

Origem do universo e do homem

A origem do universo

JOÃO E. STEINER

A ORIGEM DAS coisas sempre foi uma preocupação central da humanidade; a origem das pedras, dos animais, das plantas, dos planetas, das estrelas e de nós mesmos. Mas a origem mais fundamental de todas parece ser a origem do universo como um todo – tudo o que existe. Sem esse, nenhum dos seres e objetos citados nem nós mesmos poderíamos existir.

Talvez por essa razão, a existência do universo como um todo, sua natureza e origem foram assuntos de explicação em quase todas as civilizações e culturas. De fato, cada civilização conhecida da antropologia teve uma cosmogonia – uma história de como o mundo começou e continua, de como os homens surgiram e do que os deuses esperam de nós. O entendimento do universo foi, para essas civilizações, algo muito distinto do que nos é ensinado hoje pela ciência. Mas a ausência de uma cosmologia para essas sociedades, uma explicação do mundo em que vivemos, seria tão inconcebível quanto a ausência da própria linguagem. Essas explicações, por falta de outras formas de entendimento da questão, sempre tiveram fundamentos religiosos, mitológicos ou filosóficos. Só recentemente a ciência pôde oferecer sua versão para os fatos. A razão principal para isso é que a própria ciência é recente. Como método científico experimental, podemos nos referir a Galileu Galilei (1564-1642, astrônomo, físico e matemático italiano) como um marco importante. Não obstante, já os gregos haviam desenvolvido métodos geométricos sofisticados e precisos para determinar órbitas e tamanhos de corpos celestes, bem como para previsão de eventos astronômicos. Não podemos nos esquecer de que egípcios e chineses, assim como incas, maias e astecas também sabiam interpretar os movimentos dos astros.



Nicolaus Copernicus (1473-1543).

É surpreendente que possamos entender o universo físico de forma racional e que ele possa ser pesquisado pelos métodos da física e da astronomia desenvolvidos nos nossos laboratórios e observatórios. A percepção dessa dimensão e da capacidade científica nos foi revelada de forma mais plena nas décadas de 10, 20 e 30 do século XX. Mas a história da cosmologia (a estrutura do universo) e da cosmogonia (a origem do universo) não começou, nem parou aí.



Figura 1 – Gravura de Flamarion (século XIX) ilustrando a cosmologia da Terra plana. Essa está centrada na aldeia do observador, o que deriva da experiência cotidiana. À esquerda, vê-se um “curioso” que procura romper a esfera das estrelas fixas com o objetivo de descobrir os mecanismos que produzem o movimento do Sol, da Lua e dos planetas.

Cosmologias da Terra plana

Como era a cosmovisão, a forma do universo imaginada pelos antigos egípcios, gregos, chineses, árabes, incas, maias e tupi-guaranis, que não tinham acesso às informações da moderna astronomia? Para quase todas as civilizações, sempre foi necessário acomodar não só a face visível da Terra e do céu, mas também incluir, possivelmente no espaço, o mundo dos mortos, tanto os abençoados como os condenados, além dos reinos dos deuses e dos demônios. A experiência do cotidiano sugere que o mundo em que vivemos é plano; além disso, muitas cosmologias eram interpretações associadas ao ambiente físico ou cultural da civilização em questão. Por exemplo, para os egípcios, o universo era uma ilha plana cortada por um rio, sobre a qual estava suspensa uma abóbada sustentada por quatro colunas. Na Índia antiga, as várias cosmologias dos hindus, brâmanes, budistas etc. tinham em comum o pressuposto da doutrina da reencarnação e as configurações físicas deveriam acomodá-la, incluindo os diver-

dos níveis de céus e infernos por ela demandada. Para os hindus – por exemplo – o universo era um ovo redondo coberto por sete cascas concêntricas feitas com distintos elementos. Já os babilônios imaginavam um universo em duas camadas conectadas por uma escada cósmica. A civilização maia era fortemente dependente do milho e das chuvas, muitas vezes escassas, que vinham do céu. Para eles, no começo havia apenas o céu, o mar e o criador; esse, após várias tentativas fracassadas, conseguiu construir pessoas a partir de milho e água.

No antigo testamento judaico-cristão, a Terra era relatada em conexão ao misterioso firmamento, às águas acima do firmamento, às fontes do abismo, ao limbo e à casa dos ventos. O livro do Gênesis narra, também, que o universo teve um começo: “No princípio Deus criou os céus e a Terra. A Terra, porém, estava informe e vazia; as trevas cobriam o abismo e o Espírito de Deus pairava sobre as águas. Deus disse: ‘Faça-se a luz’. E a luz foi feita. Deus viu que a luz era boa, e separou a luz das trevas. Deus chamou à luz DIA, e às trevas NOITE. Houve uma tarde e uma manhã: foi o primeiro dia”.

