

A distribuição da matéria no universo

Roberto de Andrade Martins

Acreditamos atualmente que o universo contém uma imensa quantidade de galáxias, que são enormes agrupamentos de estrelas. Essas galáxias, contendo bilhões de estrelas, estão espalhadas por todo o espaço. Estão separadas por grandes distâncias e estão se afastando umas das outras. Seu estudo nos proporcionou, durante o século XX, a chave para a compreensão da estrutura do universo e de sua dinâmica.

No entanto, no final do século XIX, os astrônomos acreditavam que cada uma dessas galáxias era apenas uma pequena nuvem de matéria luminosa onde estava se formando um novo astro. O universo seria constituído apenas por um único conjunto de estrelas – a Via Láctea – e fora desse sistema não existiria mais nada. Tudo terminaria ali, onde vemos as estrelas mais distantes e fracas. Depois disso, o universo seria vazio.

Nas primeiras décadas do século XX foram derrubadas as concepções que eram aceitas por todos os astrônomos até pouco tempo antes. Como isso aconteceu? E por que os astrônomos acreditavam que toda a matéria do universo estava concentrada à nossa volta?

A astronomia antiga

Que coisas existem no céu? Do segundo século da era cristã até o início do século XV, existia uma resposta padrão, dada pelo famoso astrônomo de Alexandria, Cláudio Ptolomeu. Existiam sete “estrelas errantes” (os 5 planetas conhecidos na época, o Sol e a Lua) e mais 1022 estrelas. Essas eram divididas em 15 de primeira grandeza (as mais brilhantes), 45 de segunda, 208 de terceira, 474 de quarta, 217 de quinta, 49 de sexta, 5 “nebulosas” e 9 “obscuras”. Além dessas estrelas, cujas posições no céu haviam sido mapeadas por Ptolomeu, existiam outras menores, às quais não se dava importância, e que nem sempre se conseguia ver. Todas as estrelas estariam presas a uma casca esférica invisível gigantesca, cujo raio seria igual à maior distância entre Saturno e a Terra. Depois da última esfera de éter, não existiria nada – nem mesmo o espaço.

Outro objeto celeste luminoso era a Via Láctea ou Galáxia (em grego, *galaxias kyklos* significa caminho de leite). Ela pode ser vista claramente de lugares distantes das cidades, em noites sem luar. É uma faixa luminosa fraca, leitosa (e daí vem seu nome), mas bem nítida. Ela se prolonga por todo o céu estrelado, formando uma espécie de anel à nossa volta.

As “nebulosas” eram objetos celestes semelhantes a pequenas nuvens, que permaneciam sempre na mesma posição em relação às estrelas, não sendo portanto fenômenos atmosféricos. Não pareciam ter grande importância, na estrutura do universo. Eram conhecidos poucos desses objetos no céu, durante todo o período anterior à invenção do telescópio. Tinham uma luminosidade mais fraca do que as estrelas, como a luz de uma vela vista através de uma fina folha de papel.

Além das cinco nebulosas descritas por Ptolomeu, uma outra foi observada pelo astrônomo islâmico Abd-al-Rahman Al-Sufi (903-986) no ano 964, na constelação de Andrômeda. Mais duas (as “nuvens de Magalhães”) foram encontradas pelos portugueses, perto do pólo Sul celeste, durante as grandes navegações do século XV. Eram objetos estranhos, cujo papel no universo não era compreendido.

O céu na Idade Moderna

A idéia da casca esférica contendo as estrelas foi abandonada gradualmente, à medida que a teoria heliocêntrica de Nicolau Copérnico (1473-1543) foi sendo aceita, nos séculos XVI e XVII. O próprio Copérnico mantinha a idéia de uma esfera de estrelas, embora tivesse indicado que ela deveria ser muito maior do que se pensava antes. Giordano Bruno (1548-1600) foi um dos primeiros copernicanos a se desfazer dessa idéia, propondo que o universo seria infinito e que as estrelas estariam espalhadas por todo o espaço, em vez de estarem todas à mesma distância da Terra. Ele propôs que cada estrela poderia ser tão grande quanto o Sol (ou até maior), e dotada de planetas.

