

Como identificar exoplanetas

Adryan Petry Lenchuk, Aline Marques Ferreira, Davi Bossatto Vettoraci,
Lívia Cezar Bayerl e Roger da Trindade Gomes

Centro de atividades “Eurico de Aguiar Salles”, SESI, Linhares/ES

Resumo

O estudo de exoplanetas está passando por melhorias recentes e crescentes que tornam esse tema promissor no assunto de exploração espacial. Alguns dos métodos aqui descritos têm raízes mais recentes, como o método de ondas gravitacionais, que se baseia no estudo das ondas gravitacionais previstas pela teoria da relatividade geral de Einstein. Mas o uso de outros métodos tem início nos séculos XVIII e XIX, como é o caso da transitividade planetária, na época aplicado com o intuito de descobrir a distância entre a Terra e o Sol. É por conta dessas e de outras informações que esse projeto tem como principal objetivo apresentar as três principais maneiras de detectar um exoplaneta, além de revisar alguns conceitos e teorias da astronomia e apresentar algumas perspectivas futuras.

Abstract

The study of exoplanets is undergoing recent and growing improvements that make this topic promising in the subject of space exploration. Some of the methods described here have recent roots, such as the gravitational waves method which is based on the study of gravitational waves predicted by Einstein's general relativity. But the use of others methods begins in the 18th and 19th centuries, as is the case of planetary transitivity, used at that time to infer the distance between Earth and Sun. It's because of this and others informations that this project has as main goal to present three main methods of detecting an exoplanet, in addition of reviewing some concepts and theories of astronomy, as well as presenting some future perspectives.

Palavras-chave: exoplanetas, velocidade radial, efeito Doppler, transitividade planetária, fotometria, ondas gravitacionais, métodos de detecção de exoplanetas.

Keywords: exoplanets, radial velocity, Doppler effect, planetary transitivity, photometry, gravitational waves, exoplanets detection methods.

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v2n1.34063](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v2n1.34063)

1 Introdução

Albert Einstein foi um físico teórico, nascido em 14 de março de 1879 na Alemanha. Ganhador do prêmio Nobel de física em 1921, é considerado um dos cientistas mais influentes da história e seus estudos contribuíram para a renovação da concepção física durante o século XX. A partir das grandes teorias de Albert, foi possível compreender o universo em uma maior escala e entender a interação entre gravidade, espaço e tempo.

Divulgada a mais de um século e considerada o feito mais conhecido do físico, a teoria da relatividade aborda os fenômenos que ocorrem em deslocamentos de objetos que possuem velocidades próximas ou iguais à da luz, originando estudos sobre as ondas gravitacionais.

Esse acontecimento é responsável pelo promissor avanço no cenário tecnológico, no que diz respeito a descoberta de novos exoplanetas, ou seja, um planeta que orbita uma estrela que não seja o Sol e, desta forma, pertence a um sistema planetário distinto ao nosso. Para que se concluísse essas descobertas, astrônomos e cientistas utilizaram 3 principais métodos conhecidos como: velocidade radial, transitividade planetária e ondas gravitacionais [1, 2].

O primeiro exoplaneta, foi descoberto em 1995, utilizando a técnica da variação da velocidade radial pelos suíços Michel Mayor e Didier Queloz da Universidade de Genebra. 51 Pegasi, nomeado de Dimidium, é um planeta extrassolar situado a aproximadamente 50 anos-luz da Terra,

na constelação de Pégaso. 51 Pegasi b foi o primeiro planeta orbitando uma estrela da sequência principal. Este planeta, constitui o protótipo de uma classe planetária chamada Júpiteres quentes. A descoberta do primeiro exoplaneta estabeleceu um marco na pesquisa astronômica, e desde então mais exoplanetas nas estrelas vizinhas do Sol têm sido descobertos. Na contemporaneidade, de acordo com a NASA, existem cerca de 4.331 exoplanetas já confirmados, validados e certificados. Além disso, outros 5.708 aguardam a confirmação como candidatos (veja em exoplanets.nasa.gov).

