno de 45% das estrelas que vão do tipo F2 até o M2 sejam de 2ª geração, de maneira que pode-se afirmar então que destes 45% , pelo menos 40% possui planeta(s) rochoso(s) em órbita.

**SP = Porcentagem de PR que se encontra em um sistema planetário adequado\*:  
25%**

O que pode ser entendido por sistema planetário adequado para a vida metazoária complexa? Uma das forças físicas mais determinantes, no cosmos, é a força da gravidade, é ela que em base gera a grande maioria dos fenômenos que dão forma ao Universo. Relativo a formação, distribuição, composição, massa, volume, órbita e interação entre os componentes do sistema planetário não é diferente:

- Os planetas devem estar distribuídos em órbitas não extremamente excêntricas, não excessivamente elípticas, não demasiadamente inclinadas e que além de serem estáveis não possibilitem interações gravitacionais que alterem a configuração do sistema. No nosso sistema solar, dos planetas, somente o planeta-anão Plutão não cumpre completamente estes requisitos, inobstante, não compromete a estabilidade dos outros planetas.

- Planetas gasosos gigantes como Saturno e principalmente Júpiter são muito salutares, pois provocam uma depuração no sistema planetário, livrando-o de escombros remanescentes da nebulosa que poderiam apresentar riscos à formação da vida,

como meteoros e cometas em excesso, estimativas indicam que sem os planetas gigantes a frequência de impactos seria 10 mil vezes maior!

- Os planetas gigantes possuem aspectos benéficos, conforme foi citado, mas isto se tiverem massa não muito maior que Júpiter, estiverem em distâncias seguras, em órbitas circulares e que não espiralem para dentro, porque se não acabariam por dismantelar o sistema planetário lançando os demais planetas de encontro com a estrela central ou para o espaço. Eles também têm efeitos cruciais durante a formação dos planetas tendo em vista que podem gravitacionalmente causar o abortamento na formação de planetas rochosos próximos, como deve ter ocorrido com o material que ao invés de formar um planeta formou um cinturão de planetesimais entre Júpiter e Marte (conforme já mencionado no fator PR).

- Um planeta vizinho como Marte talvez não seja necessário, mas não deixa de ser bem-vindo, pois estudos indicam que no início de sua existência é possível que este planeta tenha gerado vida microbiana muito antes da Terra e que por fatores térmicos e atmosféricos não pôde mantê-la (pelo menos na superfície, é possível que no subsolo existam extremófilos), sendo que em média recebemos de Marte 6 fragmentos de rocha por ano, não é impossível que tenha ocorrido uma panspermia Marte-Terra no passado remoto.

Modelos computacionais altamente sofisticados e complexos demonstraram que a probabilidade de nebulosas de 2ª geração gerarem sistemas planetários com características semelhantes ao nosso é de 25%.

**ZE = Porcentagem de SP que está em uma zona habitável em relação à sua estrela\*:  
5%**

A zona habitável estelar (ou ecosfera) é um dos fatores mais seletivos no que diz respeito à vida

metazoária complexa. Parte-se do princípio que a vida (conforme conhecemos) necessita de água para existir, deste modo a zona habitável é uma região em que sua estrela central fornece uma temperatura de superfície planetária entre o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água. Mas certamente não se resume nisto, pois existem outros fatores a considerar:

- A faixa térmica da água líquida é mais que suficiente para organismos protozoários conhecidos como extremófilos que podem ainda viver em temperaturas abaixo do ponto de congelamento e muito acima do ponto de ebulição da água e ainda em ambientes de alta pressão, alta acidez ou muito básico – zona habitável estelar microbiana. Já os metazoários complexos (animais) necessitam de peculiaridades térmicas e ambientais muito mais específicas e restritas, de modo que a faixa térmica neste caso vai de cerca de 2°C a 45°C – zona habitável estelar animal.

- A distância e a extensão da zona habitável são proporcionais à intensidade de emissão de energia da estrela que por sua vez é proporcional à massa da estrela, sendo que, com o passar do tempo, com o gradual aumento de volume e emissão de energia, a



zona habitável tende a deslocar-se para mais distante da estrela (nosso planeta, em torno de 2 bilhões de anos, deixará de estar na zona habitável animal).

- Até certo ponto, por uma questão de proporção probabilística, quanto maior a quantidade de planetas rochosos (ou telúricos) que um sistema planetário possuir, maior será a probabilidade que pelo menos um deles esteja na zona habitável animal (nosso sistema solar possui quatro planetas rochosos internos e quatro planetas gasosos externos – parece ser uma boa proporção).

- Existe um mecanismo natural denominado termostato de silicato de CO<sub>2</sub> que associado à atmosfera regula a temperatura do planeta Terra ampliando sua zona habitável, sendo que este termostato natural provavelmente ocorra nos demais planetas telúricos que possuam as propriedades necessárias para o seu funcionamento como água superficial, cálcio, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e tectônica das placas.

No caso do Sistema Solar parece que a zona habitável animal tem seu limite interno antes da órbita de Vênus que dista 108,2 milhões de Km do Sol, e seu limite externo antes da órbita de Marte que dista 227,9 milhões de Km do Sol, perfazendo desta maneira uma região circular que fica no ponto médio entre as órbitas destes dois planetas e que graças à atmosfera e o termostato de silicato de CO<sub>2</sub> abrange quase 1/4 deste espaçamento.

### **IA = Porcentagem de ZE que apresenta inclinação axial e rotação adequadas e estáveis \*:**

**1%**

A inclinação do eixo de rotação, por determinar as quantidades relativas de energia solar que atingem as regiões polares e equatorial, afeta diretamente o clima de um planeta que por sua vez afeta sua habitabilidade. Certamente é salutar, para que um planeta seja habitável, que sua variação térmica não seja abrupta e extrema, e para isto é necessário que seu grau de inclinação seja moderado e não varie muito em pouco tempo. O planeta Terra demonstra estar em uma inclinação e rotação bastante adequadas para a vida, de maneira que associadas à translação promovem uma ampla e equilibrada distribuição da energia solar por meio das estações. Do contrário,

se o planeta apresentasse uma rotação muito lenta e um grau de inclinação axial muito maior ou menor é provável que suas temperaturas fossem extremamente contrastantes, provocando possivelmente até um efeito de congelamento irreversível e perda da atmosfera para o espaço. E além de estar em uma medida adequada, a obliquidade não variou mais de um ou dois graus em relação ao valor atual de 23°, e devemos isto à nossa lua de tamanho relativamente grande. Se não fosse por ela, é provável que o eixo de rotação do planeta Terra apresentasse variação de 45° e o período de rotação fosse de somente 10 horas. O sistema solar possui 61 luas no total, todavia a nossa é a única que apresenta tamanho suficiente (1/4 do planeta Terra!) para gerar os efeitos observados sobre o planeta em torno do qual orbita.

Então se o mérito de possuir uma lua como a nossa é tão considerável surge a pergunta: como ela se formou? Existe uma teoria muito bem aceita e com indícios corroborativos (inclusive das missões Apollo) denominada modelo de Cameron e Canup:

“Um corpo várias vezes mais maciço do que Marte atinge a extremidade da Terra, ainda na metade de seu desenvolvimento, com efeitos extraordinários. Após um golpe oblíquo, os dois corpos distorcidos se separam e, depois, se recombina. Os núcleos metálicos dos dois corpos se unem para formar o núcleo da Terra, enquanto partes dos mantos dos dois corpos são lançados em órbita e se acumulam para formar a Lua. Após a sua formação, a Lua espiralou para fora, processo que continua até a época atual. Para produzir uma Lua tão maciça, o corpo do impacto teve que ser do tamanho certo, teve de atingir o ponto certo do planeta Terra e o impacto teve de ocorrer no momento certo do processo de crescimento da Terra”.

Não penso ser obrigatório ou inevitável conceber tal hipótese como a única válida, pois pode ocorrer a formação do satélite natural simultaneamente ao planeta ou ainda o satélite pode ter se formado distante e posteriormente ser capturado gravitacionalmente, contudo logicamente que suas características composicionais e estruturais irão diferir em

**Bibliografia:** Cosmos/Carl Sagan, Os Dragões do Éden/Carl Sagan, Sós no Universo?/Peter Ward e Donald Brownlee, Civilizações Extraterrenas/Isaac Asimov

conformidade com o tipo de processo de formação. E ainda poderia ser feito o questionamento: e se existir algum outro mecanismo de estabilidade do eixo de rotação? Até que ponto os requisitos lunares x habitabilidade planetária são inflexíveis?

Mas para que o raciocínio não acabe em pura especulação penso que a presença de um satélite natural relativamente grande é fator determinante na habitabilidade planetária. Devido a tais considerações o fator IA acaba sendo o de mais baixa probabilidade devido a sua combinação muito sutil de peculiaridades, por isto se atribui a porcentagem relativamente baixa de 1%.

### **TC = Porcentagem de IA que possui massa e composição certas para que ocorra retenção atmosférica, campo magnético e tectônica das placas: 50%**

Certamente que a massa e composição planetária, a retenção atmosférica, o campo magnético e a tectônica das placas estão diretamente correlacionados de maneira tão intrincada que torna-se difícil analisá-los separadamente:

- Para que um planeta retenha uma atmosfera considerável ele deve possuir no mínimo a massa equivalente a 0,4 a massa da Terra, sem massa suficiente o planeta não possui atração gravitacional necessária para reter a atmosfera e gerar a tectônica das placas;

- Se não existisse tectônica das placas o planeta seria dominado ou por terra firme ou teria toda a sua superfície coberta por água. Para que ocorra tectônica das placas é necessário que o planeta possua massa suficiente, elementos radioativos em quantidade necessária para gerar calor interno, apresente vulcanismo, seja dividido em núcleo, manto e crosta e que estes níveis apresentem diferenças de viscosidade, sendo que a crosta não pode ser muito espessa e densa. Mesmo se ocorresse vulcanismo sem os demais requisitos a tectônica não seria possível e por sua vez não existiriam grandes elevações de terreno, seria um planeta aquático com no máximo alguns vulcões pontilhando acima do nível do mar. Até que nível seres aquáticos podem evoluir? É possível desenvolver tecnologia em ambiente aquático?

- Mesmo que ocorresse tectônica das placas no início

da existência de um planeta e após cessasse com o passar do tempo, todo o relevo iria se erodir e sem tectônica das placas para levantá-lo atingiria o nível do mar, pois mesmo o efeito de reação isostática seria superado pela erosão. Como a vida oceânica, conforme se apresenta, depende em grande parte dos nutrientes de superfície, o mar sem que haja também continentes, iria apresentar uma diversidade de espécies bem menor;

- Conforme já mencionado no item 4 do fator ZE, existe um mecanismo natural denominado termostato de silicato de CO<sub>2</sub> que regula a temperatura do planeta Terra de maneira imprescindível, necessitando para isto da tectônica das placas, água de superfície e vulcanismo;

- Se não houvesse campo magnético a Terra seria fustigada pela radiação cósmica, pois no espaço exterior o que não faltam são raios cósmicos, raios gama e partículas elementares – elétrons, prótons, núcleos de hélio e núcleos mais pesados – deslocando-se em velocidades próximas à da luz, oriundos de várias fontes. O nosso campo magnético funciona como um escudo protetor que rechaça tais partículas nocivas e também contribui para que nossa atmosfera não se perca no espaço. Tal campo magnético é efeito de dois fatores: núcleo metálico + rotação planetária.

Dentro ou próximo da ecosfera do nosso próprio sistema solar o único planeta além da Terra que poderia cumprir todos os requisitos do fator TC seria o planeta Vênus: possui massa de 0,81 vez a da Terra, é dividido em núcleo, manto e crosta, cujas características até onde se tem conhecimento não diferem muito com relação às da Terra, possui campo magnético e vulcanismo. Contudo, pelo fato de estar muito próximo do Sol, por apresentar uma rotação muito lenta (243 dias terrestres) e não possuir uma inclinação axial adequada o mecanismo de termostato de silicato de CO<sub>2</sub> não funciona, acumulando CO<sub>2</sub> e gerando um efeito de estufa muito acentuado que eleva sua temperatura a 480C° e sua pressão atmosférica a 90 vezes a da Terra. Se não fossem estes fatores possivelmente teríamos dois planetas habitáveis somente no nosso sistema solar.

Deste modo, poder-se-ia dizer tranquilamente que um a cada dois sistemas planetários do fator IA possui pelo menos um planeta com massa e composição certas para que ocorra retenção atmosférica, campo magnético e tectônica das placas.



## CA = Porcentagem de TC que apresenta composição, pressão e temperatura atmosférica adequadas\*:

**65%**

Como já mencionado nos fatores anteriores, os metazoários complexos suportam uma faixa térmica de 2°C a 45°C, a pressão não pode ser muito superior a 1 atm e o ambiente não pode ser muito básico, alcalino, ácido ou salgado, sendo que conseqüentemente todas estas propriedades estão diretamente ligadas às características do planeta e sua atmosfera. Logicamente que a própria presença da vida torna o meio ambiente adequado para sua manutenção, pois os principais constituintes atmosféricos são processados e reciclados em escalas de tempo curtas via processos biológicos, fazendo com que a atmosfera biótica difira bastante de uma atmosfera abiótica.