Modelos geocêntricos

Há cerca de 2.400 anos, os gregos já haviam desenvolvido sofisticados métodos geométricos e o pensamento filosófico. Não foi, pois, por acaso que eles propuseram uma cosmologia mais sofisticada do que a idéia do universo plano. Um universo esférico, a Terra, circundado por objetos celestes que descreviam órbitas geométricas e previsíveis e também pelas estrelas fixas. Uma versão do modelo geocêntrico parece ter sido proposta inicialmente por Eudoxus de Cnidos (c.400-c.350 a.C., matemático e astrônomo grego, nascido na atual Turquia) e sofreu diversos aperfeiçoamentos. Um deles foi proposto por Aristóteles (384-322 a.C.), que demonstrou que a Terra é esférica; ele chegou a essa conclusão a partir da observação da sombra projetada durante um eclipse lunar. Ele calculou, também, o seu tamanho – cerca de 50% maior do que o valor correto. O modelo geocêntrico de Aristóteles era composto por 49 esferas concêntricas que procuravam explicar os movimentos de todos os corpos celestes. A esfera mais externa era a das estrelas fixas e que controlava todas as esferas internas. Essa, por sua vez, era controlada por uma agência (entidade) sobrenatural.

Esse modelo geocêntrico grego teve outros aperfeiçoamentos. Erastóstenes (c.276-c.194 a.C., escritor grego, nascido na atual Líbia) mediu a circunferência da Terra por método experimental, obtendo um valor cerca de 15% maior do que o valor real. Já Ptolomeu (Claudius Ptolomeus, segundo século a.C., astrônomo e geógrafo egípcio) modificou o modelo de Aristóteles, introduzindo os epiciclos, isto é, um modelo no qual os planetas descrevem movimentos de pequenos círculos que se movem sobre círculos maiores, esses centrados na Terra.

A teoria heliocêntrica

A idéia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aris-

tarco de Samos (c.320 – c.250 a.C., matemático e astrônomo grego); ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu que a Terra gira em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante. Essa teoria atraiu pouca atenção, principalmente porque contradizia a teoria geocêntrica de Aristóteles, então com muito prestígio e, também, porque a idéia de que a Terra está em movimento não era muito atraente.

Cerca de dois mil anos mais tarde, Copérnico (Nicolaus Copernicus, 1473-1543, astrônomo polonês) descreveu o seu modelo heliocêntrico, em 1510, na obra *Commentariolus*, que circulou anonimamente; Copérnico parece ter previsto o impacto que sua teoria provocaria, tanto assim que só permitiu que a obra fosse publicada após a sua morte. A teoria foi publicada abertamente em 1543 no livro *De Revolutionibus Orbium Coelesti* e dedicada ao papa Paulo III.

O modelo heliocêntrico provocou uma revolução não somente na astronomia, mas também um impacto cultural com reflexos filosóficos e religiosos. O modelo aristotélico havia sido incorporado de tal forma no pensamento, que tirar o homem do centro do universo acabou se revelando uma experiência traumática.

Por fim, o modelo heliocêntrico de Copérnico afirmou-se como o correto. Mas por que o modelo de Aristarco de Samos não sobreviveu, cerca de 2.000 anos antes, se afinal também estava certo? Basicamente porque, para fins práticos, não fazia muita diferença quando comparado com o modelo geocêntrico. As medidas não eram muito precisas e tanto uma teoria quanto a outra davam respostas satisfatórias. Nesse caso, o modelo geocêntrico parecia mais de acordo com a prática do dia-a-dia; além disso, era um modelo homocêntrico, o que estava em acordo com o demandado por escolas filosóficas e teológicas.

Após a publicação da teoria de Copérnico, no entanto, alguns avanços técnicos e científicos fizeram que ela se tornasse claramente superior ao sistema de Ptolomeu. Tycho Brahe (1546-1601, astrônomo dinamarquês) teve um papel importante ao avançar as técnicas de fazer medidas precisas com instrumentos a olho nu, pois lunetas e telescópios ainda não haviam sido inventados. Essas medidas eram cerca de dez vezes mais precisas do que as medidas anteriores. Em 1597 ele se mudou para Praga, onde contratou, em 1600, Johannes Kepler (1571-1630, matemático e astrônomo alemão) como seu assistente. Mais tarde, Kepler usou as medidas de Tycho para estabelecer suas leis de movimento dos planetas. Essas leis mostravam que as órbitas que os planetas descrevem são elipses, tendo o Sol em um dos focos. Com isso, cálculos teóricos e medidas passaram a ter uma concordância muito maior do que no sistema antigo. Se não por outro motivo, essa precisão e a economia que ela propiciava seriam tão importantes para as grandes navegações que ela se imporia por razões práticas.

Galileu, ao desenvolver a luneta, criou um instrumento vital para a pesquisa astronômica, pois amplia, de forma extraordinária, a capacidade do olho humano. Apontando para o Sol, descobriu as manchas solares; apontando para Júpiter, descobriu as quatro primeiras luas; e ao olhar para a Via-Láctea, mostrou que ela é composta por miríades de estrelas.



Figura 2 – Este desenho do manuscrito original de Copérnico colocou o Sol no centro do universo.

A descoberta da galáxia

Foi exatamente com o desenvolvimento de técnicas ópticas, mecânicas e fotográficas que se passou a determinar a distância das estrelas mais próximas, e com isso a idéia de esfera das estrelas fixas foi superada. Com a medida das distâncias das estrelas – extraordinariamente grandes –, estabeleceu-se a interpretação de que o Sol e as estrelas são objetos da mesma natureza. Portanto, cada estrela poderia ter, em princípio, o “direito” de hospedar um sistema planetário.

