Correções: Explorar a base de dados

Diagrama

Diagrama: Anos de Descoberta - Massas

- Graças à escala logarítmica na variável de massa, podemos ver o progresso dos métodos de deteção que nos permitem descobrir planetas cada vez menos massivos.

- Ao passar o cursor sobre os planetas descobertos em 1995, revela-se 51 Pegasi b, o primeiro exoplaneta descoberto. No entanto, o diagrama mostra exoplanetas descobertos antes dessa data, particularmente anãs castanhas descobertas através de imagens. Estes objetos foram adicionados ao catálogo quando se descobriu que os objetos entre 30 e 60 massas de Júpiter incluíam planetas e anãs castanhas. Antes de 1995, tinham sido descobertos objetos em redor de pulsares. Como os pulsares são restos de supernovas, fases explosivas de certas estrelas no final das suas vidas, os planetas destes pulsares não podem ter as propriedades esperadas de um planeta, atmosfera, temperatura moderada, etc. A história, portanto, não reconheceu estes objetos como planetas. Vemos também o planeta HD 114762 b, anunciado em 1989, mas cuja natureza planetária só foi confirmada posteriormente.

- Ao optar por apresentar as massas em massas terrestres [M_{Terra}] no eixo vertical, verificamos que a deteção de planetas menos massivos que a Terra tornou-se possível desde 2010.

Diagrama: Massas - Raios

- Os planetas representados neste diagrama são aqueles para os quais conhecemos a massa e o raio. Recorde-se que o método da velocidade radial fornece informação sobre a massa, mas não nos permite determinar o raio, e o método de trânsito fornece o valor do raio, mas não o da massa. Ambos os métodos devem ser utilizados para aceder aos dois parâmetros.

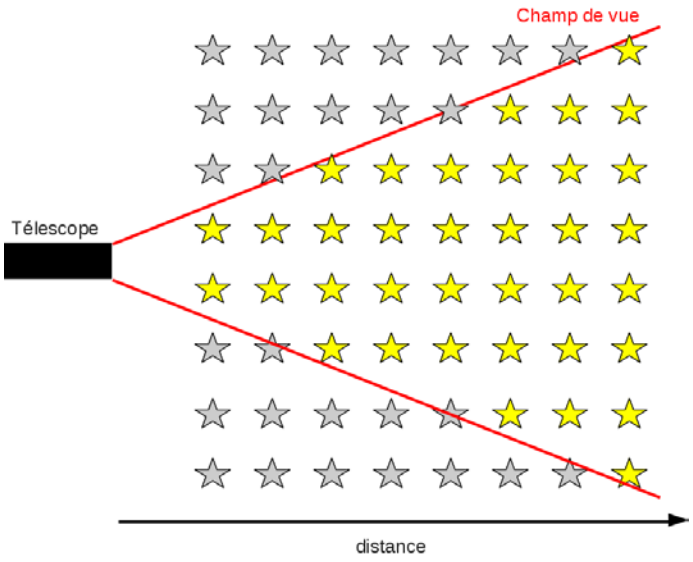
- Embora, no geral, vejamos que a massa dos planetas aumenta à medida que o seu raio aumenta, há uma enorme dispersão. Planetas com um raio de 0,9 massas de Júpiter estão dispersos entre 0,02 massas de Júpiter e 60 massas de Júpiter. Ao adicionar as barras de erro, verificamos que parte desta dispersão se deve a erros de medição, mas parte é real e reflete objetos de densidades extremamente diferentes.

- Observámos a população de objetos detetados por imagem (técnica favorecida por uma grande distância à estrela) que corresponde aos objetos mais massivos. Alguns destes objetos têm um raio grande, indicando que são corpos jovens em processo de colapso.

