



Astrofísica Geral

Tema 15: Exoplanetas

Alexandre Zobot

Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

Atmosferas

Bibliografia



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

Atmosferas

Bibliografia



Distância

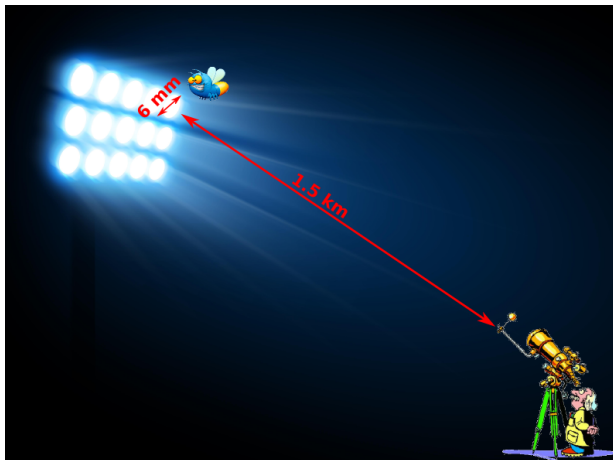
- ▶ Terra – ponta de lápis: ~ 1 mm
- ▶ Sol – diâmetro: ~ 10 cm
- ▶ Sol – distância: ~ 12 m
- ▶ Sistema Solar – diâmetro: ~ 1 km
- ▶ Próxima Centauri – distância: ~ 3000 km
 - ▶ (Joinville – Recife)



Considere a Terra do tamanho da ponta deste lápis: ~ 1 mm.



Brilho



Brilho de um exoplaneta em relação à estrela.



ARTICLES

A Jupiter-mass companion to a solar-type star

Michel Mayor & Didier Queloz

Geneva Observatory, 51 Chemin des Maillettes, CH-1290 Sauverny, Switzerland

The presence of a Jupiter-mass companion to the star 51 Pegasi is inferred from observations of periodic variations in the star's radial velocity. The companion lies only about eight million kilometres from the star, which would be well inside the orbit of Mercury in our Solar System. This object might be a gas-giant planet that has migrated to this location through orbital evolution, or from the radiative stripping of a brown dwarf.

For more than ten years, several groups have been examining the radial velocities of dozens of stars, in an attempt to identify orbital motions induced by the presence of heavy planetary companions^{1,2}. The precision of spectrographs optimized for Doppler studies and currently in use is limited to about 13 m s^{-1} . As the reflex motion of the Sun due to Jupiter is 13 m s^{-1} , all current searches are limited to the detection of objects with at least the mass of Jupiter (M_J). So far, all precise Doppler surveys have failed to detect any jovian planets or brown dwarfs.

Since April 1994 we have monitored the radial velocity of 142 G and K dwarf stars with a precision of 13 m s^{-1} . The stars in our survey are selected for their apparent constant radial velocity (at lower precision) from a larger sample of stars monitored for 15 years³. After 18 months of measurements, a small number of stars show significant velocity variations. Although most candidates require additional measurements, we report here the discovery of a companion with a minimum mass of $0.5 M_J$, orbiting at 0.05 AU around the solar-type star 51 Peg. Constraints originating from the observed rotational velocity of 51 Peg and from its low chromospheric emission give an upper limit of $2 M_J$ for

the mass of the companion. Alternative explanations to the observed radial velocity variation (pulsation or spot rotation) are unlikely.

The very small distance between the companion and 51 Peg is certainly not predicted by current models of giant planet formation⁴. As the temperature of the companion is above $1,300 \text{ K}$, this object seems to be dangerously close to the Jeans thermal evaporation limit. Moreover, non-thermal evaporation effects are known to be dominant⁵ over thermal ones. This jovian-mass companion may therefore be the result of the stripping of a very low-mass brown dwarf.

The short-period orbital motion of 51 Peg also displays a long-period perturbation, which may be the signature of a second low-mass companion orbiting at larger distance.

