



**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**

## **XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS** **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021**

### **ESTUDO FOTOMÉTRICO DA ESTRELA QATAR-2**

**Raquel Silva Freitas<sup>1</sup>; Vera Aparecida Fernandes Martin<sup>2</sup>; Paulo César da Rocha  
Poppe<sup>3</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduanda em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [raquel.ucs7@gmail.com](mailto:raquel.ucs7@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [vmartin@uefs.br](mailto:vmartin@uefs.br)
3. Co-orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [paulopoppe@uefs.br](mailto:paulopoppe@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotometria; Exoplanetas; Curva de Luz; Parâmetros Físicos.

### **INTRODUÇÃO**

Um exoplaneta, ou planeta extrassolar, por definição, consiste em qualquer planeta rochoso ou gasoso que não faça parte do Sistema Solar, mas que gravita em torno de outra estrela, portanto pertencente a um outro sistema planetário. E é seguindo essa linha de pesquisa, que a área da Astrofísica Estelar envolvendo os exoplanetas e a busca destes, com características semelhantes às do planeta Terra, vem recebendo uma grande atenção e um impacto crescente na comunidade científica (Rasio and Ford 1996, Kitchin 2012).

O exoplaneta de estudo, QATAR-2B, orbita a estrela QATAR-2 e foi descoberto em 2011 pelo método de trânsito planetário (Bryan et al. 2012). O exoplaneta é classificado como um gigante gasoso cuja massa vale  $\approx 2.494 \pm 0,054 M_{Jup}$ , tendo um período orbital de  $\approx 1,34 \pm 2,6e^{-0,7}$  dias, raio  $1,254 \pm 0,013 R_{Jup}$  e está a  $0,02153 \pm 0,0002$  U.A. de sua estrela hospedeira. Outras informações podem ser obtidas no link [http://exoplanet.eu/catalog/qatar-2\\_b/](http://exoplanet.eu/catalog/qatar-2_b/).

A detecção de Exoplanetas pode ser realizada por meio de 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 60,0 cm, localizado no Chile, cujas operações foram iniciadas em 2010, empregando a técnica de Trânsito Planetário.

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, possuindo a perspectiva de continuar a linha de pesquisa observacional e detecção de exoplanetas com o telescópio de pequeno porte, iniciados com observações sistemáticas em 2019 utilizando o telescópio CDK20 de 50,8cm, portanto, da mesma classe do telescópio belga citado acima.

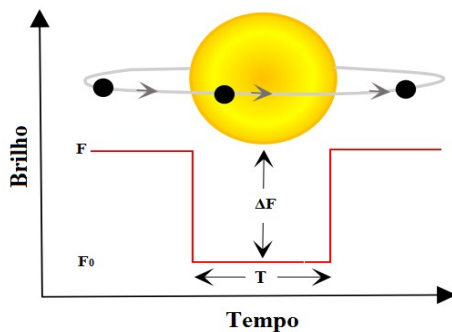
### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

Os dados discutidos na presente pesquisa são provenientes de um estudo contínuo baseado na discussão e observação de exoplanetas. Diante disso, utilizou-se para o estudo a estrela Qatar-2, sendo ela do tipo espectral K bastante estudada na literatura ([http://exoplanet.eu/catalog/qatar-2\\_b/](http://exoplanet.eu/catalog/qatar-2_b/)), localizada a cerca de 594,6 anos-luz

( $182,3 \pm 1,21$  pc) de distância da constelação de Virgem. A estrela é muito mais velha que o Sol tendo sua temperatura superficial de 4.645 K, sendo 0,7 vezes mais massiva e 0,8 vezes maior em comparação com a nossa estrela mais próxima. Possui magnitude aparente de 13,3 V, magnitude absoluta de 7,0 V com raio calculado de  $\pm 0,8 R_{\text{Sol}}$  e massa de  $0,74 \pm 0,037 M_{\text{Sol}}$ .

### Trânsito Planetário

O método de Trânsito Planetário consiste, basicamente, na passagem de um planeta na frente do disco de sua estrela hospedeira. Representa uma das técnicas observacionais mais promissoras empregada para a detecção e descoberta de planetas fora do Sistema Solar. A ocultação de uma parte do disco estelar pelo planeta se traduz por uma diminuição temporária do brilho da estrela fornecendo uma curva de luz (brilho aparente ao longo do tempo) da estrela observada. Neste caso, ocorre uma diminuição da quantidade de luz da estrela observada pelo detector no telescópio.



