Correções: Explorar a base de dados

Diagrama

Diagrama: Anos de descoberta - Massas

- Graças à escala logarítmica na variável de massa, verificamos progressos nos métodos de deteção que nos permitem descobrir planetas de massa cada vez menor.

- Passando o rato sobre os planetas descobertos em 1995, vemos 51 Pegasus b, o primeiro exoplaneta descoberto. No entanto, vemos no diagrama exoplanetas descobertos antes dessa data, em particular anãs castanhas descobertas por 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, foram descobertos objetos em redor de pulsares. Como os pulsares são restos de supernovas, fases explosivas de certas estrelas no final da sua vida, os planetas destes pulsares não podem ter as propriedades esperadas para um planeta, atmosfera, temperatura moderada, etc. A história não reteve, portanto, estes objetos como planetas. Vemos também o planeta HD 114762 b, anunciado em 1989, mas cuja natureza planetária só foi confirmada mais tarde.

- Escolhendo apresentar as massas em massas terrestres [M_{Terra}] no eixo vertical, vemos que as deteções de planetas menos massivos que a Terra têm sido possíveis 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 saber o raio, e o método do trânsito fornece o valor do raio, mas não o da massa. Devemos utilizar ambos os métodos para aceder aos dois parâmetros.

- Se, no geral, verificarmos que a massa dos planetas aumenta quando o seu raio aumenta, verifica-se uma enorme dispersão. Os planetas com um raio de 0,9 Júpiter estão dispersos entre 0,02 massas de Júpiter e 60 massas de Júpiter. Adicionando as barras de erro, verificamos que parte desta dispersão se deve a erros nas medições, mas parte é real e reflete objetos de densidades extremamente diferentes.

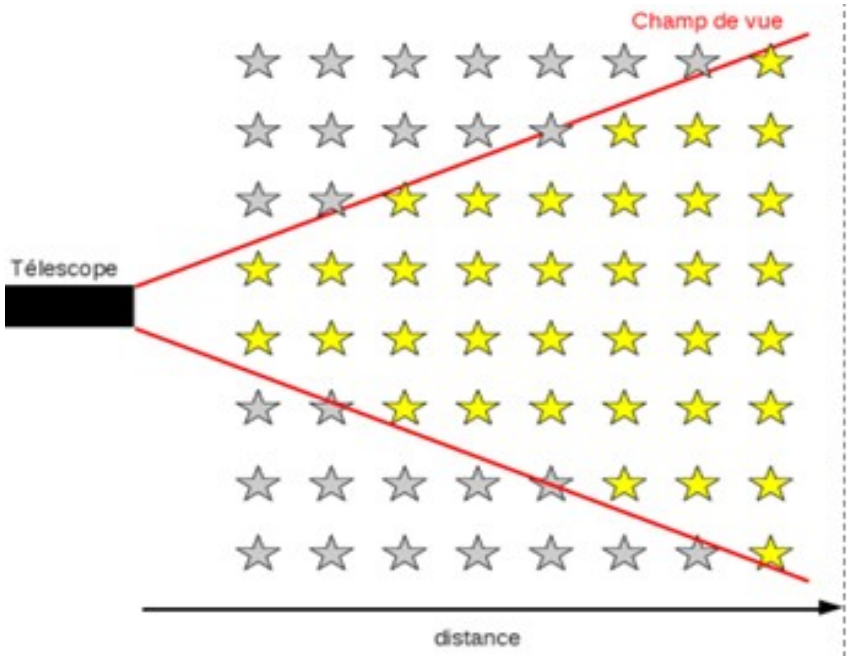
- Observamos que a população de objetos detetados por imagem (técnica favorecida pela grande distância da estrela) corresponde aos objetos mais massivos. Alguns destes objetos têm um raio grande, o que indica corpos jovens em processo de colapso.

Diagrama: Distâncias - Massas

- Este diagrama mostra a complementaridade das diferentes técnicas utilizadas para estudar os 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 com os métodos de velocidade radial e imagem direta estão perto de nós, porque estes métodos são mais eficazes para estrelas brilhantes. A primeira técnica necessita de estrelas brilhantes para realizar espectroscopia de alta resolução, enquanto a segunda procura detectar a luz dos planetas, que é muito fraca e só pode ser detectada em sistemas relativamente próximos do Sol.

- Os trânsitos detectam planetas mais distantes, porque este método é "aleatório": a detecção de 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. No entanto, num ângulo sólido (o campo de visão do instrumento), existem mais estrelas distantes do que próximas.



