

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Física  
Departamento de Astronomia

Fundamentos de Astronomia e Astrofísica: FIS2001

Prof. Tibério B. Vale

# Busca de vida em Marte

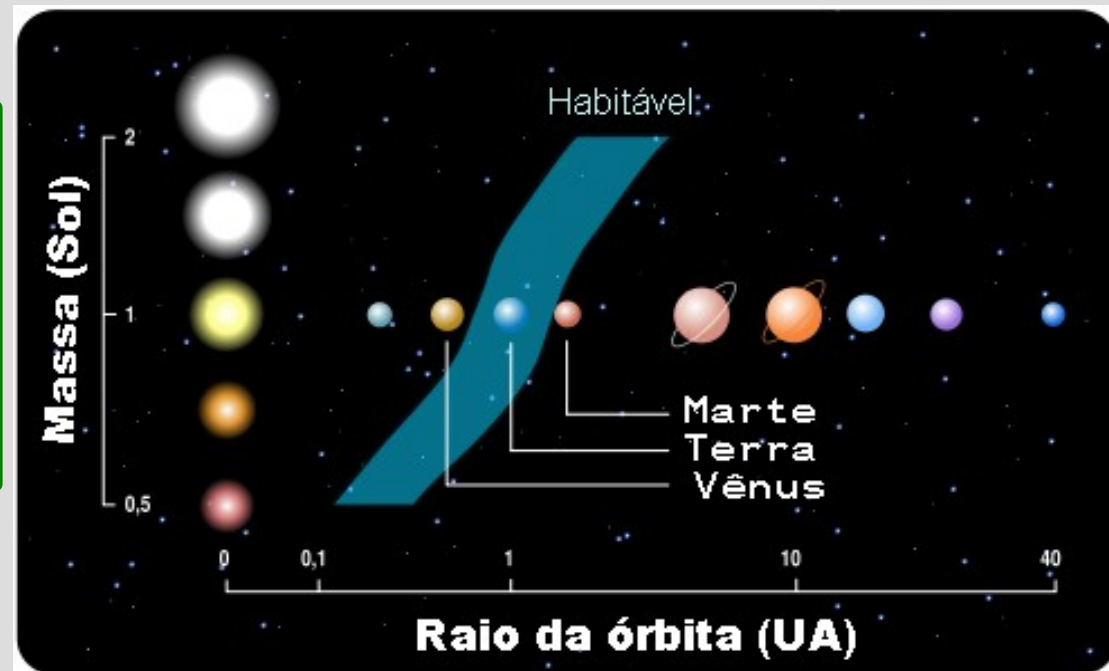
O que possibilita que um planeta e sua estrela central abriguem a vida?

- Água líquida;
- Fonte de energia (estelar);

**Zona habitável:** local que tenha temperatura adequada para que o planeta tenha água em forma líquida, para permitir o movimento das partículas e a eventual formação de moléculas orgânicas complexas, e fontes de energia (luz estelar, calor interno ou energia química ) para manter o metabolismo

- deve durar bilhões de anos para dar tempo de a vida se desenvolver.

- A zona de habitabilidade deve ser estável



# Planetas habitáveis

Planetas telúricos na zona habitável de uma estrela:

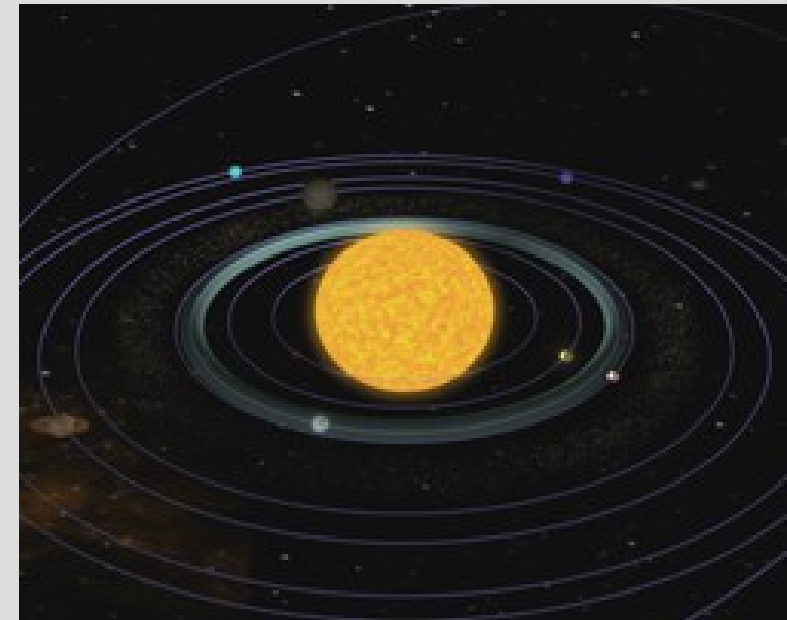
- O planeta não pode ser nem muito frio nem muito quente, para permitir água em estado líquido;

Exemplos no sistema solar:



**Terra** : No meio da zona de habitabilidade:

- temperatura adequada permitiu o balanço entre água e  $\text{CO}_2$  na atmosfera e nas rochas



Rochas sedimentares absorvem o  $\text{CO}_2$  quando misturado com a água. Na Terra a maior parte do  $\text{CO}_2$  está concentrado nas rochas.

