

# Planetas extra-solares e a possibilidade de vida fora da Terra



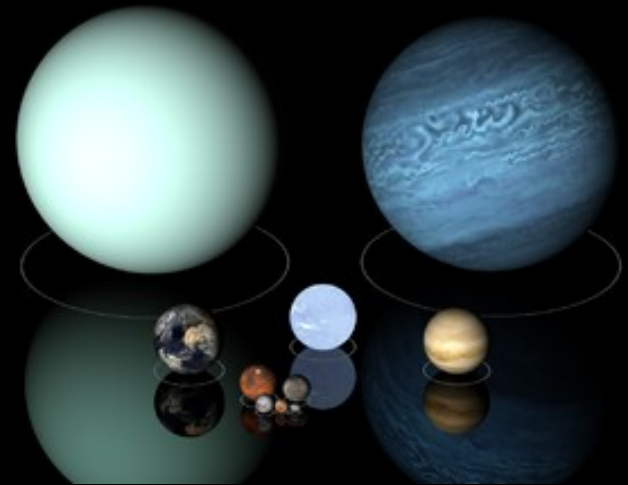
Alejandra Romero  
Departamento de Astronomia  
UFRGS

Mathematisches Seminar, 15.6.2005

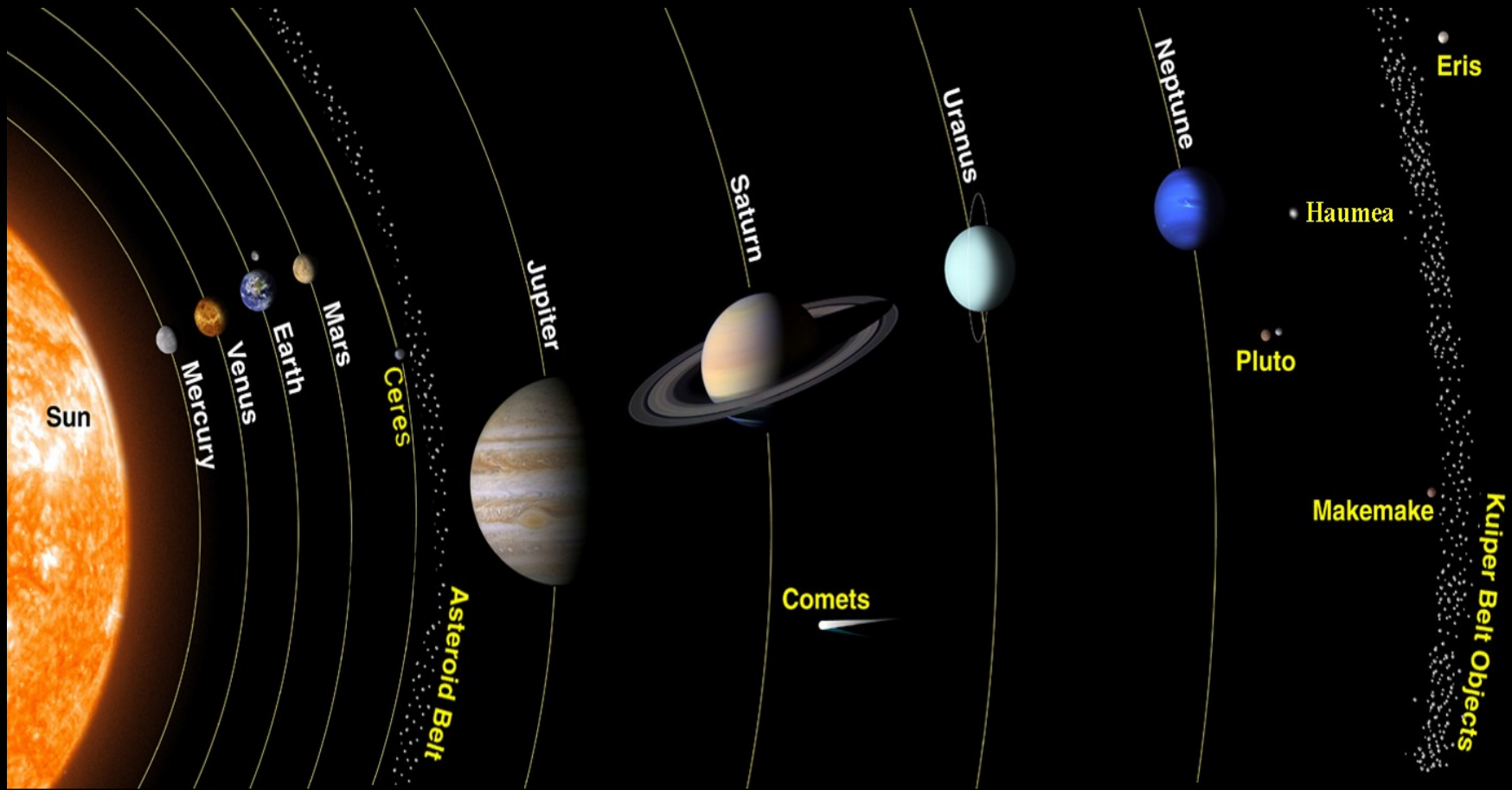
Imagem Detlev Koester

# O que é um planeta?

- Objeto que orbita uma estrela
- Têm massa suficiente para que ter uma forma “esférica” devido a gravidade própria
- Não têm massa suficiente para ter reações nucleares
- Refletem a luz da estrela central
- $M < 13M_{\text{Jup}}$



# Planetas no Sistema Solar



Sistema Solar: Sol (estrela central), 8 planetas, satélites, asteroides, anéis, cometas, etc.

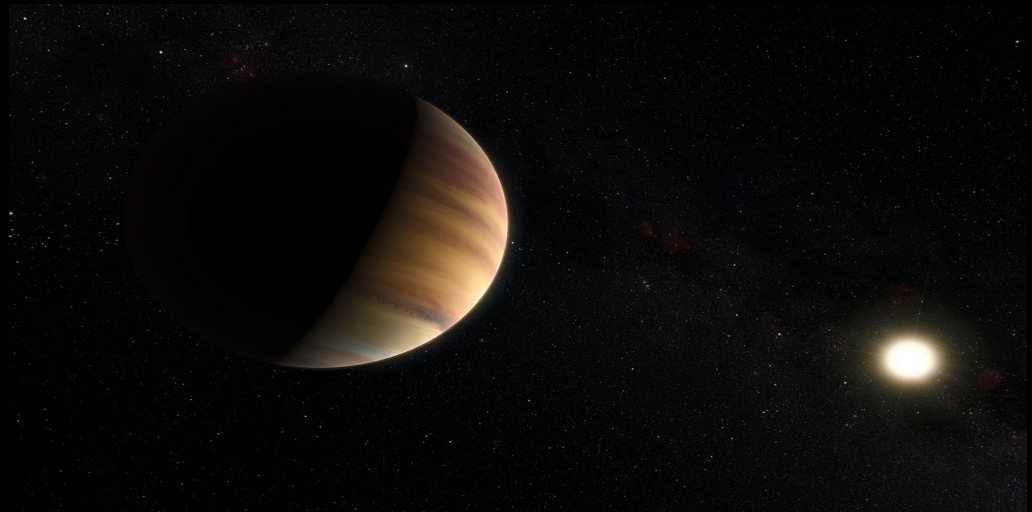
# Planetas além do Sistema Solar

- Primeiro planeta extra-solar: Pulsar PSR 1257+12

1992 Alexander Wolszczan detectou três planetas de tipo Terra.

- Primeiro planeta em volta de uma estrela como o nosso Sol:

1995 Michel Mayor e Didier Queloz, estrela 51 Pegasi,  
( $M=0.45M_J$ ,  $P=4,23$  dias,  $a=2.87$  UA)



# Planetas além do Sistema Solar

## Métodos de detecção:

- Imagem direta
- Transito planetário
- Velocidade radial



# Métodos de detecção: Imagem direta

Primeiro planeta extra-solar com imageamento direto (em torno de uma estrela do tipo Solar)

Imagem no infravermelho do telescópio Gemini Norte



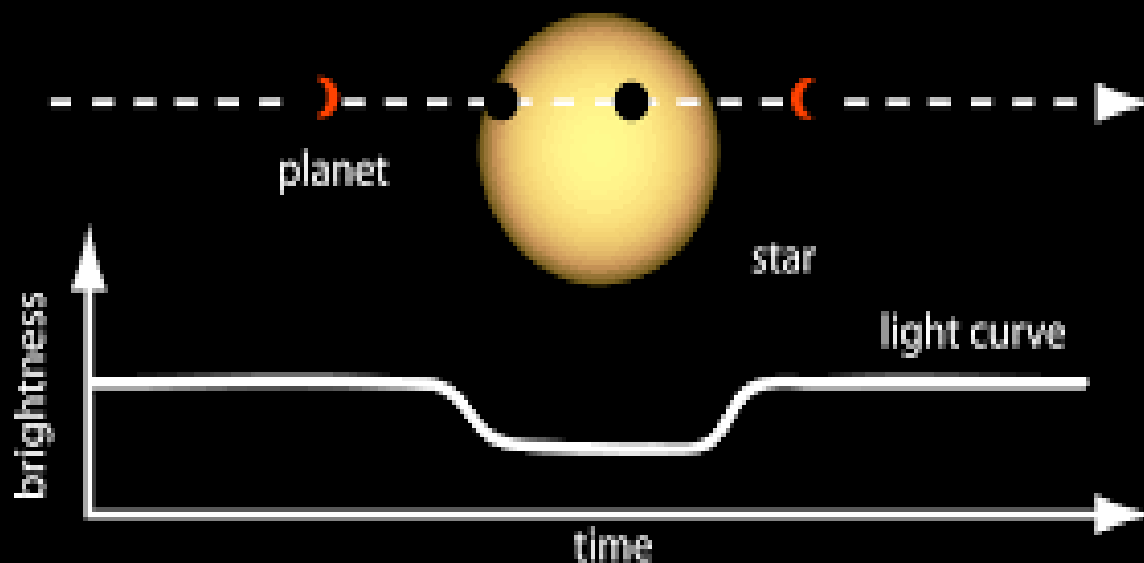
1RSX J160929,1210524  
(distância ~500 AL)



Tem se detectado 62 planetas com esse método

# Métodos de detecção: Transito

Quando o planeta passa pela frente da estrela o brilho dela diminui.