Uma das primeiras concepções consistentes sobre a natureza da galáxia – e surpreendentemente correta – foi feita por Kant (Immanuel Kant, 1724-1804, filósofo alemão) que, aos 26 anos e muito antes de se tornar a grande referência em filosofia, tomou contato com os pensamentos de Newton e desenvolveu a idéia de que o sistema solar teria se originado a partir da condensação de um disco de gás. Concebeu, também, a idéia de que o sistema solar faz parte de uma

estrutura achatada, maior, à qual hoje chamamos de galáxia, e de que muitas das nebulosas então observadas como manchas difusas são sistemas semelhantes, às quais ele denominou universos-ilhas.

Os avanços observacionais mais importantes que levaram à compreensão detalhada da distribuição das estrelas no céu foram feitos por Wilhelm Herschel (1738-1822, astrônomo e músico inglês, nascido na Alemanha), primeiro construtor de grandes telescópios com os quais podia detalhar os objetos fracos com maior precisão.

Estrelas se distribuem no espaço tanto de forma dispersa quanto, também, em grupos, chamados de aglomerados de estrelas. No estudo de tais aglomerados, percebeu-se que eles não se distribuem ao acaso no espaço, mas definem uma configuração à qual chamamos de galáxia, visível a olho nu, como a Via-Láctea.

O Sol, a estrela mais próxima de nós, está a 159 milhões de quilômetros. É mais fácil dizer que ele está a oito minutos-luz. Afinal, a luz leva oito minutos para chegar do Astro-rei até a Terra. O mapa feito com os aglomerados globulares de estrelas mostrou que a galáxia tem um diâmetro de aproximadamente 90 mil anos-luz e é composta de 100 bilhões de estrelas, todas girando em torno de um núcleo comum, que dista cerca de 25 mil anos-luz do Sol. Logo se percebeu que existe um grande número de formações semelhantes no universo. São as Nebulae, que hoje chamamos, genericamente, de galáxias.

Quando observamos a estrela mais próxima do sistema solar, Alfa de Centauro, estamos enxergando o passado. Ela se encontra a 4,3 anos-luz de distância. Quer dizer que a luz que agora observamos foi emitida 4,3 anos atrás e viajou todo esse tempo para chegar até aqui. Estamos, de fato, observando o passado. Quando olhamos para a nossa vizinha galáxia de Andrômeda, vemos como ela era 2,4 milhões de anos atrás. Muitas estrelas que estamos vendo hoje já deixaram de existir há muito tempo.

A teoria do *Big Bang*

Na década de 1920, o astrônomo americano Edwin Hubble procurou estabelecer uma relação entre a distância de uma galáxia e a velocidade com que ela se aproxima e se afasta de nós. A velocidade da galáxia se mede com relativa facilidade, mas a distância requer uma série de trabalhos encadeados e, por isso, é trabalhoso e relativamente impreciso. Após muito trabalho, ele descobriu uma correlação entre a distância e a velocidade das galáxias que ele estava estudando. Quanto maior a distância, com mais velocidade ela se afasta de nós. É a chamada Lei de Hubble. Portanto, as galáxias próximas se afastam lentamente e as galáxias distantes se afastam rapidamente? Como explicar essa lei?

Num primeiro momento, poderíamos pensar que, afinal, estamos no centro do universo, um lugar privilegiado. Todas as galáxias sabem que estamos aqui e por alguma razão fogem de nós. Essa explicação parece pouco copernicana. A essa altura dos acontecimentos, ninguém mais acreditava na centralidade cósmica do homem. Precisamos achar, então, outra explicação.

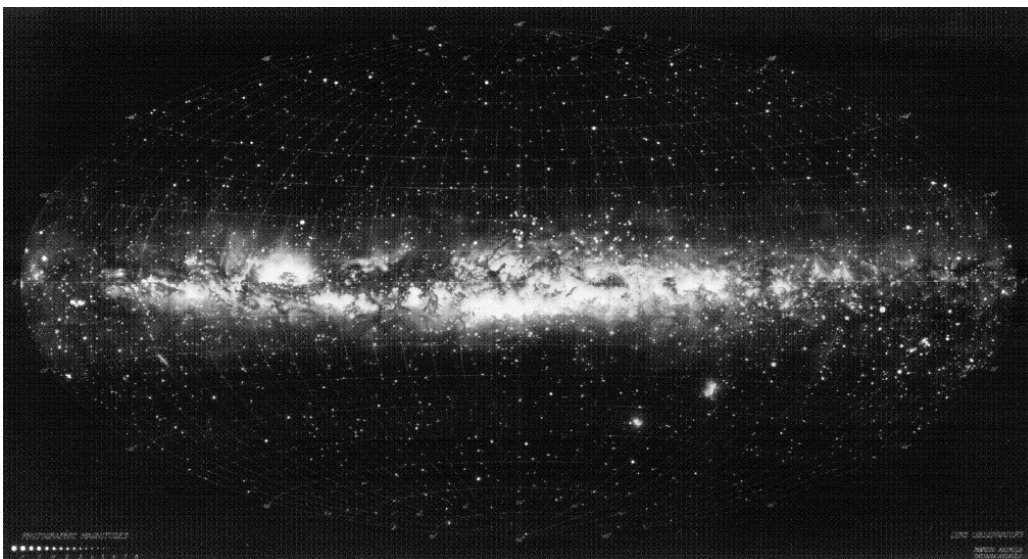


Figura 3 – O mapa-múndi do céu, obtido por montagem de grande número de fotografias de todo o céu e montadas em um planisfério. Aqui aparece de forma muito nítida a Via-Láctea. Essa faixa branca é a soma da luz de 100 bilhões de estrelas. As manchas escuras não representam a ausência de estrelas, mas forte concentração de gás e poeira que obscurece a visão das estrelas que estão por trás. Essas nuvens tendem a se contrair formando berçários de novas estrelas.