Na próxima seção descrevemos os atuais métodos de detecção de exoplanetas. O uso de ondas gravitacionais para este fim é discutido nas Seções 3 e 4. O “planeta esquecido” pelo telescópio Kepler é abordado na Seção 5. Na seção 6 apresentamos nossas conclusões.

2 Métodos atuais de detecção

Atualmente dentro dos métodos de detecção de exoplanetas, seguindo a linha de pesquisa de nossas referências, destacamos quatro principais: a) método de velocidade radial, b) método de trânsito, c) microlenteamento e d) imageamento. Não detalharemos os métodos de microlenteamento e imageamento neste artigo, pois ele é fruto de nossa pesquisa e apresentação na MAES (III Mostra de Astronomia do Espírito Santo), onde apenas os dois primeiros métodos foram discutidos. Os métodos de trânsito e o de velocidade radial são os que iremos aprofundar. Faremos também uma apresentação do método de detecção através das ondas gravitacionais, um dos métodos mais novos. Sua primeira utilização foi feita em 2015 por meio dos observatórios VIRGO e LIGO.

2.1 Velocidade radial

Segundo Oliveira Filho & Saraiva [3], até a presente data foram descobertos quase cinco mil planetas orbitando outras estrelas que não o Sol. Chamamos esses de exoplanetas. Para identificação dos planetas extrassolares são utilizados alguns métodos, o primeiro a ser citado será o método de velocidade radial que consiste na medição da velocidade com o qual a estrela se afasta ou se aproxima. Em tal medição a perspectiva analisada será a da Terra até o astro citado. A variação ocorre, pois, existe uma relação entre o

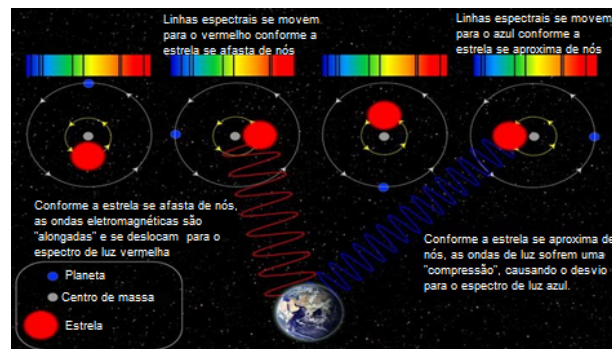


Figura 1: Exemplificação do movimento da estrela em relação a Terra e variação da frequência de luz percebida.

centro de massa, durante a órbita, e o movimento, nesse caso, o exoplaneta possui uma massa consideravelmente menor que a da estrela, por isso, o centro de massa se localizará no interior desta, tal fenômeno é responsável por causar um “bamboleio”. Esse movimento é representado pela imagem da Figura 1.

Devido à baixa intensidade luminosa do planeta, um elemento importante na observação do sistema será o espectro da estrela. O movimento das linhas espectrais é causado pelo efeito Doppler, pois com o afastamento e a aproximação do astro ocorrerá variação na frequência da onda emitida do exoplaneta até a Terra.

Para registro fotográfico de um espectro luminoso utiliza-se o espectrógrafo. Dentre os usos desse equipamento destacam-se os seguintes:

- ELODIE: foi instalado na França, em 1993, no Observatório de Haute-Provence, com ele Michel Mayor e Didier Queloz, astrônomos, notaram o 51 Pegasi b (primeiro exoplaneta descoberto orbitando uma estrela da sequência principal);
- HARPS: localizado no Chile em 2003 no Observatório de La Silla. Ele é capaz de identificar variações radiais muito pequenas, como 0,5 m/s. Com essa capacidade, pode-se localizar planetas rochosos;
- ESPRESSO: armado no VLT. A, o Espresso tem a maior precisão dentre os citados, estima-se que sua precisão seja de 0,1 m/s.