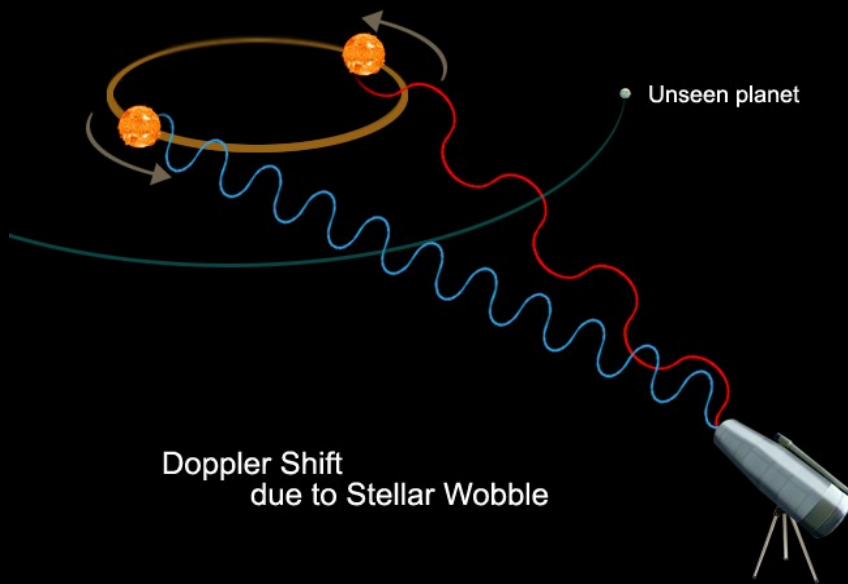


<https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/>

Tem se descoberto 3941 planeta com esse método

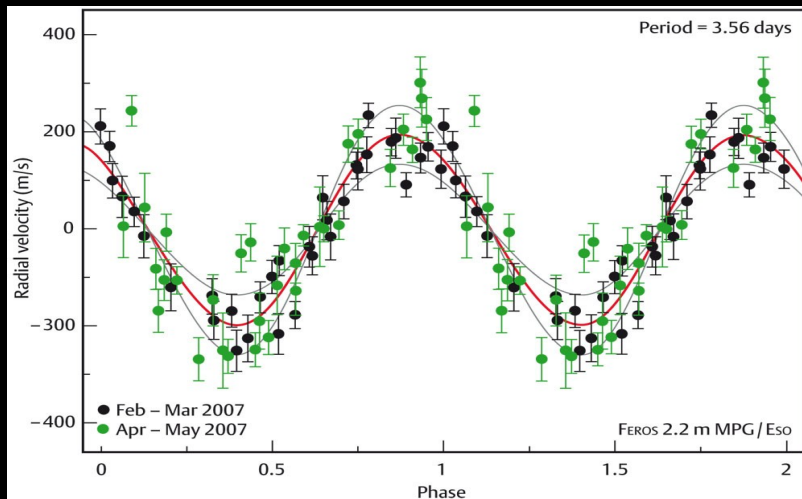
A mudança no brilho e a duração do eclipse dão informação sobre as propriedades do planeta.

# Método de Detecção: Velocidade Radial



O sistema estrela-planeta orbita em torno do Centro de Masa

Pelo efeito Doppler a luz que chega da estrela varia sua frequência (cor).



<https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/>

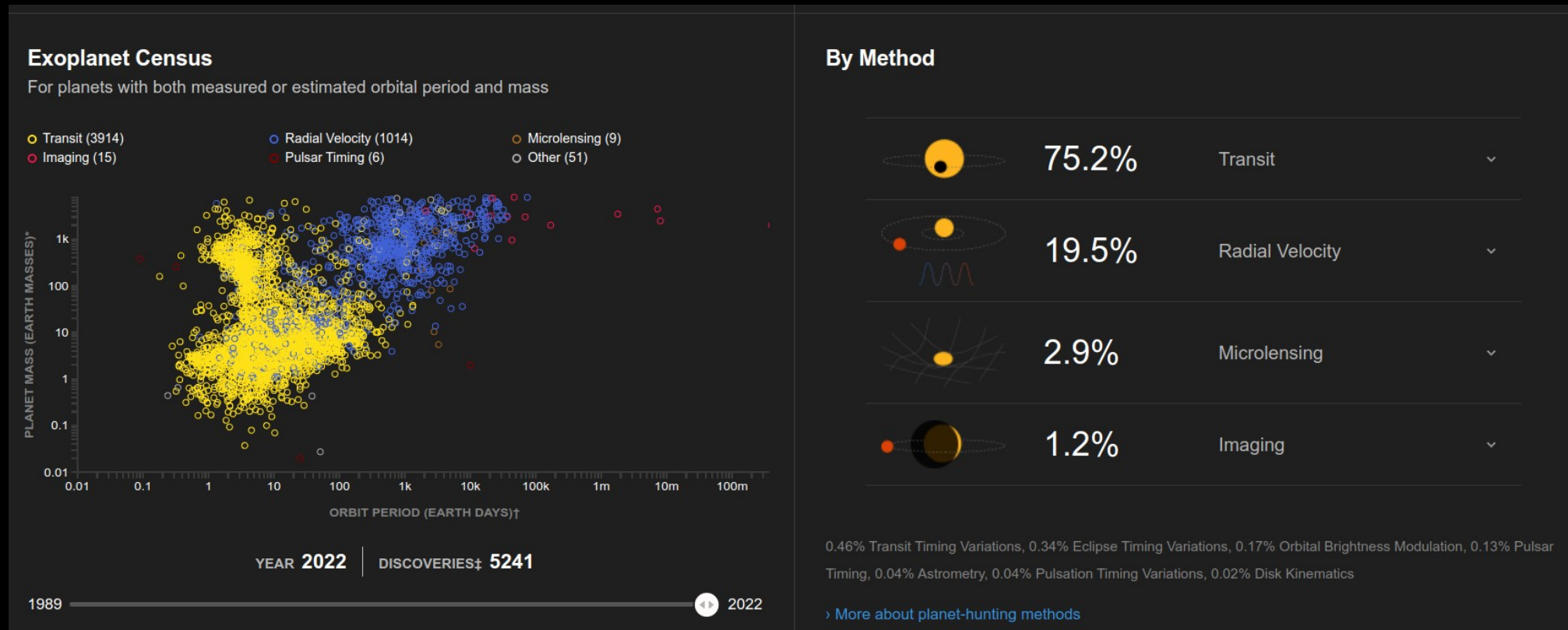
Tem se descoberto 1023 planetas com esse método



# Lista de exoplanetas (15 de Janeiro, 2023)

Planetas confirmados 5241  
Candidatos a planetas 9169  
Sistemas Planetários 3916

<https://exoplanets.nasa.gov/discovery/discoveries-dashboard/>



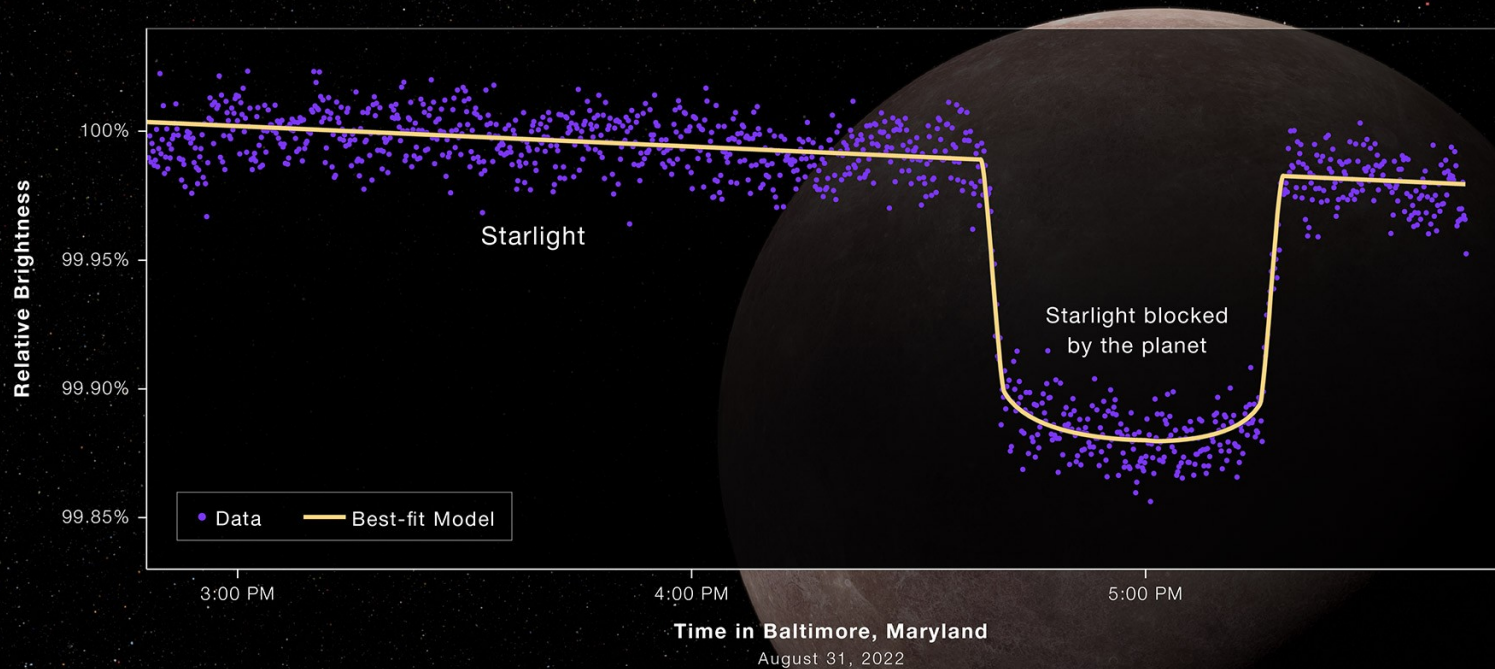
# JWST: o primeiro exoplaneta

ROCKY EXOPLANET LHS 475 b

## TRANSIT LIGHT CURVE

Planeta rochoso do tamanho da Terra

NIRSpec | Bright Object Time-Series Spectroscopy



**WEBB**  
SPACE TELESCOPE

# Condições de habitabilidade dos planetas

Condições mínimas de um planeta para ter a possibilidade de desenvolver e manter vida.

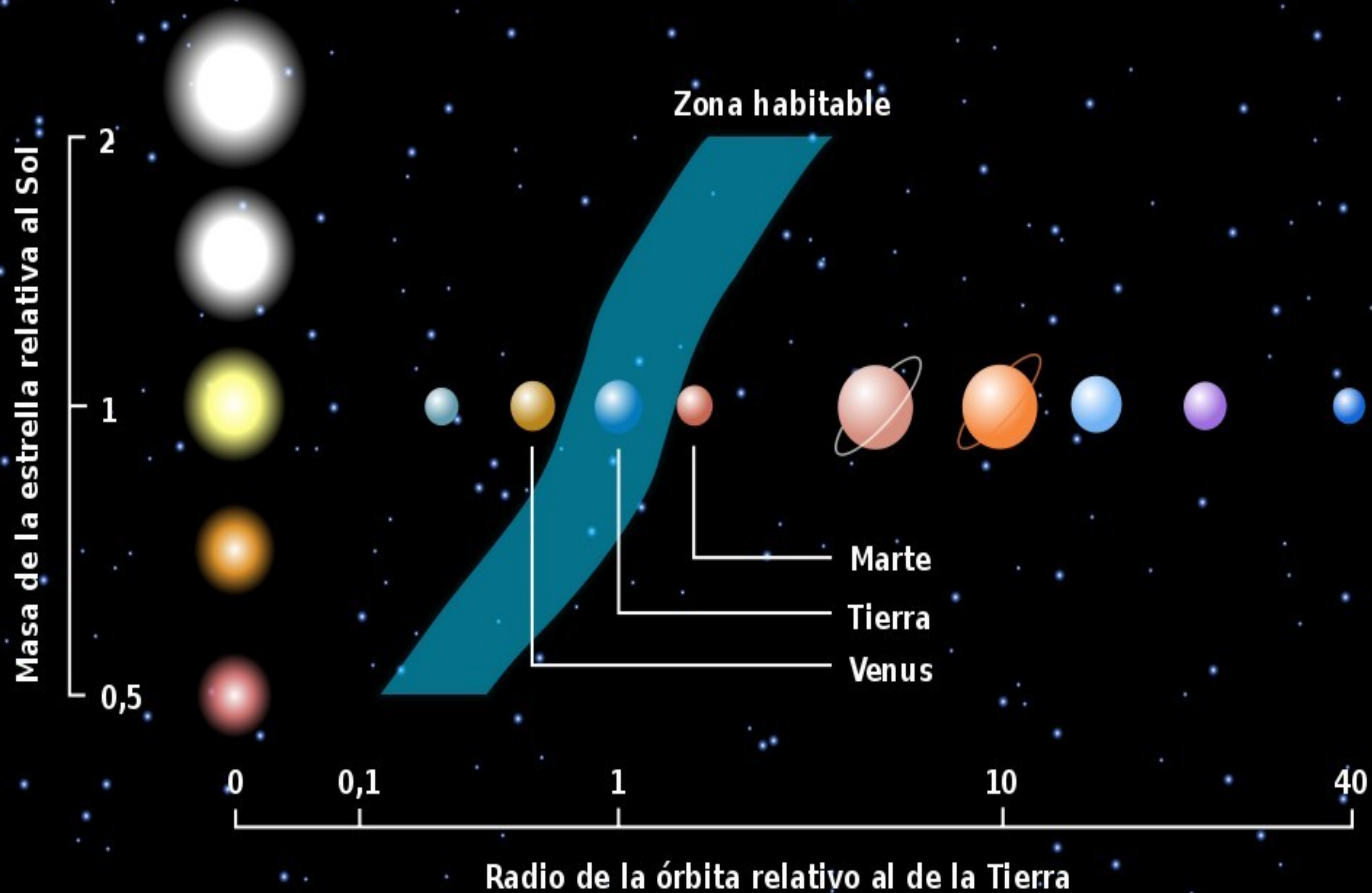
# Condições de habitabilidade dos planetas

Condições mínimas de um planeta para ter a possibilidade de desenvolver e manter vida.

