

O Processo de Investigação de Trânsitos Planetários em Curvas de Luz Fotométricas do TESS

Mariana S. Bittencourt^{1,2}, Clécio R. Bom² e Stela Ishitani Silva^{3,4}

¹Universidade Federal Fluminense

²Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

³NASA Goddard Space Flight Center

⁴California Institute of Technology

Resumo

Na astronomia exoplanetária, o método de trânsito, baseado na análise de variações no brilho estelar devido a passagem do planeta em frente à estrela hospedeira e registradas em curvas de luz, constitui uma das principais técnicas de detecção de planetas fora do Sistema Solar, responsável pela maioria das descobertas atuais. Neste trabalho, usamos dados obtidos pelo *Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)* e estudamos o uso de uma metodologia para o processamento, detecção e validação de sinais de trânsito em dados fotométricos do *TESS*, envolvendo a adaptação de códigos, a implementação de *pipelines* de análise e a verificação de candidatos com base em critérios astrofísicos, tendo em vista a identificação de novos exoplanetas.

Abstract

In exoplanetary astronomy, the transit method, based on the analysis of variations in stellar brightness due to the passage of the planet in front of its host star and recorded in light curves, is one of the main techniques for detecting planets outside the Solar System, responsible for most of the current discoveries. In this work, we use data obtained by the *Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)* and study the use of a methodology for the processing, detection, and validation of transit signals in *TESS* photometric data, involving the adaptation of codes, the implementation of analysis *pipelines*, and the verification of candidates based on astrophysical criteria, with a view to identifying new exoplanets.

Palavras-chave: astrofísica, exoplanetas, trânsito planetário.

Keywords: astrophysics, exoplanets, planetary transit.

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v7nEspecial.53384](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v7nEspecial.53384)

1 Introdução

Desde 1999, quando foi observado o primeiro trânsito de um planeta fora do sistema solar [1,2], mais de 4 mil planetas já foram confirmadamente descobertos através do método de trânsito planetário [3]. Este importante método baseia-se na detecção da diminuição do brilho observado de uma estrela, causada pela passagem de um planeta entre o observador e a estrela hospedeira, momento em que parte do disco estelar é encoberto. Essa variação é captada por meio de observações fotométricas, que expressam a intensidade do brilho estelar em função do tempo nas chamadas curvas de luz (Figura 1). A partir das informações extraídas do trânsito, é possível de-

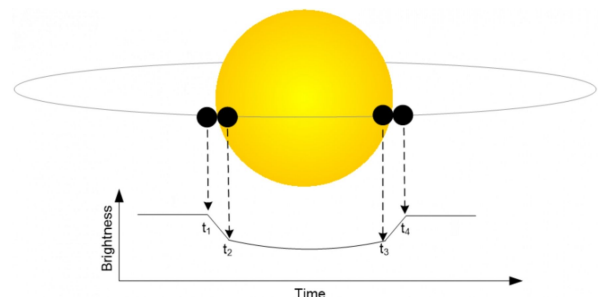


Figura 1: Representação de um trânsito planetário e seu efeito no brilho observado da estrela. Fonte: [4]

terminar propriedades do planeta em trânsito, como seu raio, a órbita planetária e o período orbital.

Esta diminuição do brilho observado da estrela

corresponde a variações inferiores a 1% do fluxo observado [5] e, por isso, sua detecção requer instrumentos de alta precisão observacional, capazes de assegurar que a razão sinal-ruído não comprometa a identificação do evento. Por isso, com os avanços tecnológicos das últimas décadas, diversos satélites foram projetados e lançados com o objetivo específico de identificar novos candidatos a exoplaneta. Dentre esses, destaca-se o *Transiting Exoplanet Survey Satellite* (*TESS*) [6], que permanece em operação e cujos dados são utilizados neste trabalho.

Assim, este estudo dedica-se à análise das curvas de luz obtidas pelo instrumento *TESS*, com o objetivo de estruturar uma metodologia para a investigação de possíveis candidatos a exoplaneta. Nesse contexto, através de *pipelines* para o processamento, detecção e validação de sinais de trânsito, buscamos examinar as características dos possíveis trânsitos, avaliando sua consistência com uma origem planetária e excluindo falsos positivos.

2 Metodologia

A análise desenvolvida neste trabalho utiliza as curvas de luz obtidas a partir das chamadas *Full-Frame Images* (FFI) observadas pelo *TESS*. Essas imagens são processadas pela *pipeline Science Processing Operations Center* (SPOC) [7], responsável pela calibração das imagens e extração das curvas de luz por meio da análise dos pixels associados a cada fonte observada.

Em uma primeira etapa para seleção de prováveis candidatos, uma rede neural é aplicada para identificação de possíveis trânsitos planetários nas curvas de luz. Para cada curva analisada, o modelo atribui um valor que indica o quão compatível ela é com a presença de assinaturas de trânsitos planetários, sendo selecionados para análise posterior os candidatos com maiores valores atribuídos pelo modelo. Esta etapa utiliza a inferência obtida pelo modelo de Rede Neural Convolucional já treinado e descrito em [8].