Dentre as principais vantagens do uso da velocidade radial, está a capacidade de calcular a massa mínima do planeta extrassolar. Este método não leva a descoberta da inclinação do

sistema estrela-planeta, portanto se nomeia de massa mínima em relação ao valor total da massa. Entretanto, apesar das vantagens citadas existem algumas desvantagens que cabem ressaltar. São elas:

- Esse método possui a limitação quanto a perspectiva, pois, precisa-se observar o movimento na linha de visada da Terra, já que o efeito Doppler só será observado através da variação de distância até o nosso planeta.
- A velocidade radial não é adequada para encontrar um planeta que orbita uma estrela com o envelope de gás em torno dela, pois nessa condição pode expandir-se e contrair-se, levando a alterações espectrais.

Apesar das desvantagens citadas, segundo dados de 2021 divulgados pela NASA, o número de planetas extrassolares identificados através desse método é 822 (aproximadamente 19,1%), com isso conclui-se que apesar de inviável em determinadas condições, a velocidade radial é uma maneira eficaz de identificar planetas extrassolares

2.2 O trânsito astronômico

Na astronomia existem três fenômenos que recebem os nomes de trânsito, ocultação e eclipse. Todos eles possuem um conceito muito similar: consistem na passagem de um corpo astronômico na frente de outro, a partir de um ponto de vista. Por esse motivo, é de grande importância conhecer as diferenças entre essas ocorrências antes de seguir para o funcionamento do método de trânsito. Antes de conhecê-las, vale lembrar que tamanho angular (ou diâmetro angular), conceito que será utilizado em seguida, refere-se a uma medida aparente de um corpo medido a uma certa distância. Ele é um tamanho que esse corpo aparenta ter e não necessariamente tem. Com isso em mente, a compreensão dos fenômenos se torna completa.

Em primeira análise, entende-se como ocultação a passagem de um corpo de maior tamanho angular em frente a outro de menor diâmetro angular [4]. Já no eclipse, essa medida dos dois corpos é bem próxima e um passa em frente ao outro, como a Lua eclipsando o Sol. Por fim, o trânsito ocorre com corpos de diferentes diâmetros angulares, porém de forma oposta à ocultação: o menor passa em frente ao maior.

Nos séculos XVIII e XIX, muitos astrônomos se interessaram no trânsito de Vênus e Mercúrio em relação ao Sol, com intuito de medir a distância da Terra à estrela. De forma simplificada, o processo ocorreria a partir da observação do movimento de um dos planetas em frente ao Sol, a partir de dois locais bem distantes na superfície da Terra, e a distância desejada seria encontrada aplicando trigonometria.

Atualmente, de acordo com a NASA, esse método descobriu 3266 dos 4331 exoplanetas confirmados (cerca de 76,1%). Nas pesquisas de Santos e Amorim [5], encontra-se informações sobre os primeiros planetas detectados: o OGLE-TR-56b e OGL-TR-10b, em 2002. No entanto, eles acreditam que o primeiro exoplaneta estudado pelo método de fotometria foi o HD 209458b.

2.3 Funcionamento do método de trânsito (ou fotometria)

Agora que o fenômeno foi contextualizado e diferenciado da ocultação e do eclipse, pode-se seguir com o seu funcionamento. Segundo Santos e Amorim [5], a detecção de exoplanetas por meio dessa técnica consiste em captar a variação de luminosidade que chega ao telescópio. Primeiro, o planeta começa seu movimento em frente a estrela hospedeira (ingresso), e isso causa uma leve redução na luz captada. Ele continua seu trânsito e, quando está totalmente em frente ao astro, o brilho percebido é o mínimo. No momento do egresso, esse corpo termina seu trânsito e a luminosidade que é observada pelo telescópio volta ao normal. Essa explicação é exemplificada pela Figura 2.

