

OCULTAÇÕES ASTRONÔMICAS

Breno Loureiro Giacchini
bgiacchini@yahoo.com.br

Resumo

Chamamos de ocultação ao fenômeno de desaparecimento temporário de um astro devido à passagem de outro com maior diâmetro aparente à sua frente. As ocultações, considerando os seus mais diversos tipos, são poderosas ferramentas para o estudo da Lua, dos planetas, dos asteróides e de corpos distantes no Sistema Solar - como objetos trans-netunianos -; além de suas utilidades na astrometria. Este trabalho tem como objetivo apresentar os tipos mais comuns de ocultações astronômicas. Objetivamos, também, por meio de uma retrospectiva histórica, mostrar a importância de se registrar esses fenômenos e discutir como a utilidade dessas observações varia com o passar dos anos. Os tipos de ocultações contemplados são as de estrelas e planetas pela Lua e as de estrelas por asteróides, planetas e objetos trans-netunianos. Ocultações de estrelas pela Lua são capazes de fornecer importantes dados acerca da estrela a ser ocultada - posição, diâmetro angular, descoberta e estudo de sistemas duplos ou múltiplos -; bem como da Lua - determinação da posição lunar, estudo do seu relevo. Já as ocultações de estrelas por asteróides, além de nos fornecer a posição precisa do asteróide, são importantes formas de se descobrir a duplicidade tanto da estrela quanto do asteróide. Por meio de seu devido registro é possível, também, se determinar a forma e o tamanho do asteróide. Associando os dados obtidos da observação da ocultação com um estudo fotométrico do asteróide, é possível determinar seu albedo e sua densidade. Ocultações de estrelas por planetas permitem estudos da atmosfera deste e, no caso de objetos trans-netunianos, medir o seu diâmetro e detectar, eventualmente, a presença de atmosfera.

Introdução

Em astronomia fala-se de três fenômenos semelhantes que ocorrem devido ao alinhamento de dois astros. São esses fenômenos os trânsitos, os eclipses e as ocultações. Os trânsitos ocorrem, de modo geral, quando um astro de diâmetro aparente inferior passa na frente de outro aparentemente maior. São exemplos desses fenômenos as passagens de Mercúrio e Vênus diante do Sol e os trânsitos das sombras dos satélites de Júpiter sobre o disco deste planeta.

Por eclipse, geralmente se denota o fenômeno no qual um astro deixa de ser visível, temporariamente, ou pela passagem de outro à sua frente ou pelo bloqueio da fonte de luz que o ilumina. Do primeiro caso, temos como exemplo os eclipses solares, enquanto que os eclipses lunares ocorrem da segunda maneira. Também é possível ver eclipses dos satélites de Júpiter - quando um deles entra na sombra deste planeta.

Mas, quando da ocorrência de um eclipse do primeiro tipo e, caso o astro que deixa de ser visível tenha diâmetro aparente menor que o que lhe passa à frente, é mais comum utilizarmos o termo “ocultação”, ao invés de “eclipse”. Reservamos, neste caso, o termo “eclipse” para os fenômenos nos quais os dois astros têm diâmetro angular semelhantes.

Posto isso, podemos definir uma ocultação como sendo o fenômeno de desaparecimento temporário de um astro devido à passagem de outro, com maior

diâmetro aparente, à sua frente.

São vários os tipos de ocultações que podem ocorrer. As mais corriqueiras são as ocultações de estrelas pela Lua: quando a Lua, durante seu movimento orbital, “passa na frente” de alguma estrela. Mais raras, mas conhecidas pela beleza da observação, são as ocultações de planetas pela Lua. Mas não é só o disco lunar que é capaz de provocar ocultações: eventualmente asteróides e planetas ocultam estrelas e a observação desses fenômenos pode resultar em importantes descobertas. É sobre esses tipos de ocultação que trataremos neste artigo. Deve-se ter em vista, entretanto, que existem ainda outros tipos de ocultações, como as que envolvem os satélites de Júpiter, Saturno e Urano.

Ocultações lunares

As primeiras ocultações observadas foram as ocasionadas pela Lua. Um dos registros mais antigos do qual temos notícia está citado no livro *Almagesto*, do Ptolomeu, quando ele menciona a observação de uma ocultação de Marte pela Lua ocorrida no ano 375a.C. Já a primeira observação de ocultação de estrela pela Lua que se tem conhecimento é datada de 345 (da Era Cristã) e envolve o aglomerado das Plêiades. Há, também, um interessante registro de uma ocultação de Aldebaran, ocorrida no ano 640 e observada no Japão, no qual foi constatado que a Lua estava mais próxima da Terra do que a estrela.

