



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Exoplanetas Circum-estelares e Circum-binários Habitáveis.

Em verbete desta série, tratamos dos **exoplanetas** ou **planetas extra-solares** registrados no *The Extrasolar Planets Encyclopaedia* e que hoje conta com o número total de 1.750 (*Inovação Tecnológica*, 01/03/2014). Naquele verbete, analisamos também os **exoplanetas goldilcksianos** [pertencentes à zona **Goldilocks** (*Menina dos cachinhos de ouro*)] e que são “potencialmente habitáveis”, uma vez que a água pode existir em estado líquido. Neste verbete, examinaremos apenas os **exoplanetas** pertencentes a sistemas estelares binários e que podem ser de dois tipos: 1) **tipo S (exoplaneta circum-estelar)** - planeta que orbita circularmente um dos planetas de um sistema binário, cujos componentes estão muito afastados, com um período orbital em torno do centro de massa do sistema, de uma centena de anos; 2) **tipo P (exoplaneta circum-binário)** - planeta que orbita circularmente o centro de massa de um par estelar e cujos componentes estão muito próximos, com um período orbital em torno daquele centro de massa, de semanas ou mesmo dias. É interessante destacar que, neste **tipo P**, existe uma distância estável mínima entre ele e o referido centro de massa, distância essa que equivale a duas ou três vezes a separação do respectivo par estelar. Durante algum tempo, os astrofísicos argumentavam que esse **tipo P** não teria condições dinâmicas para manter-se em órbita, pois as forças gravitacionais do par estelar tornariam instável sua órbita, fazendo com que, ou ele fosse lançado para o espaço, ou colidiria com uma delas. Contudo, observações recentes mostram que tais planetas não só existem como podem estar em uma zona **Goldilocks**. Para este verbete, usaremos as seguintes referências: [William P. Welsh e Laurance R. Doyle, **Mundos Exóticos em Órbita de Estrelas Binárias** (*Ciência Hoje* **139**, dezembro de 2013); wikipedia.org/ William J. Borucki: *Selection of Publications*; kepler.nasa.gov/Mission/QuickGuide/history].

A observação de um **exoplaneta** é realizada, basicamente, por dois métodos: 1) O **Método do Trânsito** (MT), que resulta da observação da diminuição periódica da luz de uma estrela devido à passagem de um planeta em sua frente; note-se que, em um sistema planeta-estrela, trânsitos ocorrem com um período previsível e, desse modo, poderá ser detectado; 2) O **Método da Lente Gravitacional** (MLG), que decorre do “encurvamento einsteiniano da luz” (vide verbete nesta série) ao passar por um campo gravitacional e, portanto, a luz emitida por uma estrela se torna temporariamente mais brilhante ao passar por um planeta que se encontra em movimento cruzando a linha estrela-Terra. Como o MT já havia sido usado na observação dos planetas de nosso sistema solar, ele passou a ser o principal método de detecção dos **exoplanetas**.

A busca por **exoplanetas** é um dos objetivos da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) por intermédio de seu *Ames Research Center* (ARC). Note-se que este Centro de Pesquisa havia sido fundado em 20 de dezembro de 1939, pelo físico norte-americano Joseph Sweetman Ames (1864-1943), pertencente ao então *National Advisory*

Committee for Aeronautics (NACA) e incorporado pela NASA, em 1958, com o nome de ARC. Em 1962, o físico e cientista espacial norte-americano William J. Borucki (n.1939) (*Medalha Henry Draper*, 2013) começou a trabalhar no *Programa Espacial Apollo* (PEA) que havia sido criado pela NASA, em decorrência do famoso discurso do Presidente dos Estados Unidos da América, o político estadunidense John Fitzgerald Kennedy (1917-1963), em 25 de maio de 1961, no qual lançou o seguinte desafio: ... “antes de a década terminar, enviar homens à Lua e retorná-los a salvo”.