Diagrama: Distâncias - Massas

- Este diagrama ilustra a complementaridade das diferentes técnicas utilizadas para estudar exoplanetas. Descobrimos principalmente planetas próximos do Sol, até alguns milhares de parsecs para os mais distantes. Todas estas estrelas estão NA Via Láctea, a nossa galáxia que tem um raio de 15.000 parsecs.
- Os planetas detetados e estudados usando os métodos da velocidade radial e de imagem direta estão próximos de nós porque estes métodos são mais eficazes para estrelas brilhantes. A primeira técnica requer estrelas luminosas para espectroscopia de alta resolução, enquanto a segunda procura detetar a luz dos planetas, que é muito fraca e só pode ser detetada para sistemas relativamente próximos do Sol.

- Os trânsitos detetam planetas mais distantes porque este método é "aleatório": detetar um trânsito só é possível se o plano da órbita do planeta for perpendicular ao plano do céu, o que é raro. Portanto, um grande número de estrelas deve ser observado para detetar trânsitos planetários. Ora, dentro de um ângulo sólido (o campo de visão do instrumento), existem mais estrelas distantes do que estrelas próximas.



- É por esta mesma razão que os planetas mais distantes foram detetados por microlentes gravitacionais, que é também um método "aleatório".

- A estrela mais próxima do Sol, Alpha Centauri, a 1,3 parsecs, está rodeada de planetas, mas se os procurarmos usando o rato, não os encontraremos, porque não conhecemos as suas massas, apenas o valor de massa × sen(i) obtido usando a técnica da velocidade radial. Aparecerão substituindo o parâmetro *Massa Planetária* por *massa planetária × sen(i)*.

Diagrama: Períodos - Semieixos maiores

- Este diagrama de coordenadas log-log mostra uma relação proporcional entre o logaritmo do semieixo maior da órbita, a, e o logaritmo do período orbital, P. Esta é a terceira lei de Kepler:

$$P^2/a^3 = \text{constante}$$

expressa como:

$$2 \times \log(P) = 3 \times \log(a) + C$$

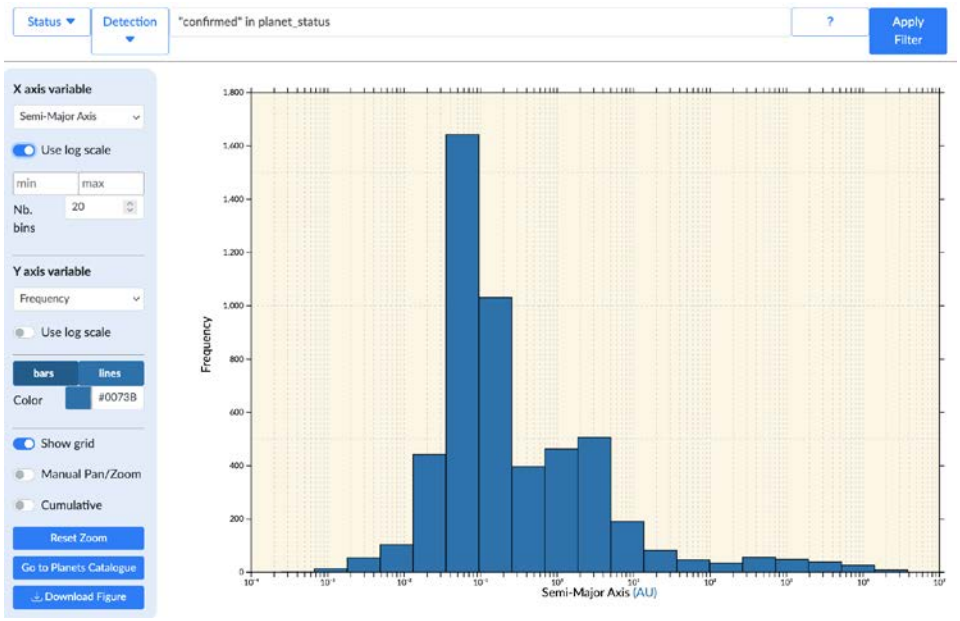
Esta lei é utilizada para deduzir o valor do semieixo maior da órbita de um exoplaneta, a partir da medição do período orbital e da massa conhecida da estrela.