Mas é evidente que para a vida microbiana poder surgir e preparar o ambiente para os vegetais e animais e estes interagirem é necessário que preexistam elementos básicos essenciais. Interessante observar que se o planeta, ou planetas, satisfazem os requisitos de todos os fatores anteriores a probabilidade é muito grande de apresentarem sua própria composição e sua atmosfera com composição, pressão e temperatura adequadas para a vida animal complexa. Porém como o fator CA refere-se a características planetárias físico-químicas muito sutis, potencialmente instáveis e delicadamente interligadas, resulta que sua porcentagem acaba por não ser muito próxima de 100%. Quanto à composição planetária subtende-se a massa necessária para reter a atmosfera (que provavelmente já seria adequada por ter satisfeito o fator TC), os elementos químicos e compostos biogênicos e quanto à composição atmosférica subtende-se os tipos de gases elementares à vida e a quantidade de água presentes na atmosfera desde a superfície, listo alguns:

**Carbono** - Considerado “espinha dorsal da vida” por ser um elemento químico que pode promover ligação covalente quaternária, ou seja, pode ligar-se simultaneamente com quatro outros elementos, sendo esta uma ligação química na medida certa, nem muito forte e nem muito fraca que possibilita a formação de moléculas bastante complexas e extensas. Sem contar que este elemento entra na composição de compostos importantes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Oxigênio** - A vida pelo que tudo indica seguiu a seguinte seqüência na geração orgânica de energia: fermentação - fotossíntese – respiração anaeróbica e respiração aeróbica, sendo o último tipo, que faz uso do oxigênio molecular, o de maior rendimento. Este elemento químico também é considerado essencial na precipitação de minerais constituintes dos esqueletos dos animais, sem contar que atômica e molecularmente entra na composição da água (H<sub>2</sub>O) e do gás ozônio (O<sub>3</sub>) que constitui a camada de ozônio (nosso escudo protetor contra os raios ultravioletas).

**Nitrogênio** - Forma um gás estável que ajuda na reciclagem dele próprio entre os organismos e o meio ambiente e entra na composição de compostos biogênicos, como por exemplo, nas bases nitrogenadas do DNA.

**Ferro, níquel, magnésio e silício** – Formam o núcleo, manto e crosta do planeta Terra, contribuindo com suas características fisicamente intrínsecas para gerar os continentes e também os fenômenos geológicos e atmosféricos que contribuem para a habitabilidade do planeta, sem contar que o ferro iônico é indispensável para a ocorrência da fotossíntese e da respiração celular e também o silício seguido dos demais metais são importantes componentes tecnológicos.

**Urânio, tório e potássio** – São elementos que por meio de seus decaimentos radioativos geram o calor interno do planeta que por sua vez gera atividade geológica como ondas de convecção térmica, vulcanismo que juntamente com a tectônica das placas recicla o CO<sub>2</sub> no processo de estabilidade térmica e também gera os continentes.

**Fósforo** – É um elemento biogênico que desempenha importantes funções nos vegetais e entra na constituição dos ossos e também contribui no metabolismo e reações de desdobramento de carboidratos nos organismos.

**Água** – Como já muito bem se sabe é o “solvente universal” imprescindível nos mais diversos tipos de reações químicas e metabólicas, no ambiente e nos organismos, que possibilitam a existência da vida. Sua quantidade em forma líquida na superfície e na forma de vapor na atmosfera está diretamente ligada com a manutenção da temperatura por meio de sua propriedade de retenção térmica e por sua importante participação no processo de termostato de silicato de CO<sub>2</sub> e na possibilidade da existência de continentes. Pois se houvesse o dobro de água o

planeta seria aquático (com pH e salinidade diferentes) e se houvesse muito menos, por vários fatores correlacionados, provavelmente nós não existiríamos para tratar deste assunto...

Dióxido de carbono – Essencial à fotossíntese e conforme já mencionado é o principal gás de estufa, de modo que sua quantidade na atmosfera vai determinar se o planeta será como a Terra, se entrará em um efeito estufa descontrolado como Vênus ou em um congelamento criogênico como Marte.

### **PV = Porcentagem de CA em que a vida surgiu: 90%**

Tem-se como muito evidente que para que surjam seres multicelulares que possam originar animais altamente complexos se faz necessário primeiramente o surgimento de seres unicelulares tanto no sentido de progressão da complexidade morfofisiológica como no modelamento do meio ambiente para que possam surgir os metazoários desenvolvidos. E este é um raciocínio tão lógico que é plausível de generalização a nível universal. Mas quanto à questão da possibilidade de surgimento da vida a nível mais simples, como a vida microbiana unicelular, pergunto: habitabilidade resulta inevitavelmente em habitação? Ou seja, se um planeta possui todas as condições de gerar a vida ela surge espontaneamente?

Utilizar a teoria da panspermia para explicar o surgimento da vida em um planeta iria simplesmente transferir o problema para outro lugar, mesmo que se argumentasse que é mais fácil a vida surgir uma só vez em um lugar do que em vários, até concordo, mas em compensação como ela se espalharia pela galáxia inteira de modos físico e cronológico viáveis? Sendo assim, se eu acreditasse em uma “panspermia galáctica” não perderia meu tempo elaborando esta equação, pois por vários fatores que nem preciso citar,

**Frak Drake, astrofísica autor da famosa Fórmula de Drake que busca o número de civilizações inteligentes, em nossa galáxia**

o resultado provavelmente não passaria de 1. Se é para considerar a panspermia como válida, que esta seja local, como em âmbito de sistema planetário. Todavia a vida teria que surgir em algum lugar do sistema planetário, e onde seria este lugar? Ora, logicamente em um lugar onde houvesse condições. No caso do sistema solar qual é o planeta que possui as melhores condições bióticas? Isso mesmo, a Terra, mas e no passado não poderia ter sido Marte, e esta posteriormente ter “fecundado” a Terra? Pois é, o mecanismo é viável e a distância não é intransponível, prova disto são a meia dúzia em média de asteróides marcianos que atingem a Terra por ano, e estudos indicam que microorganismos poderiam sobreviver no interior de tais asteróides, mesmo em vista da severidade do choque mecânico de ejeção-aterragem e a radiação espacial envolvidos no processo. Contudo não resolve muito transferir o problema para o planeta vizinho se a resposta para a primeira questão estiver pendente.

Antigamente acreditava-se na “geração espontânea” na qual pensava-se que animais pudessem surgir quase que instantaneamente de lodo e matéria em putrefação. Ironicamente após séculos de pesquisas científicas se constatou que a geração espontânea é cabível, porém o que difere do pensamento arcaico é o fator tempo. Ou seja, é possível que a vida tenha surgido da matéria inanimada, contudo não foi de modo instantâneo, foram necessários milhões de anos de reações físico-químicas. E não vemos contemporaneamente surgir novos tipos de vida espontaneamente da matéria inanimada porque o ambiente atual é muito diferente do ambiente da “terra primordial”

e como já existem incontáveis organismos qualquer novo tipo de vida que começasse a se formar bioquimicamente seria logo devorado. Certamente que as condições da Terra primordial são bem diferentes em relação às condições atuais, a diferenciação dos materiais fundidos da Terra primeva teria permitido a liberação de componentes gasosos formados em seu interior. Vulcões modernos liberam gases quando o magma é



trazido à superfície, os quais nos indicam a composição da atmosfera primordial da Terra: vapor d'água (H<sub>2</sub>O), gás carbônico (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), cloreto de hidrogênio (HCl), nitrogênio (N<sub>2</sub>) e hidrogênio (H<sub>2</sub>) moleculares. A atmosfera da Terra primordial foi provavelmente rica em CO<sub>2</sub>, talvez tanto quanto as atmosferas de Vênus e de Marte. O efeito estufa resultante foi importante para manter a Terra moderadamente aquecida após a consolidação de sua crosta. Na época, o jovem Sol tinha cerca de 80% de sua luminosidade atual, o que causaria condições glaciais no globo sob as pressões terrestres, não fosse pelo efeito-estufa da atmosfera primeva.

É provável que a Terra tenha adquirido parte de sua água e das substâncias necessárias às reações precursoras da vida a partir de colisões com cometas, sendo este um aspecto positivo do bombardeamento de um planeta por cometas quando ocorre em um período inicial de formação. Vapor d'água teria se condensado na atmosfera terrestre e chovido de volta sobre a superfície, cobrindo a crosta primitiva com lagos, mares e por fim oceanos. O ciclo das chuvas teve um importante papel no resfriamento do planeta: ao evaporar, a água absorvia calor do oceano de magma exposto à atmosfera ou coberto pela tênue crosta; mais tarde, ao se condensar na alta atmosfera, a água irradiava esse calor para o espaço.

A ausência de oxigênio molecular na atmosfera primitiva, impossibilitava a formação de uma camada de ozônio e as radiações que percorriam essa atmosfera atuavam fotoquimicamente favorecendo a existência de grande quantidade de moléculas ionizadas e reativas. Teríamos um ambiente quimicamente redutor e formador de aglomerados cada vez mais complexos de átomos. Miller comprovou em laboratório que em tais circunstâncias podem se formar aminoácidos, nucleotídeos, açúcares e bases nitrogenadas. Esses entes químicos se polimerizam para originarem as principais macromoléculas das células. Catalisadores minerais, calor, altas concentrações de fosfatos foram provavelmente os promotores dessa polimerização inicial. A relativa rapidez no surgimento de novos polímeros depois do início comentado acima, poderia ser explicada pela capacidade catalítica de certas macromoléculas. Porém para que moléculas viessem a formar sistemas vivos elas precisariam ter o poder de reprodução. Tanto o surgimento da

vida como a sua reprodução implica em DNA (ácido desoxirribonucléico), só que a maneira como as primeiras moléculas de DNA surgiram na Terra é algo ainda incerto no meio científico. Inobstante sabe-se que o desenvolvimento do DNA - e finalmente, da vida - requer os seguintes ingredientes e condições: energia, aminoácidos, fatores que possibilitem a concentração química, catalisadores e proteção de radiação forte ou calor excessivo. A evolução química da vida envolve quatro passos:

1- Síntese e acumulação de pequenas moléculas orgânicas, como aminoácidos e moléculas denominadas nucleotídeos. A acumulação de substâncias químicas chamadas fosfatos teria sido uma condição importante, por serem a “espinha dorsal” do DNA e RNA (ácido ribonucléico).

2- Junção dessas pequenas moléculas em moléculas maiores como proteínas e ácidos nucléicos.

3- Agregação das proteínas e ácidos nucléicos em gotículas que assumiram características químicas diferentes do ambiente circundante.

4- Replicação das moléculas complexas maiores e o estabelecimento da hereditariedade. A molécula de DNA é capaz das duas coisas, mas precisa da ajuda de outras moléculas, como o RNA.

No que diz respeito a este conjunto de informações que compõem uma espécie de teoria da “neo-geração-espontânea”, particularmente considero a explicação mais lógica e convictamente conceptuo que se o ambiente apresentar condições adequadas é muito mais provável que os fenômenos físicos e químicos gerem um ambiente biótico, do que este simplesmente permanecer abiótico. Tal resposta da minha parte sinceramente não é puramente movida por “tendência bioastronômica”, mas sim por uma conclusão que foi se formando no transcorrer de muito tempo.

Já houve a suspeita que a 2ª lei da termodinâmica denominada entropia agiria de maneira antibiótica, tendo em vista que ela dita ao universo físico uma tendência inexorável à desorganização (logicamente que não se resume nisto, e o termo organização é usado para que haja maior inteligibilidade). Todavia atualmente já é bem sabido cientificamente que esta lei física é válida somente para sistemas energeticamente fechados. O universo como um todo é um sistema energeticamente fechado, porém ele apresenta pontos que formam localmente sistemas energeticamente abertos. As estrelas são fontes de energia, e esta energia

pode ser usada para a organização biológica (como ocorre no planeta Terra), ou seja, o universo como um todo está aumentando sua entropia e por consequência se “desorganizando” lentamente, mas possui pontos localizados (como os sistemas planetários que são energeticamente abertos) em que existe grande disponibilidade de energia “organizadora” em fluxo. Neste raciocínio de organização faz-se necessário o discernimento, pois não é comparável, por exemplo, à probabilidade ou possibilidade de um relógio automontar-se sozinho, porque o relógio é um aparelho complexo desenvolvido artificialmente e composto de várias partes que a priori não possuem intrinsecamente a tendência “automática” de se unirem congruentemente de maneira que o padrão e estrutura não estão naturalmente conectados. Diferentemente da biologia que é gerada pela química que por sua vez é gerada pela física, sendo que esta última é composta de elementos a nível subatômico e quântico que se correlacionam por um processo natural que incorpora o padrão de organização continuamente na estrutura, por seguir a “lógica mecânica” e natural das leis da física que dão forma ao universo. Como Einstein mesmo expressou “Deus não joga dados”, portanto não se resume simplesmente em uma loteria (ou jogo), ou na probabilidade de peças se unirem sozinhas ou aleatoriamente para formar um relógio (ou organismo), e sim trata-se de vários níveis de consequências (que neste caso geram organização), cujas causas seguem as propriedades universais intrínsecas da matéria, energia e tempo. A própria Autopoiese, conforme mencionado no fator EB, nos mostra que a vida apresenta interações inerentes que de certa forma extraem sistematicamente o qualitativo do quantitativo, um exemplo na genética é a pequena diferença na composição dos genes entre o chimpanzé e o ser humano (menos de 2%!), e você diria que difere mentalmente e fisicamente menos de 2% dos chimpanzés? O que ocorre neste caso é que não importa a semelhança quantitativa, mas sim a maneira que os genes se correlacionam no sistema formando o diferencial qualitativo.