Entretanto, foi apenas na Idade Moderna, após a invenção do telescópio, por Galileu, que os registros de ocultações ficaram mais precisos. A primeira observação telescópica de uma ocultação lunar foi realizada pelo pesquisador italiano no ano de 1610. Mas o primeiro registro que se tem da determinação do horário de ocorrência de uma ocultação foi feito em 1623 pelo astrônomo francês Ismael Bullialdus. Nessa época, isso era feito medindo, no momento da ocultação, a altura de uma estrela com posição bem conhecida. Bullialdus escreve na página 159 do seu livro *Astronomia Philolaica*:

“Anno 1623 Julij die 5 cum Lunae centrum altum esset g. $17\frac{1}{3}$ Parisiis observavi occultationem Spicae Virginis à \mathcal{D} [...] fruit Hora Parisiis ex altitudine Spicae g. $17.7'$. post mediem ix. 30”
(BULLIALDUS¹ apud NEWCOMB, 1878:77).

Há, porém, algumas dúvidas sobre essa observação: no instante citado por Bullialdus, a Lua estaria a uma distância considerável de Spica, o que sugere ter havido algum erro quando da medição da altura da estrela (NEWCOMB, 1878). Não obstante, essa ocultação é tida como sendo a primeira que foi registrada com o horário de ocorrência. É interessante mencionar que Bullialdus teria incentivado o célebre Johannes Hevelius a observar ocultações desta maneira (WHITE, 1992). Nessa mesma época, Pierre Gassendi (Petrus Gassendus) também observou e registrou vários fenômenos desse tipo, conforme consta no seu *Opera*, tomo IV².

Assim, pode-se dizer que foi no século XVII que começaram a ser feitos registros sistematizados de ocultações lunares; e, até o fim do século, cerca de 200 ocultações foram observadas. Esses registros foram inicialmente feitos na Europa, e o

¹ BULLIALDUS, Ismael. *Astronomia Philolaica*. Paris, 1645.

² Para mais detalhes sobre os registros de ocultações de Bullialdus, Gassendi, Hevelius, Cassini e outros observadores do século XVII, indicamos o texto *Researches in the motion of the Moon - part I*, de Simon Newcomb, disponível pelo SAO/NASA Astrophysics Data System em <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1878USNOM..15B...1N/0000682.000.html>.

primeiro feito na América data de abril de 1808, observado em Cuba. O primeiro registro realizado na América do Sul do qual temos conhecimento foi feito em seis de janeiro de 1852, em Santiago, no Chile, pelo astrônomo estadunidense James M. Gilliss. Esta observação é importante pois foi uma das primeiras ocultações rasantes registradas.

Uma ocultação é dita rasante quando ocorre nas proximidades dos pólos da Lua. Como a Lua passa tangenciando a estrela, esta desaparece e reaparece algumas vezes devido ao relevo (montanhas e vales) daquela região do nosso satélite. Chamamos cada um desses desaparecimentos ou reaparecimentos de *eventos*. (As ocultações que não são rasantes - as mais comuns, diga-se de passagem -, são chamadas de totais. Nelas ocorrem apenas dois eventos: a estrela desaparece de um lado do disco lunar e reaparece do outro.)

Gilliss, em 1852 no Chile, observou quatro eventos envolvendo a estrela η Geminorum (ZC 946):

Horário (TU)	Fenômeno
04 ^h 24 ^m 40,0 ^s	Desaparecimento
04 ^h 27 ^m 16,4 ^s	Reaparecimento
04 ^h 27 ^m 53,3 ^s	Desaparecimento
04 ^h 28 ^m 45,8 ^s	Reaparecimento

Nesta época, ocultações lunares eram utilizadas para se determinar a longitude, especialmente de locais geograficamente isolados (como desertos, ilhas ou navios em alto-mar). Era esse o objetivo de Gilliss ao observar esta que veio a ser uma ocultação rasante. Também já nessa época se estudava o movimento da Lua a partir da observação de ocultações.