Depois disso, esse objeto astronômico se torna um candidato a exoplaneta. Ele não pode ser considerado um exoplaneta ainda, pois essa variação pode ter ocorrido pela passagem de outro corpo que não seja um planeta. Portanto, para que ele receba essa denominação oficial, deve-se medir cerca de outras três passagens com variação luminosa muito próxima e separadas por um mesmo período de tempo. No entanto, há uma limitação em utilizá-lo. Como dito na definição desse fenômeno, ele ocorre em relação a um ponto de vista, de forma semelhante ao que ocorre no método da velocidade radial. Portanto, a limitação dele se refere ao ângulo do plano de observação em relação ao plano da órbita de um planeta. Para que seja possível observar essa ocorrência

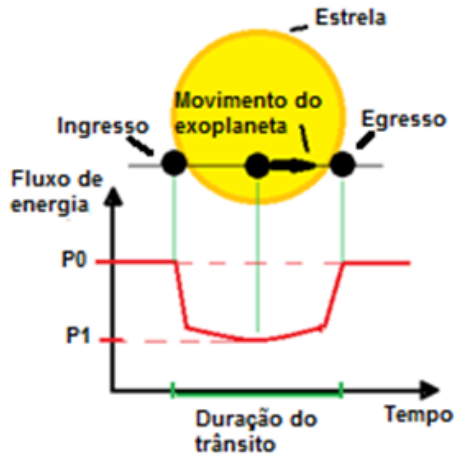


Figura 2: Trânsito simplificado de um exoplaneta e exemplo de gráfico do fluxo de energia medido durante o fenômeno.

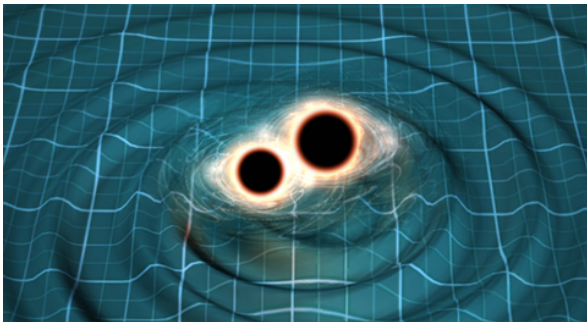


Figura 3: Corpos maciços formando as ondas gravitacionais.

da Terra, essa órbita deve ser perpendicular, ou o mais próximo disso, ao plano do céu da Terra a fim de ver o planeta passando em frente à estrela hospedeira. Se os planos possuísem um ângulo muito distante de 90° ou fossem paralelos, olhando da Terra, o planeta nunca passaria em frente ao astro.

3 As ondas gravitacionais

Proposta a mais de um século pelo cientista Albert Einstein tendo como base a teoria da relatividade geral, as ondas gravitacionais são a deformação em forma de ondulação que se propagam no espaço-tempo [6]. Esse fenômeno ocorre quando objetos maciços se fundem, ou pela aceleração dos mesmos, essa curvatura pode ser alterada, enviando ondulações para fora do universo. A Figura 3 ilustra como são essas ondas.

Uma característica exclusiva desse evento, e a sua velocidade de propagação é que ao contrário

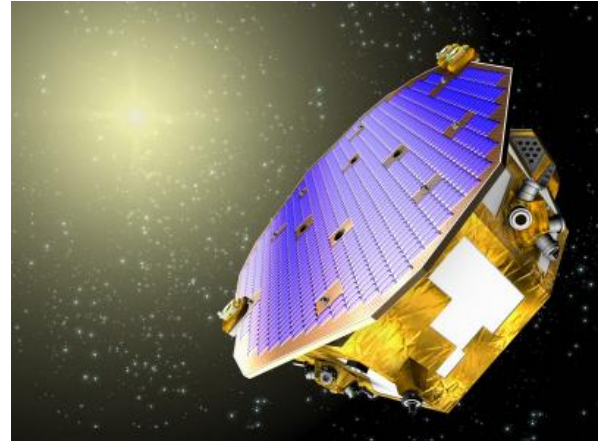


Figura 4: Imagem gráfica do satélite LISA.

das ondas mecânicas e sonoras sua velocidade é a mesma que a da luz.

A primeira detecção das ondas gravitacionais foi feita em 14 de setembro de 2015 pelo grupo de pesquisadores do Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (Ligo), a captação foi o resultado da fusão de dois buracos negros. Dados coletados serão de grande importância para astronomia no que se refere a evolução do universo, além de ser de grande importância para a detecção de novos exoplanetas [7].

Foi com essa descoberta que os cientistas Rainer Weiss, Barry Barish e Kip Thorne receberam em 2017 o Prêmio Nobel de Física, grupo este responsável pela descoberta em 2015.