- Temperatura entre 0° e 100° C para possibilitar a existência de água líquida.
- Fontes de energia para manter o metabolismo: luz estelar, calor interno, energia química.
- Estabilidade dessas condições por bilhões de anos, para dar tempo a vida se desenvolver.

# Região de habitabilidade

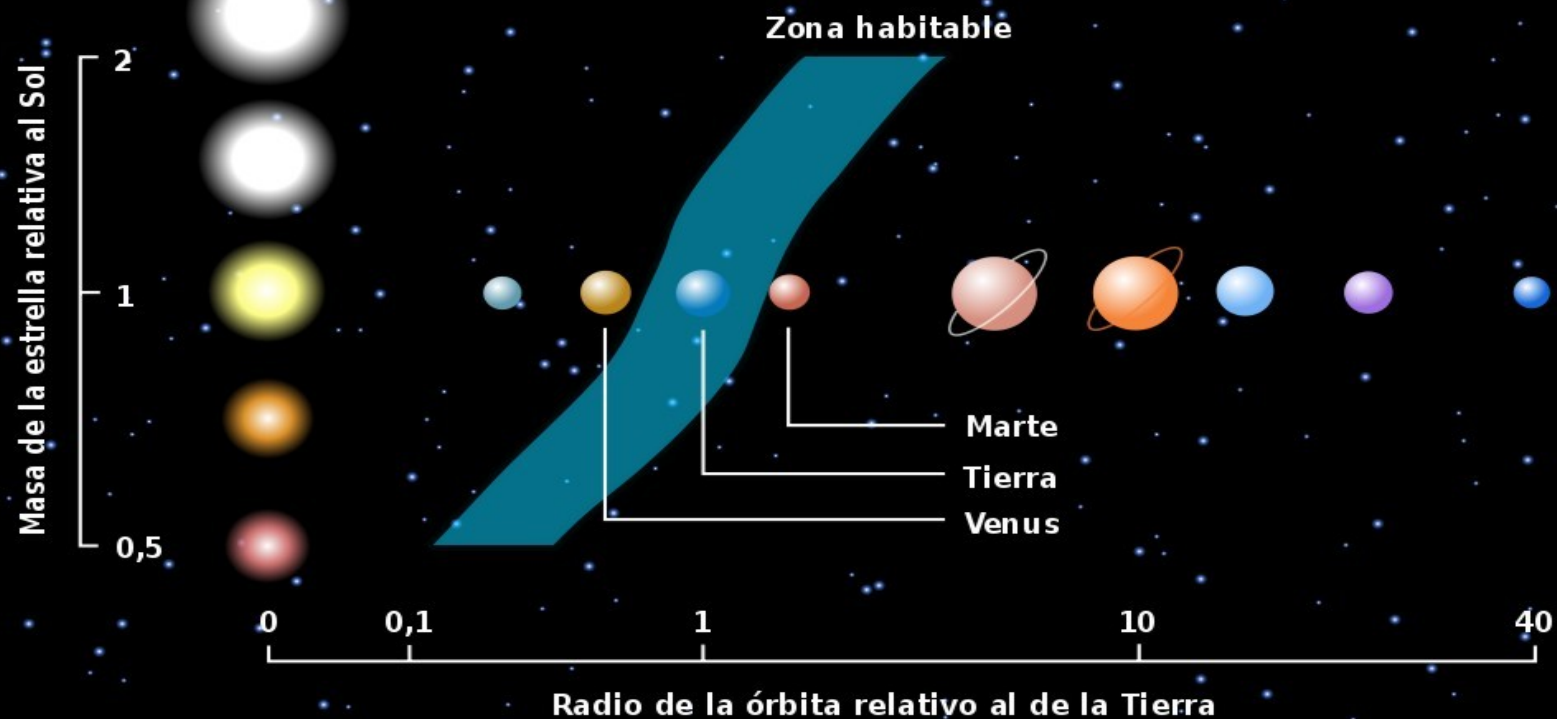
Distância à estrela central onde a temperatura na superfície possibilita ter água em estado líquido.



No Sistema Solar... a região de habitabilidade só inclui a Terra.

Para o Sol, se estende entre 0.85-1.3 UA

No caso da Terra, além da radiação solar, temos que levar em conta a eficiência do efeito estufa do planeta.

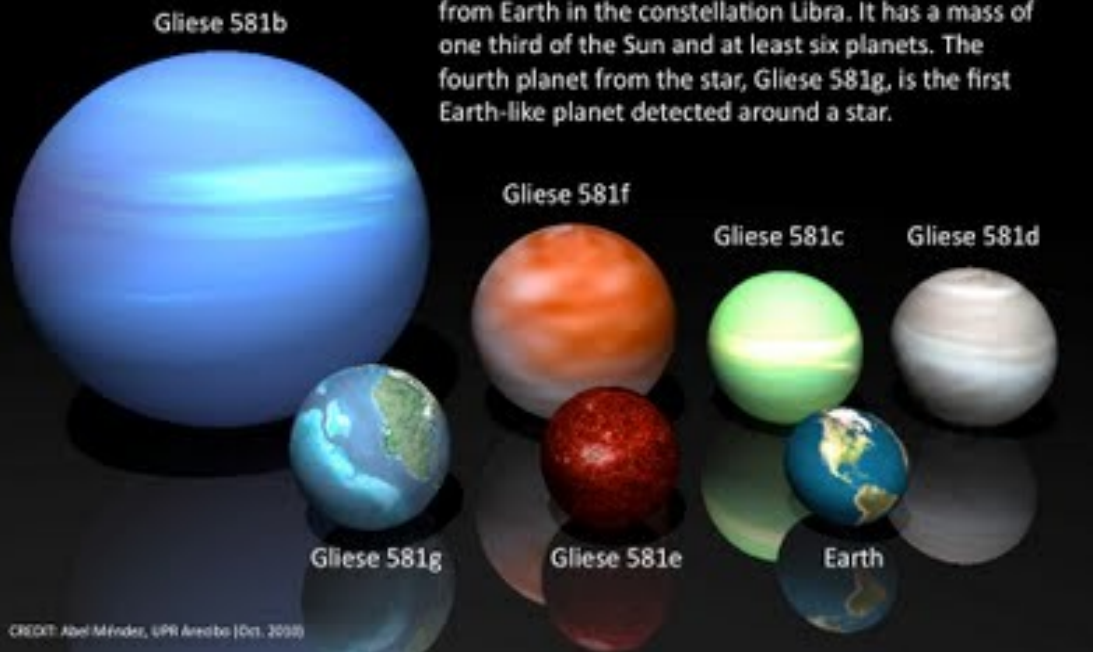


# Planetas extrasolares

**Gliese 581:** Anã vermelha ( $\sim 0.3 M_{\text{sol}}$ ) localizada a 20.3 Anos-Luz (constelação de Libra), que possui um sistema planetário

## Gliese 581 Planetary System

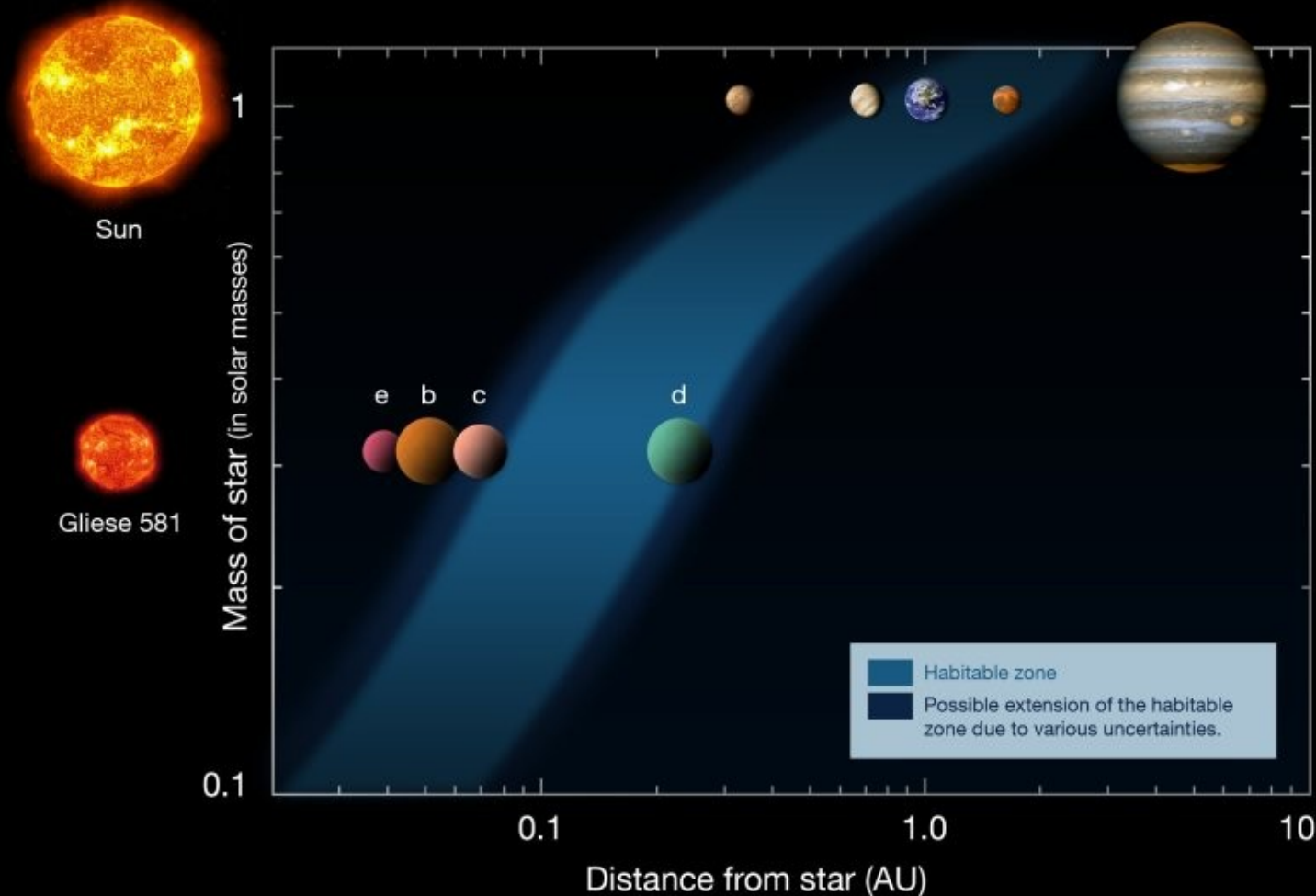
Gliese 581 is a red dwarf star located 20.3 light years from Earth in the constellation Libra. It has a mass of one third of the Sun and at least six planets. The fourth planet from the star, Gliese 581g, is the first Earth-like planet detected around a star.