No século XX, o desenvolvimento de relógios mais precisos e de rádios capazes de difundir o sinal horário por todo o mundo, e os avanços na astronáutica contribuíram muito para a evolução da observação de ocultações. Várias mudanças ocorreram rapidamente e, para que melhor se compreenda como tudo isso se sucedeu, é importante ter em mente que

“a observação de uma ocultação é o registro do alinhamento da estrela, do limbo da Lua, e do observador – em um horário específico. Qualquer um desses elementos (ou mesmo mais de um deles) pode ser estudado e melhorado a partir de observações de ocultações – com a atenção sendo dispensada, normalmente, no componente menos conhecido” (DUNHAM et al, 2009).

Desta maneira, à medida que se conhece, com mais precisão, um desses componentes, utiliza-se esse componente para estudar os demais. Isso faz com que o alvo principal de estudos varie de tempos em tempos. Por exemplo, nas primeiras décadas do século XX,

“a questão da rotação irregular da Terra era de grande interesse. O Observatório Real de Greenwich se tornou o ponto central de coleta de observações de ocultações lunares especificamente para

determinar a existência do delta-T” (DUNHAM et al, 2009).

Com a questão do delta-T³ resolvida, as ocultações lunares passaram a ser utilizadas para se determinar a posição da Lua - partindo do pressuposto que se conhecia, com satisfatória precisão, a posição das estrelas ocultadas.

Na década de 1940, o astrônomo Chester B. Watts iniciou o grandioso projeto de mapear o relevo da região do bordo do disco lunar, o que proporcionaria predições de ocultações com maior precisão, além de estudos mais minuciosos. Watts analisou centenas de fotografias do limbo lunar em diferentes librações⁴ e, em 1963, publicou um conjunto de 1800 cartas representando quase todos os perfis possíveis do bordo da Lua. Esses mapas são chamados de Cartas de Watts.

Entretanto, existem algumas regiões próximas aos pólos lunares que, devido à uma peculiar geometria envolvendo as posições do Sol, da Terra e da Lua, raramente são iluminadas (e, quando o são, não são visíveis da Terra). Essas regiões são conhecidas como *regiões da terceira lei de Cassini* ou, simplesmente, *regiões de Cassini*. Com relação a estas, as cartas de Watts apresentam várias falhas, já que o estudo foi feito por meio de fotografias.

Ocultações rasantes de estrelas pela Lua permitiam, pois, que se fizessem correções às Cartas de Watts, sobretudo quando ocorriam nas regiões de Cassini. Ainda hoje as ocultações rasantes são a melhor forma de se mapear o relevo das regiões próximas aos pólos da Lua.

Outras conseqüências trazidas pelo trabalho de Watts foi a possibilidade de se criarem programas computacionais capazes de prever ocultações com boa precisão. O não conhecimento da forma do bordo da Lua tornava as previsões muito imprecisas - sobretudo para as rasantes. Por exemplo, a primeira ocultação rasante prevista e observada foi somente em 1959, na Bélgica, por Jean Meeus.

Na década de 1960, com o projeto Apollo, refletores foram instalados na superfície da Lua de sorte que, com equipamentos de raio *laser*, se podia medir a sua posição de forma precisa. Com a melhoria das efemérides lunares e um certo conhecimento do limbo lunar (pelas Cartas de Watts), a posição das estrelas passou a ser a maior incerteza. Assim, ocultações lunares eram observadas para se fazer a astrometria da estrela ocultada.

Nas décadas seguintes, catálogos estelares mais precisos confeccionados com base em observações por satélites, como os catálogos⁵ Hipparcos e Tycho2, reduziram a imprecisão na posição das estrelas. Com isso, a maior incerteza passou a ser o limbo lunar e as ocultações permitiam a feitura de mais correções às Cartas de Watts.

³ Também chamado de ΔT , é a diferença entre o Tempo Dinâmico Terrestre (TDT) e o tempo relacionado à rotação da Terra (o Tempo Universal). O ΔT não é constante e está crescendo de maneira irregular. Entre 1970 e 1990, por exemplo, ele mudou de +40 para +57 segundos.

⁴ As librações são movimentos oscilatórios do globo lunar que fazem com que partes do lado “escuro” da Lua sejam visíveis - o que permite a um observador terrestre observar cerca de 59% da sua superfície, ao longo de um ciclo completo. Devido à esse movimento, a aparência (perfil) do limbo lunar está sempre mudando periodicamente e, para se ter um mapa completo, deve-se efetuar observações durante todo um ciclo de libração.