A outra explicação pode ser facilmente entendida se fizermos uma analogia bidimensional do universo. Costumamos dizer que vivemos num universo de três dimensões espaciais: podemos andar para a frente, para os lados e pular para cima. Além disso, existe a dimensão do tempo. Essas quatro dimensões compõem o espaço-tempo do universo em que vivemos. Poderíamos imaginar outros universos. Do ponto de vista matemático, podemos imaginar, por exemplo, universos bidimensionais. A superfície de uma bola é uma entidade de duas dimensões, assim como o é a superfície de uma mesa. Poderíamos, agora, imaginar a superfície de uma bexiga de aniversário como um universo bidimensional. Sobre a sua superfície poderíamos desenhar galáxias bidimensionais, povoadas por formigas também de duas dimensões. Algumas dessas formigas poderiam ser astrônomas cuja tarefa seria observar outras galáxias, medir suas distâncias e velocidades.

Imaginemos, agora, que alguém sopra na bexiga de tal forma que ela se expanda. O que a formiga-astrônoma vai observar? Que as galáxias próximas se afastam lentamente ao passo que as galáxias distantes se afastam rapidamente do observador. Isto é, a formiga descobriu a Lei de Hubble. Se, por hipótese, em vez de uma bexiga em expansão, ela estivesse se esvaziando, em contração, a formiga verificaria que todas as galáxias se aproximam uma das outras; um efeito contrário ao da Lei de Hubble. Portanto, essa lei mostra que nosso universo está em expansão! Isto é, no futuro ele será maior e no passado foi menor do que ele

é hoje. Quanto mais no passado, menor. Até que poderíamos imaginar a bexiga tão pequena que se reduziria a um ponto. A esse ponto inicial, a idéia de que o universo surgiu de uma explosão no passado, chamamos de *Big Bang*. Desde então, ele está se expandindo, até hoje, e a lei de Hubble é a confirmação disso. Há quanto tempo teria acontecido isso? As indicações mais recentes são de que o Big Bang ocorreu há 13,7 ($\pm 0,2$) bilhões de anos.¹

Foto Arquivo Agência France Presse



Edwin Hubble (1889-1953), ao telescópio Schmidt do Monte Palomar (Califórnia), em 1949.

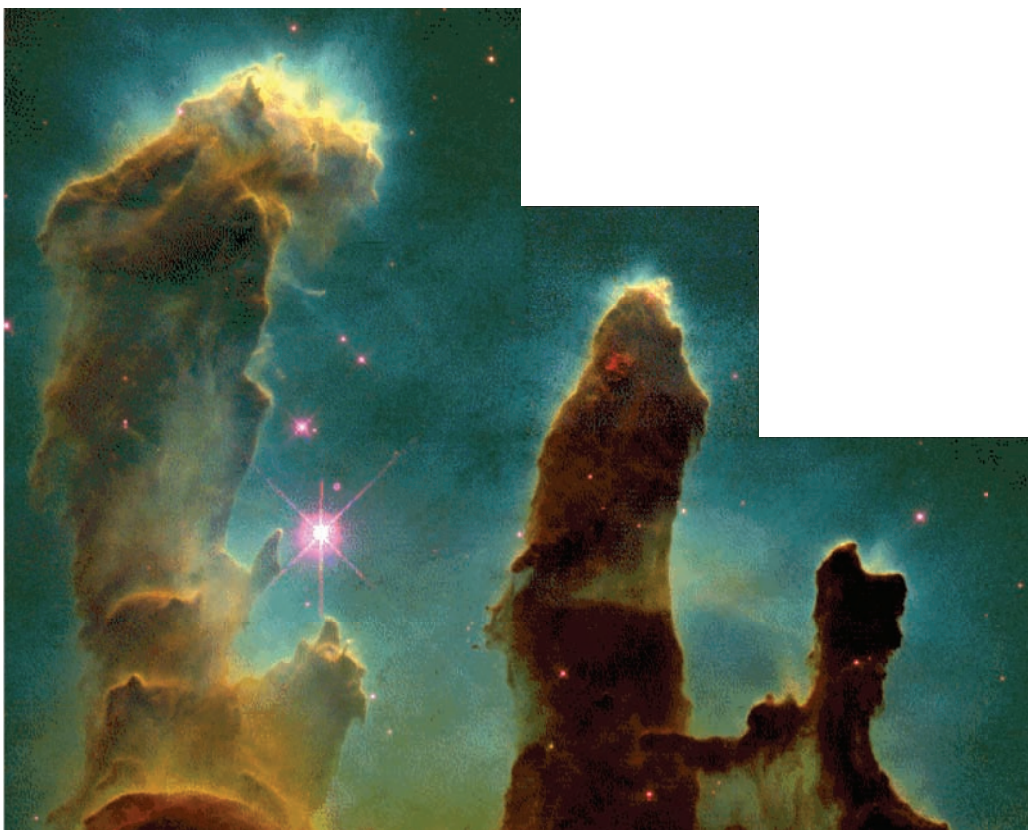


Figura 4 – Nebulosa M16, obtida com o telescópio espacial Hubble (cortesia Nasa). Essa nebulosa nada mais é do que um berçário onde novas estrelas estão nascendo. A luz das novas estrelas ilumina o gás que as está formando.