Planeta (a partir da estrela)	Massa
<u>e</u>	$\geq 1.7 M_{\oplus}$
<u>b</u>	$\geq 15.6 M_{\oplus}$
<u>c</u>	$\geq 5.6 M_{\oplus}$
<u>g</u>	$\geq 3.1 M_{\oplus}$
<u>d</u>	$\geq 5.6 M_{\oplus}$
<u>f</u>	$\geq 7.0 M_{\oplus}$

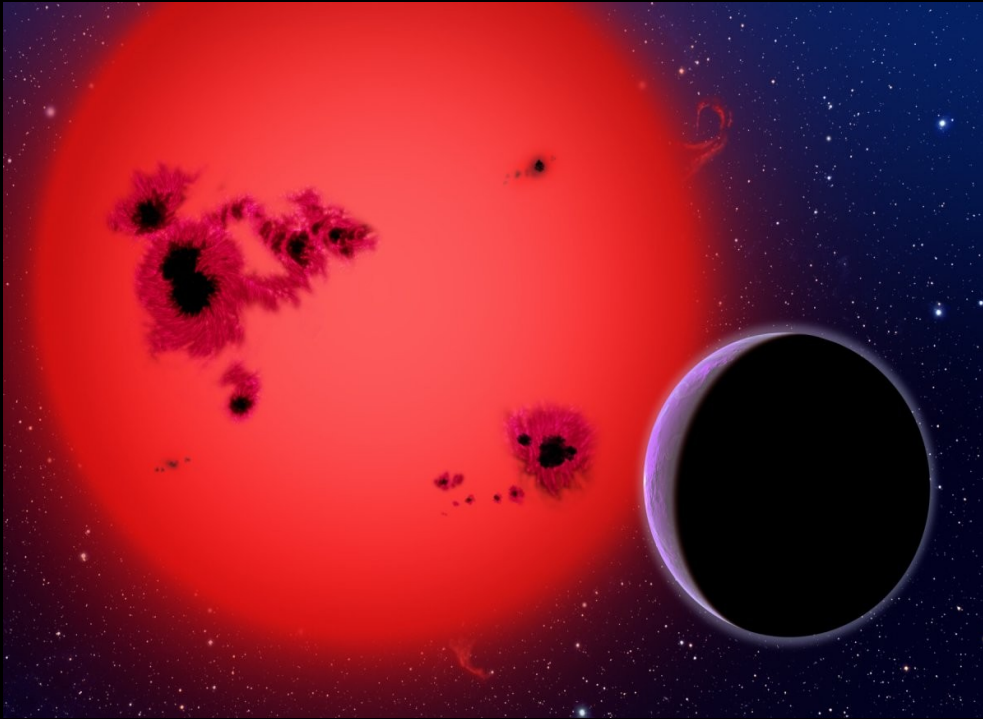
# Planetas extrasolares

**Gliese 581:** Anã vermelha ( $\sim 0.3 M_{\text{sol}}$ ) localizada a 20.3 Anos-Luz (constelação de Libra), que possui um sistema planetário





# Próxima b



## Próxima Centauri

Estrela anã vermelha a 1.29 pc

Estrela mais próxima do Sol

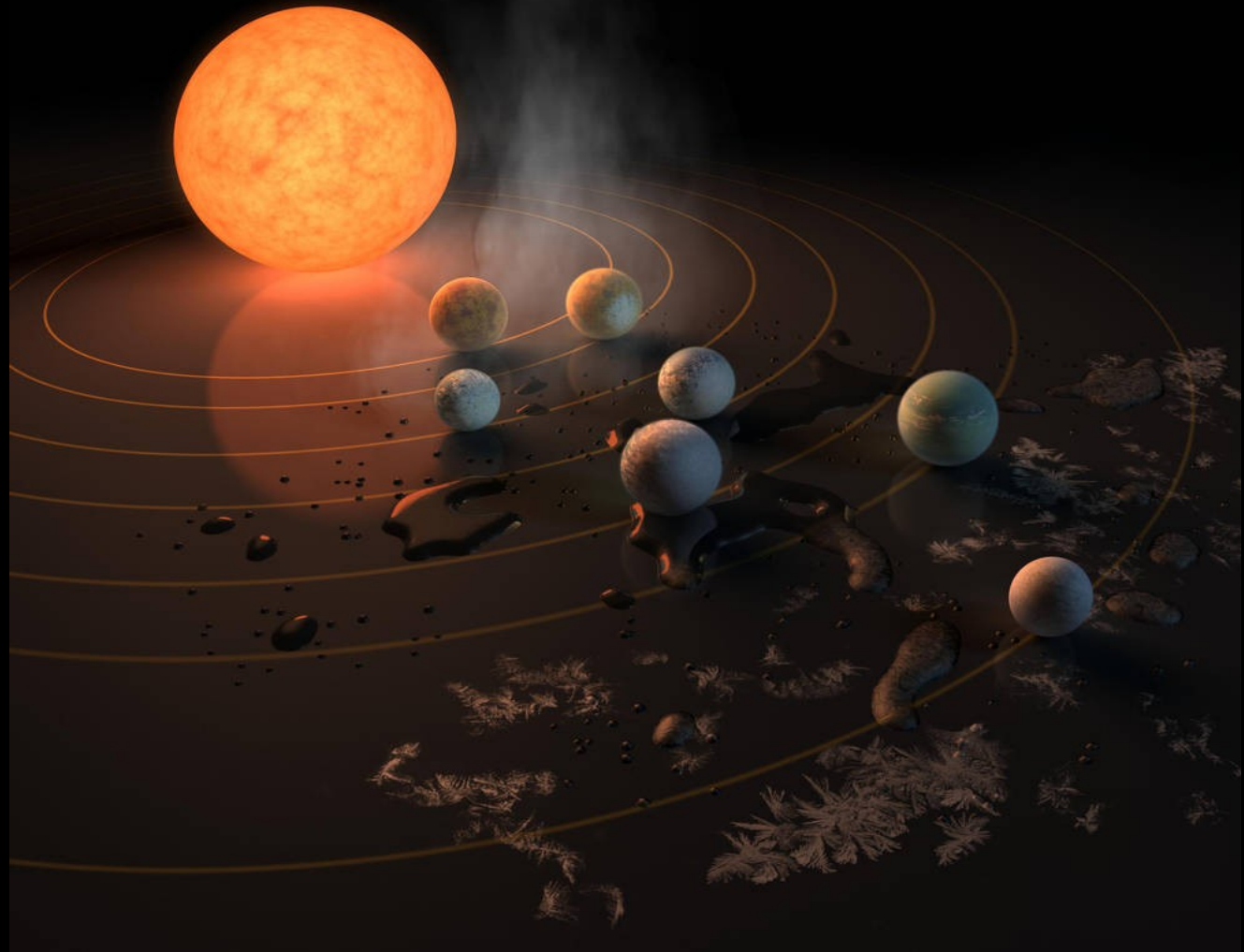
Possivelmente forma um sistema triplo com Alfa Centauri

Planeta gêmeo da Terra orbitando Próxima Centauri na zona de habitabilidade, com período de 11.2 dias.

<http://www.universetoday.com/130276/earth-like-planet-around-proxima-centauri-discovered/>

# Trappist-1

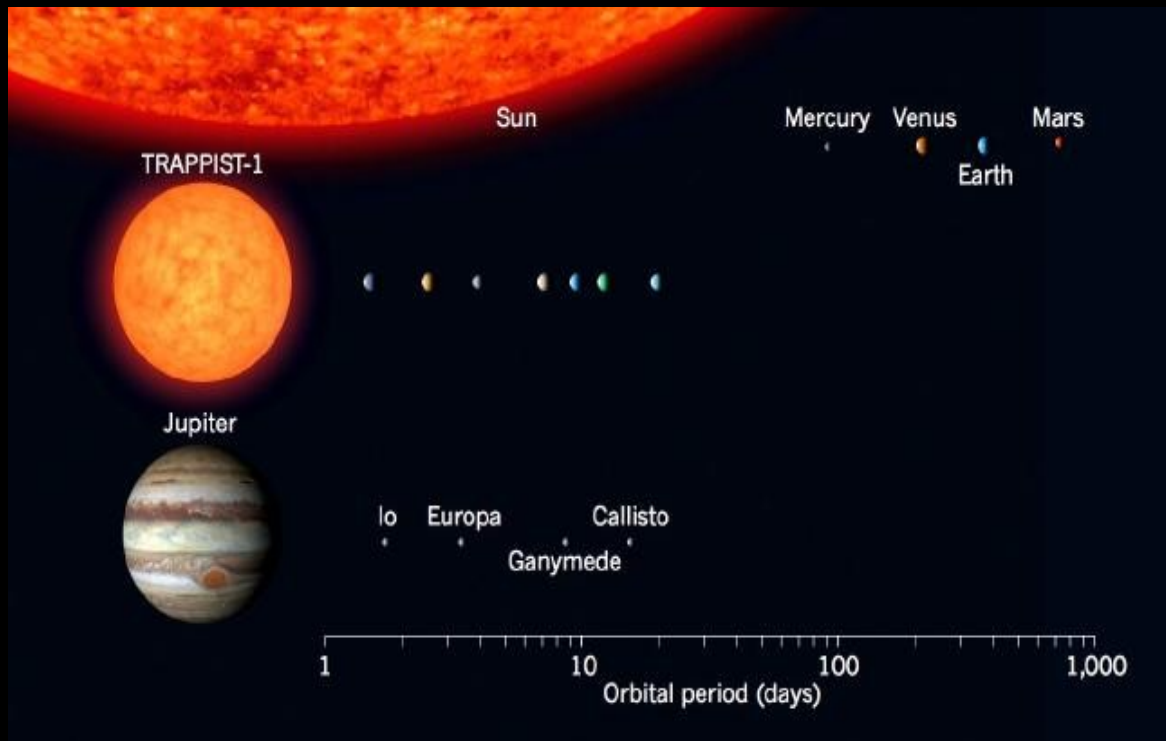
Uma estrela anã vermelha tem um sistema de 7 planetas rochosos com probabilidade de ter água líquida na sua superfície.



# Trappist-1

Os planetas estão em órbitas próximas à estrela com períodos orbitais de 1.5 a 18.8 dias e distâncias bem menores à distância do Mercúrio ao Sol.

