



O Universo no meu bolso

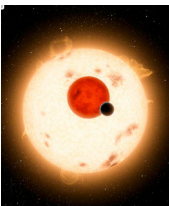


Jean Schneider
Grażyna Stasińska

Observatório de Paris

3

4



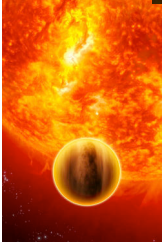
Respostas no verso



Qual destas imagens representa um planeta do Sistema Solar?



Desafio



Breve história das descobertas

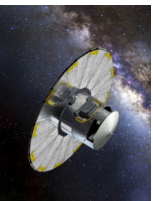
As primeiras descobertas de exoplanetas foram feitas do solo com o método da **velocidade radial** com espectrógrafos de alta precisão. HD114762b foi o primeiro planeta descoberto, em 1989. Em 1992, acharam-se 3 planetas ao redor de um pulsar. O número de detecções disparou desde então. Até 2019, este método achou mais de 800 planetas e 600 sistemas múltiplos planetários.

Em 2006, foi lançado o satélite francês da ESA CoRoT, e em 2009 o telescópio espacial Kepler da NASA. Ambos usaram o **método do trânsito**. CoRoT foi o primeiro a detectar um planeta rochoso. Kepler descobriu milhares de planetas.

Foram encontrados 90 planetas por **microlentes**, e 100 planetas por **imagem direta** da Terra.

O Gaia fornecerá **astrometria** e **movimentos próprios** para mais de 1 bilhão de estrelas. Ele deve detectar milhares de novos planetas.

9

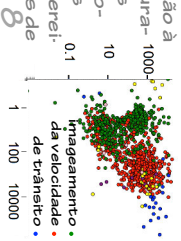


A missão Kepler observou 530.000 estrelas, e achou 2500 exoplanetas até agora. Outros 2500 candidatos aguardam análise.



O satélite europeu Gaia, lançado em 2013, operará até 2022. Estudará posição e movimento de mais de um bilhão de estrelas com uma precisão extraordinária.

Massas (com relação à da Terra) contra duração do ano (em dias terrestres) para todos os exoplanetas conhecidos até fevereiro de 2019 (dados de exoplanets.eu).



8

3

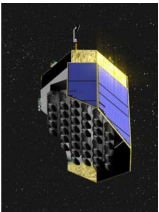
13

No futuro mais distante, enormes interferômetros espaciais farão mapas detalhados dos planetas. E, possivelmente, sondas interestelares serão lançadas em direção aos exoplanetas mais próximos para tirar imagens em close-up. Engenheiros já estão trabalhando em técnicas de propulsão para alcançar alvos tão distantes.

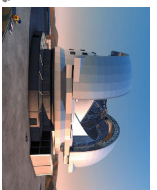
O futuro

Nos próximos 10 anos, os telescópios de 30 a 40 m de diâmetro operarão a partir da Terra para detectar exoplanetas por meio de imagens e variações da velocidade das estrelas. Telescópios satélites, incluindo Cheops, JWST, Plato e Ariel, serão lançados para detectar planetas pelo método de trânsito. O JWST também fará imagens diretas. Grandes telescópios espaciais de 8 a 18 m de diâmetro (LUVOIR, Habex) estão sendo desenvolvidos na NASA para detectar sinais de vida em exoplanetas até 2050.

Uma impressão artística do futuro Telescópio Europeu Extreme, que permanecerá a operar no Chile em 2025. Ele captará 13 vezes mais luz que os maiores telescópios existentes e produzirá imagens 16 vezes mais nítidas que o Telescópio Espacial Hubble.

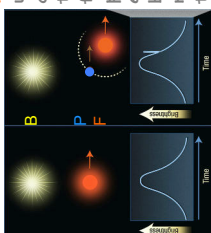


Plato, o futuro caçador europeu de exoplanetas, a ser lançado em 2026. Ele observará centenas de milhares de estrelas, procurando planetas usando a técnica de trânsito.