⁵ O Catálogo Hipparcos (ou HIP) foi elaborado a partir dos dados obtidos pelo satélite europeu homônimo lançado em 1989 com o objetivo de medir com grande precisão a posição e o movimento próprio de 118.000 estrelas. Já o catálogo Tycho2 foi confeccionado a partir de dados do projeto Hipparcos e de outros catálogos. Contém informações sobre as 2,5 milhões estrelas mais brilhantes do céu.

Uma interessante aplicação das Cartas de Watts e das correções feitas com base no registro de ocultações é a previsão e o estudo de pérolas de Baily. Esses fenômenos se consistem em pontos de luz do Sol visíveis por entre montanhas e vales lunares no limbo da Lua durante um eclipse solar. Por meio da observação e análise desses fenômenos, pode-se determinar o diâmetro do Sol com grande precisão - e, com isso, estudar suas possíveis variações (KUBO, 1993; FIALA et al, 1994).

Recentemente, em 2007, foi lançada pela JAXA (Agência Japonesa de Exploração Espacial) a sonda Kaguya (Selene), que portava um altímetro laser com a finalidade de elaborar um mapa topográfico global da Lua de grande precisão. Em 2009 esses dados foram disponibilizados e estudos preliminares sugerem que os perfis de limbo lunar confeccionados a partir do mapa feito pela Kaguya são de precisão superior aos de Watts⁶, sobretudo nas regiões polares da Lua⁷. Com isso surgem novas perspectivas de estudos a partir da observação de ocultações.

Conhecendo com mais precisão o limbo lunar, a maior incerteza passa a ser a posição das estrelas, o que permite que observações de ocultações sejam utilizadas para se detectar e medir erros sistemáticos no sistema de referência do satélite Hipparcos e efetuar correções a posições catalográficas estelares (DUNHAM et al, 2009).

Além disso, ocultações lunares são ótimas formas de se descobrir a duplicidade de estrelas e estudar sistemas duplos já conhecidos, medindo separação, ângulo de posição e magnitude relativa (DUNHAM et al, 2009).

Normalmente, as ocultações de estrelas pela Lua se dão de forma instantânea: como nosso satélite é desprovido de atmosfera, a estrela desaparece (e reaparece) muito rapidamente. No caso de ocultações de estrelas duplas cuja separação entre as componentes é pequena suficiente para que não sejam separadas visualmente, a ocultação se dá gradualmente e em “*steps*” (“passos, etapas”). Isto é, quando a primeira das componentes é ocultada, a estrela sofre uma diminuição de brilho e, somente quando a segunda componente for ocultada, não se verá mais a luz da estrela. Por isso que se diz que a ocultação aconteceu em *etapas*: quando se faz um gráfico do brilho da estrela em função do tempo, há um patamar intermediário entre o brilho total do par e a ausência de luz da estrela (ocultação). Esse patamar se relaciona à componente que ainda não foi ocultada. Vale dizer que, em observações visuais, pode-se não notar a ocorrência dos *steps*, percebendo-se, apenas, que a ocultação ocorreu “aos poucos”, gradualmente - o brilho da estrela foi diminuindo até finalmente se apagar de vez (considerando-se o caso de um desaparecimento, obviamente).

Ocultações envolvendo estrelas com grande diâmetro angular também podem acontecer gradualmente. Neste caso, a determinação da duração desse evento pode possibilitar a medição do tamanho aparente da estrela. Alguns diâmetros angulares estelares foram medidos dessa forma, fazendo uso de equipamentos sofisticados e grandes observatórios (WHITE e FEIERMAN, 1987).

Em muitos desses estudos citados, o astrônomo amador desempenha valiosa

⁶ Algumas comparações feitas por Mitsuru Sôma entre os perfis gerados a partir de informações da sonda Kaguya e dados observacionais (bem como comparações com as Cartas de Watts) podem ser vistos na página <http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~somamt/grazes-kaguya.html> (acessado em 12/10/09).

⁷ Até o momento da redação deste artigo não temos ciência da precisão dos dados da Kaguya nas regiões equatoriais, visto que a órbita da sonda era circumpolar. Espera-se que em alguns meses essas informações sejam divulgadas.

contribuição. Ocultações totais de estrelas pela Lua, por exemplo, requerem apenas um telescópio (ou binóculo), um cronômetro e uma fonte de sinal horário (um telefone, por exemplo) para se fazer registros visuais de boa qualidade. Pode-se utilizar, ainda, equipamentos de vídeo para uma observação mais precisa e capaz de resultar em novas descobertas.