De fato, trabalhos teóricos do abade belga Georges Lemaitre, de 1927, mostraram que a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein é compatível com a recessão das Nebulae (como eram então chamadas as galáxias) e ele foi o primeiro a propor que o universo teria surgido de uma explosão, de um “átomo primordial”.

Uma pergunta imediata que poderia nos ocorrer é: para que direção do espaço devemos olhar para enxergarmos onde essa explosão ocorreu? Se o universo está se expandindo, dentro de onde? Ora, no modelo de bexiga – universo de duas dimensões – o *Big Bang* ocorreu no centro da bexiga, não na sua superfície. O espaço é a superfície. O interior é o passado, e o exterior, o futuro. O centro, a origem do tempo. Portanto, a explosão não ocorreu no espaço, mas no início do tempo, e o próprio espaço surgiu nessa singularidade temporal. Esse exemplo simples nos mostra como o modelo bidimensional pode nos ilustrar, de forma intuitiva, porém confiável, questões fundamentais de cosmologia; agregar uma terceira dimensão é apenas uma questão de habilidade matemática!

Podemos, agora, voltar à reflexão de que olhar para longe é ver o passado. Seria possível observar o universo evoluir? Essa idéia parece interessante; quanto

mais longe olhamos, mais vemos um universo mais jovem. Poderíamos, então, observar a época em que as galáxias nasceram? Sim, basta que tenhamos tecnologia para isso. Basta que tenhamos instrumentos que nos permitam observar o universo a 12 bilhões de anos-luz de distância. Essa tecnologia já é disponível com os novos e grandes telescópios. Com isso é possível observar quando, como e por que as galáxias nasceram – essa é uma das áreas mais palpitantes da ciência contemporânea.

Outra pergunta que naturalmente se faz é: o que foi o instante zero e o que havia antes? A teoria da relatividade prevê que no instante zero a densidade teria sido infinita. Para tratar essa situação, é necessária uma teoria de gravitação quântica, que ainda não existe, e, portanto, essa questão não é passível de tratamento científico até este momento. Entender essa fase da história do universo é um dos maiores problemas não-resolvidos da física contemporânea.

As confirmações do *Big Bang*

No final dos anos de 1940, o astrônomo George Gamow sugeriu que a explosão inicial poderia ter deixado resquícios observáveis até hoje. Ele pensou que um universo tão compacto e quente teria emitido muita luz. Com a expansão, a temperatura característica dessa luz teria abaixado. Segundo cálculos simples, hoje ela talvez pudesse

ser observada na radiação de microondas, com uma temperatura de cerca de 5 graus Kelvin. Em 1965, dois engenheiros, Arno Penzias e Robert Wilson, procuravam a origem de um ruído eletromagnético que estava atrapalhando as radio-propagações de interesse para um sistema de telecomunicações. Des-



Fotos Arquivo Agência France Presse

Robert Woodrow Wilson e Arno Penzias.

descobriram que a radiação vinha de todas as direções para as quais apontassem sua antena. Mediram a temperatura dessa radiação; eles encontraram um valor para a temperatura não muito diferente do previsto, de 2,7 graus Kelvin (próximo ao zero absoluto). Era a confirmação da teoria do *Big Bang*; Penzias e Wilson receberam o Prêmio Nobel de Física em 1978.

Na ciência, quando se faz uma previsão específica baseada em uma teoria, e essa previsão é confirmada, a teoria em questão sai fortalecida. Foi o que aconteceu com o episódio da radiação cósmica de fundo. Ponto para a teoria do *Big Bang*, que passou a ter supremacia absoluta sobre sua teoria rival, a teoria do estado estacionário, segundo a qual o universo é o que sempre foi.



Figura 5 – Uma galáxia espiral que lembra bastante a galáxia na qual vivemos. Cada galáxia dessas tem cerca de 100 mil anos-luz de diâmetro e é composta por cerca de 100 bilhões de estrelas. As manchas mais brilhantes que acompanham os braços espirais são os berçários de formação estelar. As estrelas de maior massa são azuis e vivem pouco, ao passo que as de menor massa são vermelhas e são mais longevas.

Mas essa não foi a única confirmação da teoria. O *Big Bang* também prevê que o elemento hélio se formou nos primeiros três minutos após a explosão. Que cerca de um quarto da matéria do universo se formou desse elemento, e três quartos sob forma de hidrogênio. Quando se conseguiu medir essa abundância primordial do hélio, o valor encontrado confirmou com precisão o previsto.²