Em suma quero dizer que tenho consciência plena que a vida é algo muito complexo e delicado que necessita de incontáveis fatores para surgir e se manter (como a própria equação demonstra), porém creio, baseado em vários estudos, que a matéria da maneira que se apresenta possui propriedades inerentes que geram uma propensão biótica natural, de modo que

quando isto é combinado de maneira adequada por tempo suficiente a vida aflora. Portanto é possível que existam universos com características físicas que não possibilitem o surgimento da vida, por mais simples que seja, até porque sabemos que se os quarks ou elétrons do “nosso universo” possuísem alguma propriedade física diferente ou em intensidade maior ou menor, provavelmente os átomos não teriam se formado, e muito menos as moléculas, células e organismos. E gostaria de salientar que quando sigo tal raciocínio, não estou necessariamente me guiando pelo pensamento teleológico em que a matéria é da maneira que é objetivando o surgimento da vida, e também não estou querendo ser cético e mecanicista no sentido de artificializar plenamente o universo. Na verdade penso que o bom-senso é o melhor caminho, de maneira que neste aspecto possivelmente está tudo correlacionado acima de uma conceitualização convencional de causa e efeito e talvez não passem simplesmente de interpretações subjetivamente diferentes ou até faces diferentes de uma mesma “realidade”.

Por fim, como sabemos que para o surgimento da vida microbiana (ainda mais sendo extremófila) as condições do planeta não precisam cumprir a maioria dos fatores da equação, de maneira que deve ser abundante na Galáxia, e como todos os fatores que antecedem o fator PV estão ajustados e computados nos rigorosos parâmetros condizentes às necessidades para o surgimento e manutenção de metazoários complexos, de modo a gerar um processo semelhante à Terra, concluo que 90% para o fator PV em específico acaba por não ser uma porcentagem exagerada.

**EB = Porcentagem de PV em que após surgida a vida, esta passou por evolução biológica bem sucedida, gerando efetivamente deste modo metazoários grandes e complexos:  
55%**

No planeta Terra a evolução foi contínua e pontual, ou seja, nunca cessou totalmente, todavia houve momentos de “saltos evolutivos”. Destes momentos o que mais surpreendeu os pesquisadores foi a denominada Explosão Cambriana que ocorreu entre 600 e 500 milhões de anos atrás. Foi neste evento que pela primeira vez foram gerados metazoários

complexos, isto significa que a vida demorou em torno de 800 milhões de anos para surgir, enquanto para surgirem animais demorou 3 bilhões de anos! O inverso do que se poderia imaginar por meio de uma dedução mais simplista, e por que após o surgimento da vida foi necessário 4 vezes mais tempo para que surgissem os animais? Estudos indicam que de uma maneira muito complexa e intrincada o ambiente foi se modificando de maneira que após chegar a uma situação de grande potencial biótico, a vida pôde explorar todas as possibilidades de maneira a gerar seres de maior porte e complexidade morfofisiológica. Fazendo uma analogia sintetizada, é como se os seres procariotas fossem as “sementes”, os seres eucariotas as “árvores frutíferas” e os seres metazoários os “frutos”, nesta analogia o que falta? O solo, que é a própria Terra, a água e o fertilizante. O solo e a água já existiam desde que as sementes foram plantadas (ou geradas), e o fertilizante? Aqui que está o “x” da questão, o fertilizante (nutrientes) foi sendo produzido e liberado lentamente no ambiente por incontáveis processos de combinação, recombinação e interações químicas para gerar os compostos mencionados no fator CA em interação com as condições físicas, como por exemplo, a camada de ozônio, a separação e extensão dos continentes, a adequação e estabilidade térmica etc. Porém o mais interessante é que o fertilizante não é somente de ordem física e química, mas também de ordem biológica. Pois como a própria conceituação da ciência sistêmica denominada Autopoiese nos mostra que a vida com o passar do tempo modifica as condições ambientais e modifica a si mesma numa espécie de ciclo auto-organizador e auto-ajustável, por meio da sua própria atividade químico-metabólica e pelos mecanismos evolutivos já bem elucidados de co-evolução, replicação, mutação e seleção que vai do microcosmo químico ao macrocosmo biológico, deste modo observam-se fenômenos a nível molecular

que lembram organismos nos seus processos de sobrevivência e evolução.

Sendo assim me pergunto: em quantos planetas este processo, que vai das “sementes aos frutos”, foi bem sucedido? Levando em consideração que para se chegar ao fator EB foram cumpridos vários requisitos dos fatores anteriores (que por sinal não são poucos), penso que a probabilidade de 55% não é exagerada.

### **ED = Porcentagem de EB em que houve poucos eventos naturais com capacidade de esterilização total em período inicial de formação biótica no planeta e nenhum após evolução biológica bem sucedida: 60%**

Não adiantaria se a vida começasse a se desenvolver e fosse repetidamente submetida a fenômenos naturais letais (como tende a ocorrer em sistemas planetários recém formados), e muito menos, se depois de desenvolvida, for acometida por um desastre planetário de proporções dizimantes como os listados abaixo:

- Proximidade de supernova: A emissão eletromagnética e na forma de radiação cósmica de uma supernova em uma distância igual ou inferior a 30 anos-luz seria letal para a vida. Este tipo de evento provavelmente é mais freqüente no centro da galáxia devido sua maior densidade estelar.

- Movimento para fora da zona habitável animal: A ocorrência de movimento de um planeta para fora de uma órbita que possibilite temperaturas moderadas e não muito oscilantes com certeza acarretaria extinção em massa. Tal evento ocorre pela perturbação gravitacional entre planetas ou estrelas, de modo que deve ser comum em aglomerados estelares.

- Mudança na emissão de energia da estrela central: Com o passar do tempo as estrelas vão aumentando gradualmente sua emissão de energia, mais rapidamente quanto maior for sua massa. De maneira que quando isto ocorrer, será extinta toda a vida que por ventura exista em algum planeta em sua órbita.

- Mudança no tempo de rotação do planeta: Se um planeta possui vida adaptada para uma certa rotação, que por sinal não pode ser muito rápida nem muito lenta, a mudança brusca no ritmo da rotação acarretará em mudanças climáticas que provavelmente provocarão extinção em massa.



**Grupo SETI-Bioastronomia**

<http://br.groups.yahoo.com/group/seti-bioastronomia>  
<http://groups.msn.com/seti-bioastronomia>

Fabiano Teixeira Leite  
 bioastronomo@ibestvip.com.br  
 ICQ / Messenger / Orkut: bioastronomo

- Jatos de raios cósmicos e explosões de raios gama: Estas explosões são as mais poderosas do universo, de maneira que uma única explosão destas seria capaz de exterminar a vida de grande parte de uma galáxia. Postula-se que sejam causadas pela fusão de estrelas de nêutrons e que sua frequência seja em média de 100 milhões de anos, com maior probabilidade de ocorrência no centro da galáxia.

- Mudança climática catastrófica: A redução ou aumento da emissão estelar, a mudança de órbita de um planeta em relação a seu sol ou ainda a quantidade irregular de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O podem gerar dois fenômenos conhecidos como Depósito de Gelo e Estufa Descontrolada, cujos exemplos potenciais são Marte e Vênus.

- Impacto de um cometa ou asteróide: Todo sistema planetário depois de formado fica cheio de escombros cósmicos: asteróides e cometas, resíduos remanescentes da formação planetária. A frequência estimada destes impactos é inversamente proporcional às dimensões do meteoro, ou seja, quanto maior for menor é sua probabilidade de ocorrência (isto porque a formação e fragmentação de meteoros tende a ser em tamanhos menores do que maiores), de modo que no caso do planeta Terra estima-se que a cada 65 milhões de anos pode ocorrer um impacto de grandes proporções, como por exemplo, o que provavelmente ocasionou a extinção dos dinossauros (que neste caso beneficiou os mamíferos).

Tendo em vista que o fator ED refere-se a planetas que satisfizeram todos os “fatores de segurança” anteriores penso que 60% é uma porcentagem plausível.

## **VI = Porcentagem de ED em que surgiu vida inteligente e autoconsciente: 15%**

Depois de um planeta ter satisfeito todos os requisitos em todos os aspectos a ponto de gerar metazoários complexos em um ambiente que possibilite a sua sobrevivência, há algo ainda por vir? Por experiência própria podemos responder que ainda existe mais um estágio evolutivo: a inteligência. Mas será que realmente pode-se considerar como mais um estágio evolutivo de grande probabilidade de ocorrência?

Pergunto isto por dois motivos:

1°- Cogita-se que o aparecimento da inteligência

é altamente fortuito, não sendo regra natural (ou de grande propensão) no quadro dos processos biológicos;

2°- Muitos não consideram a inteligência como um avanço evolutivo no que diz respeito à sobrevivência.

Temos então que refletir a respeito de tais questões. A priori o tecido nervoso, apesar de suas características não tão convencionais, pode ser estudado inteiramente em sua estrutura física de maneira palpável, sendo deste modo somente mais um tecido dos vários que compõem grande parte dos animais. Contudo a questão torna-se muito complexa no que diz respeito a seu funcionamento, ainda mais quando deixa de ser um simples neuroprocessador de coordenação motora, como nos animais menos desenvolvidos, para tornar-se um encéfalo, com sua parte mais desenvolvida denominada cérebro. A questão é mais complexa do que comparar uma calculadora de bolso com um super computador “Earth Simulator”, pois o funcionamento do cérebro, com suas sinapses químico-elétricas, possibilita atividades que fogem do campo puramente de causa e efeito físico-químico e processamento de informações, passa-se para o campo totalmente abstrato do raciocínio complexo, matemática, sentimentos e algo ainda mais impressionante: a consciência e a autoconsciência! Ou seja, como é possível que um órgão de aproximadamente 1,4 kg possibilite a construção de um universo inteiro de subjetividade?

O cérebro humano é caracterizado pela quantidade de sinapses equivalente a 2 elevado a décima terceira potência, por conseguinte o número de diferentes configurações funcionais de um cérebro humano equivale a 2 multiplicado por ele mesmo 10 trilhões de vezes. Esse é um número imensuravelmente grande, muito maior que o número total de partículas elementares (elétrons e prótons) em todo o Universo! Isto demonstra que dois seres humanos mesmo sendo parecidos jamais poderão ser idênticos e explica também a imprevisibilidade do comportamento humano. Nos últimos anos tem-se tornado clara a existência de microcircuitos no cérebro. Nesses microcircuitos os neurônios constituintes são capazes de uma variedade muito maior de respostas do que “sim” ou “não” dos elementos comutadores contidos nos computadores eletrônicos. A existência desses microcircuitos sugere que a inteligência pode ser o resultado não apenas da importância da relação entre as massas do cérebro e do corpo, mas também da abundância de elementos comutadores no cérebro.

Os microcircuitos tornam o número de estados cerebrais possíveis ainda maior que o que calculamos anteriormente, e assim corroboram ainda mais a espantosa singularidade de cada cérebro humano. Os computadores eletrônicos modernos são capazes de processar informação em uma velocidade 10 bilhões de vezes maior que o cérebro, contudo o cérebro é dez mil vezes mais concentrado em termos de informação do que o computador. Desta maneira o cérebro deve ser extraordinariamente bem engendrado e interligado, com um conteúdo de informação total tão pequeno e uma velocidade de processamento tão lenta, para ser capaz de realizar tantas tarefas importantes de modo tão melhor do que o mais aperfeiçoado computador.

Seguindo-se a cadeia evolutiva desde os peixes até os primatas se observa um aumento contínuo no tamanho do cérebro e modificação no seu formato para que possa alojar mais células nervosas, sendo este tamanho diretamente proporcional à capacidade neural destes animais. Quer dizer que é só aumentar a quantidade de neurônios (em relação a proporção corporal) para que se transforme um peixe (que não passa de um autômato orgânico) em um ser humano capaz de construir naves espaciais, radiotelescópios e também amar? Creio que de certa maneira a resposta para esta pergunta seja afirmativa, todavia pelo que tudo indica não é somente um fator quantitativo, e sim também, um fator qualitativo. Estou abordando o pensamento sistêmico novamente: o cérebro é uma estrutura em forma de circuito fechado que por meio da transmissão de seus sinais a maneira de ciclos que interagem entre si, das partes para o todo e do todo para as partes geram uma infinidade de combinações muito complexas que ao mesmo tempo em que compõem e modificam dinamicamente a estrutura são também compostas e modificadas por ela. Em outras palavras, a quantidade de células nervosas é importante num sentido em que vai possibilitar um maior número de combinações de ciclos de transmissão de sinais que vão gerar um sistema potencialmente maior em seu funcionamento, tanto no sentido de estrutura como na maneira em que as partes vão se correlacionar para formar este sistema dinâmico como um todo, que em última instância é o fator diferencial. Em alguns aspectos, existem os que gostam de comparar a mente humana e também o universo a um holograma, em que as partes estão no todo e o todo nas partes, de maneira que as partes somadas vão resultar em um todo múltiplas vezes

maior, proporcionalmente a quantidade de peças em um ciclo multiplicativo que apesar de fechado é potencialmente infinito. Por isto que o funcionamento do cérebro, os códigos e a forma que ele utiliza para interpretar, processar, armazenar e transferir informações (e sentimentos) é ainda tão ininteligível, mas é impressionante e maravilhoso verificar que com o passar do tempo o universo consegue transformar partículas subatômicas em pensamentos e sentimentos, como Carl Sagan expressou: “O universo precisa somente de tempo para poder observar a si mesmo”.