No PEA, Borucki começou a se interessar pelos **exoplanetas tipos: S e P**, usando o MT. Para o **tipo S**, não existia muita dificuldade, pois a segunda estrela não interferia muito na trajetória do planeta. Contudo, na do **tipo P**, a adição de mais uma estrela torna a órbita planetária mais complexa, uma vez que, estando as duas estrelas próximas, elas orbitarão uma à outra mais rapidamente que o planeta orbitará ambas, em consequência das Leis de Kepler (vide verbete nesta série). Nesse caso, se as órbitas e as massas forem conhecidas, os trânsitos poderão ser previstos, mas não serão periódicos. Além disso, o tempo de duração do trânsito dependerá da posição relativa do planeta em relação à estrela que ele está eclipsando e, desse modo, haveria a necessidade de melhorar a sensibilidade dos fotômetros e, para isso, contou com a colaboração do *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Dessa iniciativa, resultaram os seguintes trabalhos de Borucki: 1984 (*Icarus* **58**, p. 121) (com A. L. Summers); em 1985 (*Astrophysical Journal* **291**, p. 852) (com J. D. Scargle e H. S. Hudson); em 1987 (*Second Workshop on Improvements to Photometry*. Gaithersburg, MD. Oct. 5 & 6) (com L. E. Allen, S. W. Taylor, E. B. Torbet, A. R. Schaefer e J. Fowler), (*Proceedings of the International Astronomical Union Colloquium* **99**, June) (com Allen, Taylor, A. T. Young e Schaefer) e (*Nature* **328**, p. 509) (com C. P. McKay); em 1988 (*Proceedings of the Fiber Optics in Astronomy Conference*, Tucson, AZ, April 11-14); e, em 1991 [*Publications of the Astronomical Society of the Pacific (PASP)* **103** p. 221] (com S. L. Baliunas, L. Boyd, R. Donahue, D. H. Epan, R. Genet, D. S. Hall, G. Henry, G. Lockwood, D. Pyper Smith e A. T. Young).

Em 1992, a NASA HQ (*Headquarters*), em Washington DC, propôs nova linha de missões espaciais objetivando encontrar **exoplanetas** com dimensões terrestres, usando o MT. Desse modo, foi proposta a **Missão** [*Frequency of Earth-Size Inner Planets (FRESIP)*], que organizaria vários *Workshops*, envolvendo vários cientistas espaciais, sendo Borucki um deles. Porém, como os detectores então existentes tinham pouca sensibilidade para detectar aqueles tipos de planetas, a proposta foi rejeitada, muito embora Borucki e outros cientistas espaciais, principalmente do *Search for Extraterrestrial Intelligence Institute* (SETI) [criado em 1984, pelos astrônomos norte-americanos Frank Donald Drake (n.1930) e Carl Edward Sagan (1934-1996), em Mountain View (CA), em decorrência de um artigo publicado, em 1959 (*Nature* **184**, p. 844), pelos físicos, o italiano Giuseppe Cocconi (1914-2008) e o norte-americano Philip Morrison (1915-2005), no qual propuseram o uso de microondas para a comunicação com extraterrestres (ET)] e, continuassem a desenvolver projetos com aquele objetivo. Assim, Borucki continuou a trabalhar em novas técnicas de detecção de planetas e as apresentou em 1992 (*Astronomical Society of Pacific Conferences Series* **34**) (com R. M. Genet) e (*First International Conference on Planetary Systems: Formation, Evolution and Detection*, Pasadena, CA) (com David G. Koch); e, em 1993 (*Proceedings of the Bioastronomy Conference*, Santa Cruz, CA), em dois trabalhos independentes: um com J. F. Bell III e o outro com Koch.

Em 1994, a NASA criou o *Discovery-Class Mission* composto de uma série de *Missões (Programas)* com o objetivo principal de conduzir uma série de frequentes experimentos científicos de baixo custo, para a pesquisa espacial. Então, com o objetivo de melhorar a detecção de trânsitos de **exoplanetas tipo-Terra** (exp-T), em 1995 [*Publications of the Astronomical Society of the Pacific (PASP)* **107**, p. 1094], Borucki, Edward W. Dunham, C. H. Ford, A. F. Granados, L. B. Robinson e M. Z. Wei desenvolveram **detectores CCD** [segundo vimos em verbete desta série, os CCD (**Charge-Coupled Device**) (*Dispositivo de Carga-Emparelhada*) foram inventados, em 1970 (*Bell Systems Technical Journal, Briefs* **49**, p. 587), pelos físicos norte-americanos Willard Sterling Boyle (n.1924; PNF, 2009) (nascido no Canadá) e George Elwood Smith (n.1930; PNF, 2009)] que apresentavam baixo ruído (*low noise*), condição necessária para a observação dos exp-T. Esses detectores foram testados por Borucki e sua equipe no *Lick Observatory*, da *Universidade da Califórnia*, ocasião em que Borucki projetou um tipo de **telescópio com base terrestre** (*grounded-based*), com a tarefa específica de encontrar **exoplanetas circum-binários habitáveis (P-h)**.