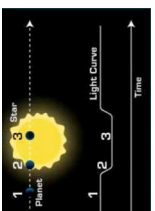
O projeto hipercópio por A. Labeyrie, um futuro interferômetro muito grande no espaço, para a cartografia de exoplanetas com uma resolução de 100 m.

12



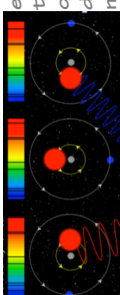
Microlentes:

Quando uma estrela F passa na frente de uma estrela B, ela cria uma 'lente gravitacional' que magnifica a sua luz. Se um planeta P orbita a estrela F, ele também irá magnificar B, mas por menos tempo.



Trânsitos:

Se um planeta passa na frente de uma estrela, ele produz um pequeno eclipse.



Métodos dinâmicos:

O planeta e a estrela orbitam seu centro comum de massa. O movimento da estrela ao redor do centro de massa é detectado pelo deslocamento das linhas em seu espectro (ver TUIMPs 2 e 10).

Métodos indiretos de descoberta

As primeiras detecções de exoplanetas usaram os **efeitos** do planeta em sua estrela (ver página ao lado), permitindo derivar muitas propriedades planetárias.

- Com **métodos dinâmicos**, ao estudar variações da **velocidade radial** da estrela, obtemos o tamanho e excentricidade da órbita, o período de revolução e o limite inferior da massa de um planeta. O verdadeiro valor da massa e a orientação da órbita são derivados da mudança de posição da estrela em relação às estrelas próximas (**astrometria**).

- Com o método do **trânsito**, obtemos o tamanho do planeta a partir da profundidade da curva de luz durante o eclipse e o período de revolução a partir do tempo entre os eclipses.
- Com **microlentes** obtemos a massa do planeta e sua distância à estrela.

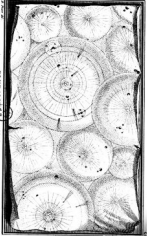
5

As primeiras tentativas dos astrônomos para detectar planetas em torno de outras estrelas foram no final dos anos 30, mas até 1989 houve apenas falhos alarmes.

2



Um desenho representando a 'pluridade de mundos' como imaginada pelo escritor francês Fontenelle em 1686.



Uma versão colorida de uma gravura de um livro publicado em 1888 por Camille Flammarion. Ela mostra um peregrino descobrindo outro mundo.

A ideia de que 'outros mundos' podem existir além do nosso Sistema Solar foi sugerida pelo filósofo grego Epicuro, 2.300 anos atrás. Em 1584, o filósofo Giordano Bruno argumentou que estrelas são sóis assim como o nosso. Nos séculos XVII e XVIII, muitos cientistas e filósofos, como Charles Huygens e Immanuel Kant, desenvolveram ainda mais o conceito de outros mundos.

Métodos diretos de descoberta

A detecção direta de um exoplaneta é difícil porque planetas são fracos, pequenos e ficam muito próximos das suas estrelas, que são pelo menos 10 milhões de vezes mais brilhantes. Assim, precisamos mascarar cuidadosamente a estrela por uma técnica chamada coronografia. A detecção direta, quando possível, é vantajosa: com várias imagens determinamos uma órbita completa. A espectroscopia do planeta revela a composição molecular de sua atmosfera, bem como seu clima e condições meteorológicas. O monitoramento fotométrico do planeta dá o seu período de rotação, isto é, a duração do seu dia. O tamanho e a massa do planeta, porém, só podem ser obtidos por métodos indiretos.

7

Uma visão artística de Kepler-16b, um planeta orbitando duas estrelas.

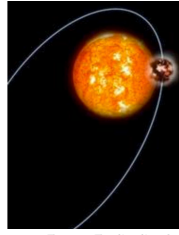
Uma imagem de Júpiter processada pelo cientista David Marriot. NASA/JPL-Caltech/GWRI/MSSS/Marriott

Uma visão artística de HD 114762b, o primeiro exoplaneta a ser descoberto, em 1996.