Agora que em resposta à primeira questão foi exposto que apesar da inteligência e da consciência extrapolarem o âmbito da matéria existe a possibilidade de se originarem dela, não sendo desta maneira um evento extremamente fortuito, vem a segunda questão: a inteligência e a consciência são atributos positivamente selecionáveis?

Conforme nos informa a teoria sintética da evolução os fenômenos de mutação, recombinação, migração, oscilação genética e seleção natural determinam os genótipos-fenótipos que existem, em outras palavras, as variações genéticas, em todos seus modos de manifestação, são selecionadas inexoravelmente pelo meio ambiente. E é interessante observar que não é somente a física e química do ambiente que selecionam a biologia (organismos), mas também a própria biologia influencia neste processo de seleção por meio dos diversos tipos de interações entre os organismos vivos, como por exemplo, a co-evolução e a seleção sexual.

As bactérias existem há bilhões de anos e nem por isto necessitam de inteligência e muito menos de consciência, muitos animais povoam a Terra há muito tempo com muito pouca inteligência e quase nenhuma consciência.

Então o que estamos fazendo aqui, seres inteligentes e autoconscientes, a implacável seleção natural foi boazinha conosco? Certamente não, a inteligência e a consciência devem possuir suas vantagens, listo algumas possibilidades:

- Auxiliam na elaboração de meios de exploração dos recursos potenciais do meio ambiente;
- O caçador que tiver capacidade de planejar e também prever o comportamento da presa terá vantagem seletiva;
- Na criação de maneiras de se defender de predadores e das intempéries da natureza;

- As técnicas na agricultura, como consequência da inteligência, possibilitaram melhoria qualitativa e quantitativa na produção de alimentos;

- Na convivência organizada e estável em grande grupo de inter-relações complexas (ou sociedade) certamente são fatores benéficos;

- A inteligência possibilita a criação de técnicas no âmbito da higiene e medicina que colaboram sobremaneira na manutenção e preservação do organismo, prova disto é o aumento gradual da taxa média de tempo de vida da espécie humana.

- Neste caso o fenótipo selecionado é mais comportamental do que físico, mas não um comportamento somente herdado, programado pelos instintos, mas também um comportamento complexo e consciente, um comportamento autogerado, sendo isto uma inovação na natureza, pois até então a transferência de informação ocorria mecanicamente a nível genético, agora ocorre a nível abstrato e subjetivo por meio de neuroprocessadores altamente desenvolvidos e no futuro, por ventura será por meio de cérebros eletrônicos?

Pode-se constatar que a inteligência por sinal não é imprescindível à sobrevivência, que para o surgimento desta é muito provável que necessariamente ocorram uma seqüência de eventos complexos e que evolução nem sempre resulta em aumento de complexidade morfofisiológica. Deste modo concordo com a visão mais cética de que a inteligência desenvolvida a nível de autoconsciência não tende a surgir em todos os planetas mesmo em condições ambientais adequadas, porque devem haver também eventos biológicos e bióticos adequados. Sendo assim espero que pelo menos 15% destes planetas possuam as condições necessárias, ou seja, que satisfaçam todos os requisitos de todos os fatores anteriores e também sejam suficientemente antigos para que este nível mental mais avançado possa ter surgido.

**VS = Porcentagem de VI que não se autodestruuiu:  
70%**

Em uma equação que estima (ou pelo menos tenta estimar) o número de planetas na galáxia com vida inteligente e autoconsciente (NPI), além de considerar a quantidade que a galáxia foi capaz de gerar e que não foi destruída por algum evento natural deve também

considerar a quantidade que não se autodestruuiu.

Existe um estudo chamado “Cérebro Triúno” que traça uma analogia fisio-psico-neural da espécie humana, este estudo informa que o encéfalo como um todo possui três camadas, da mais antiga, posição intra-inferior, para a mais recente, posição exo-superior:

- Complexo Reptiliano: herdamos dos nossos distantes antepassados répteis, e neste estão armazenados todos os nossos instintos mais primevos como fome, territorialidade, acasalamento, hierarquia, submissão à rotina e admite-se também que a ele associam-se a neurose, hostilidade e a perfídia.

- Cérebro Límbico: desenvolveu-se sobre o Complexo Reptiliano, e este abrange as emoções, principalmente o comportamento fraterno para com os semelhantes e em especial no que diz respeito aos cuidados com a prole.

- Neocórtex: compreende a parte mais recente do “cérebro triúno”, essa região altamente desenvolvida comporta a consciência, permite-nos cumprir as tarefas associadas ao intelecto e ao poder criativo, conferindo-nos a capacidade de ler, escrever, falar, compor músicas, pintar, realizar cálculos matemáticos, etc.

Deste modo, o ser humano apesar de suas qualidades intelectuais (que alguns chamariam também de espirituais) e das façanhas científicas que consegue alcançar, ainda carrega consigo instintos primitivos de seus remotos antepassados. E estamos em uma fase que eu chamaria de evolucionariamente transitiva em que ocorre um grande conflito de valores na espécie humana. No passado é possível que a insensibilidade, territorialidade, hierarquia e hostilidade tenham contribuído para a sobrevivência dos répteis e mamíferos, mas e para nós hominídeos Homo Sapiens Sapiens? Seres que, como a própria denominação indica, “sabem que sabem”, ou seja, possuem autoconsciência, será que tais animalidades já não estão

**Fabiano Teixeira Leite** é estudante de Ciências Biológicas pela Universidade Unisinos, tendo formação militar em meteorologia digital. Possui curso propedêutico em astronomia, bioastronomia, física nível médio e um estágio em processamento de imagens de satélite na Universidade Unisinos.

E-mail: [bioastronomo@ibestvip.com.br](mailto:bioastronomo@ibestvip.com.br)

Página: <http://br.groups.yahoo.com/group/seti-bioastronomia>

<http://groups.msn.com/seti-bioastronomia>



ultrapassadas e incompatíveis a ponto de nos ameaçar com a própria autodestruição?

Parece ainda existir na nossa espécie uma grande tendência codificada geneticamente no que diz respeito, entre outras coisas, a querer ser o “chefe do bando”, e esta tendência faz com que utilizemos (em alguns mais em outros muito menos, conforme o nível de esclarecimento e autoentendimento individual) nossa racionalidade de maneira “irracional”. Exemplo empiricamente testemunhável disto são as guerras que geram gastos exorbitantes e sofrimento incomensurável, sem contar com os gastos em manutenção e aquisição bélica em tempo de paz. Sabemos que as guerras originaram avanços tecnológicos e contribuíram no controle da densidade demográfica a nível mundial, mas será que é o único modo de se obter tais resultados? Com certeza a belicosidade, além de não ser a única solução para o entendimento entre nações é certamente a maneira menos inteligente, ainda mais atualmente que uma 3ª guerra mundial tem o potencial de extermínio a nível global. As nações do planeta gastam mais de 1 trilhão de dólares anualmente com material bélico, parte disto é com armamento nuclear de maneira que atualmente deve haver em torno de 50.000 bombas atômicas. Na segunda guerra mundial foram utilizadas 100.000 bombas arrasa-quarteirão somando 2 megatons de poder destrutivo que equivale a uma única bomba atômica! Uma 3ª guerra mundial iria equivaler a uma segunda guerra mundial por segundo, praticamente uma bomba arrasa-quarteirão para cada família do planeta Terra!

A desigualdade social e a má distribuição de recursos gera violência, baixo nível de qualidade de vida, descontentamento, neurose e por fim o caos social. E quanto à poluição então? O que não faltam são meios pelos quais a espécie humana polui o planeta, e em muitos casos não por falta de outros meios não poluentes, mas sim por interesses puramente capitalistas. E no que diz respeito à disponibilidade de água potável não preciso nem citar. Estatísticas ecológicas mostram que a espécie humana está provocando gradativamente uma extinção em massa de espécies animais e vegetais. Toda esta poluição, desmatamento e caça indiscriminada além de poderem provocar um lento envenenamento químico e escassez acentuada de recursos podem também desencadear fenômenos naturais catastróficos. Todo este discurso

ecológico já é bem conhecido de todos a ponto de se tornar redundante, porém nunca é demais apertar na mesma tecla quando esta significa a preservação do planeta Terra e da nossa própria espécie. E também não quero aparentar ser apocalíptico, até porque penso que tudo isto faz parte do processo evolutivo e segue uma lógica bastante visível: somos uma espécie de animais que “recentemente” atingiu um limiar desenvolvido de inteligência e autoconsciência, e que pelo fato de ainda carregar em seus genes comandos do tipo “sobrevivência na selva” e “cada um por si”, a inteligência apesar de possuir suas vantagens (conforme listado no fator VI) quando está associada a propensões de ordem primitiva gera a possibilidade de autodestruição da espécie. Considerando a nossa espécie como exemplo (até porque é o único disponível), quantas são as civilizações que ainda existem, por ainda estarem (como nossa espécie está) em uma fase de transição evolutiva ou por terem superado esta fase de “adolescência evolutiva” sem se autodestruírem? Sinceramente sou otimista no que diz respeito ao potencial da inteligência, penso que a inteligência relacionada com a capacidade de aprendizagem mediante erro supere a boçalidade. Deste modo creio (e na verdade também espero) que se surgiram outras espécies inteligentes e autoconscientes na Via Láctea, que mais da metade não tenha se autodestruido.

## Questões Relacionadas à Equação Bioastronômica

### Por que na Equação Bioastronômica não foi colocado um fator do tipo “taxa média de formação de estrelas”?

A taxa média de formação de estrelas não deixa de ser um fator relevante, contudo para o fim almejado teria sua validade diminuída gradualmente com o passar do tempo, sem contar que deste modo teríamos que considerar também a taxa média de extinção de estrelas. Sendo que após o Big Bang o universo demorou bilhões de anos para gerar galáxias, e posteriormente estas galáxias demoraram mais alguns bilhões de anos para formar estrelas de 2ª e 3ª geração com quantidade e diversidade de elementos químicos (como o Sol) necessários para a formação de planetas

com condições bióticas, e se após isto o planeta necessitar de bilhões de anos para gerar e desenvolver vida animal inteligente e autoconsciente como foi o caso do planeta Terra? Se o universo tem em torno de 14 bilhões de anos significa que a margem de tempo restante a nível cosmológico não é muito extensa. Desta maneira é provável que não existam outras espécies inteligentes que existam a muitíssimo mais tempo que a nossa. Claro que quando digo muitíssimo me refiro a milhões ou bilhões de anos, contudo sabemos que não são necessários muitos milhares de anos para que uma espécie inteligente seja muito mais avançada que outra, pois pelo que podemos observar o avanço científico e tecnológico é exponencial. E é possível que por vários fatores (relacionados à formação de metais, elementos radioativos, entropia etc.) o universo daqui a alguns bilhões de anos vai gradualmente começar a perder sua propensão biótica. Isto significa que se a espécie humana surgiu na atual época e não a bilhões de anos no passado ou a bilhões de anos no futuro é porque ela é fruto da fase que poderíamos chamar de “explosão biótica” pela qual a galáxia está passando, de maneira que é possível que sejamos somente uma dentre as várias espécies de animais inteligentes que surgiram, há não muito tempo, e que estão surgindo na galáxia (e talvez no universo) na presente época cosmológica. Tendo em vista tais considerações, não inclui na equação a atual taxa de formação de estrelas, e sim considerarei como fator de cômputo logicamente relevante, a quantidade atual na Via Láctea de estrelas com uma ecosfera útil (EC).

### **Por que não foi incluído na equação um fator do tipo “porcentagem de planetas aonde a tecnologia surgiu e desenvolveu-se”?**

Pelo fato que o quê interessa à equação é a quantidade de planetas em que surgiu vida inteligente e autoconsciente, tendo em vista é claro, que uma parte destes planetas pode ser habitada por seres inteligentes e autoconscientes que equivalem aos “homens das cavernas”, uma parte habitada por seres que estão em um estágio de desenvolvimento equivalente ao nosso e outra parte habitada por civilizações muito mais avançadas que nós. Poderia-se criar uma “equação radioastronômica” considerando o fator tecnologia,

só que para isto teríamos que conjecturar o tempo de existência destas civilizações, pois a tendência é que quanto mais antiga for a civilização, também mais desenvolvida tecnologicamente será. Mas poderia ser feita a seguinte pergunta: será que não seria possível que surgissem seres inteligentes e autoconscientes que fossem totalmente contemplativos e nada pragmáticos? Primeiramente penso que a tecnologia é consequência direta (e provavelmente inevitável) do desenvolvimento da inteligência e autoconsciência, sendo fatores diretamente proporcionais. Inobstante, é claro que podem surgir indivíduos ou grupos de indivíduos como os pitagóricos que apesar de gênios consideravam o conhecimento como algo que deveria ser somente contemplado e não aplicado cientificamente, contemporaneamente temos como exemplo os indianos que preferem a vida meditativa à vida tecnalizada. Contudo deve-se considerar as questões sempre a nível de espécie e não de indivíduos, de maneira que duvido que toda uma civilização deixaria por muito tempo de aplicar de maneira prática seus conhecimentos.

Pessoalmente penso que espiritualidade e ciência são totalmente conciliáveis (diria até recomendavelmente conciliáveis), mas espiritualidade num sentido de fé, boa intenção e ética não num sentido de religião ou dogmatismo, até porque não é necessária muita inteligência para se constatar que espiritualidade e religião não são a mesma coisa.