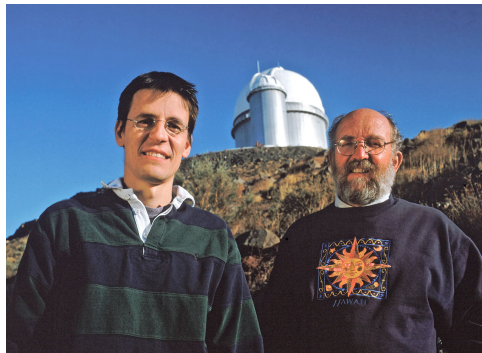
Discovery of Jupiter-mass companion(s)

Our measurements are made with the new fibre-fed echelle spectrograph ELODIE of the Haute-Provence Observatory, France⁶. This instrument permits measurements of radial velocity with an accuracy of about 13 m s^{-1} of stars up to 9 mag in an exposure time of <30 min. The radial velocity is computed

NATURE · VOL. 378 · 23 NOVEMBER 1995

© 1995 Nature Publishing Group

355



Primeira página do artigo publicado na Nature com a descoberta. A detecção foi feita com a técnica de Velocidade Radial.

Didier Queloz e Michel Mayor descobriram o primeiro exoplaneta em torno de uma estrela na Sequência Principal em 8/10/1995.



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

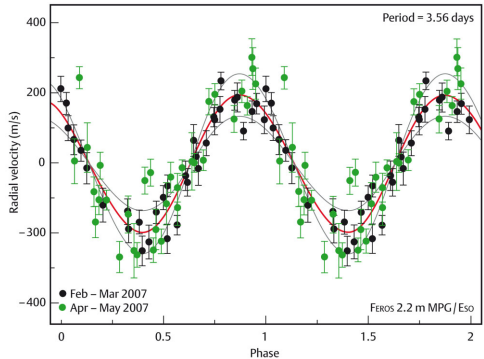
Atmosferas

Bibliografia



Velocidade radial

- ▶ Exoplanet.eu: 712 em 06/2017
- ▶ **Video** (exoplanet rv.mp4)
- ▶ Ponto Forte
 - ▶ Qualquer estrela a qualquer distância
- ▶ Ponto Fraco
 - ▶ A inclinação só permite conhecer a massa mínima

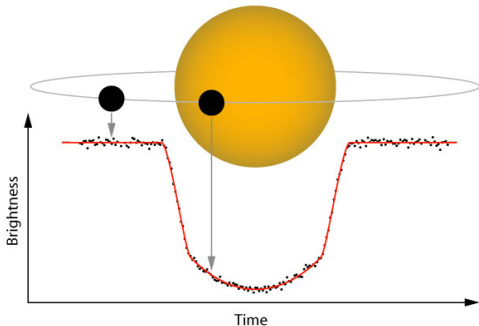


Curva de velocidade radial usada para detectar um exoplaneta.



Trânsito

- ▶ Exoplanet.eu: 2717 em 06/2017
- ▶ Ponto Forte
 - ▶ Medida do raio
 - ▶ Estudo da atmosfera
- ▶ Ponto Fraco
 - ▶ Inclinação precisa estar favorável
 - ▶ Detecções falsas (várias coisas causam mudança de brilho!)



Curva de brilho da estrela ao longo da passagem do planeta.



