



## UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76

Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

### XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020

#### Estudo Fotométrico da Estrela WASP-2A

**Raquel Silva Freitas<sup>1</sup>, Vera Aparecida Fernandes Martin<sup>2</sup>, Paulo César da Rocha Poppe<sup>3</sup>, Elis Cristina Silva Sales<sup>4</sup>, Toni Cordeiro de Almeida<sup>5</sup>, José Henrique Pinto Souza<sup>6</sup> e Matheus do Carmo Carvalho<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/CNPq, Graduanda em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: raquel.uefs7@gmail.com

<sup>2</sup>Orientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br

<sup>3</sup>Coorientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

<sup>4</sup>Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: eliscris.ssales@gmail.com

<sup>5</sup>Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: tonialmeida10@hotmail.com

<sup>6</sup>Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: zehcpsouza@gmail.com

<sup>7</sup>Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: matheuscarvalhofisica@gmail.com

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotometria; Exoplaneta; Tratamento de Dados.

#### INTRODUÇÃO

Um exoplaneta, por definição, é um planeta rochoso ou gasoso que orbita uma estrela que não seja o Sol. Portanto, pertencente a um outro sistema planetário. O exoplaneta estudado neste artigo, WASP-2Ab, orbita a estrela WASP-2A e foi descoberto em 2006 pelo método de trânsito planetário (Daemgen et al. 2009). O exoplaneta é classificado como um planeta Joviano (tipo Júpiter), orbitando muito próximo da sua estrela hospedeira com um período estimado de 2,15 dias. Mais informações podem ser obtidas no link [http://exoplanet.eu/catalog/wasp-2\\_a\\_b/](http://exoplanet.eu/catalog/wasp-2_a_b/).

A detecção de exoplanetas pode ser realizada com telescópios de pequeno porte, com abertura inferior a 1,0m, a exemplo do *Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope* (TRAPPIST, Gillon et al. 2017), que consiste de um telescópio robótico e remoto belga de 60cm, localizado no Chile, cujas operações foram iniciadas em 2010.

O presente trabalho de Iniciação Científica foi realizado no Observatório Astronômico Antares - UEFS durante o período da concessão da bolsa PIBIC/CNPq. Está associado ao projeto de pesquisa em fotometria e espectroscopia de estrelas e galáxias peculiares e possui a perspectiva de iniciar a linha de pesquisa observacional de detecção de exoplanetas com o telescópio CDK20 de 50,8cm, portanto, da mesma classe do telescópio belga descrito acima.

## MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

As observações discutidas neste artigo foram realizadas com o telescópio Meade LX200 GPS no Observatório Astronômico Antares - UEFS, empregando a CCD SBIG ST7-XME e o filtro ExoPlanet-BB. A escolha deste objeto foi feita, principalmente, pela duração do trânsito, 107,9 minutos, e também pela profundidade da curva de luz publicada (0,0216 mag). As observações fotométrias foram iniciadas 30 minutos antes do início previsto para ocorrer o trânsito planetário, e seguiu por mais 30 minutos. As previsões foram obtidas através do link <http://var2.astro.cz/ETD/>. Contudo, é preciso salientar que as observações não foram realizadas em condições fotométricas, havendo, portanto, a presença de cirrus. O seeing foi estimado em 1,9.

Uma vez alinhado com o software residente “AutoStar Suite”, o telescópio Meade LX200 GPS foi apontado para o campo observacional da estrela WASP2-A e foram coletados 73 imagens com o tempo individual de integração de 120 segundos ( $S/N \approx 100$ ). A magnitude aparente da estrela é de 11,98 banda V. Todas as imagens foram corrigidas das calibrações necessárias (bias, dark e flat-field), necessárias para a redução inicial com os pacotes do IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). O processo de retirada de raios cósmicos foi realizada com o pacote L.A.Cosmic (Laplacian Cosmic Ray Identification), desenvolvido por Pieter G. van Dokkum (van Dokkum 2001). A análise fotométrica feita com o pacote MaxIm DL, onde existe uma rotina própria e bastante amigável para o emprego da técnica de Fotometria Diferencial (Boyd 2007). Basicamente, o software marca as estrelas escolhidas em todas as imagens (variável/exoplaneta, referência e as de verificação). O usuário também define os tamanhos dos raios de abertura (que incluirá todo o fluxo das estrelas) e os anéis interno e externo para a estimativa do céu que deverá ser subtraído ao longo do processo. Um exemplo é ilustrado na Figura 1.