A descoberta, em 1995 (*Nature* **378**, p. 355), de um **exoplaneta** na *Constelação Pégaso*, pelos astrônomos suíços Michel G. E. Mayor (n.1942) e Didier Queloz (n.1966), do *Observatório de Haute-Provence*, da *Universidade de Genebra*, usando a técnica da variação da velocidade radial (VR) (componente da velocidade estelar ao longo da linha de visada: Terra-Estrela), estimulou a NASA, por intermédio da FRESIP [agora com o nome de *Kepler Mission* (KM)], a buscar os **P-h**. Assim, Borucki e sua equipe continuaram suas observações espaciais e cujos resultados foram apresentados por Borucki: em 1996 (*Astrophysics and Space Science* **241**, p. 111) (com William D. Cochran, D. K. Cullers, Dunham, Granados, Jon M. Jenkins, Koch e J. D. Rose), (*Journal of Geophysical Research: Planets* **101**, p. 9297) (com Cullers, Dunham, Koch, T. Miers, H. Reitsema e L. D. Webster) e (*Icarus* **123**, p. 336) (com D. Jebens, H. Lakkaraju, McKay e C. Vanajakshi); em 1997 (*Astronomical Society of Pacific Conferences Series* **119**, p. 153) (com Dunham, Koch e Jenkins); em 1999 (*Proceedings of the NStars Workshop*, NASA Ames, June) (com Douglas A. Caldwell, Koch, Jenkins e Z. Ninkov).

Em 1999, o **telescópio com base terrestre** projetado por Borucki foi construído e testado, com os resultados apresentados por Borucki, em 2000 (*SPIE Conference* **4013**, UV, *Optical and IR Space Telescopes and Instruments*, München, Germany, March) (com Dunham, Jenkins, Koch, Webster e Fred Witteborn; e com Dunham, Jenkins, Steven P. Jordan, Mark A. Skinner, Todd F. Updike e Fred Witteborn); em 2001 [*Publications of the Astronomical Society of the Pacific (PASP)* **113**, p. 439] (com D. A. Caldwell, Jenkins, Koch, Ninkov, R. Showen e Webster), (*Proceedings of the First Eddington Workshop: Stellar Structure and Habitable Planet Finding, Cordoba*, 11-15 June) (com Natalie M. Batalha, Gibor S. Basri, Jenkins e Koch) e [*Bulletin of the American Astronomical Society (BAAS)* **33**, p. 914] (com Koch e Jenkins; e com D. A. Caldwell, Koch e Jenkins); em 2002 (*Reports on Progress in Physics* **65**, p. 955) (com A. Bar-Nun, S. J. Desch e C. T. Russell), (*Astrophysical Journal* **564**, p. 495) (com D. A. Caldwell e Jenkins) e (*Proceedings of the SPIE* **4495**, p. 182) (com Jenkins, Jordan, Quinn P. Remund e Updike); em 2003 (*Proceedings of the Second Eddington Workshop: Stellar Structure and Habitable Planet Finding*, Palermo, Itália 9-11 April) (com A. Boss, Dunham, A. Dupree, John C. Geary, Ronald L. Gilliland, Steve B. Howell, Jenkins, Koch, Yogi Kondo, David W. Latham, Jack J. Lissauer e Reitsema), (*Astronomical Society of Pacific Conference Series* **294**) (com Basri, D. A. Caldwell, John F. Caldwell, Cochran, Edna DeVore, Dunham, Geary, Gilliland, A. Gould, Jenkins, Koch, Kondo, Latham e Lissauer), (*Proceedings of the Toward*

Other Earths: DARWIN/TPF and the Searches for Extrasolar Terrestrial Planets, Heidelberg, Germany 22-25 April) (com Basri, T. Brown, D. A. Caldwell, DeVore, Dunham, Thomas N. Gautier III, Geary, Gilliland, Gould, S. Howell e Jenkins) e (*Proceedings of the SPIE* **4854**, p. 129) (com Basri, D. A. Caldwell, J. F. Caldwell, Cochran, Dunham, Geary, Gilliland, Jenkins, Koch, Kondo, Latham e Lissauer); e, em 2008 (IAU Symposium - *Kepler: Search of Earth-size Planets in the Habitable Zone*) (com Batalha, D. A. Caldwell, J. Christensen-Dalsgaard, Cochran, Dunham, T. N. Gautier, Geary, Gilliland, Jenkins, H. Kjeldsen, Koch, Lissauer e J. Rowe).