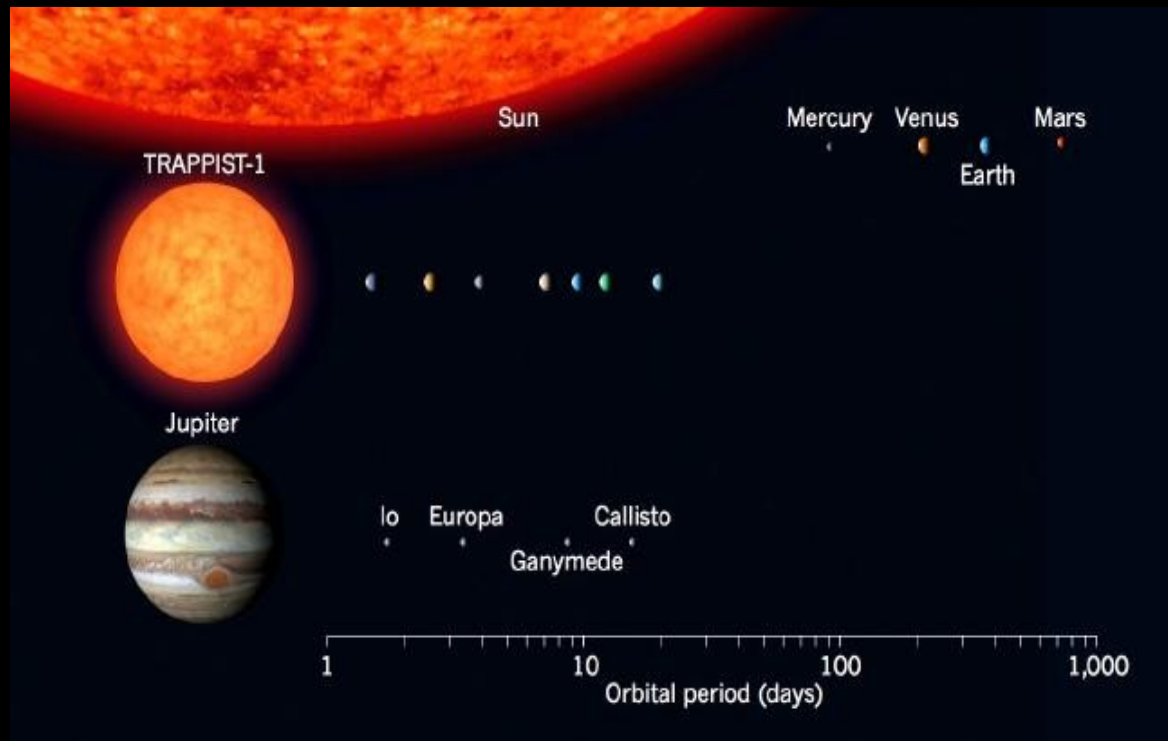
O tamanho do sistema planetário se compara com o do Júpiter e suas luas galileanas.



# Trappist-1

Os planetas estão em órbitas próxima à estrela com períodos orbitais de 1.5 a 18.8 dias e distâncias bem menores à distância do Mercúrio ao Sol.

O tamanho do sistema planetário se compara com o do Júpiter e suas luas galileanas.

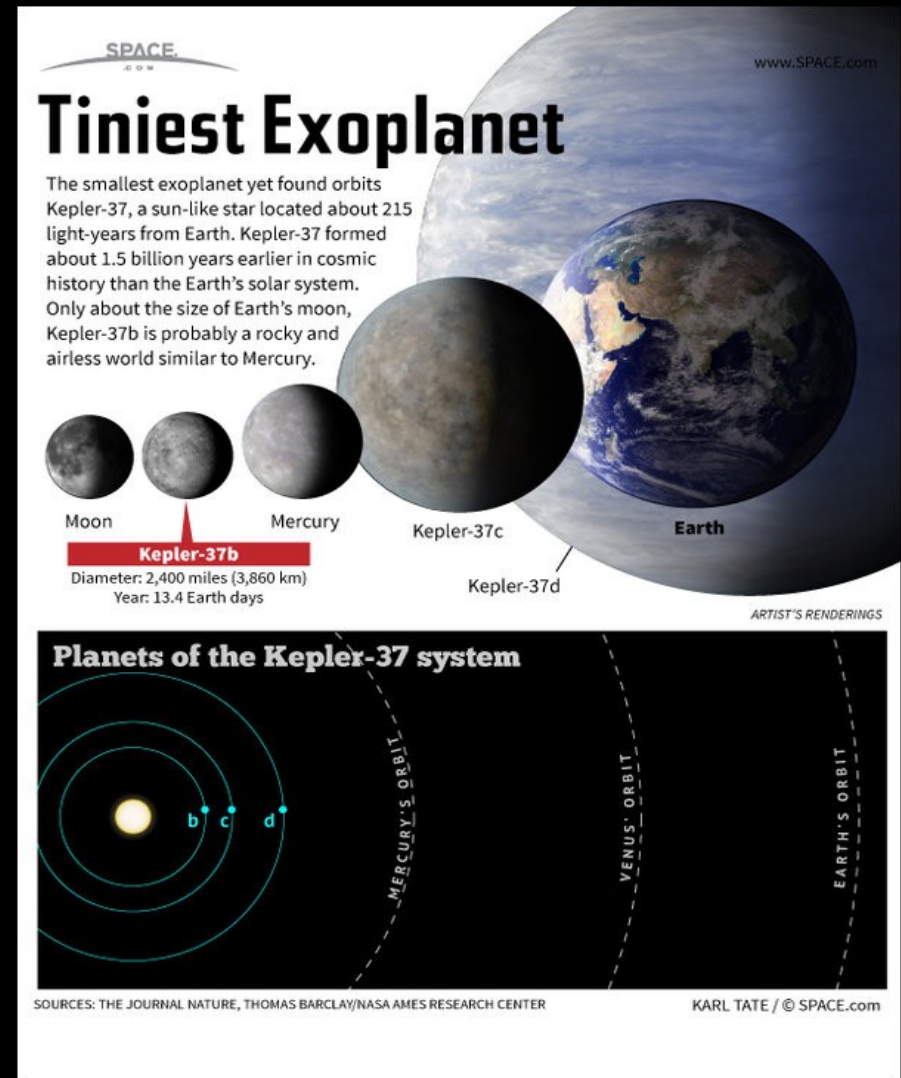


Os planetas estão tão perto uns dos outros que desde a sua superfície se enxergariam facilmente outros planetas.

# O exoplaneta mais pequeno

## Kepler 37b

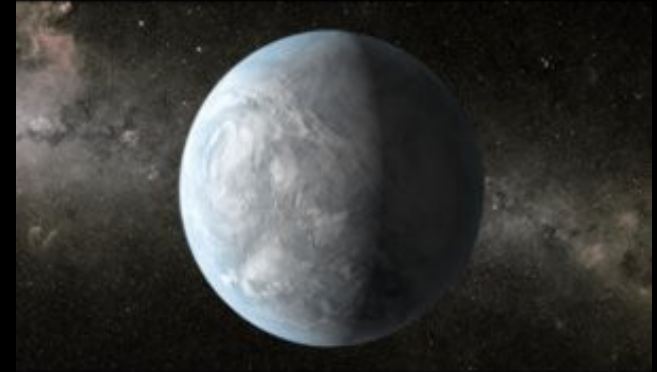
- Orbitando a estrela Kepler-37, similar ao Sol, a 215 anos luz da Terra;
- Do tamanho da Lua, planeta rochoso sem atmosfera, que orbita a estrela com um período de 13.4 dias.



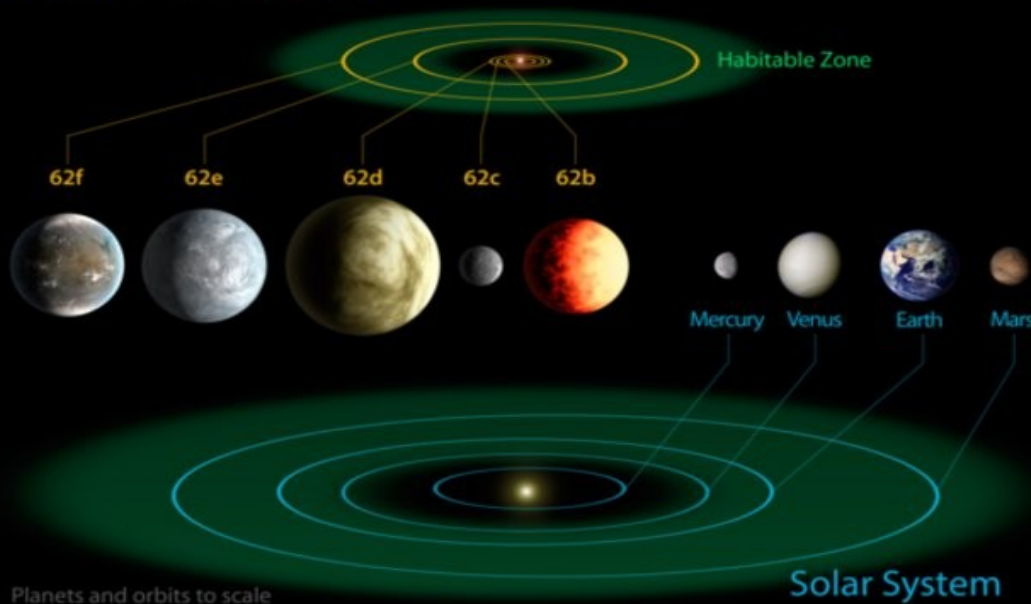
# Planetas de água

Em volta da estrela Kepler-62 a 1200 anos luz de distância, orbitam 5 planetas.

5 planetas na zona de habitabilidade da estrela.



## Kepler-62 System



Kepler-62e e Kepler-62f tem massas similares a Terra e estariam cobertos completamente de água.



Existe vida fora da Terra?

# Que precisamos para ter vida?

- **Um planeta habitável:** Atmosfera, temperatura controlada, etc.
- **Componente principal : Carbono,** também hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.  
Necessários para formar aminoácidos.
- **Água** como solvente.

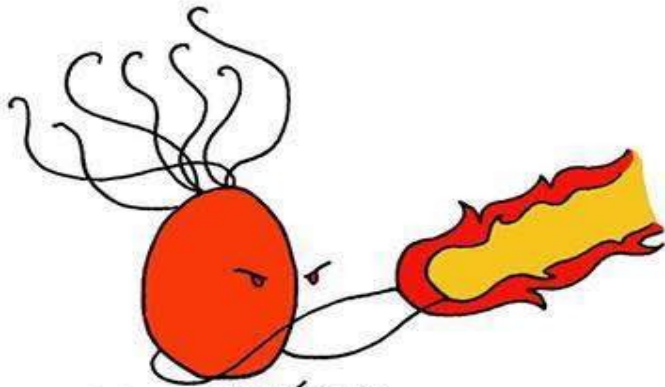
A vida (humana) parece frágil mas....



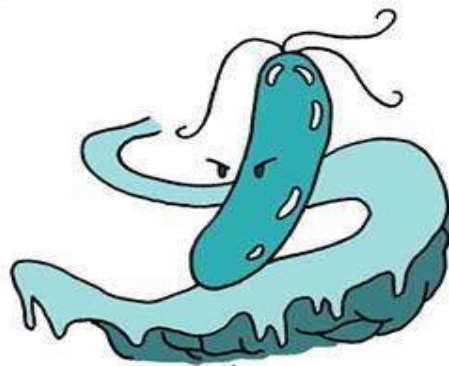
# Mas a vida não é tão frágil...