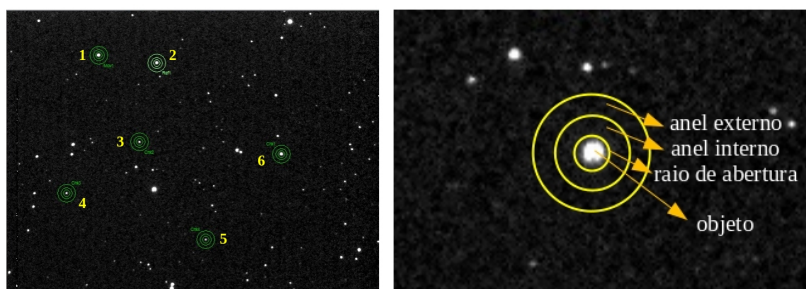


Figure 1: Esquerda: Seleção das estrelas no campo estudado. (1) exoplaneta WASP-2A, (2) estrela de referência Tycho 522-78-1 (11,92 mag em V) e (3-6) estrelas de verificação. Direita: Abertura fotométrica. Os diferentes raios são ajustados individualmente pelo usuário no MaxIm DL.

## RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Com o procedimento acima realizado, o programa automaticamente calcula o fluxo em cada abertura, subtrai o céu e fornece o gráfico com as curva de luz correspondentes aos objetos escolhidos: exoplaneta (em preto) e as demais estrelas de referência e de verificação (Figura 2, esquerda). As imagens que foram prejudicadas devido as condições climáticas (cirrus) ou instrumentais (acompanhamento e/ou guiagem), foram previamente eliminadas durante a inspeção visual. A estrela de referência presente no campo é a Tycho 522-78-1 (em vermelho), com

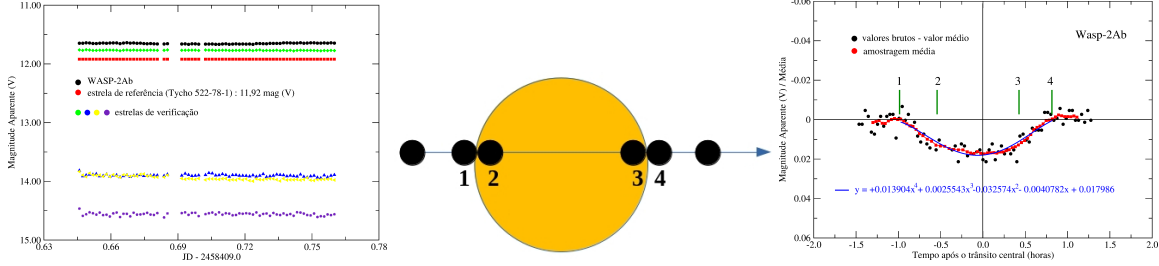


Figure 2: Esquerda: Curvas de luz associadas as estrelas presentes na Figura 1a. As ausências nas curvas são observações com problemas que foram removidas previamente. No eixo x, JD significa “Julian Date” (Data Juliana). Centro: Passagem do exoplaneta no disco estelar - fora de escala. Direita: As posições de 1 a 4 representam os contatos que caracterizam o começo e o fim do trânsito planetário. Gráfico da magnitude aparente versus o tempo após o transito central (horas). A linha azul mostra a função polinomial de quarta ordem ajustada aos dados da média.

magnitude aparente de 11,92 na banda V, muito próxima, portanto, da magnitude da estrela WASP-2A (11,98 V). Nota-se que as quatro estrelas de verificação possuem brilho praticamente constante, não indicando qualquer variabilidade durante o período do trânsito observado.

De acordo com a Figura 2 (centro), as posições 1 - 4 representam os contatos do começo e do fim de um trânsito planetário. Ao passar na frente de sua estrela hospedeira, um exoplaneta causa uma diminuição do brilho desta e a mesma pode ser materializada na Figura 2 (direita), na qual ilustra esta situação para os nossos dados (barras verdes numeradas). A curva azul representa a função polinomial usada para modelar os dados. A diminuição relativa do brilho é determinada pela razão quadrática de tamanhos entre o exoplaneta e a estrela, ou seja, está relacionada com a razão entre as áreas projetadas dos dois astros. O intervalo de tempo com que se repete um trânsito planetário de um dado exoplaneta equivale ao período orbital deste ao redor da estrela e está diretamente ligado a sua distância média da estrela (ou semi-eixo maior da órbita elíptica). Alguns resultados obtidos neste estudo observacional são descritos a seguir e utilizam elementos da Física Clássica como as leis de Kepler (necessárias para a descrição dos planetas no Sistema Solar e também dos exoplanetas em outros sistemas estelares) e as leis da radiação térmica para as estrelas, basicamente, a lei de Stefan-Boltzmann e a lei de deslocamento de Wien. Nestas, adotamos a hipótese de que as estrelas podem ser modeladas como esferas de gás ionizado (plasma).