A *Missão Kepler* [*Kepler Science Team* (KST)], que havia sido selecionada pela NASA como a *Discovery-Class Mission 10*, em dezembro de 2001, e ainda sob a coordenação de Borucki, passou a possuir seu próprio telescópio espacial tipo boruckiano, o **Telescópio Kepler**, em 07 de março de 2009, quando a NASA o enviou, usando o *Foguete Delta II*, de sua base espacial localizada em Cabo Canaveral, na Flórida. Sua órbita é do tipo solar: altura de 1 UA [Unidade Astronômica (distância Terra-Sol): $149,6 \cdot 10^6$ km = $1,58 \cdot 10^{-5}$ anos-luz (a.l.)] ($1 \text{ a.l.} \approx 10^{13}$ km) e velocidade: 5,8982 km/s, e seu objetivo, como já foi registrado, é o de encontrar os **exoplanetas circum-binário P**, com ênfase nos **P-h**, usando o MT. Até dezembro de 2013 (Welsh e Doyle, op. cit.; wikipedia.org/Circumbinary_planet), o KST, descobriu sete (7) desses planetas tipo **P**, sendo dois (2) deles do tipo **P-h**. O primeiro deles foi o **Kepler 16-b**, apresentando as seguintes características: massa = $(0,333 \text{ } 0,016)$ M_J (massa do planeta Júpiter: $1,898 \cdot 10^{27}$ kg); semi-eixo maior = $(0,7048 \text{ } 0,0011)$ UA; período = $(0,6266 \text{ } 0,0001)$ anos; localização: constelação de *Cisne*; e distância da Terra: 200 a.l., e anunciado em 16 de setembro de 2011 (*Science* **333**, p. 1602) (com Batalha, Perry Berlind, Borucki, Alan P. Boss, Warren R. Brown, Lars A. Buchhave, Derek Buzas, D. A. Caldwell, Michael L. Calkins, Joshua A. Carter, Cochran, Doyle, Dunham, Gilbert A. Esquerdo, Daniel C. Fabrycky, Michael N. Fanelli, Eric B. Ford, Jonathan J. Fortney, Debra Fischer, Gabor Furesz, Geary, Michael R. Hass, Jennifer R. Hall, Matthew J. Holman, Howell, Jenkins, Koch, Latham, Lissauer, Geoffrey W. Marcy, Christopher K. Middelour, Sean McCauliff, Jerome A. Orosz, Andrej Prsa, Samuel N. Quinn, Elisa V. Quintana, Darin Ragozzine, Michael Rucker, Simitar Sasselov, Donald R. Short, Avi Shporer, Robert W. Slawson, Robert P. Stefanik, Jason H. Steffen, Martin Still, Sumin Tang, Guillermo Torres, Welsh, e Joshua N. Winn). É interessante registrar que o **Kepler 16-b** recebeu o apelido de “Tatooine” da série cinematográfica *Star Wars*, “por sua icônica imagem de um pôr de sol duplo” (Welsh e Doyle, op. cit.).

Em 2012, mais cinco **Kepler** foram descobertos: o **Kepler 34-b** e **Kepler 35-b**, com as respectivas características: massa = $[(0,220 \text{ } 0,0011)$ e $(0,127 \text{ } 0,02)] M_J$; semi-eixo maior = $[(1,0896 \text{ } 0,0009)$ e $(0,603 \text{ } 0,001)]$ UA; período = $[(0,7908 \text{ } 0,0002)$ e $(0,3600 \text{ } 0,1)]$ anos, localização: constelação de *Cisne*; e distância da Terra: (4.900 e 5.365) a.l., e anunciado em 26 de janeiro de 2012 (*Nature* **481**, p. 475) (com Thomas Barclay, Batalha, Steve Bloemen, Borucki, Eric Brugamyer, Buchhave, Caroline Caldwell, D. A. Caldwell, Carter, Jessie L. Christiansen, David R. Ciardi, Cochran, Doyle, Michael Endl, Fabrycky, Ford, Fortney, Gautier III, Gilliland, Hass, Hall, Holman, Andrew W. Howard, Howell, Howard Isaacson, Jenkins, Todd C. Klaus, Koch, Latham, Jie Li, Lissauer, Marcy, Tsevi Mazeh, Orosz, Prsa, Quinn, Quintana, Ragozzine, Paul Robertson, Short, Shporer, Steffen, Torres, Welsh, Winn e Gur Windmiller); o **Kepler 38-b**, com as características: massa = $0,38 M_J$ (tamanho do planeta Netuno); semi-eixo maior = $(0,4644 \text{ } 0,0082)$ UA; período = 0,289 anos, localização:

constelação *Lira*; e distância da Terra: 1.957 a.l., publicado no *The Astrophysical Journal* **758**, p. 87, e assinado por (sem a participação de Borucki): Eric Agol, Barclay, Brugamy, Buchhave, D. A. Caldwell, Carter, Bruce C. Clarke, Cochran, Doyle, Endl, Fabrycky, Ford, Geary, Nader Haghighipour, Holman, Khadeejah A. Ibrahim, Jenkins, Karen Kinemuchi, Li, Lissauer, Phillip MacQueen, Orosz, Prsa, Ragozzine, Short, Shporer, Still, Torres, Richard A. Wade, Welsh e Windmiller; e os **Kepler 47-b,c**, que é um sistema **circum-binário** [girando em uma região habitável e em torno de duas estrelas (**tipo P-h**) pertencentes a um sistema de muitas estrelas] e com as respectivas características: massa = desconhecida; semi-eixo maior = [(0,2956 0,0047) e (0,989 0,016)] UA; período = (0,136 e 0,83) anos; localização: constelação de *Cisne*; e distância da Terra: 5.000 a.l., e anunciados em 21 de setembro de 2012 (*Science* **337**, p. 1511), em artigo assinado por: Agol, Barclay, Borucki, Boss, Buchhave, Clarke, Cochran, Doyle, Endl, Fabrycky, Ford, Fortney, Geary, Haghighipour, Holman, Daniel Huber, Isaacson, Jenkins, Kinemuchi, Koch, Ethan Kruse, Lissauer, MacQueen, Marcy, Mazeh, Orosz, Ragozzine, Roberto Sanchis-Ojeda, Sasselov, Short, Shporer, Peter Tenenbaum, Torres, Kamal Uddin, Welsh, Windmiller e Winn.

A descoberta do sétimo **Kepler**, o **Kepler 64-b** (também conhecido como PH1: **Planet Hunter 1**) com as características: massa = (0,11 0,3) M_J; semi-eixo maior = (0,634 0,011) UA; período = 0,379 anos; localização: constelação de *Cisne*; e distância da Terra: 5.000 a.l., foi anunciada por dois grupos de astrônomos: o do KST (sem a participação de Borucki) constituído por Carter, Justin R. Crepp, Fischer, Robert Gagliano, Matthew J. Giguere, Howard, Kian J. Jek, Nathan A. Kaib, William C. Keel, Chris J. Lintott, Stuart Lynn, Michael Parrish, Orosz, Kevin Schawinski, Megan E. Schwamb, Robert J. Simpson, Arfon M. Smith, Dirk Terrell, Torres e Welsh, em 12 de outubro de 2012 (*arXiv: 1210.3612v1 [astro-ph.EP]*) e revisado em 22 de março de 2013 (*arXiv: 1210.3612v2 [astro-ph.EP]*); e, no dia 14 de outubro de 2012 (*arXiv: 1210.3850v1 [astro-ph.EP]*), por uma equipe de astrônomos amadores: Veselin B. Kostov, P. R. McCullough, T. C. Hinse, Z. I. Tsvetanov, G. Hébrard, R. F. Díaz, M. Deleuil e J. A. Valenti. Note-se que o **Kepler 64-b** apresenta uma órbita circular em torno de duas estrelas de um sistema formado de quatro estrelas.