Inflação, matéria escura e energia escura

Mesmo com as evidências observacionais em favor do *Big Bang*, por muito tempo se discutiu a viabilidade dessa teoria. Diversos problemas teóricos dificultavam uma descrição precisa das observações, até que, em 1982, o físico americano Alan Guth propôs uma solução que, de início, pareceu insólita para muitos: a teoria do Big Bang inflacionário. Por essa idéia, o universo teria passado por uma fase de expansão extraordinária. Quando a idade do universo era de um trilionésimo de trilionésimo de trilionésimo de segundo (*sic*), o universo expandiu-se subitamente de um fator gigantesco (esse fator é o número 1 seguido de 50 zeros!). Com esse modelo, alguns problemas teóricos desapareceram. Naturalmente, uma proposta tão insólita careceria de evidências lastreadas

na realidade. Essas não tardaram a aparecer. A inflação propõe que as galáxias teriam sido formadas a partir de sementes geradas no período inflacionário. Flutuações quânticas correspondentes ao Princípio da Incerteza de Heisenberg, amplificadas pelo fator da inflação, teriam dado origem às galáxias. Essa idéia seria testável, pois prevê a existência de pequenas flutuações na temperatura da radiação cósmica de fundo. Muito se pesquisou a esse respeito até que, em 1992, o satélite Cobe determinou não só que essas flutuações existem, mas que elas se comportam exatamente de acordo com o previsto pela teoria inflacionária. Por esse trabalho os pesquisadores norte-americanos George Smoot e John Mather receberam o Prêmio Nobel de Física em 2006.

O que teria causado a inflação? Imagina-se que poderia ter ocorrido pelo que se chama de transição de fase. Por exemplo, a transformação da água em gelo (transição líquido-sólido) é uma transição de fase que libera energia latente da água. Da mesma forma, uma transição de fase no *Big Bang* teria liberado energia latente, responsável pela expansão súbita do universo.

Com frequência as galáxias se encontram em famílias, chamadas de aglomerados. O aglomerado de Virgo tem 800 galáxias; o de Coma, duas mil. Em 1933, o astrônomo suíço Fritz Zwicky mediu a massa do aglomerado de galáxias de Coma e verificou que esse valor era de cerca de 400 vezes maior do que a soma das massas das suas galáxias individuais. Portanto, havia uma “matéria escura”, responsável por manter o aglomerado coeso. Por muitas décadas essa pesquisa não teve muito crédito. Na década de 1960, no entanto, medidas feitas em muitas outras galáxias mostraram que também aí havia uma misteriosa matéria escura. Na Via-Láctea ela corresponde a dez vezes a massa visível sob forma de estrelas ou gás. Para toda parte que se olha, essa misteriosa matéria parece estar presente. Mas o que é essa massa misteriosa? Muito já se especulou sobre sua natureza, mas ainda não se encontrou nenhuma resposta convincente. Apenas sabemos que a natureza dela é diferente de toda a matéria que conhecemos.

Qual é o futuro da expansão do universo? Isso depende da quantidade de massa contida nele. Se for muito grande, ela fará o universo desacelerar até que a velocidade se anule e depois se contrairá. É o chamado modelo de universo fechado. Se a massa for pequena, ela não será o suficiente para zerar a velocidade e o universo irá se expandir para sempre. Chamamos isso de universo aberto. A fronteira dos dois é o universo plano.³

Tentativas para determinar qual modelo corresponde à realidade fizeram que muitas pesquisas fossem conduzidas ao longo de décadas. Em 1998, no fechar do século e do milênio, descobriu-se que a expansão do universo não está sendo desacelerado, mas acelerado. Isto é, quanto mais o tempo passa, com maior velocidade as galáxias se afastam umas das outras. Isso foi uma descoberta extraordinária e desconcertante, pois sugere que existe uma energia que atua no sentido contrário ao efeito de gravidade. A essa energia se chamou de “energia escura”. Ela é totalmente distinta da matéria escura; a matéria escura possui gravidade; a energia escura, não. Ao contrário, provoca repulsão.

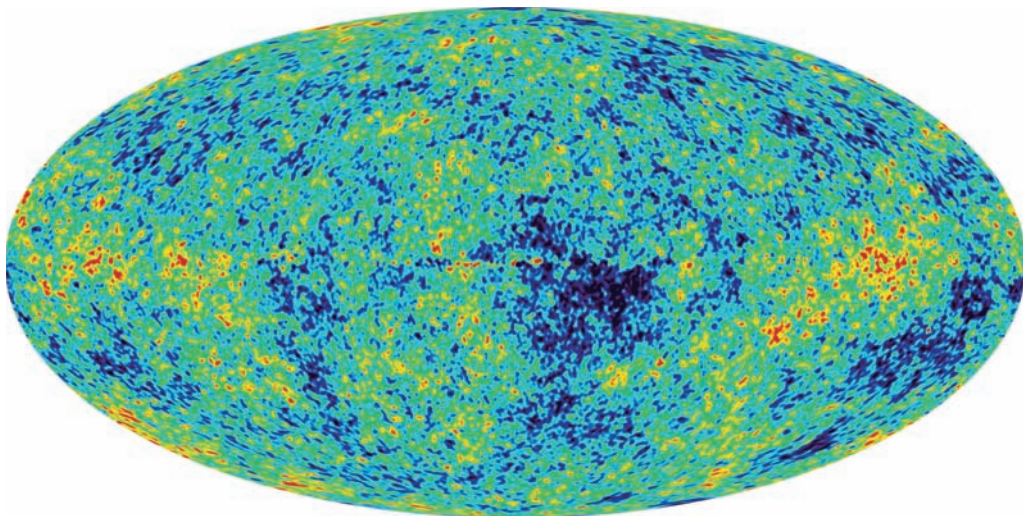


Figura 6 – “Mapa-múndi do céu” em microondas, mostrando as estruturas da radiação cósmica de fundo obtido do satélite WMAP (Nasa). Essas flutuações são minúsculas e equivalem a uma parte em cem mil na escala da temperatura e comprovam a teoria da inflação. Essa teoria diz que no começo do *Big Bang* o universo se expandiu exponencialmente durante uma mínima fração de tempo inflacionando um número incalculável de eventos quânticos no processo, deixando o recém-criado espaço-tempo com flutuações minúsculas em todas as escalas. O mapa é uma fotografia do universo quando ele tinha cerca de 300 mil anos. Mais tarde, as flutuações que aparecem nessa fotografia colapsaram formando galáxias, aglomerados de galáxias e estruturas ainda maiores.

