



SEARA DA CIÊNCIA

CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



As Variáveis (Estrelas) Cefeidas.

As **variáveis cefeidas** são estrelas cujo brilho varia em períodos (de dias para umas e de meses para outras). A primeira observação da variação do brilho de uma estrela foi feita pelo teólogo e astrônomo holandês David Fabricius (1564-1617) ao notar que a estrela na *Constelação da Baleia* (“Cetus”), de segunda magnitude, declinou em brilho regularmente até desaparecer, em outubro de 1596. Em vista disso, deu-lhe o nome de *Mira Ceti* (“a maravilhosa”). Uma nova observação dessa estrela foi realizada, em 1638, pelo astrônomo holandês John Phocylides Holwarda (1618-1651). O período de variação do brilho dessa estrela foi medido pelo astrônomo francês Ismael Bullialdus (Boulliou) (1605-1694), em 1667, que encontrou o valor de 333 dias. É oportuno registrar que, por volta de 1640, esse astrônomo formulou a hipótese de que a força de atração gravitacional variava com o quadrado da distância.

Nova observação sobre a variação do brilho das estrelas foi realizada mais de cem anos depois. Com efeito, em novembro de 1782, o astrônomo amador inglês, de origem holandesa, John Goodricke (1764-1786) notou que o brilho da estrela *Algol*, a β da *constelação de Perseu*, variava por um período de aproximadamente três dias. Note-se que, provavelmente, pela observação da variação de seu brilho, os árabes a tenham chamado de *Algol*, que significa “vampiro”, em árabe. Em 16 de outubro de 1784, Goodricke começou a observar o “eclipse” da estrela δ da *constelação de Cephei*, que passou a representar o protótipo das estrelas variáveis: as **cefeidas**. Dois anos depois, em 1786 (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **76**, p. 48), ele publicou o resultado de suas observações, afirmando: *A estrela marcada como δ por Bayer, próxima da cabeça de Cepheu, mostra variações em sua luminosidade*. O período determinado por ele foi de 5d (dias) e 8h (horas) (valor atual: 5d8h52m27,46s). Observe-se que o astrônomo alemão John Bayer (1572-1625), em 01 de setembro de 1603, publicou o **Uranometria**, um catálogo de estrelas no qual há uma associação delas com as constelações a que pertencem. Assim, *Bételgeuse*, a maior estrela da *Constelação de Órion*, passou a ser denominada de α de *Órion*; a *Rigel* transformou-se em β de *Órion*; e *Belatriz*, a γ de *Órion*. Desse modo, algumas das maiores estrelas observadas na época de Bayer receberam apenas a letra inicial do alfabeto grego, como aconteceu, por exemplo, com a α de *Centauro*. Registre-se que, ainda em 1784, o astrônomo inglês Edward Pigott (1753-1825) observou a variação no brilho da estrela π da *Constelação de Águila* (“Águia”). Registre-se, também, que em 1894, o astrônomo russo Aristarkh Apollonovich Belopolskii (1854-1934) observou deslocamentos nas linhas espectrais da δ de *Cephei*, e concluiu que a sua atmosfera estava variando de tamanho.

Embora a variação do brilho de algumas estrelas tenha sido observada há cerca de 200 anos antes de Goodricke, conforme vimos acima, o seu grande mérito, além, é claro, da própria observação, foi o de apresentar a primeira explicação para esse fenômeno. Para Goodricke, a variação do brilho da δ de *Cephei* se devia ao fato de que sua “companheira invisível” eclipsava a sua luz quando passava entre ela e o Sol. Por causa dessa explicação, Goodricke, que era surdo-mudo e morreu cedo, com 21 anos, recebeu a Medalha Copley da *Royal Society of London*, em 1783.

As **variáveis cefeidas** começaram a ser catalogadas, em 1888, pelo astrônomo norte-americano Seth Carlo Chandler Junior (1846-1913), ocasião em que registrou 225 delas, sendo 160

periódicas. É oportuno notar que Chandler foi o descobridor da variação dos pólos geográficos terrestres, em 1891. Essa variação é hoje conhecida como o **bamboleio de Chandler** (“Chandler wobble”).