### **Não poderia haver outros fatores que desconhecemos, de maneira a existir outros tipos de vida extraterrestre inteligente que não fosse humanóide, mas sim muito diferentes da nossa; como seres microscópicos, robóticos, invisíveis, gigantes, reptilianos, radiais, compostos de “energia pura”, amorfos etc?**

Vários cientistas conjecturaram sobre as possíveis formas de vida extraterrestre, como por exemplo Carl Sagan que imaginou seres em forma de aeróstato vivendo em planetas gasosos como Júpiter. Estes seres iriam se alimentar de gás e teriam seus predadores, com fatores de competição, seleção natural e tudo o mais. Neste caso surge a pergunta: até que ponto iriam se

desenvolver seres alados gasosos vivendo no gás e do gás, com tal estrutura morfofisiológica iriam conseguir desenvolver um sistema nervoso, um encéfalo e um cérebro? Claro que é provável que Carl Sagan não quis sugerir inteligência para este tipo de ser, usei somente de maneira ilustrativa.

Como Isaac Asimov sugeriu que poderiam existir “mundos independentes”- mundos artificiais móveis que funcionariam como grandes naves tecnologicamente avançadas. Todavia a vida que habitasse este mundo independente teria que ter surgido primeiramente em um “mundo natural”, que estaria submetido aos fatores bióticos.

Outro exemplo é a teoria de Zecharia Sitchin que propõem a existência de um planeta denominado Nibiru que é povoado pela suposta civilização anunnaki que teria transmitido aos sumérios o dom da civilização. Esta teoria apresenta vários argumentos interessantes relacionados ao conhecimento avançado dos sumérios, a formação do cinturão de Kuiper, a formação por colisão da lua, o tênue desvio gravitacional de Urano e Netuno entre outros. Contudo o que intriga neste suposto 10º planeta do sistema solar é que ele possui uma órbita muito excêntrica e distante do sol (período orbital de 3.600 anos!), como a vida surgiria e se manteria em um planeta assim?

Outra possibilidade seria cogitar a possível existência de vida artificial inteligente altamente desenvolvida (e provavelmente autoconsciente), em outras palavras, uma (ou mais) espécie(s) de andróides totalmente robóticos ou semi-orgânicos, que habitam algum planeta longínquo ou mundo independente que vaga pela galáxia em busca de matéria prima, amostras e dados. No entanto voltamos à velha questão: esta espécie mesmo sendo totalmente ou parcialmente artificial em seu estágio atual, deve ter se originado ou sido construída por um tipo de vida orgânica, que por sua vez estaria submetida às condições de habitabilidade de seu planeta. Deste modo o resultado (NPI) da Equação Bioastronômica acabaria por abranger todos os casos, independentemente do seu estágio evolutivo.

Certamente várias possibilidades existem, mas a ciência para que possa ter resultados concretos baseia-se em dados concretos, ou no máximo em extrapolações lógicas de dados empíricos. Uma coisa é certa: para que um organismo funcione e um ser exista, seja ele qual for, este necessita seguir as leis físicas do

seu ambiente, e se existem leis físicas e propriedades do universo que ainda desconhecemos (que é algo provável) então existem dados e possibilidades que desconhecemos, mas como vamos tratar cientificamente de algo, se desconhecemos este algo? Foi neste sentido que inevitavelmente me embasei no planeta Terra e nos fatores relacionados à vida como a conhecemos para elaborar a Equação Bioastronômica.

## Se existem extraterrestres, onde estão eles?

Na verdade esta questão é a base do famoso Paradoxo de Fermi, quanto a resposta para esta incógnita existem algumas possibilidades:

- Existem fatores físicos que impossibilitam as viagens interestelares;
- Todas as espécies quando atingem um certo limiar de desenvolvimento tecnológico acabam se autodestraindo;
- Não existem extraterrestres suficientemente desenvolvidos;
- Existem extraterrestres suficientemente desenvolvidos, porém devido as grandes distâncias interestelares e a quantidade de estrelas potencialmente “visitáveis” ainda não houve tempo hábil para que chegassem até nós;
- Os extraterrestres já chegaram até nós “pessoalmente” ou por meio de sondas automáticas, todavia não se manifestaram de maneira explícita e a nível coletivo;
- No que diz respeito à busca de sinais inteligentes (SETI), ainda não foi detectado nenhum sinal pelo fato de que não houve tempo suficiente para mirar a estrela ou ponto certo do espaço, no momento certo e na frequência certa, tendo em vista que nestes tópicos existe uma margem incomensurável de possibilidades. Somando-se a isto as grandes distâncias interestelares e a possibilidade de não estarmos utilizando ainda o tipo de sinal certo (talvez mais veloz) por insuficiência de conhecimento e desenvolvimento tecnológico.

Particularmente eu creio que uma das três últimas possibilidades seja a mais provável.

**Será possível que exista alguma espécie inteligente e muito mais desenvolvida tecnologicamente do que a espécie**

## **humana que possua intenções hostis ou que simplesmente não possua sentimentos, sendo totalmente insensível a qualquer manifestação de afeto ou sofrimento alheio?**

Esta questão é delicada e muitos têm opinião diferente a respeito. Na minha opinião particular penso ser muito pouco provável tal possibilidade, não por ingenuidade ou maniqueísmo de bem x mal, mas sim por análise que intenciona seguir o raciocínio lógico e o bom-senso. Como já deve ter sido perceptível, penso que quando um ser, sendo orgânico ou artificial, alcança um nível avançado de inteligência e consciência, a autoconsciência surge espontaneamente como consequência. Primeiramente porque não consigo conceber a possibilidade da existência da inteligência desvinculada à consciência, pois penso que a inteligência e a consciência são manifestação da percepção, sendo propriedades inerentes uma da outra e também sendo uma proporcional à outra. A ciência sistêmica julga qualquer interação de um organismo com o meio ambiente como uma manifestação de percepção e talvez até de inteligência, mesmo que primeva. Já o conceito de inteligência mais elaborada é a capacidade de assimilar, raciocinar, analisar, e interpretar informações frente a situações diversas e imprevistas de maneira autogerada, ou seja, não é simplesmente processar dados (como já citei no fator VI). Um supercomputador pode processar dados em uma velocidade que nenhum cérebro humano pode, e nem por isto ele possui consciência, porque não possui inteligência, não compreende, não sabe interpretar as informações de maneira não programada. Uma pessoa inconsciente consegue demonstrar sua inteligência? E uma pessoa acefálica, ou lobotomizada, ou que tivesse um processador de dados no lugar do cérebro conseguiria demonstrar sua consciência?

Desde o surgimento da cibernética procura-se dotar um computador de inteligência artificial, e posteriormente acoplar a este computador um tronco e membros: um robô dotado de inteligência artificial. Apesar de existirem argumentos que questionam tal possibilidade, penso que a ciência está conseguindo grandes avanços neste campo, e digo que não estão dotando os robôs somente com inteligência artificial;

estão também gradativamente dotando os robôs com “consciência artificial”.

Agora passamos para a questão que na verdade é o ápice qualitativo da evolução, é o resultado final de bilhões de anos de processos físicos, químicos e biológicos de ordem complexíssima: a autoconsciência. Se quanto maior for a inteligência maior será a consciência, será que o inverso também é aplicável? A questão do que surgiu primeiro o ovo ou a galinha (sabemos que foi o ovo) é fácil comparada a esta: o que surgiu primeiro a inteligência ou a consciência? Provavelmente surgiram juntas, sendo simultaneamente e intrinsecamente proporcionais. Dando continuidade ao raciocínio, se quanto maior for a inteligência maior será a consciência, chegará a um limiar de consciência que irá surgir a consciência da consciência, “o fruto proibido do conhecimento do bem e do mal”, o saber que sabe, “sapiens sapiens”, em outras palavras: a autoconsciência !

Como a própria ciência sistêmica definiria: a inteligência é resultado do acoplamento estrutural do organismo com seu meio ambiente e a autoconsciência é o resultado do acoplamento estrutural da inteligência com ela mesma.

Um chimpanzé por exemplo, ele sabe, mas será que sabe que sabe? Sabe plenamente que existe? Será que eles perguntam a si mesmos: O que eu sou? O que devo pensar e fazer? Para onde eu vou quando falecer? Isto é bom e correto ou isto é mal e errado? E assim por diante... Foram feitos vários testes de cognição com chimpanzés que indicaram que eles têm um elevado grau de inteligência em vários aspectos, inclusive no que diz respeito à linguagem; contudo estes testes também indicaram que eles não têm uma plena autoconsciência, por sinal eles possuem uma consciência proporcional à sua inteligência: possuem uma autoconsciência pouco desenvolvida, ou seja “o planeta dos macacos”, desculpe; símios..., só será possível quando eles tiverem autoconsciência desenvolvida.

E no que diz respeito às sensações como frio, fome, calor, dor etc? Creio que nem precisaria dizer que são características essenciais à sobrevivência, que não existe nenhum animal conhecido sem algum nível de percepção para sentir e interagir com o meio ambiente, que foram algumas das primeiras características já muito remotamente selecionadas positivamente pela seleção natural e assim por diante... Mesmo seres artificiais devem possuir sensores que sinalizem as

condições internas de seu organismo artificial e as condições e perigos do meio ambiente.

E quanto aos sentimentos, como que se resolve a incógnita? Não é difícil deduzir que alguns estão ligados diretamente ou são derivações indiretas de fatores relacionados à sobrevivência como raiva e satisfação, mas e os mais profundos e complexos como tristeza, felicidade e amor? Pelo visto todos os sentimentos são também manifestação da percepção, de maneira que são diretamente proporcionais ao nível de consciência. Vou usar três exemplos: peixe, cão e ser humano. Tudo indica que o primeiro não possui sentimentos, o segundo sente porém não sabe que sente e o terceiro sente e sabe que sente. Desta maneira creio então existir a seguinte relação proporcional:

inteligência-consciência-sentimento, indiferentemente se o ser é composto por matéria orgânica, artificial, ou qual for que seja. Desta forma seria quase impraticável a existência de seres somente com inteligência, consciência e sem sentimentos. Imagine agora uma espécie que evoluiu tecnologicamente a ponto de construir naves espaciais e radiotelescópios, certamente para isto ela deve ter uma inteligência bem desenvolvida e logicamente, autoconsciência e sentimentos bem desenvolvidos. Mas agora vamos supor que esta espécie também carrega consigo a bagagem genética primeva de seus ascendentes remotos (conforme já citado no fator VS) de maneira que cada indivíduo que a compõem está submetido a tendências (variando de intensidade de indivíduo para indivíduo) como por exemplo: querer ser o chefe do bando (ambição pelo poder), querer ter mais pares para acasalamento (infidelidade e devassidão), querer ser o melhor e se destacar no bando (egocentrismo e exibicionismo), territorialidade, hierarquia e hostilidade (ganância, poder e belicosidade) e assim por diante... E como instinto é a mesma coisa que programação e programação é o oposto de inteligência e consciência, acarreta que o nível de autoconsciência desta espécie não será plenamente desenvolvido. Então existem alguns fatores que vão determinar se esta espécie irá superar a adolescência evolucionária e passar para a maturidade evolucionária ou se não irá superar a adolescência evolucionária e se autodestruir. Será que uma espécie tecnologicamente desenvolvida impulsionada pelos instintos (conforme supracitados) e sem desenvolvimento cultural e ético não tenderá a se autodestruir belicamente, por poluição e caos social? Se uma espécie não consegue entender-se consigo mesma,

ela vai sobreviver para se desentender com outras? Este mecanismo parece até ser um tipo de extensão da seleção natural em âmbito cosmológico. Por isto que considero intrigante os casos de abdução que relatam um modo de agir totalmente insensível e até hostil por parte dos raptos alienígenas, será que eles não tem consciência dos danos físico-emocionais que podem provocar, ou será que é uma dramatização e um trauma movidos pela interpretação da psique humana? Será que eles não teriam meios muito menos traumáticos de proceder, ou será que nestes casos poderia ser proposital tal método para verificar a reação humana? Ou ainda haveria alguma possibilidade de distorção lógica do gênero “os fins justificam os meios”? Mas neste caso a pergunta se repetiria: eles não teriam meios muito menos traumáticos de proceder?

Creio que o que eu citei seja o mais provável, ou o mais comum no universo, todavia admito que de maneira quantitativamente menor poderia haver espécies orgânicas ou artificiais que de alguma maneira a proporção “inteligência-consciência-sentimento” deixou de existir, de modo a resultar em seres emocionalmente neutros, sem qualquer emoção “boa” ou “ruim”, coisa que iria explicar alguns casos e relatos de frieza por parte dos alienígenas.