Atualmente, a instituição responsável pela coleta, análise e arquivamento de observações de ocultações é a IOTA - *International Occultation Timing Association*. Os interessados em observar ocultações podem procurar a Seção de Ocultações da REA⁸ (Rede de Astronomia Observacional), que trabalha em parceria com a IOTA.

Até esta parte do artigo nos detivemos, quase que com exclusividade, nas ocultações de estrelas pela Lua, citando, apenas uma vez, uma ocultação de um planeta. Isto se deve ao fato de que, apesar de fenômenos de bonita observação, ocultações de planetas pela Lua não têm, atualmente, grande valor científico.

Como os planetas têm grande diâmetro aparente, seus eventos se dão de forma gradual e é difícil de se determinar com precisão os horários de ocorrência. Num caso como este, há quatro instantes que podem ser determinados: dois na imersão e dois na emersão. O chamado primeiro contato ocorre quando o disco do planeta “toca” o lunar. O segundo contato é o momento que o planeta desaparece por completo atrás da Lua. O terceiro contato marca o início do surgimento do disco do planeta detrás da Lua e, o último, representa o término da emersão, isto é, quando o planeta sai, por completo, detrás do disco lunar. Num caso de ocultação de planeta pela Lua, sugere-se, também, a determinação do horário da ocultação dos satélites do planeta (caso haja). Os satélites são encarados da mesma forma que as estrelas, sendo ocultados instantaneamente. A IOTA também recebe este tipo de observação e seu formulário de reporte possui suporte para esse tipo de ocultação.

Outro tipo ainda menos freqüente de ocultação lunar são as que envolvem asteróides e cometas. Fenômenos desse tipo só são observáveis quando os corpos ocultados estão com magnitude mais baixa, menor que 11, de modo geral, já que o brilho da Lua ofusca os astros na sua proximidade, reduzindo a magnitude limite observável.

Ocultações de estrelas por asteróides e objetos trans-netunianos

O primeiro asteróide descoberto foi o Ceres, em 1801 pelo italiano Giuseppe Piazzi. Em seguida vários outros corpos como esse foram descobertos, sendo que a maioria orbita entre as órbitas de Marte e Júpiter, no Cinturão de Asteróides. Há também algumas famílias fora do cinturão principal, como os Apolo, cujas órbitas cruzam a da Terra. Um outro cinturão de asteróides existe além da órbita de Netuno - o Cinturão de Kuiper. Os objetos pertencentes a essa região são chamados de trans-netunianos.

A previsão de ocultações de estrelas por asteróides depende do conhecimento da órbita e do tamanho do mesmo. A órbita por informar se o asteróide passaria diante de alguma estrela e o horário; e o tamanho para que se saiba qual a largura da faixa de visibilidade e onde o fenômeno seria observado.

A observação de fenômenos como este é uma prática relativamente recente (a primeira ocultação registrada de uma estrela por asteróide foi no ano de 1958, quando astrônomos suecos observaram um fenômeno envolvendo (3) Juno; e, em

⁸ A página na *Internet* da Seção de Ocultações da REA é: www.rea-brasil.org/ocultacoes .

1961, foi observada na Índia uma ocultação com o (2) Pallas). Isto se deve, principalmente, à grande incerteza que se tinha na posição e nas dimensões do asteróide.

Atualmente, com intensos trabalhos na astrometria de asteróides e informações obtidas por sondas espaciais, essas incertezas se reduziram, de modo geral, permitindo previsões mais precisas. Mas mesmo assim, a incerteza da posição da estrela é, normalmente, inferior à do asteróide, o que faz com que as ocultações desse tipo sejam capazes de informar com grande precisão a posição do asteróide e, com isso, gerar melhoria nas suas efemérides.

Além disso, como uma ocultação é a projeção da sombra do asteróide sobre a superfície da Terra, num procedimento semelhante à observação de ocultações rasantes lunares, quando observadores se dispõem em direção perpendicular à trajetória dessa sombra e medem a duração do fenômeno, pode-se descobrir com grande precisão o tamanho do asteróide e a sua forma. Conjugando esses dados com observações fotométricas do asteróide, pode-se descobrir ainda sua densidade, albedo, massa e dimensões.