- Pela mesma razão, os planetas mais distantes foram detectados por microlente gravitacional, que é também um método "aleatório".

- A estrela mais próxima do Sol, Alfa Centauri, a 1,3 parsecs, está rodeada de planetas, mas se os procurarmos com o rato, não os encontraremos, pois não conhecemos as suas massas, mas apenas o valor de massa × sen(i) obtido pela técnica da velocidade radial. Podemos vê-los aparecer substituindo o parâmetro Massa Planetária por massa planetária × sen(i).

Diagrama: Períodos - Semi-eixos maiores

- Este diagrama em 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 na forma:

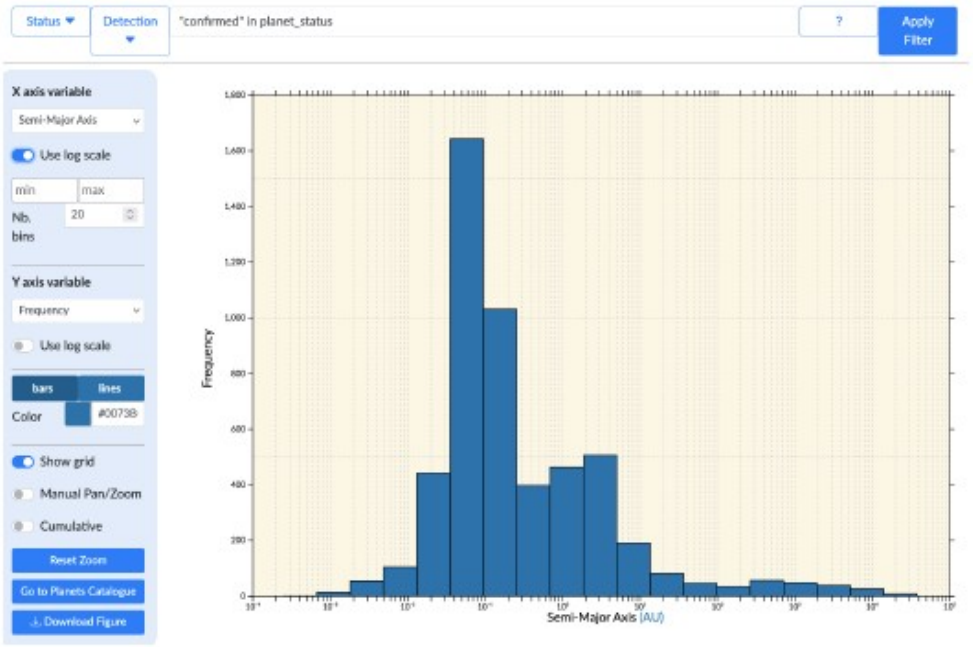
$$2 \times \log(P) = 3 \times \log(a) + C$$

Esta lei é usada para deduzir o valor do semieixo maior da órbita de um exoplaneta, a partir da medição do período de revolução e do conhecimento da massa da estrela.
A dispersão dos pontos deve-se à dependência da constante com a massa da estrela hospedeira.

Histogramas

Histograma: Semi-eixos maiores

- Este primeiro diagrama mostra que existem valores entre 0 e 40.000 UA, mas que a maioria se encontra nos valores mais baixos. Para ver 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, ou seja, exoplanetas mais próximos da sua estrela do que Mercúrio está do Sol.

- A maioria dos planetas encontra-se a menos de 10 UA da sua estrela. Ao brincar com os métodos de deteção, vemos que este enviesamento diz apenas respeito aos planetas detetados por trânsitos ou velocidades radiais. Estes métodos indiretos requerem o rastreio do movimento da estrela durante pelo menos um período do planeta. Desde que a procura de exoplanetas começou, há 30 anos, os métodos indiretos apenas conseguiram detetar planetas com períodos inferiores a 30 anos. A 3ª lei de Kepler permite-nos calcular que este período corresponde a um semieixo maior de $30^{2/3}$ = 10 UA.

Histograma: Excentricidades

- Vários exoplanetas têm uma excentricidade exactamente nula. Trata-se de planetas para os quais não temos informação sobre a forma da órbita, que é, portanto, assumida como circular (e = 0). Trata-se, portanto, de um viés observacional.

- Notamos também que a distribuição das excentricidades está a diminuir, mas que ainda existem muitos planetas cujas órbitas são muito excêntricas. Com uma excentricidade de 0,2, o planeta estará uma vez e meia mais afastado da sua estrela na sua maior distância (apoastro) do que na sua maior proximidade (periápside).