Após a invenção do telescópio, no início do século XVII, houve várias importantes descobertas astronômicas. Galileo Galilei (1564-1642) observou a Via Láctea e percebeu que ela continha uma enorme quantidade de pequenas estrelas, não sendo portanto uma faixa luminosa contínua.

O número de nebulosas conhecidas foi aumentando gradualmente. Nicholas Peiresc (1580-1637) descobriu, em 1610, uma nebulosa na constelação de Orion, que foi depois descoberta independentemente pelo padre jesuíta Johann Baptist Cysatus (1588-1657) em 1618. Simon Marius (1570-1624) redescobriu em 1611 a nebulosa que Al-Sufi havia encontrado em Andrômeda. No entanto, um século depois, só eram conhecidas cerca de 10 nebulosas. Em torno de 1850 haviam sido identificados 40 desses objetos. O astrônomo francês Charles Messier (1730-1817), cujo interesse principal eram cometas, fez uma busca sistemática de nebulosas, porque elas eram às vezes confundidas com cometas. Publicou em 1781 um catálogo descrevendo 103 nebulosas. Nessa época elas passaram a ser identificadas pela sua numeração no catálogo de Messier – por exemplo, M31.

Com o uso da luneta foi possível perceber que algumas das nebulosas conhecidas eram, como a Via Láctea, formada por agrupamentos de estrelas. Outras, no entanto, continuavam a parecer nuvens. Alguns astrônomos sugeriram que também essas eram aglomerados estelares e que isso seria futuramente confirmado com o uso de telescópios mais poderosos. Messier, no entanto, acreditava que muitas “nebulosas leiteiras” eram de outra natureza, constituídas por uma nuvem de matéria luminosa.

Natureza da Via Láctea

Vemos estrelas em todas as direções, no céu, e elas parecem espalhadas mais ou menos ao acaso. A Via Láctea, no entanto, estabelecia uma exceção. Por que motivo uma faixa do céu continha tantas estrelas? E se elas eram visualmente pequenas (não podiam ser distinguidas sem telescópio), isso indicava que estavam muito distantes? Haveria então uma faixa de estrelas, muito longe de nós, cercado o conjunto de estrelas que vemos a olho nu?

Três pensadores de meados do século XVIII deram uma nova interpretação para a Via Láctea, supondo que estamos dentro de um “universo-ilha”. Em vez de um espaço salpicado de estrelas espalhadas ao acaso, todas elas estariam agrupadas em uma região achatada do espaço, formando uma espécie de disco luminoso em um espaço negro, sem estrelas e sem mais nada. A Via Láctea seria um tipo de ilha no meio de um oceano celeste vazio. O sistema solar estaria dentro desse disco e por isso, olhando à nossa volta, vemos uma maior concentração de estrelas formando uma espécie de faixa no céu. Os três autores que, independentemente, sugeriram esse tipo de idéia, foram Thomas Wright (1810-1877), Immanuel Kant Immanuel Kant (1724-1804) e Johann Heinrich Lambert (1728-1777). Nenhum deles era astrônomo, e suas idéias não foram levadas a sério, inicialmente.

Kant imaginou que, assim como há satélites girando em torno dos planetas e planetas em torno do Sol, deveriam existir agrupamentos de estrelas girando em torno de algum centro. Supôs que todas as estrelas que vemos à nossa volta pertencem a um único imenso sistema em rotação. Se elas estivessem paradas no espaço e não estivessem girando, sua atração gravitacional faria com que elas fossem se aproximando e acabassem se chocando umas com as outras. A rotação as mantém afastadas – como os planetas no sistema solar – evitando que se destruam.

A maior parte das estrelas deveria estar numa região estreita, assim como todos os planetas giram em torno do Sol praticamente no mesmo plano. A parte mais importante desse sistema seria a Via Láctea, que contém uma enorme concentração de estrelas. Como estamos dentro dela, nós a vemos como um anel à nossa volta, mas ela seria uma espécie de disco fino em rotação. Nem todas as estrelas estão nessa faixa mais estreita. As que estão um pouco afastadas do plano principal são as que vemos fora da Via Láctea.