Imageamento direto

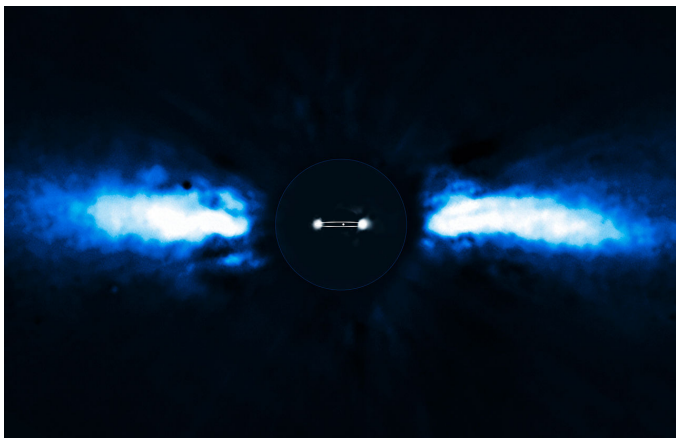


Imagem direta de um exoplaneta em torno da estrela β -pictoris mostrando duas posições do planeta (2003 e 2009), com uma linha indicando a possível órbita. As partes externas da figura mostram o disco de poeira de β -pictoris. As imagens foram feitas com o VLT (8.3 m).



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

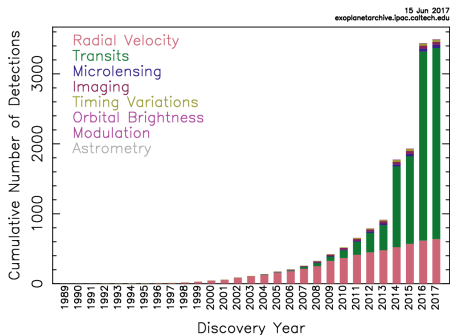
Exoplanetas exóticos

Atmosferas

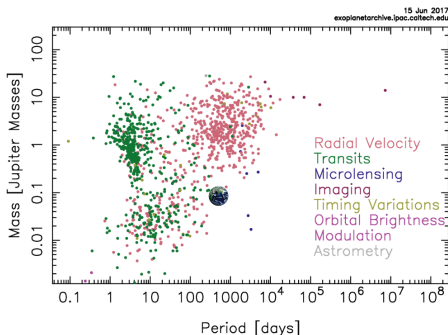
Bibliografia



Cumulative Detections Per Year



Mass – Period Distribution



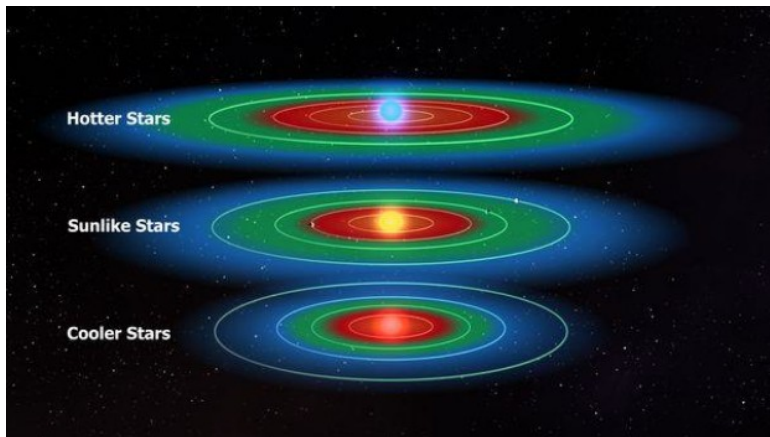
Dados de <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>

O grande aumento no número de detecções por trânsito planetário se deve ao satélite Kepler.

Observe os vieses observacionais no gráfico de Massa \times Período.



Zona de habitabilidade

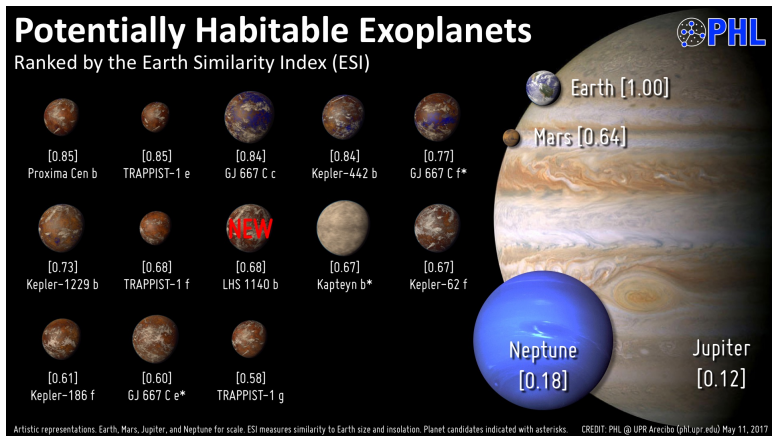


Zona de habitabilidade, um conceito **difícil** de definir.