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

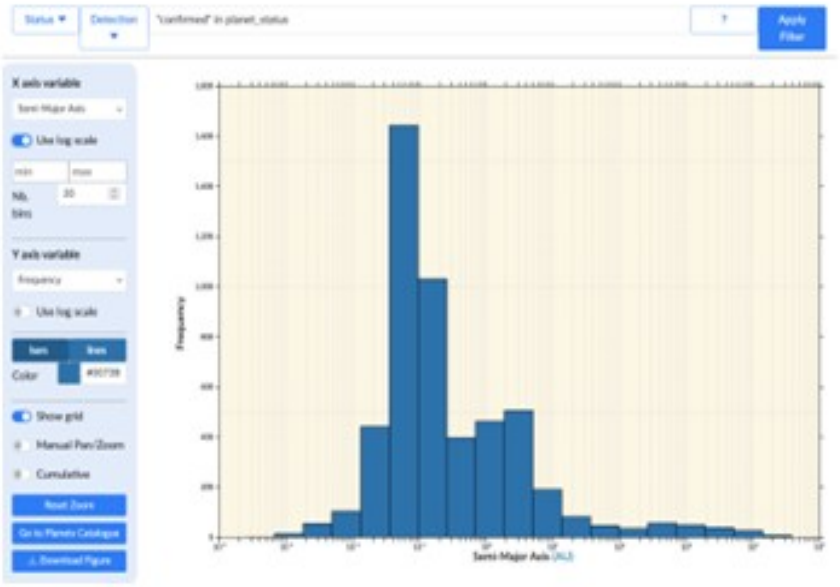
Planètes	Excentricités
Mercure	0.2
Vénus	0.007
Terre	0.02
Mars	0.09
Jupiter	0.05
Saturne	0.05
Uranus	0.05
Neptune	0.004

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 Detecção, no topo da página, a única alteração é o número de planetas (Planetas representados na parte inferior da página), que perdeu algumas dezenas. Isto mostra que as medições do raio dos exoplanetas são obtidas quase exclusivamente pelo método de trânsito.

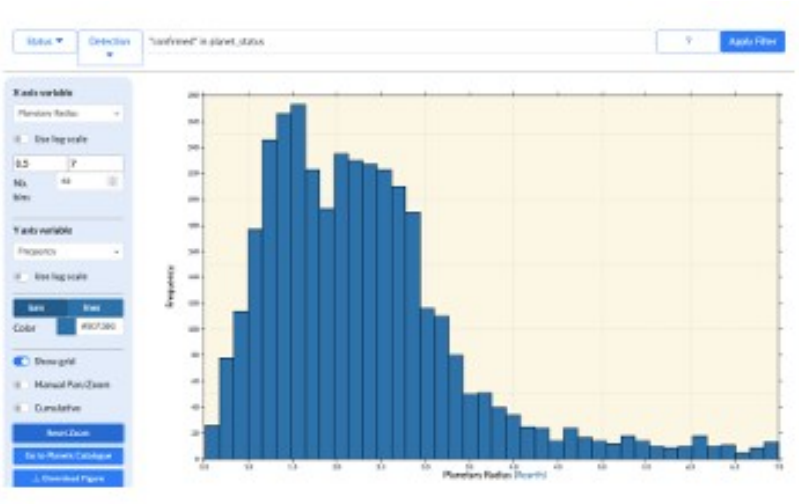
- Para ver mais detalhes, ative a escala logarítmica no menu suspenso da variável do eixo X.



- O histograma mostra então que existem duas populações e que os planetas grandes, com raio igual ou superior ao raio de Júpiter, são menos numerosos do que os planetas 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, seleccionando cuidadosamente os parâmetros do histograma, como por exemplo o foco de um telescópio. O diagrama abaixo (escala linear, unidades em raios da Terra, intervalo entre $0,5-7 R_T e número de compartimentos de 40) destaca uma depressão centrada em 1,8 raios da Terra. Esta ausência de objetos é designada por vale de 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 descobertos por trânsito e, portanto, muito próximos da sua estrela. 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 da sua estrela para que a sua atmosfera evapore. Tornam-se então planetas rochosos com raios menores que os dos mini-Neptunos. Este episódio, que se assemelha a um evento envolvendo cometas, está no centro da investigação atual para compreender as demarcações 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.