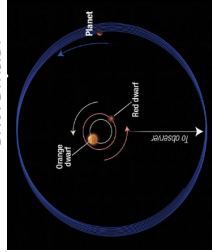
Uma visão artística de 51 Pegasi b, um planeta gigante com um 'ano' de apenas 4 dias.



Uma visão imaginária (fora de escala) do planeta CoRoT-7 b, uma Super-Terra muito quente.



Uma representação artística por G. Thimm do planeta Kepler-432b, com sua órbita altamente excêntrica, que produz estações extremas.



O planeta Kepler-413b, que gira em torno de duas estrelas: uma laranja e uma vermelha.

10

TUMIP Creative Commons



Para saber mais sobre essa série e sobre os tópicos apresentados neste livrinho, por favor visite <http://www.tumip.org>

Imagem da capa: Esta imagem ilustra a ideia de que os mundos rochosos podem ser abundantes e altamente diversificados no Universo (Crédito: JPL). Todas as imagens de exoplanetas e satélites neste livrinho são representações artísticas. Créditos: NASA, ESA and ESO.

Este livrinho foi escrito em 2019 por Jean Schneider e Grazyna Stasievska do Observatório de Paris (França) e traduzido por Natália Vale Assari da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil).

O Universo no meu bolso No. 8

A diversidade de mundos

Até 2019, mais de 4000 planetas foram confirmados, enquanto mais de 3000 aguardam confirmação. Muitos planetas estranhos foram descobertos e não existem no Sistema Solar:

- Planetas com temperaturas de mais de 1000 °C que orbitam sua estrela em apenas alguns dias (em comparação com um ano para a Terra).
- Planetas em evaporação,
- Planetas duas vezes maiores que a Terra, chamados Super-Terras, com estações extremas (-100 °C no inverno, +100 °C no verão),
- Planetas com dois sóis,
- Sistemas de planetas muito próximos aos seus sóis.

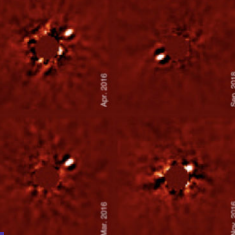
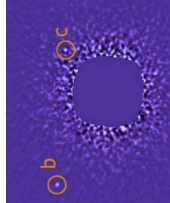
11

Alguns exoplanetas podem ter condições físicas necessárias (quantidade e qualidade de luz da estrela, temperatura, composição atmosférica) para a existência de química orgânica complexa e talvez para o desenvolvimento de Vida (que pode ser bem diferente da Vida na Terra).

3

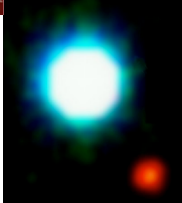
Por que buscar exoplanetas? Há cerca de 100.000.000.000 estrelas na nossa galáxia, a Via Láctea. Quantos exoplanetas - planetas fora do Sistema Solar - esperamos que existam? Por que algumas estrelas são rodeadas de planetas? Quão diversos são os sistemas planetários? Essa diversidade nos diz algo sobre o processo de formação de planetas? Estas são algumas das muitas perguntas que motivam o estudo dos exoplanetas.

Dois planetas ao redor da estrela HR 8799, descoberta em 2008 usando coronografia em luz infravermelha com o telescópio Gemini Norte, Havaí.



Sequência de imagens pelo Very Large Telescope do ESO no Chile. Ela mostra o movimento do planeta Beta Pictoris b ao orbitar a estrela. Crédito: Lagrange et al.

A primeira imagem de um exoplaneta, pelo ESO VLT em 2004. Ele orbita a estrela 2M1207, uma estrela 'aná marrom', fraca e de massa pequena, mostrada aqui em branco. Crédito: Chauvin et al.



6