As medidas mais recentes (do ano de 2006) mostram que a matéria normal corresponde a 4%, a matéria escura a 22%, e a energia escura a 74% de toda a massa-energia do universo. Como apenas conhecemos a matéria comum, desconhecemos totalmente a natureza de 96% do universo. Em outras palavras, o que conhecemos corresponde à ponta do *iceberg* apenas.⁴

Além...

Quanto mais pesquisamos, mais avançamos a fronteira do conhecimento da natureza. Quanto mais a tecnologia avança, mais precisas são as medidas e as informações, e mais sofisticadas e detalhadas as teorias. Afinal, se a mecânica de Newton (Isaac Newton, 1642-1727, físico e matemático inglês) parece funcionar tão bem para a vida cotidiana, por que precisamos da complexa Mecânica Quântica ou da Teoria da Relatividade? Porque a tecnologia evoluiu e as medidas mais precisas que ela proporciona só são explicadas por essas teorias. Assim como na física, o diálogo entre o desenvolvimento tecnológico e os avanços científicos sempre esteve presente na história da astronomia de forma muito fertilizadora para ambas.

Somente acreditamos na Mecânica Quântica porque ela funciona, não porque ela pareça lógica. Mesmo assim, estima-se que, hoje, cerca de 50% da

economia mundial estejam, de alguma forma, vinculadas à Mecânica Quântica. Sem ela não existiria a eletrônica dos computadores, dos televisores, dos telefones, das máquinas fabris etc. A Teoria da Inflação Cósmica também funciona, mesmo que pareça insólita. Ela é útil, na medida em que nos permite calcular características fundamentais do universo. Por que não utilizá-la? Não foi por essa razão que os navegadores adotaram a teoria de Copérnico?

O Big Bang explica tudo?

Afinal, seria o *Big Bang* uma teoria definitiva? Vejamos se essa é uma hipótese razoável. Ao longo da história, vimos que a idéia de universo evoluiu muito. Passou por diversos estágios, que podem ser caracterizados como teorias cosmológicas. Terra plana, modelo geocêntrico, heliocêntrico, galactocêntrico, *Big Bang*, *Big Bang* inflacionário... Cada modelo explica o que era conhecido na época e o que as medidas de então podiam confirmar. Não se pode dizer que essas teorias estavam erradas. Seria melhor afirmar que eram incompletas. Afinal, para nossa experiência diária, o modelo de terra plana não é ruim. A terra é redonda e, além do mais, gira em torno do Sol, e assim por diante. A descoberta de que o universo – tudo o que existe – evolui de forma que possa ser racionalmente analisado parece ser surpreendente. Mais surpreendente, o fato de que podemos demonstrar que ele teve uma origem. As leis que desenvolvemos no nosso pequeno planeta aplicam-se ao universo todo. Não há evidência de que haja qualquer discrepância mensurável.

Isso encerra a história? Tudo nos leva a crer que não. Se somos copernicanos no que se refere ao espaço, aprendemos também a ser copernicanos no que se refere ao tempo e, portanto, não vivemos num momento especial. O próprio *Big Bang* deve ser objeto de racionalização, de detalhamentos. Ao primeiro capítulo já assistimos: o *Big Bang* não ocorreu de forma qualquer; ele foi inflacionário. Quantas etapas mais surgirão na aventura humana de decifrar a natureza do universo em que vivemos?

A concepção de universo em meados do século XVII havia já incorporado as noções de espaço e tempo de Newton. O universo parecia um espaço-tempo estático e infinito, muito distinto daquele em que o destino humano e os deuses estavam intimamente ligados à concepção de mundo. O filósofo francês Blaise Pascal expressou assim o sentimento: “Tragado pela imensidão infinita dos espaços, dos quais não sei nada e o qual não sabe nada de mim, estou apavorado... O eterno silêncio destes espaços infinitos me alarma”.

Afinal, estamos tão sós quanto imaginou Pascal? A natureza e o destino humanos estão totalmente desconectados da estrutura cósmica maior? Hoje sabemos que cada estrela pode conter um sistema solar e que cada galáxia possui, em média, cerca de 100 bilhões de estrelas. É legítimo supor que o número de planetas com condições semelhantes ao do planeta Terra é imenso, só considerando a nossa galáxia. Devemos lembrar ainda que o número de galáxias observáveis dentro do horizonte cósmico acessível é de 100 bilhões. Fica claro, pois,

que existe um número enorme de planetas com condições nas quais a vida possa ter surgido e se desenvolvido. Isso não significa que a vida humana como a nossa seja comum. Não só porque ela pode ter assumido a sua feição fortuitamente, mas também porque ela é certamente efêmera, se considerada na escala de tempo cósmica. Exatamente por esse caráter efêmero e por causa das distâncias envolvidas, dificilmente duas civilizações de grau de desenvolvimento semelhante poderiam entrar em contato entre si, mesmo que existam simultaneamente em estrelas ou galáxias separadas.