Mas no que diz respeito a “vampiros, gafanhotos e piratas espaciais”, que teriam por intenção inescrupulosa de se apossar das nossas riquezas naturais e nos escravizar, penso ser esta possibilidade quase nula, porque parece ser muito pouco provável que seja possível que exista alguma espécie que tenha conseguido alcançar o ápice tecnológico a ponto de superar a barreira espaço-

tempo, de maneira que possa deslocar-se pela(s) galáxia(s), sem ter se livrado da programação instintiva e da hostilidade, tendo pleno desenvolvimento da autoconsciência e da ética, pois do contrário se autodestruiria. Exemplo empírico e contundente desta linha de raciocínio é a espécie humana que se encontra em um período transitório e decisivo em vários aspectos, de modo que o quê poderá desatar o nó górdio da programação instintiva e de intenções tendenciosamente e até intencionalmente destrutivas, se for o caso em conjunto de intervenção genética, será a evolução cultural e principalmente ética (que alguns chamariam também de espiritual), pois esta é totalmente autoconsciente porque é autogerada, de maneira a não mudar somente pensamentos, mas também ao próprio pensador. **M**

revista  
**MACROCOSMO**.COM  
Fórum

Participe da mais  
nova comunidade  
da astronomia na  
Internet

[www.revistamacrocosmo.com](http://www.revistamacrocosmo.com)



# A distância focal

---

qual é a distância focal do seu telescópio?

por Guilherme de Almeida

**ESTE ARTIGO É O PRIMEIRO DE UMA SÉRIE** dedicada ao conceito de distância focal e a várias das suas implicações. Ao longo dos vários artigos desta série iremos abordando sucessivamente, em sequência coerente, a começar pelos casos mais simples, aspectos muito relevantes para a astronomia de amadores.

A distância focal da objectiva de um telescópio refractor, ou de um reflector, é a distância focal da sua objectiva, constituída por um sistema de 2 ou 3 lentes (no primeiro caso) ou por um espelho côncavo de curvatura adequada (no segundo caso). Nos telescópios catadióptricos (Schmidt-Cassegrain e Maksutov-Cassegrain), a distância focal é a do *sistema* formado pelo espelho primário e pelo espelho secundário (a lente correctora tem uma influência insignificante na distância focal efectiva do sistema).

Veremos seguidamente como se medem as distâncias focais nos diversos casos, o que nos catadióptricos (também conhecidos *como telescópios compostos*), pode constituir uma surpresa.

A distância focal da objectiva de um telescópio é muitas vezes chamada abreviadamente “distância focal do telescópio” e dela dependem as dimensões

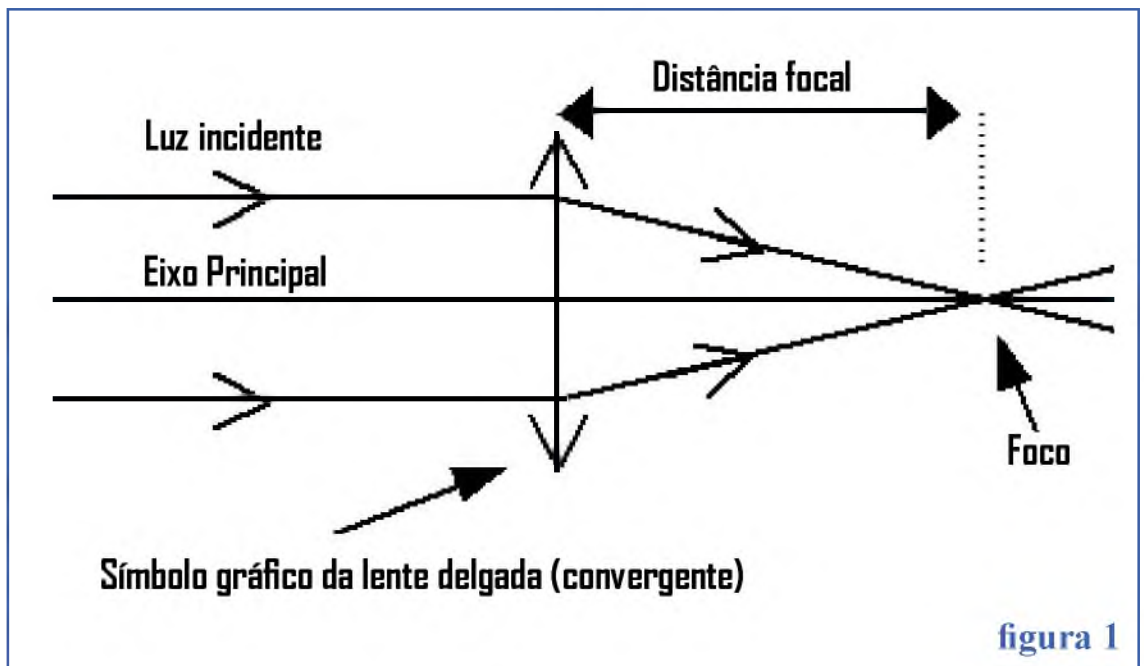


figura 1

das imagens formadas no foco principal, assim como a relação focal ( $f/D$ ) e a amplificação obtida com uma dada ocular.

### Distância focal de uma lente

Por definição a distância focal de uma lente é a distância entre o foco e a lente (na Fig. 1. exemplifica-se para uma lente convergente e na Fig. 2 para uma

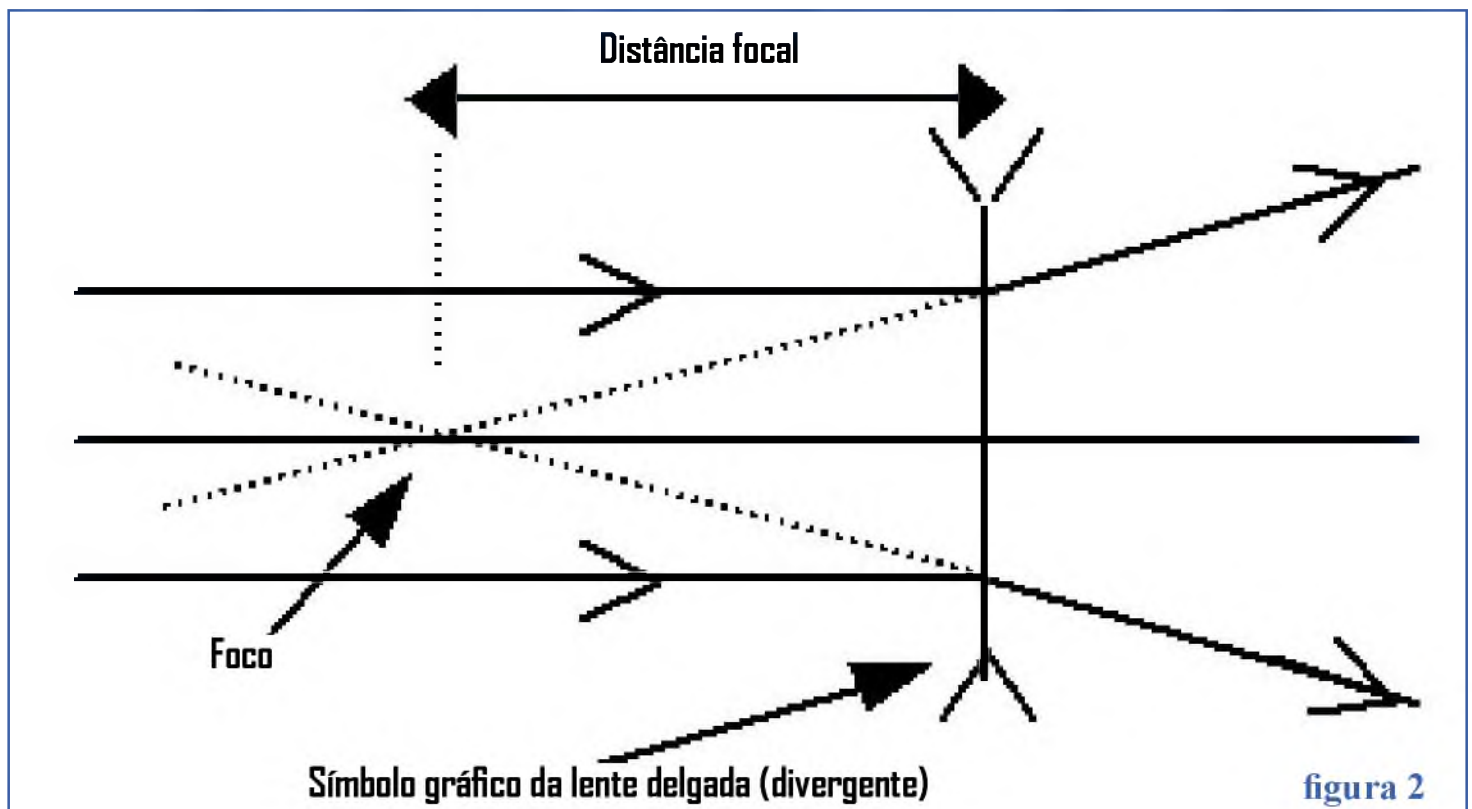
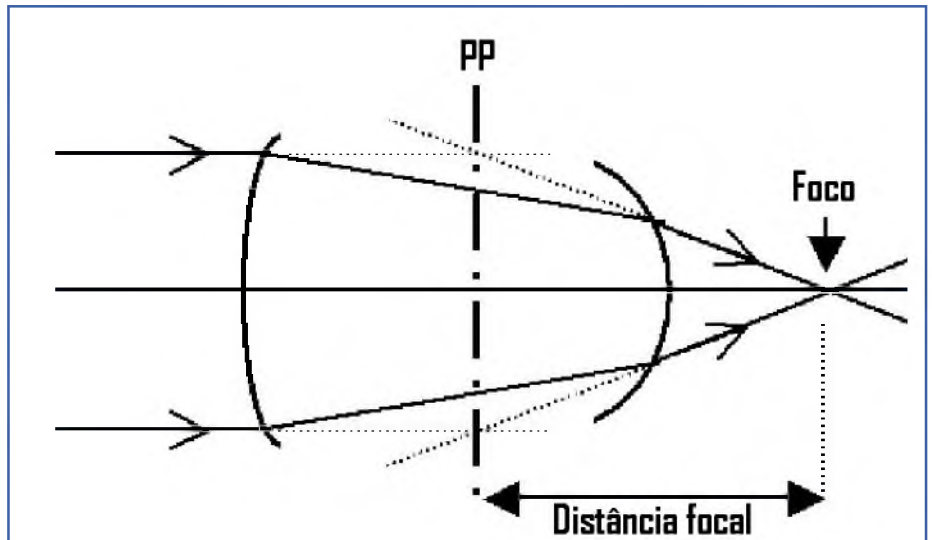


figura 2

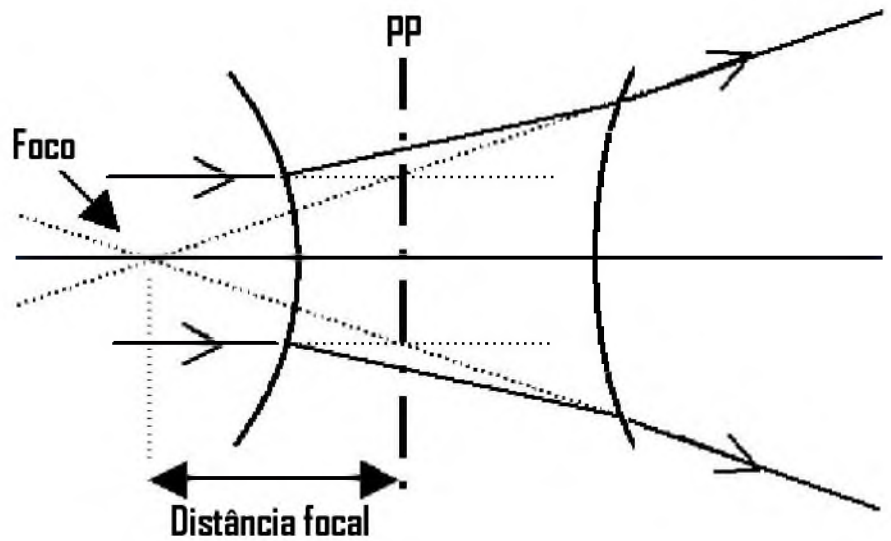


lente divergente). No entanto isto só é correcto nas chamadas *lentes delgadas*, uma aproximação que inclui apenas lentes tão finas que a distância entre as suas faces é desprezável quando comparada com outras distâncias que se tenham de medir (entre um objecto e a lente ou entre uma imagem e a lente). Lentes dessas quase só existem na imaginação.

Para obter pequenas distâncias focais as lentes têm maior curvatura e são espessas; para obter imagens de qualidade é necessário associar várias lentes (lente composta). Estes dois factores contribuem para que as lentes e os sistemas ópticos sejam espessos. Nesse caso as distâncias focais medem-se relativamente ao plano principal-imagem (PP), que é um plano que podemos conceber e onde se faz todo o desvio que a lente espessa, ou o sistema óptico, imprimem aos raios luminosos que neles incidem, paralelamente ao eixo principal. Na Fig. 3 ilustra-se a distância focal para um sistema óptico convergente e na Fig. 4 para uma lente (ou um sistema óptico) divergente. Em cada uma destas duas figuras, as linhas curvas representam a primeira e a última face do sistema óptico, por exemplo de uma ocular.