## LOS X-TREMÓFILOS

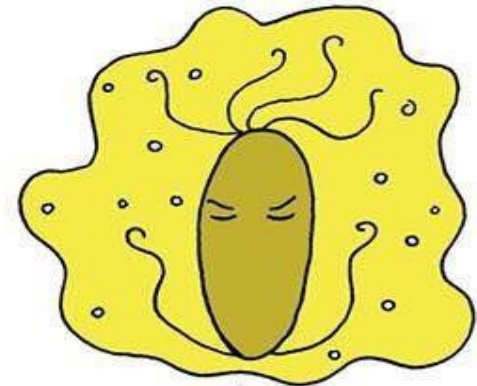
por LAS MICROCÓSMICAS AVENTURAS DE ECOLIANA LA BACTERIA



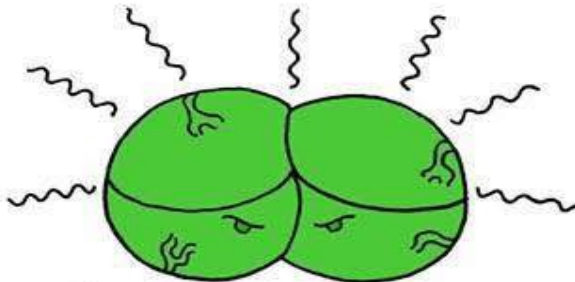
HIPERTERMÓFILO  
Pyrococcus furiosus



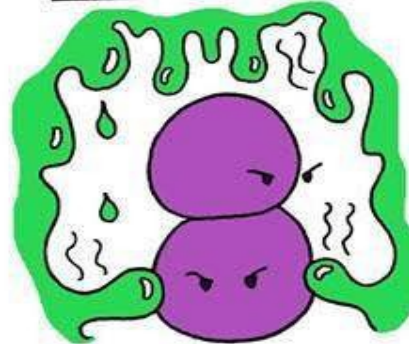
PSICRÓFILO  
Polaromonas vacuolata



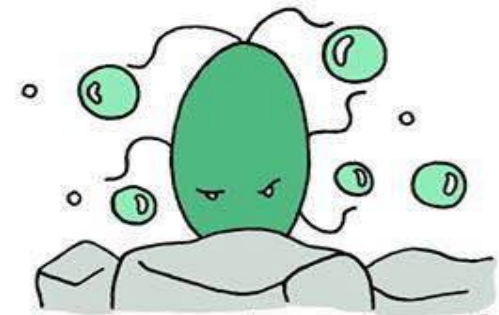
HALÓFILO  
Halobacterium salinarum



RADIORRESISTENTE  
Deinococcus radiodurans



ACIDÓFILO  
Picrophilus oshimae



ALCALÓFILO  
Natronobacterium gregoryi

# Exemplos de extremófilos

**Tardígrado** (Urso da água < 1,2mm): animal multicelular simples que sobrevive em temperaturas entre  $-200^{\circ}\text{C}$  até  $+150^{\circ}\text{C}$ .

Resistem a 10 dias no espaço (vácuo)



**Deinococcus radiodurans:** resiste a 1000 vezes a dose de radiação que o homem suporta.

# Que tipo de vida foi e é mais comum na Terra?

## Vida na Terra

- Fosseis microscópicos de **baterias e algas** (organismos multicelulares) datam de á ~3,8 bilhões de anos (~1 bilhão de anos após da formação da Terra)
- Animais como conhecemos hoje ~500 milhões de anos.
- Homo sapiens ~300 000 anos.
- Civilização 10 000 anos.

**Forma dominante e mais comum na Terra ....**

A microscopic view of various bacteria. The image shows several rod-shaped bacteria (bacilli) and several spherical bacteria (cocci). The bacteria are arranged in various patterns, including chains and clusters. The word "Bactérias" is overlaid in the center in a bold, red, sans-serif font. The background is dark, making the light-colored bacteria stand out.

# Bactérias



Existe vida inteligente fora da Terra?

# Procura de vida inteligente fora da Terra

- **Inteligência: capacidade de ter auto-consciência (elaborar informações, de formular perguntas e procurar respostas)**
- **A Terra tem cerca de 4,6 bilhões de anos: levou cerca de 1 bilhão de anos para se desenvolver a vida.**
- **O Homo Sapiens Sapiens ~200 000 anos;**
- **Civilização ~10 000 anos;**
- **Tecnologia para comunicação (emissão de ondas electromagnéticas): menos de 100 anos.**

# Procura de vida inteligente

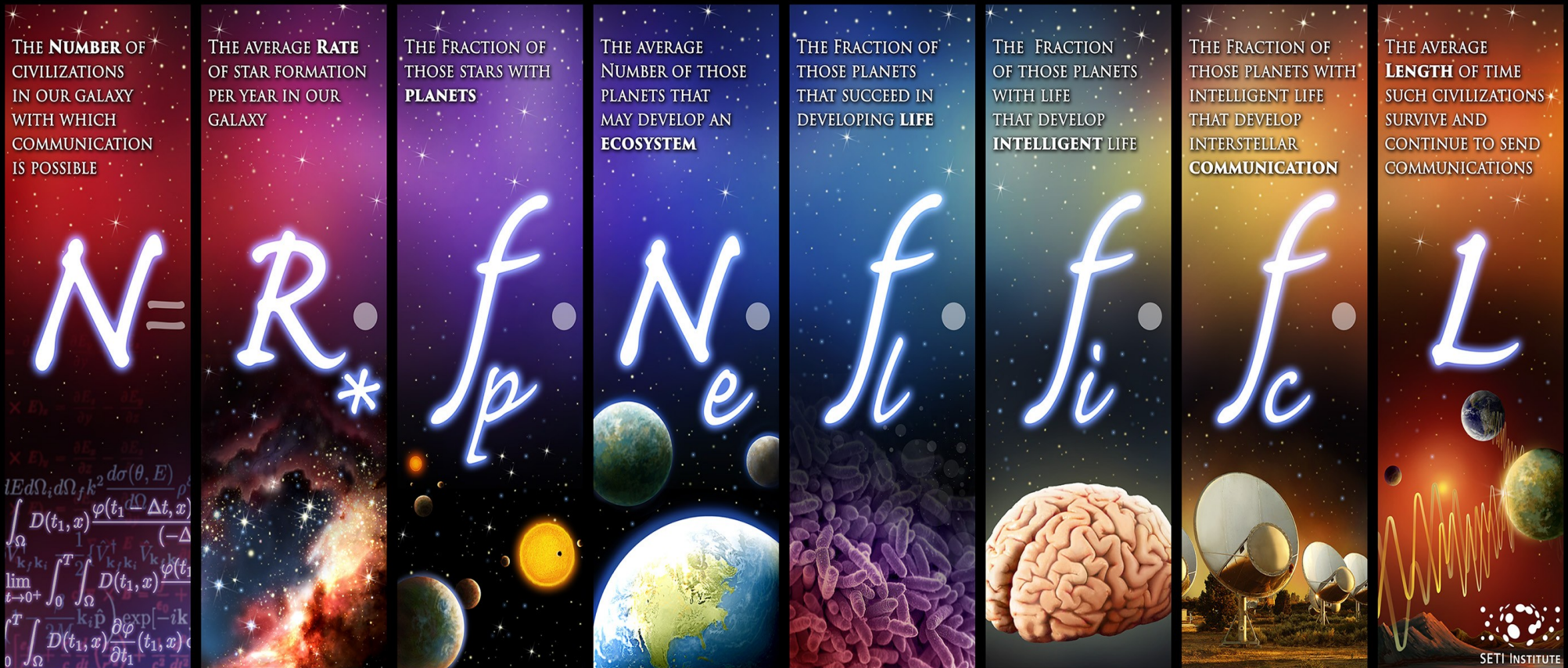
Proyeto SETI (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>)

Procura de sinais electromagnéticas na faixa da região de radio.



# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente

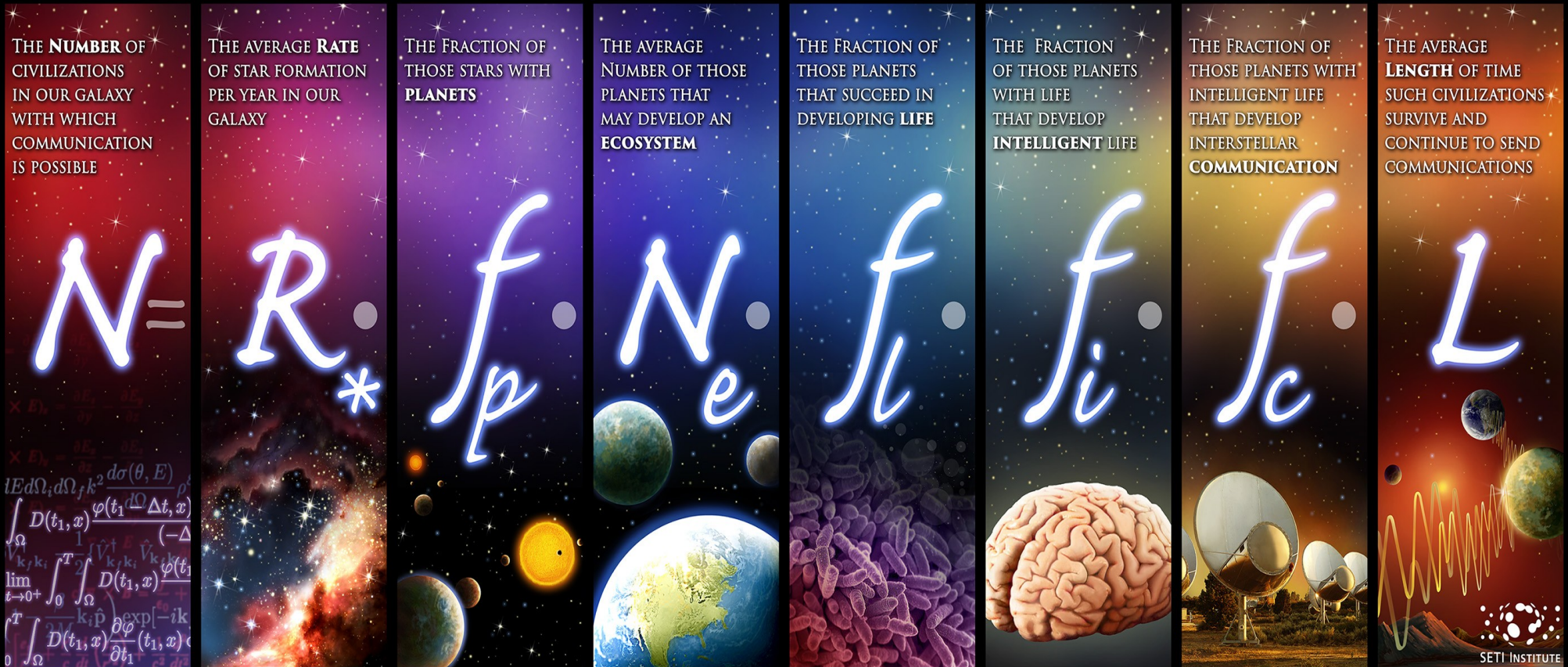


Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar



# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente

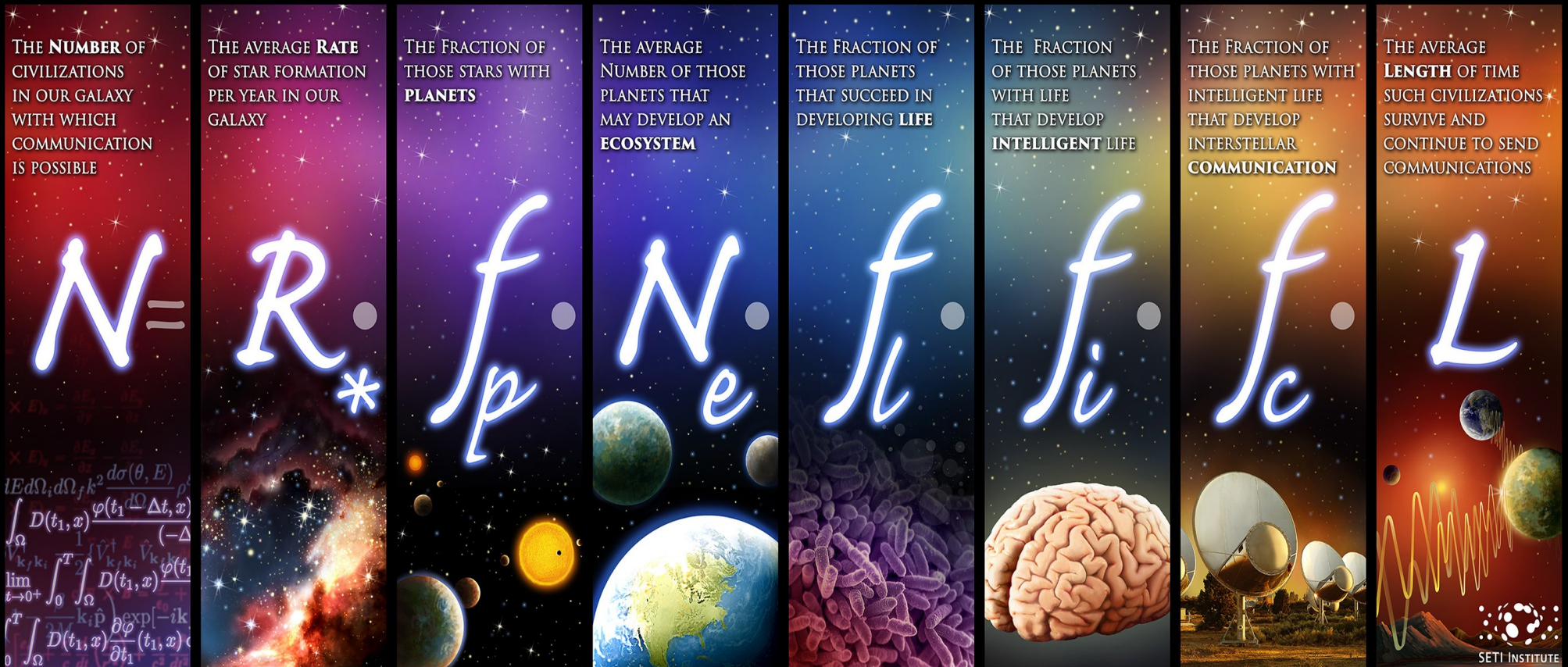


Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



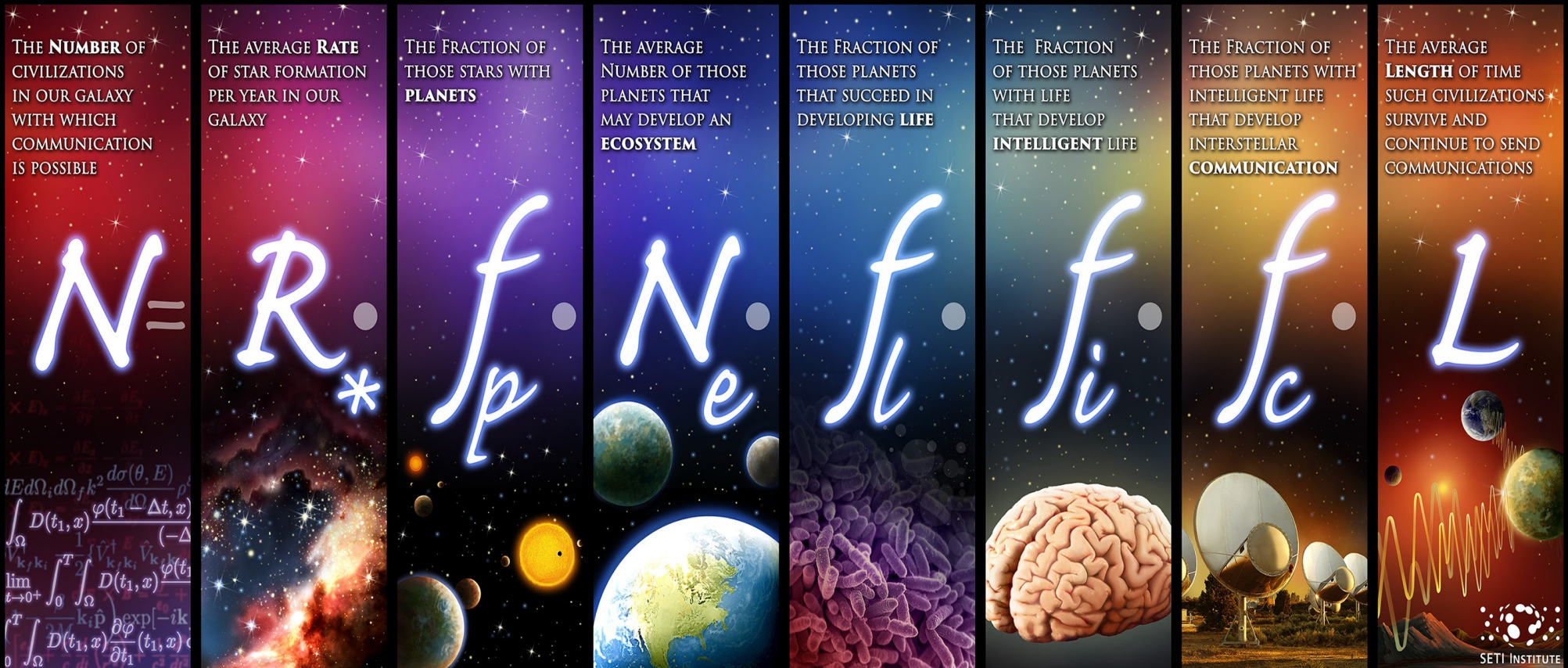
Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