Kant discutiu também a natureza das nebulosas. Algumas delas tinham forma que parecia uma elipse. Kant supôs que elas também seriam imensos discos de estrelas, vistos de uma direção oblíqua e parecendo por isso elípticas, em vez de circulares. Cada uma das nebulosas poderia ser imensa, como a Via Láctea. Assim, além de nossa “ilha” que contém todas as estrelas que podemos ver individualmente, haveria outras “ilhas” espalhadas pelo universo, fora da Via Láctea, constituindo outros imensos mundos.

Sabemos que Kant estava propondo uma concepção bastante semelhante à que foi aceita a partir do século XX. No entanto, nem ele nem qualquer outra pessoa podia ter certeza sobre qual era a natureza das nebulosas. Tratava-se de uma mera especulação.

Origem das estrelas

No final do século XVIII o matemático francês Pierre Simon de Laplace (1749-1827) propôs uma importante teoria para explicar a formação do sistema solar.

O ponto de partida de Laplace foi a existência de regularidades no sistema solar, que não podem ser obra do acaso. Todos os planetas e seus satélites giram em torno do Sol no mesmo sentido, e quase no mesmo plano. Laplace calculou que haveria apenas uma chance em duzentos bilhões de que isso pudesse acontecer por acaso. Ele tentou, então, desenvolver uma hipótese que pudesse explicar os fenômenos astronômicos conhecidos. Imaginou que, inicialmente, a matéria que compõe o sistema solar deveria estar espalhada pelo espaço, sob a forma de uma nuvem de altíssima temperatura, que deveria no início girar muito lentamente; e que, à medida que ela fosse esfriando e se contraindo, haveria a formação do Sol e dos planetas.

Laplace imaginou que, à medida que essa nuvem vai se esfriando, ela tende a diminuir de volume. Quando isso ocorresse, sua velocidade de rotação teria que aumentar. Esse fenômeno é uma consequência de uma lei física, a lei da conservação do momento angular. À medida que a velocidade de rotação fosse aumentando, chegaria um instante no qual a velocidade da parte mais externa da nuvem atingiria um valor tal que essa rotação permitiria que a matéria ficasse em órbita, em torno da região central, e não acompanharia mais a contração do resto da nuvem. Laplace mostrou que essa matéria ficaria acumulada como um anel, em torno da região equatorial da nuvem. Formaria uma estrutura parecida com os anéis de Saturno. Embora essa matéria permanecesse em órbita, o resto da nuvem continuaria a se contrair, e novamente a velocidade da parte externa da nuvem se tornaria suficiente para que a matéria mais externa ficasse em órbita, e assim por diante. Desse modo, à medida que a nuvem fosse lentamente se contraindo, haveria a contínua produção de faixas de matéria

abandonadas ao longo do plano do equador da nuvem, criando uma espécie de disco fino, girando em torno da região central.

Laplace imaginou que, após a formação dos anéis, eles se quebrariam, e que surgiriam condensações em vários locais, que iriam atraindo a matéria próxima, formando assim os planetas. A matéria que fosse se concentrando no centro da nuvem, por outro lado, formaria uma estrela.

O próprio Kant já havia proposto uma explicação semelhante a essa, quarenta anos antes. No entanto, suas idéias tiveram pouca divulgação. A proposta de Laplace, por outro lado, teve enorme repercussão.

Herschel e as nebulosas

A hipótese do universo-ilha interessou o astrônomo William Herschel (1738-1822), que começou a tentar obter dados detalhados sobre a Via Láctea e sobre a distribuição de estrelas no céu. Ele assumiu que todas as estrelas eram aproximadamente iguais, e as que nos parecem menos brilhantes deveriam estar proporcionalmente mais afastadas. Assim, comparando as grandezas aparentes das estrelas, seria possível ter uma idéia de suas distâncias relativas à Terra, e construir uma espécie de mapa tridimensional do universo.

