

Monitoramento, observação e redução de ocultações estelares

RESUMO

Alexandre Crispim
alexandrecripim@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
Felipe Braga Ribas
fribas@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

OBJETIVO: Selecionar, observar, reduzir e analisar ocultações estelares por pequenos objetos do sistema solar. **MÉTODOS:** Uma vez selecionadas as predições de ocultações estelares, é realizada a observação do evento, calibração das imagens obtidas, análise e o tratamento fotométrico, em seguida são determinados os instantes do evento, para então determinar-se o tamanho e forma do corpo observado. **RESULTADOS:** Apresenta-se o resultado de uma ocultação estelar pelo asteroide (87) Sylvia, com a obtenção de duas cordas para o evento, com as quais foi possível determinar sua forma, observando uma característica irregular para o perfil do mesmo. A fim de auxiliar na análise fotométrica foi desenvolvida uma rotina utilizando a linguagem Python, melhorando o tratamento de erros sistemáticos. **CONCLUSÃO:** Todas as etapas de um evento de ocultação estelar foram abordadas neste trabalho, com o desenvolvimento de uma rotina para a redução dos dados fotométricos, além da obtenção das dimensões do asteroide (87) Sylvia.

PALAVRAS-CHAVE: Ocultação estelar. Fotometria. Linguagem Python.

INTRODUÇÃO

Chamamos de ocultação astronômica o fenômeno da passagem de um astro em frente a outro, com diâmetro aparente maior, quando observada por um dado observador. As ocultações são poderosas ferramentas para o estudo da Lua, dos planetas, dos asteroides e de corpos distantes no Sistema Solar, como os objetos transnetunianos (BRAGA-RIBAS, 2013).

Durante o período da pesquisa dentre as várias ocultações estelares observadas, neste trabalho apresentamos a análise completa de um evento pelo asteroide (87) Sylvia. A ocultação foi detectada de dois locais diferentes em 16 de agosto de 2016. Realizamos então o tratamento dos dados obtidos, análise fotométrica, determinação dos instantes de início e final do evento, e por fim o tamanho e a caracterização da forma do asteroide. Para isto foi desenvolvida uma rotina em linguagem Python que permite o tratamento automático dos dados fotométricos.

1 MÉTODOS

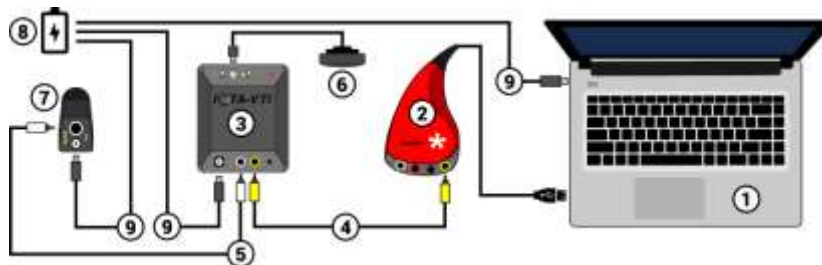
A predição de uma ocultação é o passo inicial para se atingir o objetivo principal do trabalho, medir o tamanho e forma, e deles derivar parâmetros físicos do objeto de estudo. Uma ocultação estelar pelo asteroide (87) Sylvia, no dia 16 de agosto de 2016, estava disponível em www.asteroidoccultation.com. A projeção da sombra do mesmo estava prevista para passar sobre parte da região sul e sudeste brasileiro, a estrela alvo TYC 6817-01360-1, tem sua magnitude na faixa do espectro visível na ordem de 12.3m, ou seja, uma estrela bem brilhante, o que possibilita além de uma melhor qualidade no momento do registro, como a possibilidade de haver muitos observadores, pois até mesmo com telescópios amadores seria possível observá-la. Além disso, sabe-se que esse asteroide possui dois satélites, e uma forma irregular (MARCHIS et al., 2005), o que traz muito interesse em caracterizar esse objeto.

A partir da predição do evento, é feita uma campanha observacional ao longo da região do evento. Os dados tratados no presente trabalho foram obtidos por observadores localizados no Observatório Pico dos Dias (OPD) e na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG), e do Observatório Astronômico Prof. Dr. Leonel Moro (OACEP). No OACEP os autores deste trabalho foram responsáveis pela observação.

Como as ocultações são eventos rápidos, câmeras especiais são utilizadas, com capacidade de detectar objetos muito fracos, em exposições curtas (fração de segundo, até poucos segundos), e que obtenham muitas imagens em sequência (preferencialmente sem intervalo de tempo entre cada imagem). Também fundamental é a utilização de uma fonte segura de horário, como uma antena GPS, a fim de garantir uma padronização entre os diferentes sítios de observação. Na figura 1, é apresentado um esquema básico dos equipamentos usados para aquisição dos dados em uma ocultação.