**figura 3**



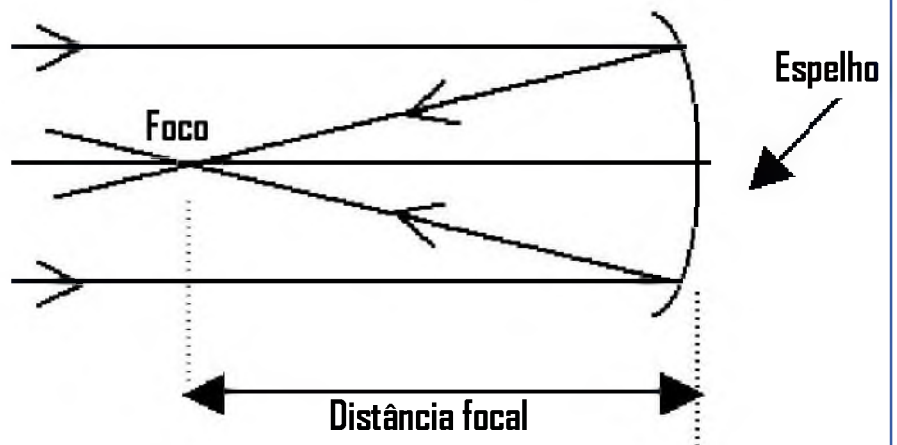
**figura 4**

### **Distância focal de um espelho**

O conceito de distância focal transporta-se facilmente para os espelhos, como se vê na Fig. 5 (para um espelho côncavo) e na Fig. 6 (espelho convexo).

### **Distâncias focais e telescópios**

Numa luneta ou num telescópio de Newton, a distância focal é fixa e



**figura 5**

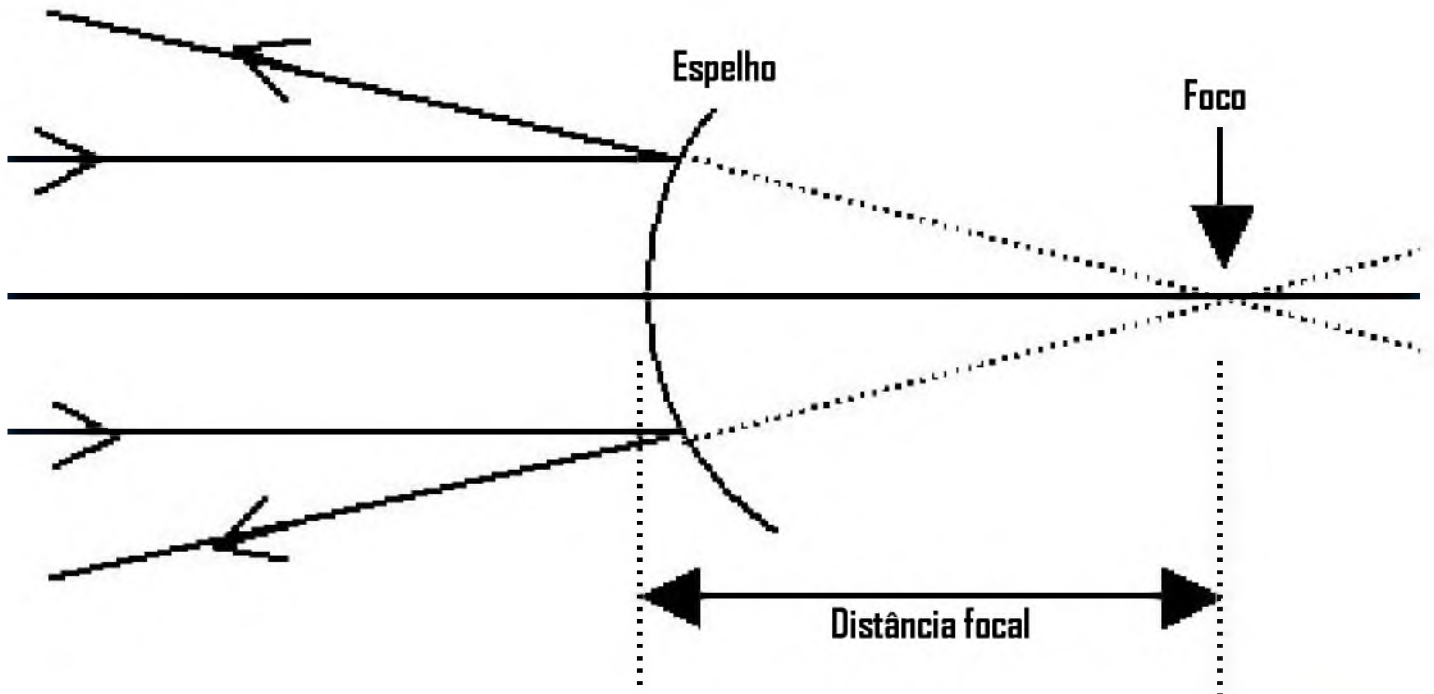


figura 6

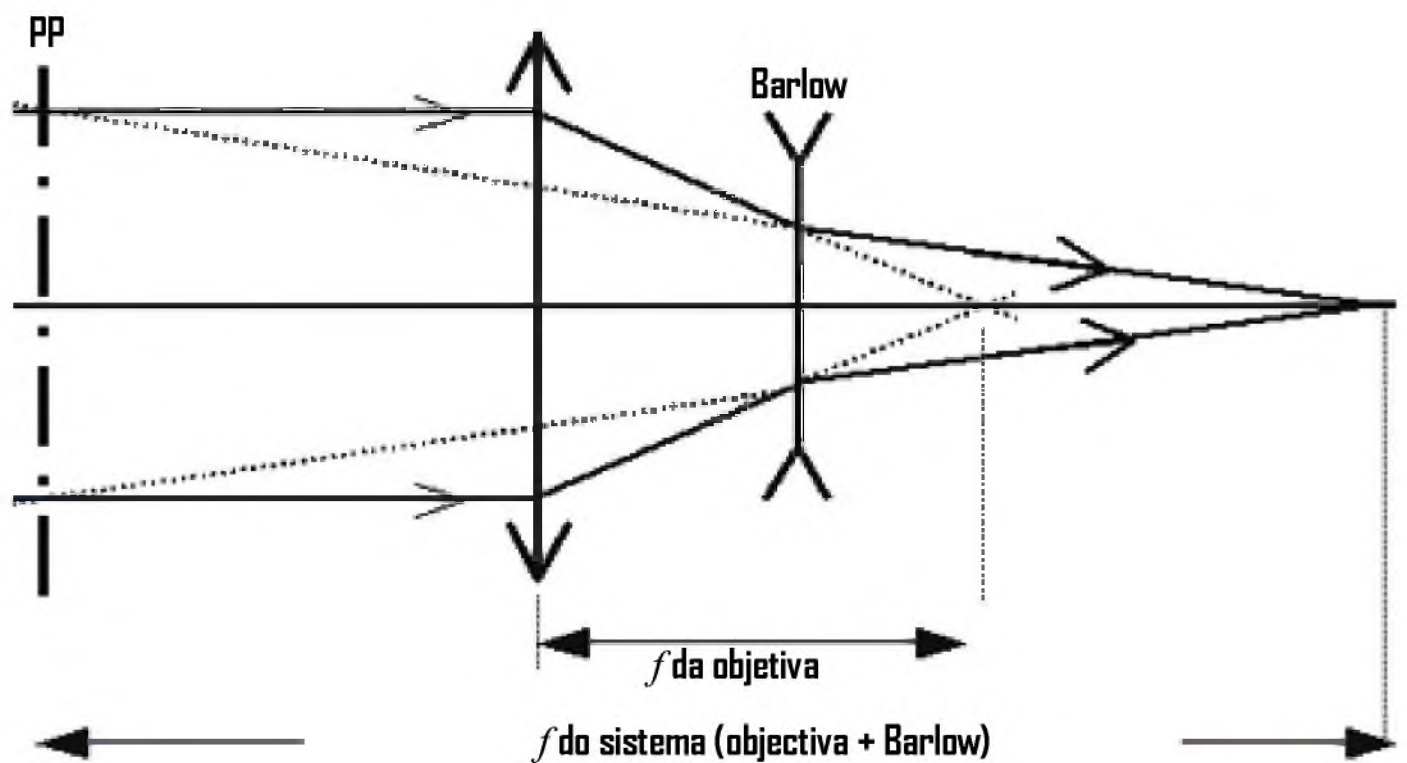


figura 7

é uma característica da objectiva: lente composta no primeiro caso; espelho côncavo, geralmente parabólico, no segundo caso. Estas distâncias focais definem-se como se refere nas figuras 1 e 5, respectivamente (o secundário plano do telescópio de Newton não modifica a distância focal do sistema). Em ambos os casos, a focagem é feita movendo a ocular, até colocar o plano focal-objecto desta a coincidir com o plano focal-imagem da objectiva. Para as pessoas normais é assim. Os míopes aproximarão um pouco mais a ocular da objectiva e os hipermetropes farão o contrário.

Nos telescópios catadióptricos o caso é bem diferente: a distância focal do espelho primário é curta (relação focal da ordem de  $f/2$  a  $f/2,5$ ), e é depois ampliada por meio do espelho secundário côncavo (hiperbólico nos Schmidt-Cassegrain e esférico nos Maksutov-Cassegrain), que funciona precisamente como uma lente de Barlow (Fig. 7), embora seja um espelho (Fig. 8). Produz-se assim um aumento da distância focal do primário, geralmente de 5 vezes, ficando a relação focal final com um valor da ordem

de  $f/10$  (ou outro valor). A distância focal efectiva de um catadióptrico pode, assim, ser muito maior que o comprimento do tubo óptico. É a distância focal efectiva que determina as dimensões da imagem no plano focal do telescópio.

O factor de amplificação do secundário é igual à razão  $p'/p$ . As distâncias  $p'$  e  $p$  são ilustradas na Fig. 8, exemplificada para o caso  $p'/p=2$  (para caber na página), embora na realidade esse factor seja da ordem de 5, como referi. Por outras palavras, a distância focal efectiva  $f$  calcula-se por meio da expressão

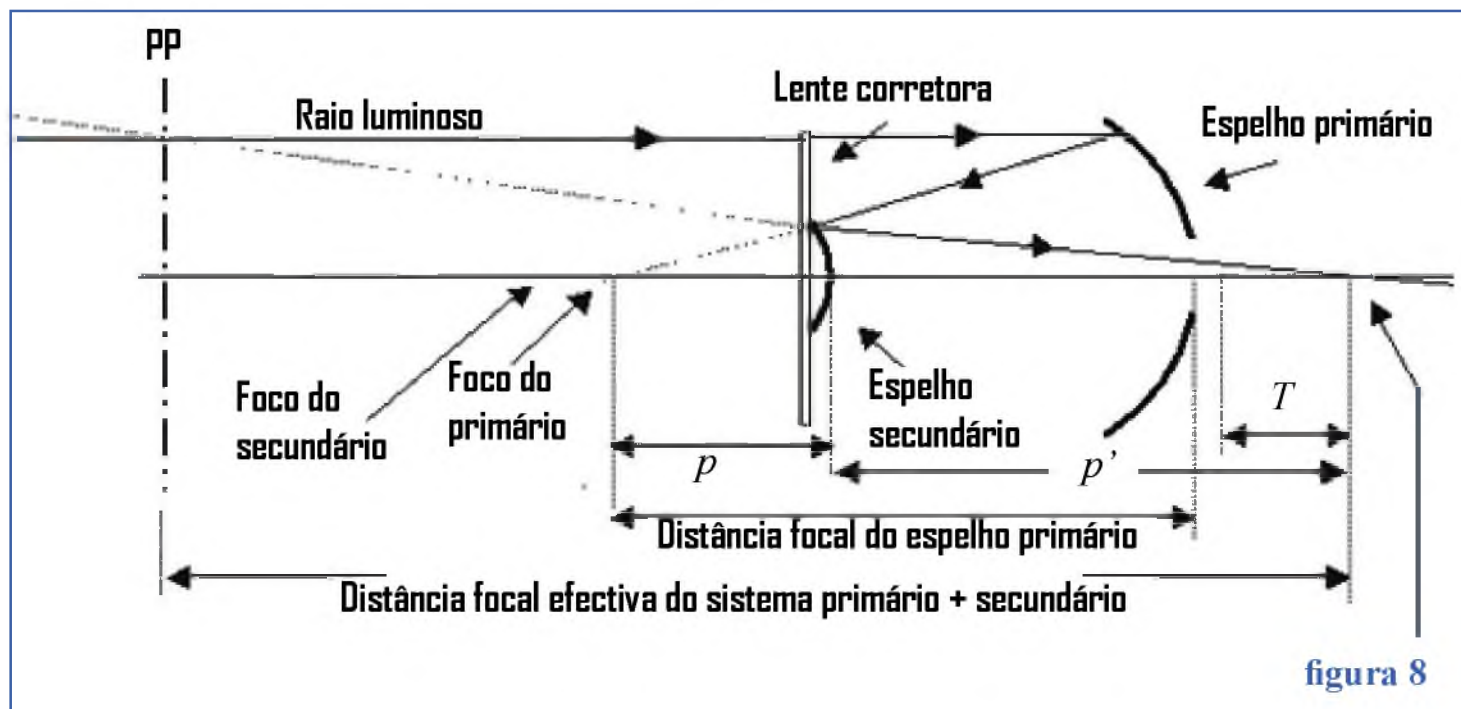
$$f = f_p \frac{p'}{p}, \text{ onde } f_p \text{ é a distância focal do espelho primário}$$

(esta expressão será demonstrada num próximo artigo).

Nestes telescópios, a focagem faz-se movendo o espelho primário, o que faz variar a distância entre os dois espelhos e também a relação  $p'/p$ . Daí resulta que a distância focal efectiva do conjunto de dois espelhos de um catadióptrico é *variável*: a ocular fica fixa e a *distância focal do sistema* de espelhos modifica-se até trazer o foco para a posição adequada, junto à ocular.