Partindo, então, para a análise dos casos mais prováveis, utilizamos *softwares* de uso consolidado na pesquisa em exoplanetas para identificar, examinar e caracterizar sinais nas curvas de luz. Utilizamos o *Discovery and Vetting of Exo-*

planets (DAVE) [9] e o *Lightcurve Analysis Tool for Transiting Exoplanet* (LATTE) [10] para esta tarefa. Estes reúnem informações catalogadas das estrelas observadas, bem como dados relativos à observação.

Por fim, são avaliados caso a caso parâmetros como periodicidade e modulação das curvas de luz, variações do centroide e diferenças de profundidade entre trânsitos pares e ímpares. Tais análises são necessárias para a identificação de possíveis falsos positivos, como binárias eclipsantes, erros sistemáticos e potencial contaminação nas curvas de luz.

A Figura 2 apresenta um exemplo das etapas de validação aplicadas a um caso classificado como falso positivo. Nesse cenário, verifica-se que outras estrelas contribuem para a formação da curva de luz atribuída à estrela-alvo, indicando que os aparentes eventos de trânsito observados na Figura 2 (a) provavelmente não possuem origem planetária, mas estão associados à presença de possíveis binárias eclipsantes.

3 Resultados e Conclusão

Assim, o trabalho aqui apresentado sintetiza os fundamentos da etapa inicial deste projeto como um todo, marcada pelo processo de adaptação e refinamento dos códigos, bem como pela familiarização com os dados por meio da análise e reprodução de resultados já consolidados na literatura.

A partir desse desenvolvimento metodológico, o projeto avança para a análise de possíveis trânsitos planetários em novos dados do *TESS*, tomando como ponto de partida uma lista de potenciais candidatos ainda não explorados. Como desdobramento, foi identificado um novo candidato a exoplaneta nas curvas de luz da estrela de TIC 31824957¹. À época da apresentação no evento, o objeto encontrava-se em fase final de verificação e validação para submissão e divulgação à comunidade científica, sendo posteriormente apresentado em [11].

Agradecimentos

Os autores utilizaram os servidores Sci-Mind desenvolvidos pelo Laboratório de IA do CBPF e