É interessante registrar que, em 18 de abril de 2014 (*Science* **344**, p. 277), uma equipe de pesquisadores da NASA (Elisa V. Quintana, Thomas Barclay, Sean N. Raymond, Jason F. Rowe, Emiline Bolmont, Douglas A. Caldwell, Steve B. Howell, Stephen R. Kane, Daniel Huber, Justin R. Crepp, Jack J. Lissauer, David R. Ciardi, Jeffrey L. Coughlin, Mark E. Everett, Christopher E. Henze, Elliott Horch, Howard Isaacson, Eric B. Ford, Fred C. Adams, Martin Still, Roger C. Hunter, Billy Quarles e Franck Selsis) anunciou que a **Missão Kepler** encontrou um planeta orbitando a estrela **Kepler-186** que é uma anã-vermelha com cerca da metade do diâmetro do Sol e localizada a 500 anos-luz da Terra. Esse novo planeta (o sexto dessa estrela a partir dela), batizado como **Kepler-186 f** é 10% maior do que a Terra, tem um “ano” de 130 dias, e se encontra em uma região com condições de manter uma temperatura adequada para permitir água líquida em sua superfície e, portanto, potencialmente habitável.

Concluindo este verbete, é interessante relacioná-lo com um conto ficcional (**A Física no Século 23**, *IN*: www.bassalo.com.br/contosficcionais) que escrevi, em 21 de novembro de 2010, no qual o bio-galáctico-físico terrestre *Ganewein* (*Galileu/Newton/Einstein*), no Século 23, vai até um planeta **circum-binário**, o **Celcobas** (*Célia/Coelho/Bassalo*) [descoberto no dia 06 de junho de 2139, pelo galáctico-astrônomo

Hersadamlever (Friedrich e Lucretia Herschel, Walter Sydney Adams, Urbain Jean Joseph Le Verrier)], que orbita em torno do centro de massa do sistema **Sirius A-Sirius B**. Este sistema (distante da Terra de 8,611 a.l.), que pertence à Mitologia do povo *dogon*, da República de Mali, na antiga África Equatorial Francesa (também o antigo Egito), foi descoberto pelo astrônomo alemão Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846), em 1844 (*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **6**, p. 136). A **Sirius B** foi descoberta pelo astrônomo norte-americano Alvan Graham Clark (1832-1897), em 31 de janeiro de 1862, e seu tamanho determinado pelo astrônomo sírio-norte-americano Walter Sydney Adams (1876-1956), em 1915 (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **27**, p. 236) ([wikipedia/Sirius](https://pt.wikipedia.org/wiki/Sirius)).

A razão principal da ida de *Ganewein* ao planeta **Celcobas** era para discutir, com os exo-bio-galáctico-físicos desse planeta, a Física terrestre. Com efeito, toda a Física desenvolvida no planeta Terra até aquele momento em que *Ganewein* se encontrava na nave **Tsiolbraunjucezsandum** (Konstantin Tsiolkovsky, Wernher von Braun, Julio Cezar Ribeiro de Souza, Alberto Santos Dumont) [lançada, em 16 de agosto de 2225, da base **Kepjverwelclark** (Kepler, Júlio Verne, H. G. Wells, Arthur Clarke), localizada em Salinas, no litoral nordeste paraense], baseava-se na interação entre dois corpos, uma tradição atávica que vinha da Lei de Gravitação proposta pelo físico inglês Sir Isaac Newton (1642-1727), em 1687, em seu famoso livro **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica** (“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”). Apesar de muitos físicos e matemáticos terrestres tentarem resolver, na forma fechada e sem usar métodos perturbativos, o famoso “problema de três corpos”, que começou com o matemático e astrônomo francês Pierre Simon, Marquês de Laplace (1749-1827), no Século 18, sua solução tornou-se impossível. Essa impossibilidade (na qual acredito) decorre da estrutura mental dos terrestres ser influenciada pela presença de apenas uma estrela, o Sol, o atraindo. Certamente, acreditava *Ganewein*, o “Newton” de um planeta que girasse em torno de dois sóis, já teria proposto a “sua lei de Gravitação” com o “problema de três corpos” resolvido e, desse modo, mudado a estrutura de pensamento de **extraterrestres circum-binários**. Observe-se que, como vimos acima, os **exoplanetas circum-binários habitáveis (P-h)**, **Kepler 47 b-c**, só foram descobertos em setembro de 2012, e se encontram a uma distância da Terra de 5.000 a.l..



ANTERIOR

SEGUINTE