Um estudo quantitativo do brilho das **variáveis cefeidas** começou a ser realizado pela astrônoma norte-americana Henrietta Swan Leavitt (1868-1921), depois da descoberta que fez, em 1908, de cerca de 1.777 **variáveis cefeidas**, nas *Nuvens de Magalhães*. Assim, em 1912 (*Annals of Harvard College Observatory* **173**, p. 1), o exame da luminosidade dessas estrelas levou Leavitt à descoberta de que a magnitude aparente das mesmas decrescia linearmente com o aumento do logaritmo de seu período. Em vista dessa descoberta, acreditou que poderia determinar a distância entre as **estrelas cefeidas** comparando os seus brilhos real e aparente. No entanto, quando foi conversar com o astrônomo norte-americano Edward Charles Pickering (1846-1919), que era Diretor do *Harvard College Observatory*, sobre a sua idéia, Pickering, no entanto, dissuadiu-a dizendo que as mulheres que trabalhavam para ele estavam lá apenas para coletar dados e não para interpretá-los. Desse modo, em 1913 (*Astronomische Nachrichten* **196**, p. 201), o astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1966) foi o primeiro a medir a distância entre as **estrelas cefeidas** nas *Nuvens de Magalhães*, utilizando a curva brilho *versus* período preparada por Leavitt. Nesse trabalho, Hertzsprung estimou em 30.000 anos-luz as dimensões da *Pequena Nuvem de Magalhães*. É oportuno destacar que Leavitt descobriu quatro **novas** e mais de 2.400 **estrelas cefeidas**.

Uma nova utilização da curva de luminosidade periódica das **estrelas cefeidas** criadas por Leavitt deveu-se ao astrônomo norte-americano Harlow Shapley (1885-1972). Vejamos como. Em 1901, aos 16 anos de idade, Shapley era repórter criminal do *Daily Sun* de uma pequena cidade do Estado de Kansas. Ao saber que a *Universidade de Missouri*, de seu estado natal, abria uma *Escola de Jornalismo*, matriculou-se nessa Universidade, em 1907. Contudo, como essa Escola não foi aberta naquele ano, ele então estudou astronomia e seu gosto por essa ciência foi intensificado ao ser escolhido assistente do astrônomo norte-americano Frederick Hanley Seares (1873-1964), Diretor do *Laws Observatory*. Depois de defender o Mestrado naquela Universidade, em 1911, Shapley foi realizar o Doutorado na *Universidade de Princeton* com o astrônomo norte-americano Henry Norris Russell (1877-1957), que trabalhava com as **estrelas cefeidas**, também conhecidas como **binárias eclipsantes**, já que, desde os trabalhos de Goodricke, acreditava-se que elas eram estrelas binárias (A-B), e que o eclipse de uma delas (A, por exemplo) decorria da passagem, rumo ao Sol, da “companheira invisível” (B) por A, segundo a explicação dada por Goodricke, conforme dissemos acima.

Em 1913, Shapley completou sua Tese de Doutorado na *Universidade de Princeton*. Contudo, antes de completá-la, esteve no *Harvard College Observatory*, ocasião em que recebeu do astrônomo norte-americano Solon Irving Bailey (1854-1931), que havia estudado as **estrelas eclipsantes** em aglomerados (“clusters”) globulares nos céus meridionais, a sugestão de estudar esse tipo de estrelas, no *Observatório do Monte Wilson*, em Pasadena, na Califórnia. Ainda em Harvard, Shapley também teve contato com o trabalho de Leavitt. Assim, usando essas informações e o resultado das pesquisas que fizera para a sua Tese de Doutorado, Shapley publicou então um trabalho, em 1914 (*Astrophysical Journal* **40**, p. 448), no qual analisou a natureza e a causa da variação da luminosidade das **estrelas cefeidas**. Nesse trabalho, ele deu uma outra interpretação para essas **estrelas eclipsantes**, qual seja, a de que a variação de seu brilho decorre do fato que elas não são estrelas binárias, mas sim, estrelas que pulsam, mudando a sua luminosidade à medida que mudam de tamanho. Registre-se que sua Tese de Doutorado, intitulada **A Study of the Orbits of Eclipsing Binaries**, foi publicada em 1915 (*Princeton University Observatory Contributions* **3**).