A suposição em que Herschel se baseou estava errada, e ele devia saber disso, pois John Michell havia mostrado que as estrelas do grupo das Plêiades, que devem estar todas juntas, possuem brilhos muito diferentes umas das outras. Porém, não havia qualquer outro critério que Herschel pudesse usar para estimar distâncias, e ele empregou esse raciocínio para tentar compreender a distribuição das estrelas no espaço. Apontando o seu telescópio para a região da Via Láctea, ele encontrava milhares de estrelas. Em outras direções do céu, havia um número muito menor. Ele acabou concluindo que as estrelas estão distribuídas formando um conjunto quase plano (cuja forma e cujo tamanho tentou estimar), confirmando a hipótese do universo-ilha.

William Herschel estudou também detalhadamente as nebulosas. Ele e seu filho, John Herschel (1792-1871), foram os principais caçadores de nebulosas de sua época. Utilizando grandes telescópios que eles próprios construíram, o pai descobriu e catalogou mais de 2.500 nebulosas entre 1786 e 1802, e o filho encontrou mais 500 outras, na década de 1820. Não contente em estudar o céu que era visível da Inglaterra, John Herschel fez observações na África do Sul, catalogando mais de 1.700 nebulosas. Seu trabalho culminou com a elaboração de um catálogo descrevendo cerca de 5.000 objetos, o *General Catalogue*, publicado em 1864. Esse trabalho foi continuado por muitos outros astrônomos e em 1888 o astrônomo dinamarquês Johan Ludvig Emil Dreyer (1852 - 1926) publicou o *New General Catalogue* (NGC), registrando 13.000 nebulosas e objetos semelhantes. Essa se tornou a obra de referência utilizada por todos, no período seguinte, e as nebulosas passaram a ser identificadas por seu número no NGC.

Ao contrário de Messier, William Herschel acreditava que provavelmente todas as nebulosas eram conjuntos de estrelas. Utilizando seu grande telescópio, notou que 29 das nebulosas arredondadas de Messier eram realmente grupos de estrelas (que atualmente chamamos de aglomerados globulares de estrelas), mas outras resistiram aos seus esforços. Em 1790 descobriu que uma dessas tinha uma estrela no seu centro, e que o resto da nebulosa à sua volta parecia uma atmosfera gasosa. Isso abalou sua crença anterior, levando-o a uma nova visão cosmológica. As nebulosas seriam de dois tipos. Algumas apenas aparentemente seriam nuvens luminosas, mas na verdade constituídas por conjuntos estelares. Embora estivessem distantes de nós, esses agrupamentos pertenceriam, é claro, ao próprio conjunto de estrelas em que estamos, que forma a Via

Láctea. Por outro lado, haveria nebulosas que seriam de fato nuvens gasosas, relativamente pequenas, e que seriam o estágio inicial de formação de novas estrelas – como indicava a teoria de Laplace. Elas também estariam dentro da Via Láctea, que conteria portanto toda a matéria do universo.

Um ou muitos universos-ilha

Embora a opinião de Herschel tivesse enorme influência, nem todos concordavam com ele. Em meados do século XIX, alguns astrônomos acreditavam que *todas* as nebulosas deviam ser essencialmente semelhantes; como muitas eram constituídas por amontoados de estrelas, todas deviam ser desse tipo – mesmo as que ainda pareciam uma mancha leitosa quando observadas com os mais potentes telescópios da época. Se isso fosse verdade, algumas dessas nebulosas deviam corresponder a sistemas gigantescos de estrelas e talvez estivessem fora da nossa “ilha” – a Via Láctea. Outros astrônomos supunham que poderiam existir nebulosas de vários tipos. Algumas seriam realmente grupos de estrelas bastante distantes, outras seriam nuvens gasosas menores e mais próximas de nós. Era difícil chegar a uma conclusão bem fundamentada. Porém, foram sendo feitas novas descobertas importantes.

Em 1845 o astrônomo irlandês William Parsons, conde de Rosse (1800–1867), concluiu a construção do mais potente telescópio do século XIX, com um espelho refletor de 72 polegadas de diâmetro. Em poucos meses de observações foi possível identificar várias nebulosas contendo estrelas, mas o fato mais interessante encontrado foi a primeira observação de uma nebulosa com estrutura espiralada, parecendo indicar um movimento de rotação. Gradualmente foram descobertas outras nebulosas espirais, que não pareciam ser agrupamentos de estrelas. Elas foram interpretadas como massas gasosas que estavam formando estrelas em seu centro, conforme a teoria nebular de Laplace.