Após a aquisição, faz-se necessário calibrar as imagens a fim de corrigir erros sistemáticos inerentes aos equipamentos eletrônicos, causados por ruído térmico, resposta dos sensores e problemas óticos.

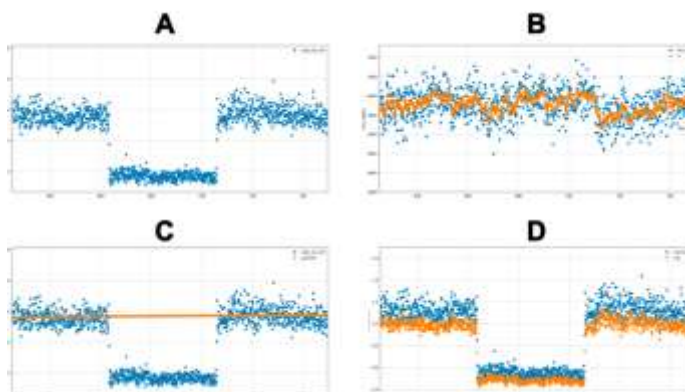
Figura 1 – Configuração básica



1: Notebook, 2: Conversor de vídeo, 3: Inserção de tempo, 4: Cabo RCA/RCA, 5: Cabo RG6/RCA, 6: Antena GPS, 7: Câmera CCD, 8: Alimentação de energia, 9: Fonte de energia.
 Fonte: Autoria própria.

Com as imagens já calibradas, realiza-se a fotometria da sequência de imagens, utilizando a técnica de fotometria diferencial de abertura, obtendo assim o gráfico do fluxo luminoso do objeto alvo pelo tempo, conhecido como curva de luz. Também é medido o fluxo de uma ou mais estrelas de referencia, para retirar efeitos de variação de transparência do céu. Para uma análise mais fina do resultado da fotometria, também foi desenvolvido uma rotina utilizando a linguagem Python, que procura reduzir automaticamente efeitos de alta frequência, e efeitos de variação de transparência do céu das estrelas de referencia. Para isso o software parte da curva de luz da estrela de referencia, e realiza **médias passante** (*smoothness*) de 0 a N pontos. A curva de luz da estrela alvo é dividida por cada uma das N médias passantes da curva de luz da estrela de referencia, e para todas as N razões também é calculado um polinômio de grau x. Em seguida é calculado o **rms** (*root mean square*), utilizando cada polinômio com sua razão, então ao final do processo o programa busca qual média passante resultou no menor rms, o que nos dará a razão do alvo com a média passante com a menor dispersão de dados, que então é normalizado ao nível da estrela alvo fora da ocultação. Na Figura 2 é apresentado um exemplo da uma média passante de 9 pontos, utilizando a curva de luz obtida pelo sitio OPD, para a ocultação do asteroide (87) Sylvia.

Figura 2 – Processo de análise de curva de luz.



A: Razão alvo/referencia, B: Flux da calibradora (azul) e média_passante (laranja), C: Razão alvo/referencia (azul) e polinômio (laranja), D: Comparação entre as razões alvo/referencia e alvo/média_passante normalizados; Fonte: Autoria própria.

Usando o software livre ATOS (AUDELA, 2016) determinou-se os instantes de início e fim do evento. Para isto é ajustado um modelo geométrico de um corpo sem atmosfera ocultando uma estrela pontual, o modelo é convolvido com alguns parâmetros com parâmetros da estrela, padrão de difração, e características da câmera utilizada, obtendo assim o horário para a imersão e emersão do objeto em frente à estrela alvo.

Finalmente, com os instantes determinados, obtém-se o que chamamos de cordas, que é a duração de uma ocultação para um determinado observador, as cordas são uma medida do perfil do objeto que foi projetada na região observada. A partir de duas ou mais cordas, ajusta-se uma elipse como o caso mais geral para descrever o perfil do objeto e determinar as suas dimensões.

2 RESULTADOS

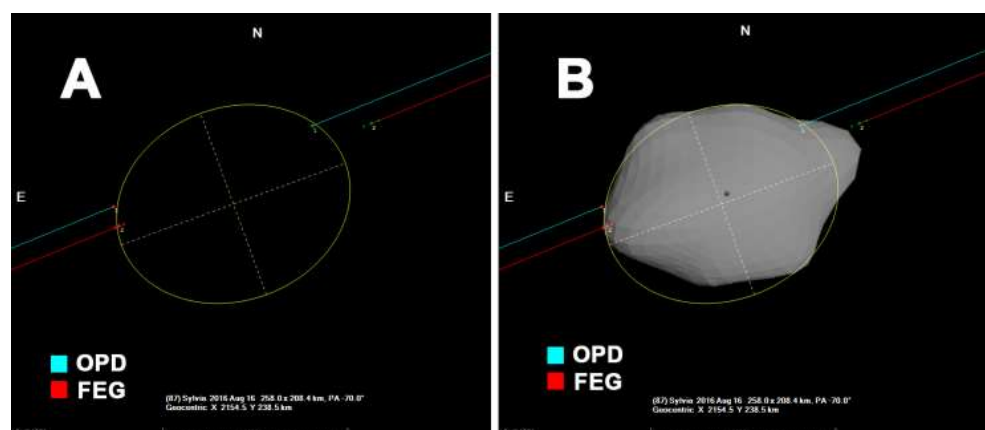
Na ocultação ocorrida em 16 de agosto de 2016, foram detectadas duas cordas para a ocultação pelo asteroide (87) Sylvia. A partir na análise dos instantes para imersão e emersão das curvas de luz, foi possível calcular uma corda de 231.5 ± 0.2 km para o OPD e 294.0 ± 10.8 km para FEG, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Instantes de imersão e emersão