Uma outra conexão que nos vincula com as estrelas diz respeito aos elementos químicos, indispensáveis para manter nossa estrutura física. Cada átomo de oxigênio que inspiramos, assim como cada átomo de cálcio que está nos nossos ossos ou de ferro e de carbono da nossa musculatura tiveram uma origem muito específica, cuja história conhecemos. Apenas o hidrogênio e o hélio (além do deutério e parte do lítio) foram formados no *Big Bang*; os elementos químicos mais pesados foram todos sintetizados no centro das estrelas. Com a morte dessas, o gás enriquecido desses elementos pesados foi lançado ao espaço, apenas para se juntar aos restos de milhares de outras estrelas e formar uma nova geração de corpos celestes. O Sol já é uma estrela de terceira geração, e graças a isso a composição química do sistema solar é rica o suficiente para formar a vida como a conhecemos.

A cosmologia científica, ao contrário das cosmologias tradicionais, não tenta ligar a história do cosmos a como os homens devem se comportar (diferentemente do que, ainda hoje, os adeptos da astrologia nos propõem). É papel dos cientistas, artistas, filósofos e outras pessoas criativas entendê-la e expressar o sentido humano nela. O pleno impacto dessa cosmovisão sobre a cultura humana só se dará quando a compreensão da nossa realidade física for plenamente entendida pelo cidadão comum.

Enquanto isso, a missão da astronomia é de nos dizer onde estamos, de onde viemos e para onde vamos. E, pelo visto, essa missão parece não ter fim.

Notas

- 1 Como teoria rival do *Big Bang*, persistiu por muito tempo a teoria do estado estacionário. Essa teoria se baseia no Princípio Cosmológico Perfeito, segundo o qual o universo é homogêneo, isotrópico e constante no tempo. Esse modelo era bem-visto pelos físicos, principalmente porque eliminava os problemas de ter havido uma origem no tempo. Esse princípio é incompatível com as observações que mostram que o universo evolui com o tempo.
- 2 Existem outras evidências em suporte à teoria do *Big Bang*. Se o universo não fosse finito no tempo, o céu noturno não seria escuro. Além disso, galáxias evoluem com o tempo, tornando-se mais velhas, com mais elementos químicos pesados. Isso é confirmado diretamente pelas observações. Quanto mais longe observamos no universo, mais jovens (menos evoluídas) são as galáxias.
- 3 Se o universo fosse fechado, ele voltaria a se contrair, acabando em um *Big Crunch*. A partir daí, poderia haver um novo *Big Bang* e assim por diante, o que implicaria um uni-

verso cíclico – idéia comum a varias visões cosmológicas antigas. A teoria da inflação, no entanto, é incompatível com a idéia de universo fechado.

4 As pesquisas do *Big Bang* motivaram experimentos em laboratório, levando à descoberta de novas partículas em física. Ao contrário do que acontecia no século XX, quando as revoluções da física eram usadas para progredir no entendimento do universo, hoje as pesquisas da cosmologia indicam para a física onde ela deve progredir para o entendimento do mundo material.

Referências bibliográficas

DAMINELLI, A. *Hubble: a expansão do universo*. São Paulo: Odysseus, 2003.

FERRIS, T. *O despertar da Via-Láctea*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

GLEISER, M. *A dança do universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

GUTH, A. *The Inflationary Universe*. Massachusetts: Addison-Wesley, Reading, 1997.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. *Astronomia e astrofísica*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. [Também disponível na internet: astro.if.ufrgs.br]

NORTH, J. *Astronomy and Cosmology*. Glasgow: Fontana Press, 1994.

RESUMO – OS VÁRIOS modelos cosmológicos ao longo da história são brevemente descritos. A evolução das idéias pode ser entendida como uma sucessão de modelos, como o da Terra plana, o dos modelos geocêntricos, o do heliocêntrico e o do galactocêntrico. Nos últimos cem anos foi desenvolvida uma teoria, a do *Big Bang*, que descreve as observações mais sofisticadas de que dispomos hoje e que mostra que o universo teve uma origem que pode ser pesquisada cientificamente. Em décadas recentes, esse modelo foi aperfeiçoado para um novo conceito, o do *Big Bang* inflacionário. Na virada do milênio, novas descobertas mostraram que toda a matéria conhecida é apenas a ponta do *iceberg* em um universo dominado pela energia escura e pela matéria escura cujas naturezas permanecem misteriosas.

PALAVRAS-CHAVE: Universo, Cosmologia, História da astronomia, *Big Bang*.

ABSTRACT – THE VARIOUS cosmological models along history are briefly reviewed. The evolution of the ideas may be understood as successive models such as the flat earth, the geocentric models as well as the heliocentric and the galacto-centric ones. In the last century, a concept was developed, the big-bang theory, that describes the most sophisticated observations on hand today and shows that the universe had an origin that can be search with scientific methods. In recent decades this model was refined to a new concept: inflation. By the end of the century and millenium new discoveries showed that all known matter is only the tip of the iceberg in a universe dominated by dark energy and dark matter whose natures remain mysterious.

KEYWORDS: Universe, Cosmology, History of astronomy, Big Bang.

João E. Steiner é diretor do Instituto de Estudos Avançados da USP e professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. @ – steiner@usp.br

Recebido em 30.8.2006 e aceito em 11.9.2006.