Alguns observadores descreveram alterações de brilho e forma de certas nebulosas. Em 1853, o diretor do Observatório de Kazan, na Rússia, afirmou que a nebulosa de Orion tinha alterado seu formato e luminosidade. Três anos depois, uma nebulosa redonda descoberta pelo astrônomo britânico J. R. Hind começou a ficar mais fraca e difícil de observar, aumentando de brilho depois de alguns anos. Ora, um grande amontoadado de estrelas nunca poderia sofrer mudanças significativas de forma e brilho em um tempo tão curto. Esses relatos de alterações reforçaram a crença de que algumas das nebulosas deviam ser objetos relativamente pequenos e próximos.

Outra descoberta relevante surgiu em 1864, quando o astrônomo britânico William Huggins (1824-1910) conseguiu observar pela primeira vez o espectro luminoso de uma “nebulosa planetária”. Ele esperava encontrar um espectro contínuo, como o do Sol e das estrelas, mas descobriu que era constituído apenas por uma única linha brilhante. Esse tipo de espectro só é produzido por gases, e assim Huggins concluiu que estava diante de um gás luminoso e não de um amontoadado de estrelas.

Havia, no entanto, nebulosas que proporcionavam um espectro luminoso contínuo, como as estrelas. O próprio Huggins havia descoberto que o espectro da nebulosa de Andrômeda era desse tipo, mas acreditou que se tratava de algum gás submetido a condições especiais.

Outro argumento importante surgiu em 1869 quando Richard Anthony Proctor (1837-1888) fez uma análise da distribuição espacial das nebulosas. Ele utilizou o catálogo de 5.000 nebulosas publicado por John Herschel e selecionou todas as que não tinham sido identificadas como sendo formadas por estrelas, que eram cerca de 4.000. Marcou-as em um mapa celeste e observou que havia um relativo vazio de nebulosas na região da Via Láctea. Se as nebulosas não fizessem parte da Via Láctea e fossem

externas a ela, deveriam estar espalhadas ao acaso em todas as direções. Se havia uma correlação entre sua distribuição e a posição da Via Láctea, isso significava que não podiam ser sistemas independentes e deviam estar associadas a ela.

A nebulosa de Andrômeda era uma das maiores conhecidas, e não havia sido decomposta em estrelas pelos mais potentes telescópios, até a década de 1880. Dois novos fatos convenceram a maioria dos astrônomos de que era realmente uma nuvem onde estava se formando uma ou várias estrelas. Primeiramente, foi observada uma estrela nova, que começou a brilhar muito intensamente perto do centro da nebulosa. Seu brilho chegou a ser aproximadamente um décimo do brilho total da nebulosa. Todos imaginaram que isso era uma evidência clara de que o resto da nebulosa não poderia ser um imenso agregado de estrelas, pois uma estrela isolada não poderia ter um brilho tão grande comparado com as outras. Sabemos atualmente que se tratava de uma supernova, cujo brilho equivalia realmente a milhões de estrelas comuns. Na época, no entanto, não se sabia que podiam existir supernovas. O segundo fato foi a obtenção de fotografias dessa nebulosa que pareciam mostrar uma nuvem luminosa girando, acompanhada de outras duas pequenas nuvens, exatamente do modo descrito por Laplace para a formação de uma estrela acompanhada por seus planetas.

Na última década do século XIX havia poucas nebulosas espirais conhecidas. No entanto, como elas pareciam ser nuvens onde estavam se formando novas estrelas, eram objetos de estudo importantes. O astrônomo norte-americano James Edward Keeler (1857-1900) começou a procurar sistematicamente nebulosas com o telescópio do Observatório de Lick, e estimou que o número que poderia ser observado com esse telescópio era cerca de dez vezes maior do que o conhecido até então. Além disso, notou que a maioria das nebulosas que conseguiu estudar mais detalhadamente possuía uma estrutura espiral. Essa descoberta reforçou a idéia de que se tratava de nuvens onde estavam se formando novas estrelas, já que era inconcebível que pudessem existir tantos sistemas imensos de estrelas, equivalentes à Via Láctea.