Há vários exemplos de asteróides que são medidos dessa forma. A Figura I mostra o perfil de (345) Tercidina gerado a partir de observações de uma ocultação em 17/09/2002. Esse fenômeno foi registrado por mais de setenta observadores na Europa e, cada linha no perfil, representa uma cronometragem. O tamanho estimado de Tercidina a partir dessa ocultação foi de 107,6 km x 89,8 km. A Figura II mostra o perfil de (135) Hertha e as linhas se referem aos instantes em que a estrela era visível.

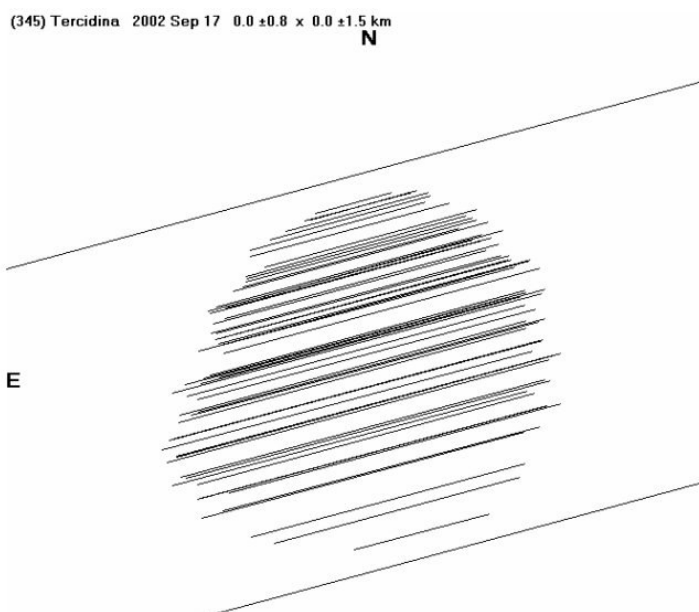


Figura I: Perfil do asteróide (345) Tercidina com base em ocultação da estrela SAO 93785. As linhas representam os instantes em que a estrela não foi visível e os limites norte e sul. FONTE: Chasing the Shadow - The IOTA Occultation Observer's Manual, p. 111.

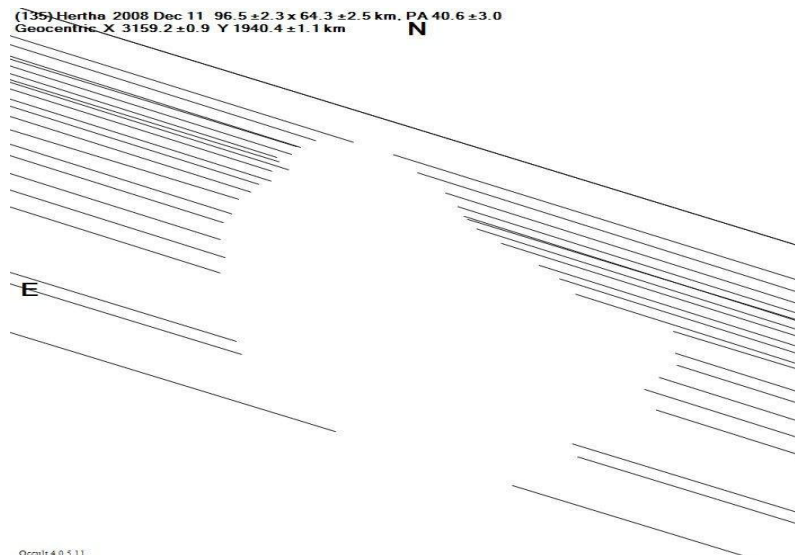


Figura II: Perfil do asteroide (135) Hertha determinado com base em observações de ocultação em 11/12/2008. Imagem gentilmente cedida por Richard Nugent.

A partir da observação de ocultações de estrelas por asteroídes também é possível estudar estrelas e asteroídes duplos e, inclusive, descobrir a duplicidade desses objetos. O primeiro asteroíde a ser confirmado como sendo duplo foi o (243) Ida, com seu satélite Dactyl, em 1994 quando a sonda Galileo o sobrevoou. Contudo, desde a década de 1970 observadores de ocultações já vinham encontrando evidências da existência de asteroídes com satélites (o que foi, por muitos anos, considerado impossível).

O observador Harold Povenmire, em 12/10/1974, se preparou para observar uma ocultação de uma estrela de sexta magnitude pelo asteroíde (129) Antígona e, no horário previsto, registrou uma ocultação de 0,7 segundo. Contudo, estudos posteriores indicaram que a sombra do asteroíde teria passado bem ao sul do observador - o que sugere que a ocultação cronometrada por Povenmire foi devida à um possível satélite de (129) Antígona. Esse pode ter sido o primeiro registro de uma ocultação ocasionada por um satélite de um asteroíde.