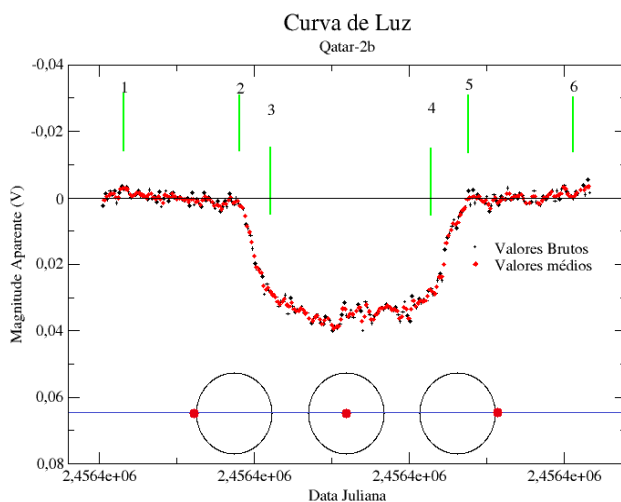
**Figura 1.** Ilustração de uma curva de luz durante um trânsito planetário. F é o fluxo visto fora do trânsito (estrela não eclipsada),  $\Delta F$  a variação do fluxo e T o tempo estimado do trânsito.

Fonte: Autora.

Na Figura 1, T representa a duração do trânsito em função da distância do exoplaneta até a estrela. O meio do trânsito é representado pela seta central, onde  $\Delta F = F - F_0$  representa a perda de luminosidade da estrela devido à passagem do exoplaneta, associado, logicamente, ao seu tamanho e distância. A diminuição relativa do brilho é determinada pela razão quadrática dos tamanhos entre o exoplaneta e a estrela, ou seja, é devido a uma razão de 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 à sua distância média à estrela (ou semi-eixo maior da órbita elíptica). Assim, a técnica de trânsito nos fornece o tamanho do exoplaneta e sua órbita ao redor de sua estrela.

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

Ao passar na frente da estrela hospedeira, um exoplaneta causa uma diminuição na luminosidade da mesma, e este fenômeno foi observado para a estrela deste estudo em nosso projeto de Iniciação Científica, conforme a Figura 2.



**Figura 2:** Curva de luz observada devido ao exoplaneta Qatar 2b no filtro Exoplanet BB 1,25" (Astrodon). Os eixos definem a Magnitude aparente e a Data Juliana da observação. As posições de 1 a 6 representam os contatos que caracterizam o começo e o fim do trânsito planetário. Os pontos pretos representam os valores brutos. Os pontos vermelhos representam a amostragem média, calculada do valor médio da distribuição e ajustado à curva. Fonte: Autora.

De acordo com a Figura 2 , podemos explicitar as seguintes fases características:

**Fases 1 e 6:** Temos as fases onde o exoplaneta não está em contato com o disco de sua estrela hospedeira. Representando respectivamente, momentos em que não existe alteração alguma no brilho da estrela;

**Fase 2:** É visto o primeiro contato do exoplaneta com o disco da estrela (o planeta está completamente “fora” da estrela, e se movendo para o interior);

**Fase 3:** Segundo contato, ingresso, é quando o exoplaneta está eclipsando o disco estelar e é observada a variação total do fluxo; neste caso (o planeta está por completo “dentro” da estrela, se movendo em direção ao centro estelar);

**Fase 4:** Terceiro contato, quando o exoplaneta começa a sair da frente do disco da estrela e inicia o aumento do fluxo (o planeta está completamente “dentro” da estrela, se movendo para o lado externo);

**Fase 5:** Quarto contato, quando o exoplaneta sai totalmente da frente do disco estelar, também chamado de egresso (o planeta está completamente no lado externo da estrela, se movendo para fora – estrela não eclipsada).

## 1- Raio do Exoplaneta

O raio de um exoplaneta pode ser calculado usando informações obtidas em seu trânsito. A queda de magnitude durante um trânsito é proporcional à razão entre o tamanho de uma estrela hospedeira e seu exoplaneta. Como o exoplaneta passa na frente da estrela, este bloqueia uma parcela de luz correspondente à sua área de superfície. Portanto, a proporção de luz da estrela para a luz bloqueada é igual à proporção entre a área da superfície da estrela para a área da superfície do exoplaneta. Sendo assim podemos escrever que:

$$Q_{mag} = \frac{\pi R_{exo}^2}{\pi R_{est}^2} = \left( \frac{R_{exo}}{R_{est}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde  $R_{exo}$  e  $R_{est}$  correspondem aos raios do exoplaneta e da estrela ocultada;  $Q_{mag}$  sendo a queda de magnitude esperada.