Ao final do século XIX, a opinião de quase todos os astrônomos é que podia ser abandonada a hipótese de existência de outros sistemas de estrelas equivalentes à Via Láctea, fora dela. Se vivêssemos nessa época e fôssemos astrônomos bem informados, provavelmente também acreditariamos nisso.

Ampliação do universo

Aceitava-se, nessa época, que a Via Láctea devia ter um tamanho imenso. As estimativas variavam entre 20.000 e 100.000 anos-luz de diâmetro. Se as nebulosas fossem equivalentes à Via Láctea, seus movimentos deveriam ser extremamente lentos, exigindo milhões de anos para realizar uma rotação. No entanto, em 1916 o astrônomo Adriaan van Maanen apresentou fotografias que pareciam indicar que a nebulosa M.101 tinha girado de forma apreciável em um intervalo de poucos anos. Pouco depois apareceram evidências semelhantes para outras nebulosas. Isso reforçava a idéia de que deviam ser objetos relativamente pequenos, pertencentes à Via Láctea. As observações de van Maanen estavam erradas, mas isso só foi descoberto vinte anos depois.

Harlow Shapley (1885-1939), estudando os aglomerados globulares de estrelas, procurou localizar o centro da Via Láctea e estabeleceu em 1918 que ela era maior do que se imaginava antes. A distância do sistema solar até esse centro seria de 50.000 anos-luz e isso parecia suficiente para acomodar todas as nebulosas.

Houve nas primeiras décadas do século XX várias tentativas de medir as distâncias a que estão as nebulosas espirais. Em torno de 1920 foram descobertas estrelas “novas” em várias delas. Supondo que elas fossem semelhantes às novas que tinham sido estudadas antes, pertencentes à Via Láctea, foram feitas tentativas de determinar a

distância à qual elas estavam. Novamente, os cálculos indicaram que as nebulosas espirais estavam a alguns milhares de anos-luz de nós e não poderiam estar fora da Via Láctea. Nesse caso, o método utilizado tinha um erro grave. Atualmente distinguimos as estrelas “novas” das “supernovas”, que emitem milhares de vezes mais luz. Aquilo que havia sido encontrado nas nebulosas espirais eram na verdade supernovas, que estavam sendo interpretadas como novas. Isso levava a uma estimativa muito baixa para sua distância.

Poucos anos depois, a situação mudou. Tornou-se possível utilizar um novo critério para estudar as distâncias das nebulosas: as estrelas “cefeídas”. Trata-se de estrelas cuja luminosidade aumenta e diminui regularmente, de forma periódica. Cefeídas que possuem o mesmo período têm mesma massa, tamanho e luminosidade, e estudando-se seus brilhos aparentes podem-se comparar suas distâncias. A relação entre a luminosidade e o período das cefeídas foi descoberta em 1912 por Henrietta Leavitt (1868-1921), estudando centenas de cefeídas localizadas em uma das nuvens de Magalhães. Shapley utilizou os resultados de Henrietta Leavitt para determinar distâncias, no seu estudo da estrutura da Via Láctea.

Em 1922 foi encontrada a primeira cefeída em uma nebulosa espiral. O astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) estudou estrelas desse tipo na nebulosa de Andrômeda e conseguiu determinar, em 1925, que ela não estava a milhares de anos-luz de nós e sim a milhões de anos-luz. O estudo de outras nebulosas confirmou que elas estavam fora da Via Láctea. Shapley foi obrigado a reconhecer que havia se enganado. Logo depois, os dados sobre as supernovas foram reinterpretados e confirmaram as distâncias determinadas através das cefeídas.