	OPD	FEG
Instante de Imersão (UT)	23:39:39.88 ± 0.02	23:39:37.42 ± 0.98
Instante de Emersão (UT)	23:40:22.44 ± 0.03	23:41:41.43 ± 1.62
Duração (s)	42.56	54.00

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 3 – Cordas de ocultação



A: Cordas obtidas, B: Ajuste de modelo 3D; Fonte: Autoria própria.

3 DISCUSSÃO

Com as duas cordas obtidas, não foi possível ajustar uma elipse para modelar uma forma como um caso mais geral, o que já era esperado, visto que já se sabe por observações anteriores (MARCHIS et al., 2005), que o corpo tem uma forma irregular. Sabendo disso também foi utilizado um modelo produzido a partir de curva de luz de rotação. A partir destas curvas pode-se aplicar um método de inversão de curvas de luz, que permite obter uma representação da forma do asteroide em um modelo de poliedros (M.KAASALAINEN; J.TORPPA, 2001). Esse modelo não fornece as dimensões absolutas do corpo, as quais foram determinadas com as cordas observadas, obtendo assim uma representação da orientação desse corpo no instante da ocultação (Figura 3, quadro B).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante esse trabalho toda a metodologia ligada à observação e análise de uma ocultação estelar foi abordada, inclusive com a obtenção dos parâmetros físicos do asteroide (87) Sylvia. Além do evento descrito aqui, várias outras ocultações estelares foram observadas e a metodologia aqui descrita vem sendo empregada nestes dados.

Monitoring, observation and reduction of stellar occultations

ABSTRACT

OBJECTIVE: To select, observe, reduce and analyze stellar occultations by small objects of the solar system. **METHODS:** Once the predictions of stellar occultations have been selected, the observation is made, and the images are calibrated, the analysis and photometric treatment are performed, then the instants of the event are determined, to derive the size and shape of the observed body. **RESULTS:** The results of a stellar occultation by the asteroid (87) Sylvia are presented, with two chords being obtained, of which it was possible to determine its size, and verify the irregular profile of the object. In order to improve in photometric analysis a routine was developed using the Python language, improving the treatment of systematic errors. **CONCLUSIONS:** All stages of a stellar occultation event were discussed in this work, with the development of a routine for the reduction of photometric data, as well as the size of the asteroid (87) Sylvia.

KEYWORDS: Stellar occultation. Photometry. Python Language.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, patrocinador da pesquisa de iniciação científica apresentada neste trabalho. Aos colaboradores do Observatório Pico dos Dias (OPD), Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG), e ao Colégio Estadual do Paraná por disponibilizarem os observatórios para realizarmos a campanha e os dados obtidos.

REFERÊNCIAS

- BRAGA-RIBAS, Felipe. **EXPLORANDO OS OBJETOS TRANSNETUNIANOS PELO MÉTODO DE OCULTAÇÕES ESTELARES: Predição, Observação, Quaoar e os primeiros resultados**. 2013. 285 f. Tese (Doutorado) - Astronomia / Física, Programa de Pós-graduação em Astronomia, ON/MCTI, Rio de Janeiro, 2013.
- AUDELA. **A.U.D.E. Logiciel d’Astronomie**. Disponível em: <<http://www.audela.org/>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- HERALD, David. **Occultation Prediction Software**. Disponível em: <<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2016.
- MARCHIS, Franck et al. Discovery of the triple asteroidal system 87 Sylvia. **Nature**, [s.l.], v. 436, n. 7052, p.822-824, 11 ago. 2005. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/nature04018>.
- M.KAASALAINEN; J.TORPPA. Optimization Methods for Asteroid Lightcurve Inversion: I. Shape Determination. **Icarus**, Finland, v. 153.1, p.24-36, set. 2001

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

CRISPIM, A.; BRAGA-RIBAS, F. Monitoramento, observação e redução de ocultações estelares. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Alexandre Crispim
Rua Doutor José Giostrri Sobrinho – 264 , Curitiba, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