Quando Shapley chegou em Pasadena, em 1915, para trabalhar no *Observatório do Monte Wilson*, seu interesse continuou voltado para o cálculo da distância entre as várias camadas que compõem os aglomerados (“clusters”) globulares. Desse modo, entre 1916 e 1921, usando a variabilidade sistemática das estrelas *Lyra RR* (período entre 1 e 12 horas) e a das **cefeidas**, Shapley escreveu uma série de artigos, nos quais estudou as magnitudes e as cores das estrelas

de diversos aglomerados distribuídos no Universo, inclusive de nossa Galáxia, a *Via Láctea*. [Ver a relação desses artigos, em: Owen Gingerich, **Harlow Shapley**, *IN: Charles Coulston Gillispie* (Editor), **Dictionary of Scientific Biography** (Charles Scribner's Sons, 1981.)]

Nos estudos referidos acima, Shapley descobriu que os aglomerados globulares formavam um gigantesco sistema esférico e que não estavam centrados no Sol, mas sim, em uma região distante da *Via Láctea*, na direção da *Constelação de Sagitário*. Em consequência disso, formulou, então, em 1918 (*Astrophysical Journal* **48**, p. 89), a idéia audaciosa de que o Sol não se encontrava no centro da *Via Láctea*, e sim, a uma distância de 50.000 anos-luz. A audácia dessa proposta era a de que ela destronava o Sol como o centro de nossa Galáxia, conforme fora proposto pelo astrônomo holandês Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922) em seu pequeno livro intitulado **Plan of Selected Areas**, publicado em 1906, em Groningen. Nesse livro, Kapteyn apresentou também algumas propriedades estelares (movimento próprio, paralaxe, tipo espectral e velocidade radial) de cerca de 200.000 estrelas, distribuídas em 206 áreas estelares, uniformemente demarcadas no céu e nas declinações de $+90^0$, $+75^0$, $+60^0$, $+45^0$, ... até -90^0 .

Em seu artigo de 1918, Shapley deu números à forma do disco achatado de nossa *Via Láctea*, forma essa proposta pelo astrônomo germano-inglês Sir Friedrich Wilhelm (William) Herschel (1738-1822), em 1784-1785, e que também defendia a hipótese de ser o Sol o centro de nossa Galáxia. Para Shapley, esse disco apresentava um diâmetro equatorial de 300.000 anos-luz e uma espessura de 10.000 anos-luz. Esses números foram retificados por Kapteyn, em 1922 (*Astrophysical Journal* **55**, p. 302), para, respectivamente, 55.000 e 11.000 anos-luz. Observe-se que as dimensões da *Via Láctea* já sido objeto de um grande debate entre Shapley e o astrônomo norte-americano Heber Doust Curtis (1872-1942) em artigos que publicaram, em 1921 (*Bulletin of the National Academy of Science* **2**, pgs. 171; 194). Para mais detalhes sobre esse debate, ver: Malcolm S. Longair, *IN: Twentieth Century Physics, Volume III* (Institute of Physics Publishing and American Institute of Physics Press, 1995). É oportuno destacar que, em 1927, o astrônomo holandês Jan Hendrik Oort (1900-1992) anunciou novos dados para a *Via Láctea*: 100.000 anos luz de diâmetro, 10.000 anos luz de espessura, e 30.000 anos-luz da distância do Sol ao centro dessa nossa Galáxia.