As nebulosas espirais estavam portanto fora da Via Láctea e eram sistemas enormes, com bilhões de estrelas. A ilusão de que a matéria do universo terminava “logo ali”, onde eram vistas as estrelas mais fracas, teve que ser abandonada. Todas essas estrelas estão na Via Láctea, que é apenas uma entre muitos universos-ilha. Depois de todas as estrelas que nos cercam, há um espaço vazio, depois muitas e muitas outras galáxias. O universo era muito maior do que se imaginava antes.

O movimento das galáxias

Em 1912 Vesto M. Slipher (1875-1969) mediu pela primeira vez a velocidade de uma nebulosa espiral (a de Andrômeda, M.31), obtendo um valor de centenas de quilômetros por segundo. Essa medida se baseava no estudo do efeito Doppler-Fizeau: o espectro luminoso emitido por um objeto em movimento sofre um desvio para o vermelho, se ele estiver se afastando de nós, ou para o azul, se estiver se aproximando. O deslocamento das raías espectrais permite determinar a velocidade. Nos anos seguintes Slipher mediu as velocidades de outras 40 nebulosas. Algumas delas estavam se aproximando de nós, a maioria estava se afastando.

Em 1929, quando haviam sido estabelecidas as distâncias de algumas dezenas de galáxias, Hubble comparou esses valores com seus movimentos. Encontrou que a velocidade era aproximadamente proporcional à distância. As únicas nebulosas espirais que se aproximavam de nós eram algumas que estavam mais próximas. Para todas as outras, o movimento era de afastamento, chegando a velocidades de até 1.000 km/s para as que haviam sido medidas. Nos anos seguintes, o acúmulo de novos dados, obtidos principalmente por Milton L. Humason (1891-1972), permitiu confirmar a existência dessa proporcionalidade (batizada “lei de Hubble”), incluindo informações sobre galáxias muito mais distantes e com velocidade proporcionalmente maior.

Ao mesmo tempo em que eram realizados esses estudos sobre as galáxias, foram desenvolvidos os primeiros modelos relativísticos do universo em expansão. Embora

Albert Einstein (1879-1955) tivesse inicialmente pensado que o universo era estático, as pesquisas teóricas de Willem de Sitter (1872-1934), Aleksandr Aleksandrovich Friedmann (1888-1925), Georges Lemaître (1894-1966), Arthur Eddington (1882-1944) e outros sugeriram que todo o universo pudesse estar se expandindo (ou contraindo). O próprio Hubble relacionou sua descoberta à teoria de Willem de Sitter. Em pouco tempo, abriu-se um novo campo de pesquisas sobre a origem e evolução do universo, levando a uma visão do mundo em que vivemos completamente diferente da que era aceita no início do século XX.

Henrietta Leavitt

Teria sido impossível obter a nova interpretação sobre a natureza das nebulosas espirais sem o paciente trabalho de Henrietta Swan Leavitt. Quem foi ela? Profissionalmente, foi uma simples técnica do observatório astronômico de Harvard, que se tornou surda já adulta, por causa de uma enfermidade. Embora tivesse realizado estudos universitários, ficou relegada a trabalhos de rotina no departamento fotográfico do observatório, cumprindo as ordens que lhe eram dadas. Em meio a um trabalho maçante de medidas de luminosidade de estrelas, ela descobriu mais de 2.400 estrelas variáveis (cefeídas) e analisou-as cuidadosamente. Seu trabalho foi reconhecido e adotado como padrão internacional, porém ela morreu de câncer em 1921 sem ver a maior aplicação de seu trabalho: a transformação de nossa compreensão sobre o tamanho e a estrutura do universo. Por causa de suas descobertas, o matemático sueco Gösta Mittag-Leffler a indicou para o Prêmio Nobel, em 1925. No entanto, como ela já tinha falecido e esse prêmio só pode ser concedido em vida, a proposta não chegou a ser examinada.

Para conhecer mais

MARTINS, Roberto de Andrade. *O universo: teorias sobre sua origem e evolução*. 5ª edição. São Paulo: Moderna, 1997.

JAKI, Stanley L. *The Milky Way; an elusive road for science*. New York: Science History Publications, 1972.

SMITH, Robert. *The expanding universe. Astronomy's 'great debate' 1900-1931*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.