A dispersão dos pontos deve-se à dependência da constante na massa da estrela hospedeira.

Histogramas

Histograma: Semieixos maiores

- Este primeiro diagrama mostra que existem valores entre 0 e 40.000 UA, mas que a maioria dos dados se encontra nos valores mais baixos. Para visualizar esta região, escolha uma escala logarítmica (Utilize a escala logarítmica na variável do eixo X).



- O diagrama está agora centrado em 10 UA, e a maioria dos valores situa-se entre 0,04 UA e 0,2 UA, o que significa que os exoplanetas estão mais próximos da sua estrela do que Mercúrio está do Sol.

- A grande maioria dos planetas encontra-se a menos de 10 UA da sua estrela. Jogando com os métodos de deteção, verificamos que este viés afeta apenas planetas detetados por trânsitos ou velocidade radial. Esses métodos indiretos exigem o seguimento do movimento da estrela por pelo um período planetário. Desde que a procura por exoplanetas começou há 30 anos, os métodos indiretos apenas conseguiram detetar planetas com períodos inferiores a 30 anos. A terceira lei de Kepler permite calcular que este período corresponde a um semieixo maior de $30^{2/3}$ = 10 UA.

Histograma: Excentricidades

- Vários exoplanetas têm uma excentricidade exatamente igual a zero. Estes são planetas para os quais não temos informação sobre a forma da sua órbita, que assumimos, portanto, ser circular (e = 0). Isto é um viés observacional.

- Notamos também que a distribuição das excentricidades está a diminuir, mas existem ainda muitos planetas com órbitas muito excêntricas. Com uma excentricidade de 0,2, o planeta estará uma vez e meia mais distante da sua estrela no seu ponto mais distante (apoastro) do que no seu ponto mais próximo (periapso).

- Comparando com os planetas do Sistema Solar, verificamos que muitos exoplanetas têm órbitas muito mais excêntricas do que os planetas do Sol:

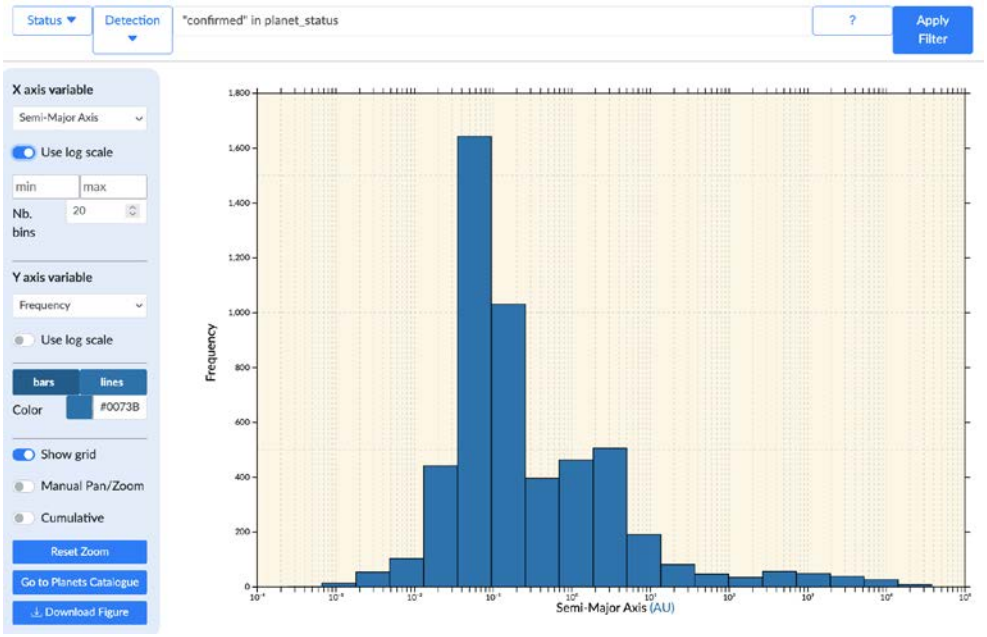
Planetas	Excentricidades
Mercúrio	0,2
Vénus	0,007
Terra	0,02
Marte	0,09
Júpiter	0,05
Saturno	0,05
Úrano	0,05
Neptuno	0,004

Histograma: Raios

- Este primeiro histograma está numa escala linear e mostra que a maioria dos exoplanetas tem um raio inferior a 2 raios de Júpiter.