No artigo seguinte, a publicar no próximo número de **REVISTA MACROCOSMO.com**, indicarei um procedimento simples e rigoroso para determinar a *distância focal efectiva* de um telescópio catadióptrico, que varia consideravelmente quando se modifica a distância  $T$  entre o foco e a superfície traseira do tubo óptico. ■

**Guilherme de Almeida** é formado em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (1978) e incluiu Astronomia na sua formação universitária. Ensina Física há 31 anos e tem mais de 40 artigos publicados sobre Astronomia, observações astronómicas e Física, tendo ainda proferido dezenas de palestras. E-mail: g.almeida@vizzavi.pt



**figura 8**

# Astronáutica

---

## do sonho à realidade

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Astronáutica: do sonho à realidade: história da conquista espacial.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

A palavra Astronáutica, insere em seu bojo, o grande sonho da conquista do espaço, ainda que seja uma ciência com apenas um século. Mas estamos falando do século XX, aquele em que a humanidade saltou do uso quase exclusivo de cavalos e navios a vapores para espaçonaves tripuladas capazes de levar o homem à Lua (Apollo), ou para além dos limites do Sistema Solar (Voyager - ainda que seja uma nave não-tripulada).

No decorrer deste século, a Astronáutica passou do sonho de alguns poucos visionários para a realidade e o cotidiano da grande maioria dos seres humanos, ainda que esta mesma maioria permaneça ignorante acerca deste fato. Um avanço tão grande, em tão pouco tempo, gerou uma quantidade espantosa de informações históricas para o pesquisador que eventualmente possa se aventurar na árdua tarefa de escrever uma história da Astronáutica. Tarefa esta que *Astronáutica: do sonho à realidade: história da conquista espacial*, pretende dar conta.

Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, que dispensa maiores apresentações, é sem dúvida o homem perfeito para tal empreitada. Em quase 700 páginas, instigantes e deliciosamente bem escritas, nos leva a uma fantástica viagem pela história da Astronáutica, em um livro que certamente não será comparável em volume de dados e escrita clara tão cedo, pelo menos no mercado brasileiro.

O livro é dividido em vinte e seis partes e dez apêndices, glossário e bibliografia, além da introdução. Nesta Mourão, antes de começar sua história da conquista do espaço, pretende justificar a importância e os benefícios que a pesquisa espacial tem para a humanidade.

Gostaria de pensar que tal introdução é totalmente dispensável, mas infelizmente pela total falta de informação que a maioria dos cidadãos brasileiros tem acerca de como os resultados da pesquisa espacial está presente em suas vidas, esta introdução ainda é muito importante.

Apresentamos a seguir um breve comentário de cada parte do livro, mas que o leitor saiba que como estamos nos referindo a uma obra com um imenso volume de dados, o que estamos a fazer é realmente apenas uma pequenina síntese.

Pioneiros, os sonhadores: biografias enfatizando a vida e obra dos principais pioneiros da astronáutica – Tsiolkovski, Esnault-Pelterie, Goddard, Oberth, Korolev, Glushko e Von Braun.

Foguetes, dos mísseis aos lançadores de satélites: começando pelos foguetes alemães da II Guerra Mundial ao programa brasileiro Sonda, toda a história do desenvolvimento da tecnologia dos foguetes. Destaque especial para a apresentação dos programas espaciais indiano, japonês e chinês.

Satélites e as suas aplicações: comentário introdutório sobre os diversos usos possíveis para os satélites.

Satélites espíões: a tecnologia espacial e seus diversos usos militares, principalmente na espionagem e no possível programa Guerra nas Estrelas, recentemente ressuscitado por George W. Bush.

Satélites, suas aplicações civis: a utilização civil dos satélites supera em muito seu uso militar (felizmente), sendo usados para diversas funções: meteorologia, telecomunicação (como por exemplo a telefonia celular), navegação, salvamento, oceanografia e etc.

Laboratórios espaciais: Spacelab, Astro e o Laboratório Internacional de Microgravidade são apresentados ao leitor.

Observatórios espaciais: Hipparcos e ISO – Observatório Espacial Infravermelho; exposição da finalidade de cada um destes observatórios.

Telescópio Espacial: nesta modalidade o Hubble permanecia ainda solitário na época em que o livro foi lançado mas, como bem observa Mourão, suas contribuições para a astronomia são imensas.

A vida no espaço: neste caso a vida aqui se refere não a possíveis extraterrestres, mas àquela enviada pelos humanos ao espaço, sejam cães (como a famosa Laika) ou outros humanos (de Gagarin aos modernos astronautas).

Andar no espaço: comentário acerca de possíveis riscos ao se fazer as famosas caminhadas espaciais.

Orbitadores e lançadores recuperáveis: uma breve história do desenvolvimento e utilização dos famosos Space Shuttles (lançadeiras espaciais americanas), mas com destaque para o finado projeto Buran da Rússia e o avião espacial Hermes, francês.

Estações Espaciais: Skylab, Salyut, Mir e ISS – o Homem tenta se estabelecer no espaço.

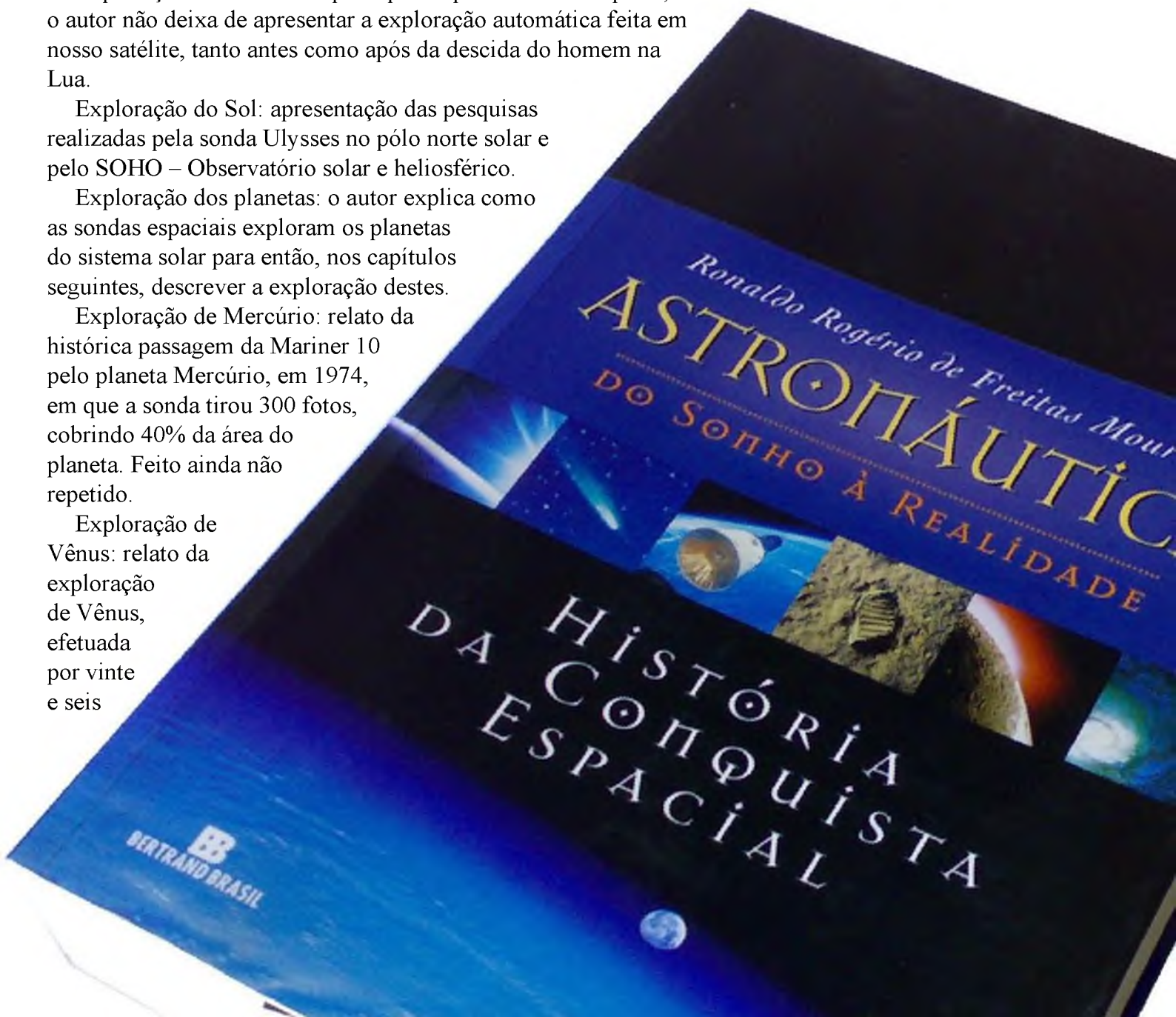
Exploração da Lua: destaque especial para a Missão Apollo, mas o autor não deixa de apresentar a exploração automática feita em nosso satélite, tanto antes como após da descida do homem na Lua.

Exploração do Sol: apresentação das pesquisas realizadas pela sonda Ulysses no pólo norte solar e pelo SOHO – Observatório solar e heliosférico.

Exploração dos planetas: o autor explica como as sondas espaciais exploram os planetas do sistema solar para então, nos capítulos seguintes, descrever a exploração destes.

Exploração de Mercúrio: relato da histórica passagem da Mariner 10 pelo planeta Mercúrio, em 1974, em que a sonda tirou 300 fotos, cobrindo 40% da área do planeta. Feito ainda não repetido.

Exploração de Vênus: relato da exploração de Vênus, efetuada por vinte e seis



naves provenientes dos EUA e da URSS, que revelaram um planeta bem diferente daquele imaginado antes da exploração via sondas espaciais.

Exploração de Marte: talvez o planeta que mais desperta a curiosidade e a fantasia humana, mas as diversas missões Mariner, Viking e Phobos revelaram um mundo deserto, sem marcianos ou canais artificiais, ainda que alguns “lunáticos” continuem a querer ver pirâmides egípcias e rostos humanos onde eles não existem. Missões mais recentes como a Pathfinder, entre outras, ainda não puderam revelar a existência de microorganismos em solo marciano, será necessária uma viagem tripulada a Marte para comprovar ou não esta hipótese.

Missão Voyager: a mais famosa missão espacial não-tripulada, principalmente por iniciar um minucioso estudo dos sistemas de anéis e luas dos planetas gasosos. O autor comenta detalhadamente toda a missão Voyager e a exploração dos planetas gasosos: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, por esta e outras missões.

Exploração de asteróides e cometas: breve explanação sobre estes corpos celestes, basicamente enfocando a necessidade da pesquisa devido à probabilidade de um asteróide colidir com a Terra.

Fronteiras do sistema solar: o autor retoma a saga da Pioneer e da Voyager, sendo que a Voyager 1 já ultrapassou as fronteiras do sistema solar, seguida pela Pioneer 10 e 11 e a Voyager 2.

As garrafas de náufragos da era espacial: graças ao empenho de Carl Sagan, as Pioneer 10 e 11 levam placas de alumínio anodizado em ouro com mensagens para possíveis extraterrestres. Enquanto as Voyager 1 e 2 levam discos com sons da Terra.

Colonização do Espaço: o autor apresenta algumas possibilidades de empreendimentos humanos que poderiam ser desenvolvidos para a colonização espacial: espaçorticultura, vela solar, usinas helioelétricas espaciais e mineração dos asteróides.

Colonização da Lua: uma base na Lua seria vital na maioria dos cenários propostos pelos pesquisadores para a exploração espacial em escala planetária. Também seria o melhor local para um observatório espacial e pode mesmo apresentar vantagens econômicas.


A colonização de Marte: apesar do custo elevadíssimo de uma missão a Marte (50 bilhões de dólares), o autor justifica que o investimento seria logo recuperado em novas tecnológicas e avanços científicos.

Da ameaça dos micrometeoritos à poluição nuclear: micrometeoritos, lixo espacial, poluição nuclear; o primeiro um desafio natural à conquista do espaço pelos seres humanos, os outros, o resultado desta exploração.

Ronaldo Rogério de Freitas Mourão, finaliza sua obra falando da poluição humana no espaço, mas ainda nos presenteia com quase 100 páginas de apêndices, muito bem vindos, é claro.

Assim passamos a conhecer as velocidades cósmicas, acompanhamos a cronologia da história da Astronáutica, também temos uma cronologia da exploração do sistema solar, outra cronologia da conquista da Lua, um levantamento das missões lunares automáticas norte-americanas e outro das soviéticas, dois apêndices sobre as diferentes etapas da missão Apollo, um sobre o Brasil e a exploração lunar (muito interessante para os brasileiros interessados em nosso satélite), e para finalizar, uma lista de sites na internet sobre exploração espacial.

Mourão ainda nos brinda com um glossário de termos da Astronáutica (indispensável em uma obra deste porte) e com uma bibliografia imensa, fruto de uma vida dedicada à ciência.

Astronáutica: do sonho à realidade: história da conquista espacial é a obra mais completa sobre o tema em português, pelo menos que este resenhista tenha conhecimento, e ainda que não o seja, com certeza chega perto. Indispensável como fonte de pesquisa ou leitura de lazer mesmo, possível de ser assimilada tanto para uma leitura de fôlego (a variedade de assuntos é tão grande que dificilmente o leitor vai querer largar o livro), como para leituras de interesse específico (os capítulos são relativamente independentes), quanto para consultas ocasionais. De qualquer forma uma excelente leitura! 



# Diversificando a Astronomia!