O raio do exoplaneta ( $R_{exo}$ ) pode ter seu valor estimado através da medida da variação do fluxo na curva de luz  $\Delta F/F$  (Figura 1), sendo o raio da estrela ( $R_{est}$ ) conhecido.

Diante disso foi calculado o raio planetário obtido a partir da curva de luz pela relação:

$$R_{exo} = \sqrt{Q_{max}} R_{est} \quad (2)$$

Segundo os dados obtidos na literatura (International Astronomical Union, 2015), temos que:

Raio da estrela sendo:  $R_{est} = 0,78 \pm 0,01 R_{Sol}$

Raio Solar:  $R_{Sol} = 6,957 \times 10^8 m$

Raio de Júpiter:  $R_{Jup} = 7,1592 \times 10^7 m$

Sendo assim, temos que:  $R_{Sol} \approx 9,718 R_{Jup}$ . Portanto, estimamos  $R_{exo} \approx 9,718 R_{Jup}$ .

$$R_{exo} = (\sqrt{Q_{mag}}) \cdot (0,78_{-0,01}^{0,01}) \cdot (6,957 \times 10^7 R_{Jup}) \quad (3)$$

Fornecendo um valor estimado em  $R_{exo} = 1,371 \pm 0,031 R_{Jup}$ , um pouco superior ao valor publicado na literatura:  $R_{exo} = 1,254 \pm 0,013 R_{Jup}$  (Bryan et al. 2012).

## 2- Período da Órbita

O período orbital é o tempo que leva um planeta a fazer uma órbita completa em torno da estrela. Este parâmetro pode ser obtido através de múltiplas observações do mesmo trânsito planetário, pelo menos três vezes, e com o auxílio da terceira lei de Kepler. Infelizmente, não foi possível determinar outros trânsitos do exoplaneta QATAR-2B para determinar tal parâmetro com precisão. Entretanto, de acordo com a literatura, o período orbital do exoplaneta vale  $1,33711647 \pm 2,6e^{-0,7}$  dias, de acordo com Bryan et al. (2012)

## 3- Semi-eixo Maior

Conhecendo o período orbital, é possível calcular o semi-eixo maior da órbita do exoplaneta. Como os volumes dos exoplanetas são pequenos quando comparados aos volumes das estrelas hospedeiras, a massa do exoplaneta pode ser “desprezada”, em geral, quando comparada à massa de sua estrela hospedeira e desconsiderada na terceira lei de Kepler, escrevendo assim:

$$a_{exo} = \left( \frac{GM_{est} P_{exo}^2}{4\pi^2} \right)^{1/3} \quad (4)$$

Segundo a literatura, o semi-eixo maior está estimado em  $a^3 = 0,02153 \pm 0,0002 UA$  (Bryan et al. 2012). As demais curvas de luz observadas ao longo das noites utilizadas não foram significativas para estimar este parâmetro.

## 4- Velocidade Orbital

Uma vez determinado o semi-eixo maior, a velocidade do exoplaneta em sua órbita pode ser facilmente calculada através da relação abaixo:

$$v_{exo} = \frac{2\pi a_{exo}}{P_B} \quad (5)$$

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O principal objetivo do trabalho foi aprimorar e dar sequência ao tratamento de dados pautados nas observações e estudos de planetas extra-solares, os exoplanetas. Os resultados obtidos são promissores e corroboram com a perspectiva de implantar a linha de pesquisa para a detecção dos mesmos com o telescópio CDK20. A bolsista agradece ao PIBIC/CNPq e ao grupo de pesquisa pelo desenvolvimento teórico-observacional obtido ao longo da bolsa.

## REFERÊNCIAS

- [1] RASIO F. A., FORD E. B., **Dynamical instabilities and the formation of extrasolar planetary systems**, Science, 1996, 274, 954-956
- [2] BRYAN, Marta; ALSUBAI, K. A.; LATHAM, D. W. and 4 more, **Qatar-2: A K Dwarf Orbiting by a Transiting Hot Jupiter and a Longer-Period Massive Planet**, 2012, AAS, 219, 339.14B
- [3] 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