Fração de estrelas com planetas

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

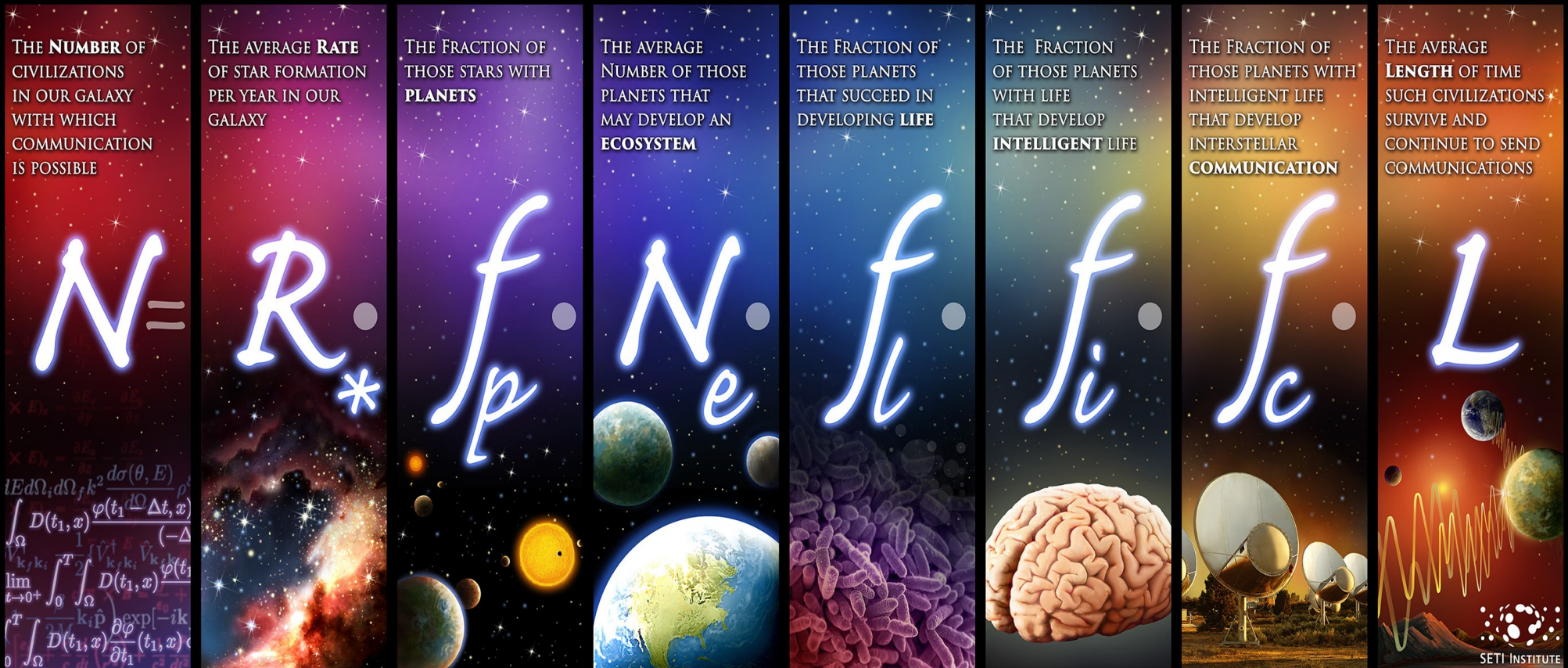
Taxa de formação estelar

Fração de estrelas com planetas

Numero de planetas que podem desenvolver um ecossistema

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

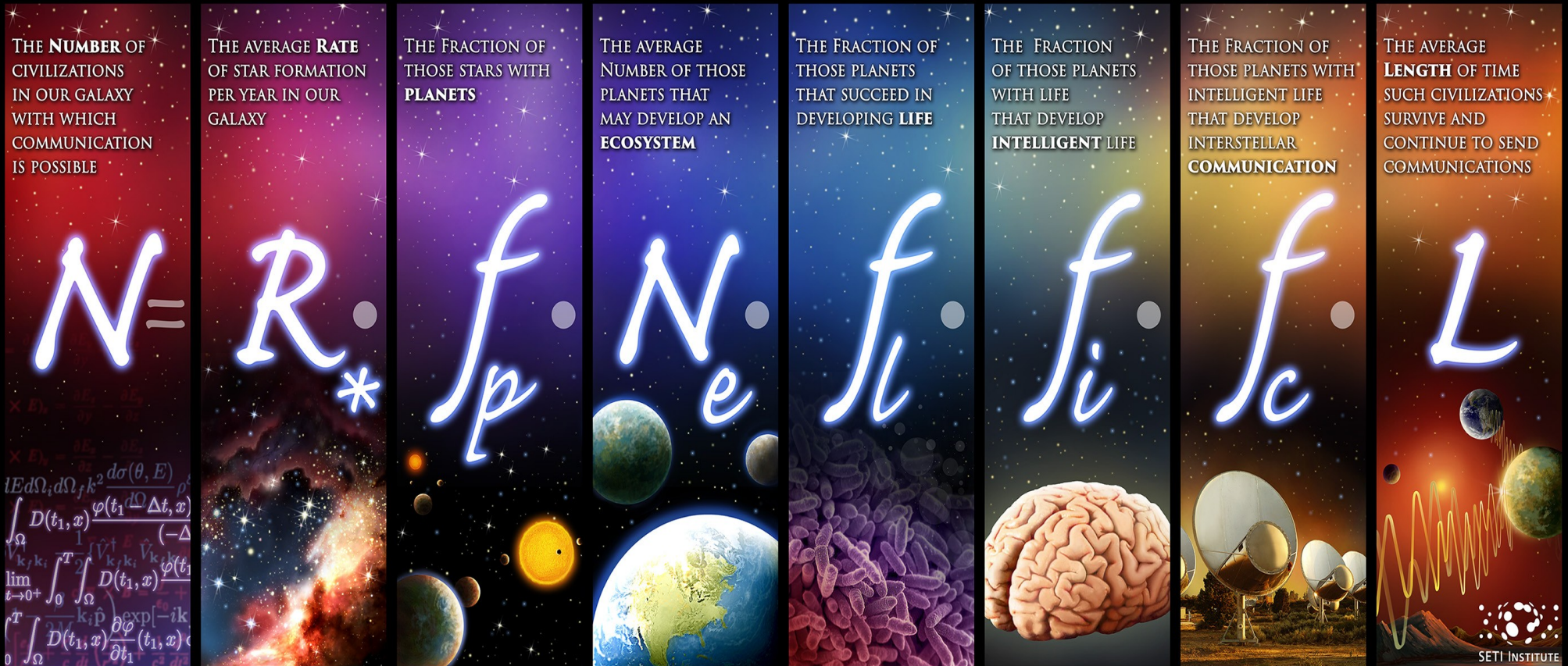
Fração de estrelas com planetas

Numero de planetas que podem desenvolver um ecossistema

Fração de planetas que têm vida

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

Fração de estrelas com planetas

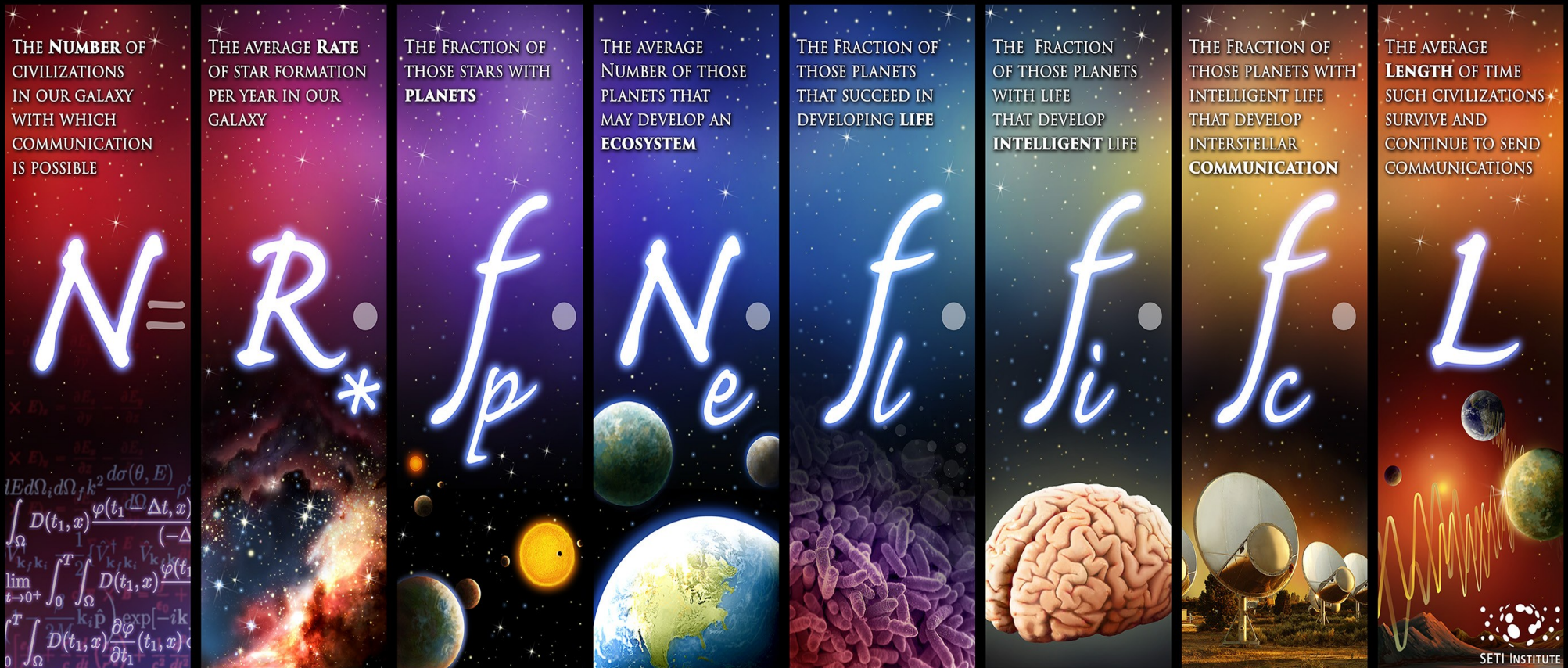
Numero de planetas que podem desenvolver um ecossistema

Fração de planetas que têm vida

Fração dos planetas com vida que têm vida inteligente

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

Fração de estrelas com planetas

Numero de planetas que podem desenvolver um ecossistema

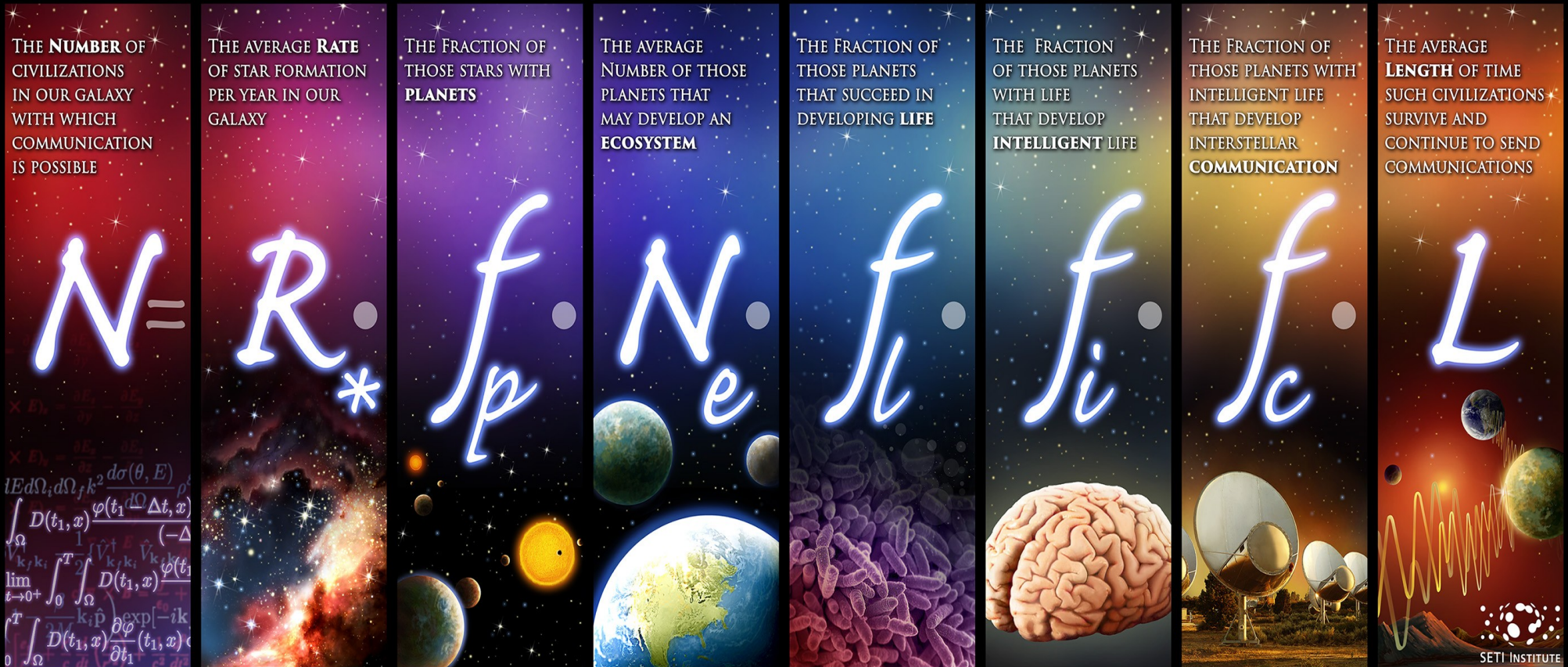
Fração de planetas que têm vida

Fração dos planetas com vida que têm vida inteligente

Fração de planetas com vida inteligente que podem se comunicar

# Vida fora da Terra

## Equação de Drake: Probabilidade de achar vida inteligente



Numero de civilizações na nossa Galáxia com possibilidade de se comunicar

Taxa de formação estelar

Fração de estrelas com planetas

Numero de planetas que podem desenvolver um ecossistema

Fração de planetas que têm vida

Fração dos planetas com vida que têm vida inteligente

Fração de planetas com vida inteligente que podem se comunicar

Duração média da civilização inteligente

# Equação de Drake

	$R_*$	$f_p$	$f_v$	$n_T$	$f_i$	$f_c$	$T_t$	$N$
hipótese muito otimista	20	0,6	2	1	1	1	$10^9$	$\sim 10^9$
hipótese pessimista	2	0,1	0,1	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^2$	$\sim 10^{-12}$
Valores de Drake	10	0,5	2	1	0,01	0,01	10000	100

- **Hipótese muito otimista:**

$N = 10^9$ : 1 bilhão de civilizações na nossa Galáxia podem e querem se comunicar!

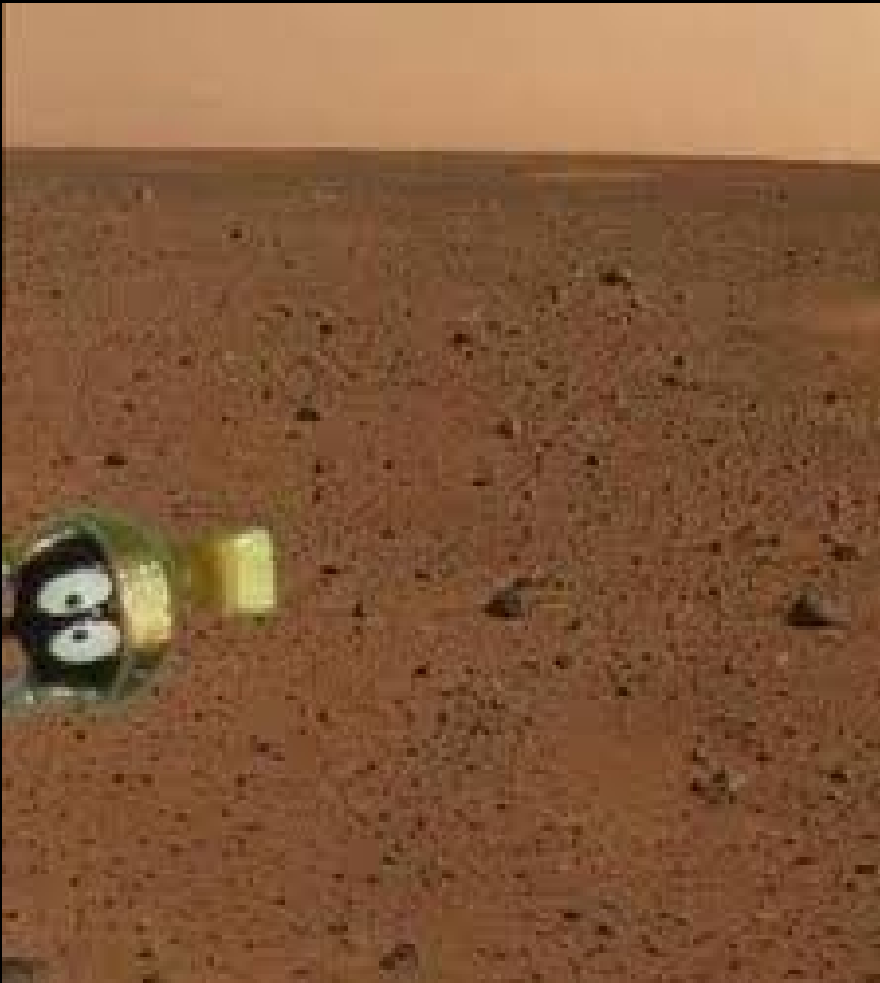
- **Hipótese pessimista:**

$N = 10^{-12}$ : a vida inteligente é muito rara, apenas 1 caso em 1 trilhão de galáxias. (Hipótese da Terra Rara)



E no sistema solar?

# Marte



- Na borda exterior da zona de habitabilidade.
- Mais distante do Sol que a Terra, muito frio.
- Possivelmente teve água líquida sobre sua superfície no passado recente (possivelmente tenha água abaixo da superfície).

# Lua de Júpiter: Europa



- Superfície coberta de gelo de 60 km de espesura.
- Evidência de água líquida abaixo da superfície gelada.
- Forças de maré produzidas por Júpiter geram calor interno.
- Possibilidade de vida nas profundidades da lua, a exemplo dos hipertermófilos que vivem nos abismos oceânicos da Terra (ambientes extremos).

# Vida fora da Terra

É muito mais provável  
achar...

# Vida fora da Terra

Que achar ...



# Vida fora da Terra