Cerca de três anos depois, em março de 1977, durante uma ocultação de γ Ceti pelo asteroíde (6) Hebe, o observador Paul Maley registrou, no Texas (EUA), uma rápida queda de brilho na estrela por 0,5 segundo. Como foram feitos registros de ocultações mais longas por observadores na Cidade do México, a trajetória da sombra do asteroíde não poderia ter passado sobre o Texas. Esta observação veio trazer para mais próximo da realidade a hipótese de que asteroídes poderiam ter satélites. Com efeito,

“desde 1978, breves ocultações secundárias foram reportadas em talvez 15 ou 20 ocultações por asteroídes, mas nenhuma foi confirmada de forma independente como sendo um satélite de asteroíde” (The IOTA Occultation Observer’s Manual, 2007).

Deve-se, entretanto, notar a raridade de ocultações envolvendo satélites de asteroídes: a primeira ocultação observada de um satélite previamente conhecido foi em 2006, causada pelo (22) Kalliope.

As ocultações de estrelas por asteroídes são hoje muito observadas, inclusive

por astrônomos amadores e, as que envolvem estrelas mais brilhantes podem ser feitas visualmente. Num fenômeno como esse, apenas a magnitude da estrela é relevante - a princípio. Mesmo que o observador não veja o asteroide, notará que a estrela diminui de brilho quando ele lhe passa à frente. Para estrelas menos brilhantes ou ao se objetivar uma cronometragem mais precisa, sugere-se o uso de equipamentos de vídeo ou câmeras CCD para se fazer o registro da ocultação.

Outro tipo de ocultação que pode ser encarado como as ocultações de estrelas por asteroides são os fenômenos que ocorrem quando objetos trans-netunianos (TNO's) passam diante de estrelas. Esse é um tipo de ocultação que está sendo pesquisado com muito interesse atualmente, pois não se têm muitas informações sobre esses astros e se acredita que seu estudo possa ajudar a esclarecer os processos de formação do Sistema Solar. Os diâmetros de tais corpos têm grandes imprecisões e há sempre a possibilidade da descoberta de atmosfera e satélites. Normalmente suas efemérides são de baixa precisão, o que faz com que esses fenômenos sejam previstos com pouca antecedência.

Até hoje nenhuma ocultação envolvendo um objeto trans-netuniano foi observada com sucesso⁹. Em dezembro de 2008 foi previsto um fenômeno com o TNO Varuna e faixa de visibilidade passaria pelo Brasil. Os observatórios do Pico dos Dias e CEAMIG-REA observaram a estrela durante o horário previsto, porém nenhuma ocultação foi registrada. Acredita-se que a sombra do Varuna tenha passado mais ao sul, porém a observação no Uruguai foi dificultada dada a baixa altura a estrela com relação ao horizonte. Desta forma, embora não se tenha podido medir o TNO ou detectar uma possível atmosfera, pode-se melhorar as suas efemérides.

Ocultações de estrelas por planetas

As ocultações de estrelas por planetas são fenômenos raros mas cuja observação pode levar a importantes descobertas. Para se obter dados capazes de resultar em descobertas científicas a partir de fenômenos como estes, deve-se utilizar um instrumental bem mais sofisticado que o necessário para se observar as ocultações tratadas anteriormente. Isso restringe a feitura de observações precisas de ocultações de estrelas por planetas, praticamente, aos observatórios profissionais.

Este tipo de ocultação pode resultar em medições do diâmetro do planeta e em estudos do seu sistema de anéis (caso haja) e de sua atmosfera, para citar alguns exemplos. Caso o planeta tenha algum satélite e este também oculte a estrela, várias informações sobre ele podem ser obtidas.

Citaremos, agora, alguns fatos históricos que exemplificam descobertas feitas a partir de observações desse tipo.

Em 1965 foi prevista uma ocultação de uma estrela por Plutão¹⁰, mas nenhum observador registrou ocorrência de ocultação, o que sugeriu que o diâmetro do planeta-anão era menor que o previsto. (Esse é um ótimo exemplo de que, no estudo das ocultações astronômicas, um reporte de uma não-ocultação tem sua importância. Assim como no caso do Varuna, citado anteriormente, em que, mesmo não havendo registros precisos de ocultação, os reportes negativos colaboraram para melhorias nas

⁹ À parte, é claro, as ocultações envolvendo o planeta-anão Plutão, que não deixa de ser um objeto trans-netuniano.