Na conclusão deste verbete, é oportuno fazer um comentário sobre a explicação física das **variáveis cefeidas**. Conforme vimos acima, a primeira explicação sobre essas estrelas foi dada por Goodricke, em 1784/1786: elas eram estrelas binárias, que se eclipsavam pela passagem de uma delas (invisível) através da outra, em sua passagem para o Sol. Somente mais de 100 anos depois, Shapley, em 1914, afirmou que se tratavam de estrelas que pulsavam. Contudo, 35 anos antes, em 1879 (*Wiedmanns Annalen* **8**, p. 172), o físico alemão Georg Dietrich August Ritter (1826-1908) sugeriu que pulsações não radiais, seguidas de variações na temperatura superficial da **estrela eclipsante**, poderiam ser responsáveis pela variação periódica em seu brilho. Em 1890 (*Philosophical Magazine* **29**, 173), o físico inglês John William Strutt (Lord Rayleigh) (1842-1919) estudou a vibração na atmosfera estelar. Por sua vez, o astrofísico suíço Robert Emden (1862-1940) publicou, em 1907, o livro intitulado **Gaskugeln, Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme**, no qual apresentou um modelo de evolução estelar como sendo devido à contração de uma esfera de gás perfeito (ver verbete nesta série). Logo depois, em 1909 (*Astrophysical Journal* **29**, p. 257), o astrofísico norte-americano Forest Ray Moulton (1872-1952) também tratou das contrações estelares. Em 1913 (*The Observatory* **36**, p. 59), o meteorologista inglês Sir David Brunt (1886-1965) apresentou uma discussão sobre as **variáveis cefeidas**.

O estudo sistemático sobre as **variáveis cefeidas** foi desenvolvido pelo astrofísico inglês Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944). Com efeito, em 1917 (*The Observatory* **40**, p. 290) e, em 1918 (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society of London* **79**, p. 177), ele desenvolveu a teoria das pulsações adiabáticas em uma estrela gasosa com uma dada distribuição de densidades, obtendo uma dependência com a densidade similar àquela encontrada pelo astrônomo francês Jean Richer (1630-1696), por volta de 1672, para uma estrela homogênea. Em 1926, Eddington publicou o livro intitulado **The Internal Constitutions of the Stars**, pela *Universidade*

de Cambridge, no qual demonstrou que a origem das estrelas era subatômica, decorrente do aniquilamento entre elétrons e as partículas positivas constituintes do núcleo Rutherfordiano. Em 1932 (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society of London* **92**, p. 471), Eddington propôs que os períodos de pulsação das **variáveis cefeidas** requerem que elas sejam muito mais homogêneas do que as estrelas da seqüência principal do **diagrama de Hertzsprung-Russell** (vide verbete nesta série), daí elas se situarem numa região peculiar chamada **faixa de instabilidade** (“instability strip”) desse diagrama. Em 1941 (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society of London* **101**, p. 182), Eddington formulou uma teoria da variação da luminosidade das **variáveis cefeidas**. Em 1942 (*The Observatory* **64**, p. 231), dois anos antes de morrer, Eddington deu uma nova contribuição ao estudo dessas estrelas pulsantes, ao propor que é a mudança de transparência na atmosfera que causa as pulsações. Assim, a atmosfera da estrela retém o calor e causa a expansão, que por sua vez causa a redução de opacidade permitindo que a luz escape, esfriando a atmosfera e causando o colapso. Por fim, em 1960 (*Astrophysical Journal* **132**, p. 594), o astrônomo norte-americano John Paul Cox (1926-1984) descobriu ser a ionização parcial do gás hélio (He) a fonte da opacidade e, portanto, da pulsação das **variáveis cefeidas**. Para maiores detalhes sobre as **variáveis cefeidas**, ver: Isaac Asimov, **Os Gênios da Humanidade** (Bloch Editores S. A., 1974); J. R. Roy, **L’Astronomie et son Histoire** (Presses de l’Université du Québec, 1982); Carl Sagan, **Cosmos** (Livraria Francisco Alves Editora, 1984); **Combined General Catalogue of Variable Stars**, Edição de dezembro de 2007; C. Oliveira e V. Jatenco-Pereira, **Fundamentos de Astronomia – Capítulo 13** [Observatórios Virtuais – Internet (acesso; 27/05/2008)], e, também no site: <http://astro.if.ufrg.br/estrelas/variaveis/htm> (acesso: 27/05/2008) .



ANTERIOR

SEGUINTE