## 1. Raio da Estrela

Quando a luminosidade da estrela monitorada é mínima, o exoplaneta observado encontra-se eclipsando alguma parte do disco estelar. Portanto, esta queda corresponde à fração da área da estrela que ficou encoberta pelo exoplaneta durante o trânsito e pode ser estimada através da razão entre a área do exoplaneta ( $A_P$ ) e a área da estrela ( $A_E$ ), ou seja:

$$\frac{A_P}{A_E} = \frac{\pi r_P^2}{\pi R_E^2} = \frac{r_P}{R_E} = \sqrt{X} \quad (1)$$

onde  $r_P$  e  $R_E$  representam os respectivos raios do exoplaneta e da estrela, e  $X$  a perda máxima de luminosidade no trânsito. Portanto, a partir do trânsito observado do exoplaneta WASP-2Ab (Figura 2), estimamos esta perda e comparamos com o valor disponível na literatura (Figura 3), o qual forneceu um bom acordo apesar da dispersão dos valores observados.

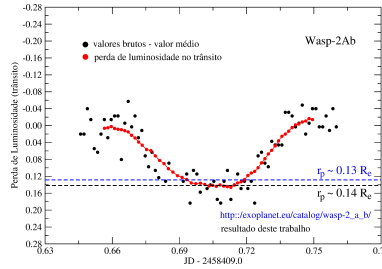


Figure 3: Perda de luminosidade durante o trânsito observado. As linhas tracejadas representam, respectivamente, o valor da literatura para o raio do exoplaneta,  $r_p \approx 0,13R_e$  (azul) e o determinado neste trabalho  $r_p \approx 0,14R_e$  (preto). O valor adotado de referência é  $1,079 (\pm 0,033) R_{Jup}$ .

## 2. Período Orbital

O período orbital é o tempo que leva um planeta a fazer uma órbita completa entorno da estrela. Infelizmente, não foi possível determinar outros trânsitos do exoplaneta WASP-2Ab para determinar tal parâmetro. Entretanto, de acordo com Daemgen et al. (2009), o período orbital do exoplaneta vale 2,15222144 dias ( $=1,86 \times 10^5$  segundos).

## 3. Semi-eixo maior (a)

Segundo Daemgen et al. (2009), a massa da estrela é estimada em  $0,84(\pm 0,11)M_{Sol}$ . Logo, a partir da 3ª lei de Kepler e usando o valor para o período ( $G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$  é a constante gravitacional), podemos escrever:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{r\pi^2}{G.M} \quad ; \quad a^3 = \frac{T^2.G.M}{r\pi^2} \quad (2)$$

o que fornece o valor de  $a = 4,5 \times 10^6 \text{ km}$  (0,0301 U.A.) para o semi-eixo maior. O valor de referência na literatura é de 0,0314 U.A. (Daengem et al. 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Os resultados obtidos são promissores e corroboram com a perspectiva de implantar a linha de pesquisa para a detecção de exoplanetas com o telescópio CDK20. A bolsista agradece ao PIBIC/CNPq e ao grupo de pesquisa pelo desenvolvimento teórico-observacional obtido.

## REFERÊNCIAS

- DAEMGEN, S., HORMUTH, F., BRANDNER, W., et al., 2009, Binariness of transit host stars. Implications for planetary parameters, *A&A*, 498, 2, 567-574
- GILLON, M., TRIAUD AMAUTY, H. M. J., DEMORY, B-O., et al., 2017, Seven temperate terrestrial planets around nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1, *Nature*, 542 (7642), 456-460
- BOYD, D., *Differential Photometry Using Multiple Comparison Stars*, 2007, The Society for Astronomical Sciences, 26th Annual Symposium on Telescope Science, 119-125
- van DOKKUM, P.G., 2001, Cosmic-Ray Rejection by Laplacian Edge Detection, *PASP*, 113, 1420-1430