¹⁰ Em 2006 a União Astronômica Internacional reclassificou Plutão como sendo um planeta-anão. Mantivemos esse exemplo nesta seção apenas por conveniência, sem prejuízo para a compreensão do texto.

suas efemérides.) Em anos seguintes ocorreram outras ocultações envolvendo Plutão, que permitiram a medição do objeto e estudos acerca da sua atmosfera (como a sua temperatura e composição química). O diâmetro de Netuno também foi medido quando este ocultou uma estrela em abril de 1968.

Durante uma ocultação da estrela SAO 158687 por Urano em dez de março de 1977, observada pelo Kuiper Airborne Observatory, notou-se que, alguns instantes antes e depois da ocultação, a estrela sofreu variações de brilho. Desta forma foi descoberto o sistema de anéis do planeta. Nos meses seguintes, outras ocultações de estrelas pelos anéis foram registradas, permitindo mais estudos sobre os mesmos. (Essa descoberta nos remete aos relatos do astrônomo William Herschel (1738-1822), descobridor de Urano. Herschel havia observado que quando o planeta passava próximo a algumas estrelas elas pareciam diminuir de brilho. Hoje sabemos que isso, possivelmente, se devia aos anéis.)

Outro sistema de anéis que foi muito estudado com base em ocultações foi o de Saturno, quando este ocultou a estrela 28 Sgr em julho de 1989. Neste mesmo fenômeno, Titan, o maior satélite de Saturno, também ocultou a estrela, o que resultou na descoberta de sua atmosfera.

Considerações finais

Conforme visto, cada tipo de ocultação tem suas particularidades o que possibilita diferentes estudos a partir de suas observações. E, à medida que novas técnicas de observação são desenvolvidas, a principal utilidade das informações obtidas por meio de ocultações é alterada. Quase todos os fenômenos tratados neste artigo podem ser observados - e registrados - por astrônomos amadores com um mínimo de equipamento. Sugerimos que os interessados na observação façam contato com a Seção de Ocultações da REA (www.rea-brasil.org/ocultacoes), que poderá dar mais informações sobre como proceder.

Referências

- DUNHAM, D.; HERALD, D.; SÔMA, M. *Uma reflexão sobre a importância das ocultações lunares no passado e na atualidade*. Tradução de Breno Loureiro Giacchini. Disponível em <<http://www.rea-brasil.org/ocultacoes/not004.pdf>> 2009. Título original: *The Value of Occultation Observations*
- FIALA, A. D.; DUNHAM, D. W.; SOFIA, S. Variation of the solar diameter from solar eclipse observations, 1715-1991. *Solar Physics* 152, p. 97-104, 1994.
- HERALD, D. *Occult 4.6.0.19*. Software disponível em <<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>>.
- KUBO, Y. Position and radius of the Sun determined by solar eclipses in combination with lunar occultations. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 45, no. 6, p. 819-829, 1993.
- MOURÃO, R. R. de F. *Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica - 2ª edição*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- MOURÃO, R. R. de F. *Os eclipses, da superstição à previsão matemática*. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1993.
- NEWCOMB, S. *Appendix II - Researches in the motion of the Moon*. *Astronomical and Meteorological Observations made at the U.S. Naval Observatory*, vol. 15, 1878.

Chasing the Shadow. The IOTA Occultation Observer's Manual: the complete guide to observing lunar, grazing and asteroid occultations. Publicado pela International Occultation Timing Association. NUGENT, R. (ed.). ISBN 978-0-615-29124-6. 2007. Disponível em <http://www.poyntsource.com/IOTAmannual/IOTA_Observers_Manual_all_pages.pdf>

ROBINSON, W.; POVENMIRE, H. *Occultation observer's handbook: an introduction to occultations.* Canaveral Area Graze Observers, 2006.

WHITE, N. M. Stellar Multiplicity Discovery by Lunar Occultations. *Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research, ASP Conference Series*, Vol. 32, IAU Colloquium 135, 1992, H.A. McAlister e W.I. Hartkopf, Eds., p. 486-491.

WHITE, N. M.; FEIERMAN, B. H. A Catalog of Stellar Angular Diameters Measured by Lunar Occultation. *Astronomical Journal* 94, p.751-770, 1987.