- Ao ativar o Trânsito Primário no menu suspenso Deteção, na parte superior da página, a única alteração é o número de planetas (Planetas Representados na parte inferior da página), que diminuiu em algumas dezenas. Isto mostra que as medições do raio dos exoplanetas são obtidas quase exclusivamente pelo método de trânsito.

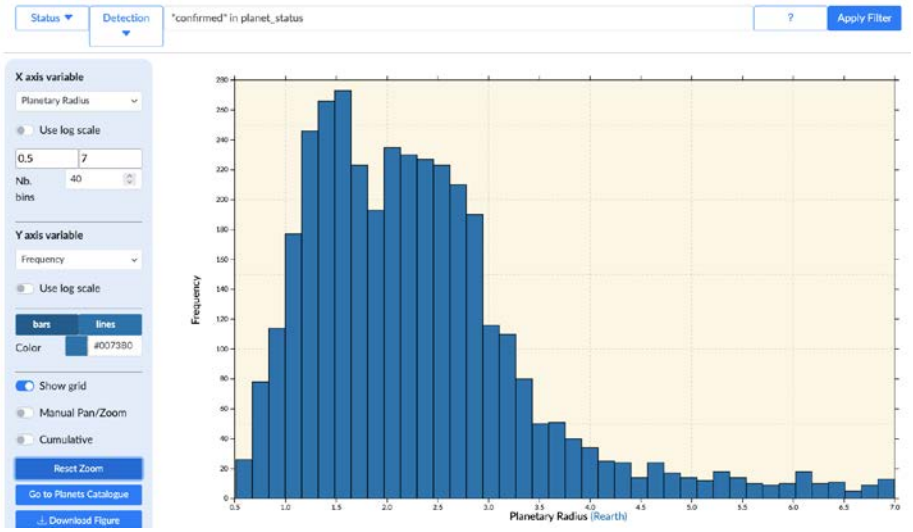
- Para ver mais detalhes, ative a escala logarítmica no menu suspenso da variável do eixo X.



- O histograma mostra então que existem duas populações e que os planetas grandes, com raio igual ou superior ao de Júpiter, são menos numerosos que os pequenos.

- O limite esquerdo do diagrama (os planetas mais pequenos) é um enviesamento observacional devido a limitações instrumentais.

- O grande número de planetas no histograma permite destacar mecanismos importantes através da seleção cuidadosa dos parâmetros do histograma, como o foco de um telescópio. O esquema abaixo (escala linear, unidades em raios terrestres, intervalo entre 0,5 e 7 raios terrestres e número de intervalos igual a 40) destaca uma depressão centrada em 1,8 raios terrestres. Esta falta de objetos é designada por vale dos raios ou lacuna de Fulton (https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cart_de_Fulton).



Este vale é a assinatura de um fenómeno importante: a fotoevaporação de atmosferas. Os planetas neste histograma são quase exclusivamente planetas em trânsito e, portanto, muito próximos das suas estrelas. À direita deste vale, os mini-Neptunos são planetas com uma atmosfera densa de hidrogénio e hélio. À esquerda do vale, os planetas estão suficientemente próximos das suas estrelas para que as suas atmosferas evaporem. Tornam-se então planetas rochosos com raios menores que os dos mini-Neptunos. Este evento, que se assemelha a uma ocorrência cometária, está no centro da investigação atual para compreender os limites do vale para os diferentes tipos de estrelas. É também possível que outros mecanismos estejam envolvidos, como a perda de massa devido à evolução do próprio núcleo planetário.