4 Funcionamento do método de ondas gravitacionais

O método de detecção através das ondas gravitacionais é um dos métodos mais novos [8]. Sua primeira utilização foi feita em 2015 por meio dos observatórios VIRGO e LIGO. Atualmente os pesquisadores pretendem utilizar um satélite com interferômetro a laser (tecnologia usada pelo VIRGO e LIGO) nomeado de LISA. Os cientistas Dra. Camila Danielski e o Dr. Nicola Tamanini estimam que esse satélite será lançado em 2034 [9]. Satélite esse que será responsável pela detecção dos primeiros exoplanetas através do método de ondas gravitacionais. A Figura 4 traz uma imagem gráfica do satélite LISA.

A detecção tem por base o efeito Doppler, fenômeno físico observado em ondas emitidas ou refletidas por um objeto em movimento em relação ao observador. Segundo Tamanini [9], o inter-

ferômetro mede as ondas gravitacionais geradas pela colisão das anãs brancas binárias. Quando um planeta está em órbita de um par de anãs brancas, o padrão de onda gravitacional observado será diferente em comparação com o de um sistema binário sem planetas. Essa mudança característica na forma de ondas gravitacionais nos permitirá descobrir exoplanetas. Ambos os cientistas afirmam que o principal ponto de vantagem desse método em relação aos outros já abordados é que as ondas gravitacionais não são afetadas por atividade estelar, além de poderem detectar exoplanetas do tamanho de Júpiter e os primeiros exoplanetas fora da nossa galáxia.

5 O “planeta esquecido” do telescópio Kepler

O telescópio espacial Kepler foi lançado em 2009 e continuou sua busca por exoplanetas até 2018, ano em que foi aposentado. Ele é considerado um grande exemplo na busca por exoplanetas, por ter descoberto grande parte dos atuais planetas conhecidos e porque seus dados e candidatos a essa denominação são estudados até os dias de hoje.

Ainda em 2009, o telescópio Kepler coletou dados sobre o exoplaneta KOI-5Ab, o qual os dados indicam possuir um tamanho próximo ao de Netuno. Além disso, sabe-se que ele realiza uma órbita a cada 5 dias e encontra-se a uma distância de aproximadamente 1800 anos-luz da Terra. No entanto, os cientistas perceberam, após analisar os dados, que no sistema haviam duas estrelas. Tal fato dificultaria a confirmação do exoplaneta KOI-5Ab, pois outros fatores poderiam gerar interferências capazes de simular um sinal de planeta. Como haviam outros candidatos mais fáceis de estudar, ele foi abandonado e, por isso, considerado o “planeta esquecido”

Todavia, após o aposento do telescópio Kepler, a TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) foi lançada. Por possuir uma tecnologia mais avançada, novos e interessantes dados seriam coletados. Foi após a TESS classificar o KOI-5Ab como candidato, que David Ciardi, cientista-chefe do Exoplanet Science Institute (NExScI) da Nasa, notou que essa classificação se tratava do “planeta esquecido”.

A partir disso, um grande levantamento de dados do Kepler, da TESS e de outros telescópios

em solo foi realizado para estudar esse candidato. O ponto interessante dessa pesquisa, foi a combinação de dois métodos de detecção, a velocidade radial e o trânsito planetário, para a obtenção de algumas características do planeta. O primeiro foi utilizado para verificar a massa do corpo e a fotometria foi responsável por medir o tamanho dele. E assim Jessie Dotson, integrante do projeto Kepler/K2 da NASA afirma que após mais de uma década, o planeta perdido foi confirmado e recebeu a nomeação oficial.

6 Conclusão

A partir das discussões apresentadas neste artigo, pode-se concluir que as pesquisas em torno da detecção de exoplanetas ainda são recentes, porém grandes avanços foram feitos. Conforme os anos passam, novas tecnologias são implementadas nos telescópios com intuito de melhorar as formas de detecção e os dados obtidos. Ademais, relembrou-se de alguns conceitos, como ondas gravitacionais, efeito Doppler e alguns fenômenos astronômicos, as formas de identificação foram diferenciadas. Por fim, com as informações recentes sobre o planeta detectado pela sonda Kepler, disponíveis na página da NASA [10], foi possível entender que, por mais que elas sejam formas distintas, a combinação das diferentes técnicas é uma ferramenta muito útil para facilitar as descobertas científicas.