Vamos estudar com detalhes na **Aula 28: Mundos habitáveis**.



Planetas com mais potencial para vida

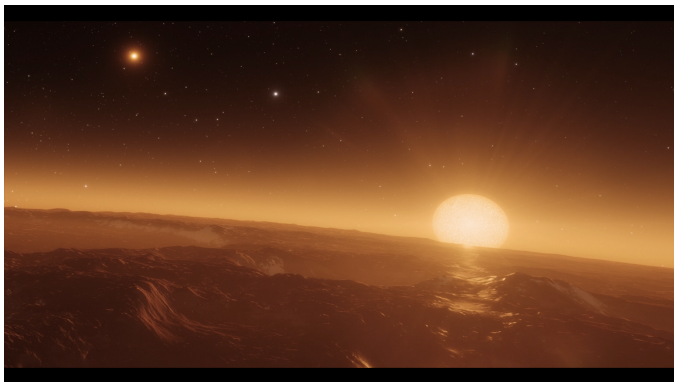


<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>

Critérios: $0.5 < R/R_{\oplus} \leq 1.5$ e $0.1 < M/M_{\oplus} \leq 5M$.



Trappist-1

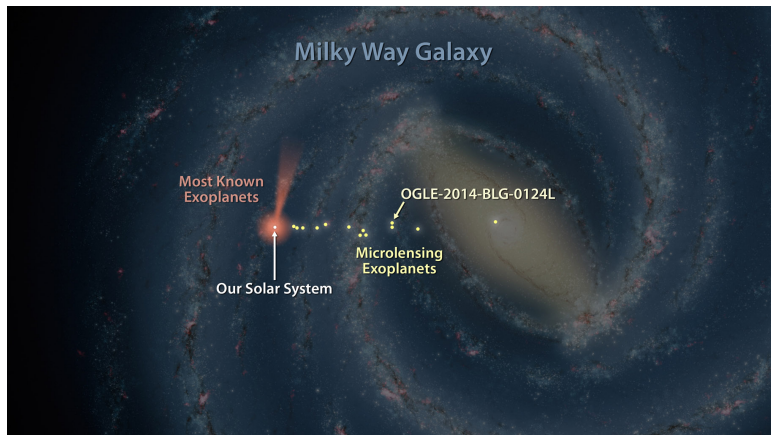


<http://www.eso.org/public/chile/videos/eso1706a/>

O Sistema Trappist-1 tem 3 planetas com muito potencial para ter vida e está somente a 40 anos luz de nós.



Busca por exoplanetas



A busca por exoplanetas mal começou! Os pontos amarelos são detecções por lentes gravitacionais. Em laranja, por outras técnicas.



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

Atmosferas

Bibliografia



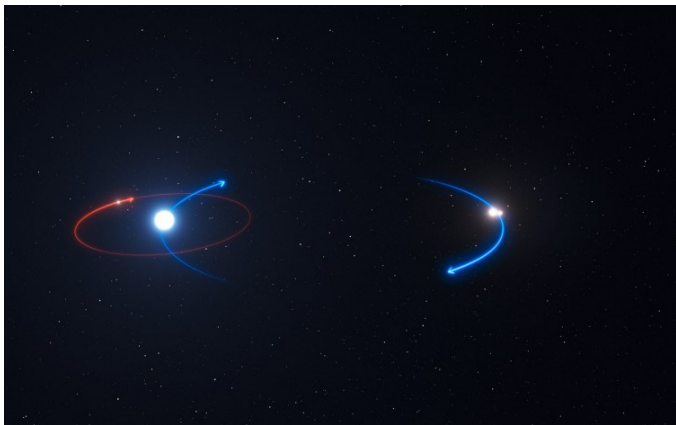
HD 131399 Ab: planeta com 3 sóis



HD 131399 Ab, o mais tênue dos objetos, orbita HD 131399 A (em cima). O par HD 131399 B e HD 131399 C também orbita HD 131399 A. Imagem obtida com o Sphere no VLT, do ESO. Wagner et al 2016, Science.