¹Número no *Tess Input Catalog*

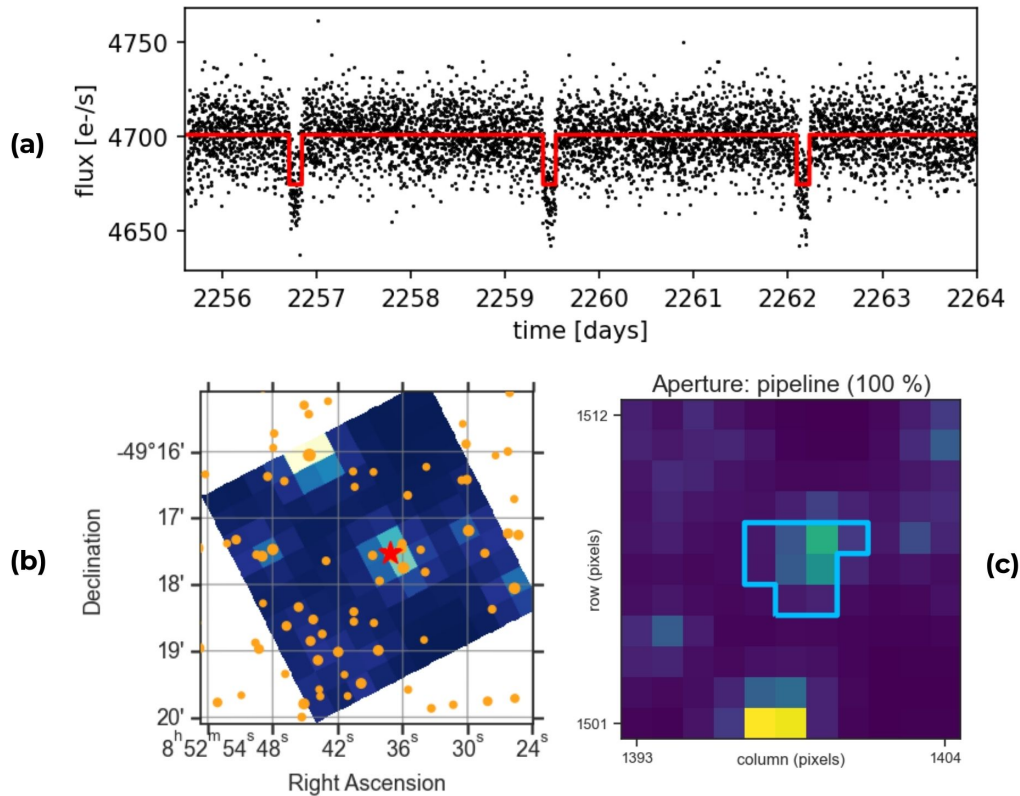


Figura 2: (a) Gráfico da curva de luz, com fluxo (em $e^{-} s^{-1}$) em função do dia em Data Juliana Baricêntrica do TESS, com possíveis trânsitos planetários; (b) gráfico que representa o campo de imagem observado (orientado para o norte), com as estrelas mais próximas em amarelo e a estrela alvo em vermelho; em (c) a linha azul demarca a região de pixels sendo levada em consideração para a formação da curva de luz. Imagens geradas com uso do DAVE e LATTE.

agradecem a Paulo Russano e Marcelo Portes de Albuquerque pelo apoio à infraestrutura. Mariana S. Bittencourt agradece a FAPERJ pela bolsa de Iniciação Científica da (E26/210.330/2022). A pesquisa de Stela Ishitani Silva foi realizada durante uma nomeação para o NASA Postdoctoral Program no Centro de Voo Espacial Goddard da NASA, administrado pela Oak Ridge Associated Universities sob contrato com a NASA. Clécio R. Bom agradece o apoio financeiro do CNPq (316072/2021-4), da FAPERJ (bolsas 201.456/2022 e 210.330/2022) e do contrato FI-NEP 01.22.0505.00 (ref. 1891/22).

Sobre os autores

Mariana S. Bittencourt (msbittencourt@id.uff.br) graduou-se bacharel em Física na Universidade Federal Fluminense (UFF) em 2025 e, atualmente, cursa o Mestrado em Física no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

(CBPF). Na data do evento, atuava como Bolsista de Iniciação Científica pela FAPERJ no CBPF no projeto aqui apresentado, vinculada ao Laboratório de Inteligência Artificial Aplicada (LAB-IA - CBPF).

Dr. Clécio R. Bom é Professor e Tecnologista no CBPF, onde lidera e é coordenador científico do LAB-IA - CBPF.

Dra. Stela Ishitani Silva é *Staff Scientist* no IPAC, no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech). Até o início de 2026, foi contemplada com a *NASA Postdoctoral Fellowship*, atuando no NASA Goddard Space Flight Center. Atualmente, integra a equipe responsável pelo *Microensing Science Operations System* no Roman Science Support Center e o time de infraestrutura do *Roman Galactic Exoplanet Survey*, ambos em suporte ao Telescópio Espacial Roman.

Referências

- [1] D. Charbonneau et al., *Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star*, The Astrophysical Journal **529**(1), L45 (1999).
- [2] G. W. Henry et al., *A transiting “51 Peg-like” planet*, The Astrophysical Journal **529**(1), L41 (1999).
- [3] NASA Exoplanet Science Institute, *NASA Exoplanet Archive: Exoplanet and Candidate Statistics*, https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html (2025). Acesso em: 05-08-2025.
- [4] British Astronomical Association, *Exoplanet Transit Imaging and analysis Process*, https://britastro.org/section_information_/exoplanets-section-overview/exoplanet-transit-imaging-and-analysis-process. Acesso em: 27-02-2025.
- [5] J. N. Winn, *Transits and Occultations* (2014). Disponível em <https://arxiv.org/abs/1001.2010>, ArXiv:1001.2010.
- [6] G. Ricker et al., *The transiting exoplanet survey satellite*, in *Space Telescopes and Instrumentation 2016*, editado por H. MacEwen, G. Fazio e M. Lystrup (SPIE, United States, 2016), Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. Publisher Copyright: © 2016 SPIE.; Space Telescopes and Instrumentation 2016: Optical, Infrared, and Millimeter Wave ; Conference date: 26-06-2016 Through 01-07-2016.
- [7] SPIE, *The TESS science processing operations center*, in *Software and Cyberinfrastructure for Astronomy IV* (SPIE, 2016), vol. 9913, 1232–1251.
- [8] G. Olmschenk et al., *Identifying Planetary Transit Candidates in TESS Full-frame Image Light Curves via Convolutional Neural Networks*, The Astronomical Journal **161**(6), 273 (2021).
- [9] V. B. Kostov et al., *Discovery and Vetting of Exoplanets. I. Benchmarking K2 Vetting Tools*, The Astronomical Journal **157**(3), 124 (2019).
- [10] N. L. Eisner, C. J. Lintott e S. Aigrain, *LATTE: Lightcurve Analysis Tool for Transiting Exoplanets*, Journal of Open Source Software **5**(49), 2101 (2020).
- [11] M. S. Bittencourt et al., *TIC 318249571.01: A New Hot-Jupiter Transiting Planet Candidate from TESS Data*, [Research Notes of the AAS](#) **9**(12), 345 (2025).