Sobre os autores

Roger da Trindade Gomes (rogertrindadeufes@gmail.com), professor orientador do presente trabalho, é Licenciado em Matemática (2011) e Física (2018) pela Universidade Federal do Espírito Santo. Possui Especialização em Educação de Jovens e Adultos (2013), pelo Instituto Federal do Espírito Santo, e atualmente é mestrando em Ensino na Educação Básica pelo CEUNES-UFES. Professor de matemática de ensino médio do SESI, Linhares/ES, com interesse em pesquisas voltadas para a tecnologia na educação e astronomia.

Aline Marques Ferreira (alineferreiramarques@hotmail.com) concluiu o Ensino Médio (2020) na Escola Cat “Eurico de Aguiar Salles”, SESI-Linhares/ES e está cursando Técnico em Mecâ-

nica no SENAI-Linhares/ES. Participou e venceu a III MAES na categoria escola particular.

Lívia Cezar Bayerl (liviabayerl@gmail.com) concluiu o Ensino Médio (2020) na Escola Cat "Eurico de Aguiar Salles", SESI-Linhares e está cursando Técnico em Mecânica no SENAI. Integrou a lista de participantes da III MAES 2020, além disso continua as pesquisas sobre o tema astronomia.

Davi Bossatto Vettoraci (davibossatto@gmail.com) encerrou o Ensino Médio (2020), na Escola Cat "Eurico de Aguiar Salles" SESI-Linhares. O aluno cursa o Técnico em Mecânica no SENAI. Participou da III MAES 2020 com sua equipe, e continuou as pesquisas para a conclusão do artigo.

Adryan Petry Lenchuk (adryanplenchuk@gmail.com) encerrou o Ensino Médio (2020) pela escola SESI-Linhares e está cursando Técnico em Eletrotécnica no SENAI. Participou do III MAES 2020, e continua a pesquisar temas da área de astronomia.

Referências

- [1] C. Kitchin, *Exoplanets: finding, exploring, and understanding alien worlds* (Springer, New York, 2012).
- [2] M. Hrudková, *Planets by other suns*, Tese de Doutorado, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague (2009).
- [3] K. S. Oliveira Filho e M. F. O. Saraiva, M.F.O, *Astronomia & astrofísica*, 3.ed (Livraria da Física, São Paulo, 2014).
- [4] D. Mislis, *Theory and applications for transiting extrasolar planets*, Tese de Doutorado, University of Hamburg, Germany (2010).
- [5] W. C. Santos e R. G. G. Amorim, *Descoberta de exoplanetas pelo método de trânsito*, Revista Brasileira de Ensino de Física **39** (2), e2308 (2017).
- [6] A. Schossler, *O que são ondas gravitacionais e por que elas são importantes*, DW-Brasil, 11 fev. 2016, disponível em <https://p.dw.com/p/1Hu6H>, acesso em jan. 2021.
- [7] *Cientistas comprovam ondas gravitacionais de Einstein*. DW-Brasil, 11 fev. 2016, disponível em p.dw.com/p/1Htyh, acesso em jan. 2021.
- [8] Max Planck Society, *Discovering exoplanets with gravitational waves*, Phys.org, 9 jul. 2019, disponível em phys.org/news/2019-07-exoplanets-gravitational.html, acesso em jan. 2021.
- [9] N. Tamanini e C. Danielski, *The gravitational-wave detection of exoplanets orbiting white dwarf binaries using LISA*, Nat. Astron. **3**, 858–866 (2019).
- [10] *Roteiro para caça de planeta* [nossa tradução], Exoplanet Exploration - NASA, disponível em exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/kepler-timeline/#roadmap-for-planet-hunting, acesso em jan. 2021.