HD 131399 Ab: planeta com 3 sóis



Órbitas de HD 131399 Ab e as estrelas. O sistema é jovem, apenas 16 milhões de anos mas já está em órbitas estáveis. Seu período orbital é de 550 anos e está 16 vezes mais afastado da estrela do que Júpiter do Sol. Crédito ESO.



Planetas nômades



Nossa Galáxia está cheia de planetas nômades. Estimativas vão de 2 a 100 vezes o número de estrelas. Podem ter se formado da contração de uma nebulosa ou ter sido expulsos de sistemas planetários. Como são difíceis de detectar, conhecemos apenas cerca de uma dúzia, por eventos de microlentes gravitacionais.



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

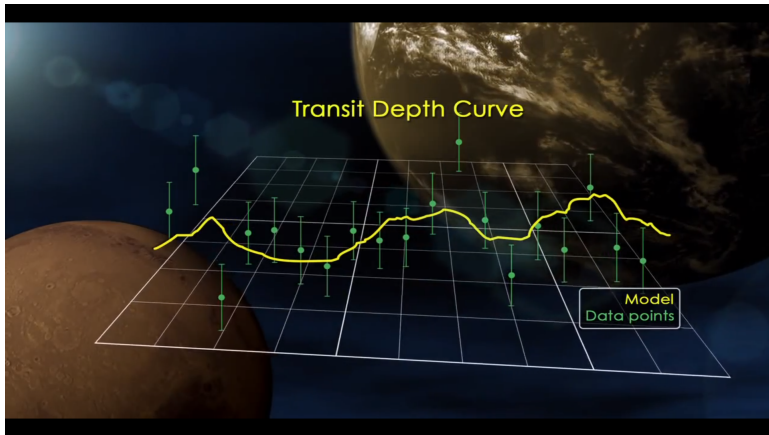
Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

Atmosferas

Bibliografia

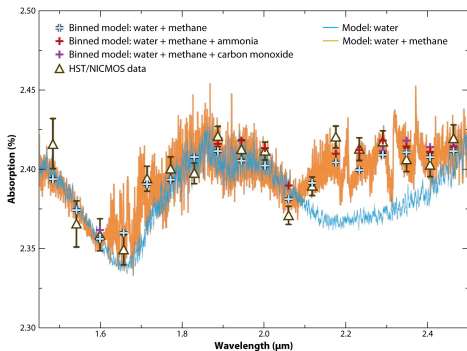
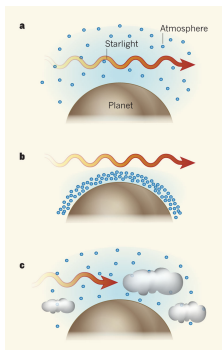




<https://www.youtube.com/watch?v=CcUhVCMAhAI>



Atmosfera



A luz que passa pela atmosfera de um exoplaneta pode ser usada para caracterizar essa atmosfera, como neste trabalho de Seager & Deming, 2010.



Índice

Desafio observacional

Técnicas observacionais

Quadro de descobertas

Exoplanetas exóticos

Atmosferas

Bibliografia



Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 11
- ▶ Fascínio do Universo, capítulo 5
- ▶ Curso de Astronomia do Prof. Steiner, aula 17.
- ▶ <http://www.astro.iag.usp.br/sylvio/exoplanets/planetas.htm>



REALIZAÇÃO