# Planetas habitáveis



Vênus, muito perto do Sol, fora da zona de habitabilidade do Sol, é muito quente, perdeu sua água muito cedo. A maior parte do  $\text{CO}_2$  está na atmosfera.

**Efeito estufa desenfreado:** muito calor + vapor d'água -> efeito estufa -> temperatura aumenta ->  $\text{CO}_2$  das rochas vai para a atmosfera -> efeito estufa se intensifica -> temperatura aumenta -> mais  $\text{CO}_2$  na atmosfera ....



Marte mais longe do Sol, nas bordas da zona de habitabilidade (?) é muito frio, mas deve tido água líquida sobre sua superfície em passado recente

**Efeito estufa inverso:** vapor d'água + frio -> vapor d'água se liquidifica ->  $\text{CO}_2$  da atmosfera é carregado com a água e se concentra nas rochas da superfície -> temperatura baixa -> mais  $\text{CO}_2$  sai da atmosfera -> menos efeito estufa -> temperatura baixa ...

# Busca de vida em Marte

## Indícios:

- Presença de água congelada na superfície;
- indicações de água líquida na superfície no passado;
- possibilidade de água líquida abaixo da superfície no presente;

## Missões:

1976 - sondas Viking: Ausência de sinais de organismos vivos, mas Indícios positivos de processos metabólicos dados por excesso de oxigênio em rochas;

1996: cientistas da NASA anunciaram a presença de fósseis de nanobactérias (que viveram a 3,6 bilhões de anos.) no meteorito marciano ALH84001, mas as evidências apresentadas por eles nunca foram consideradas conclusivas.



Arrancado por colisões de asteróides com marte.

# Busca de vida em Marte

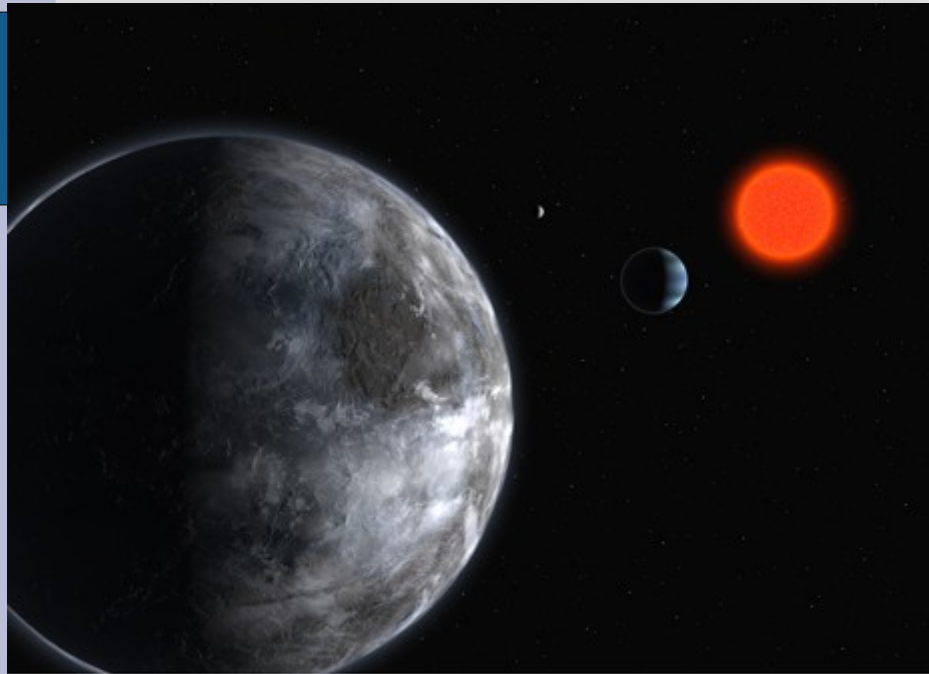


Concepção artística mostra a Phoenix com os pés preparados para o pouso;

- Deverá nos dar algumas respostas;
- Em junho de 2008, técnicos da missão já diziam estar convictos de que o material brilhante encontrado na superfície de Marte era gelo, e não sal.
- Presença de gelo é confirmada (quimicamente, 31/07/2008);
- O material coletado é analisado após ser transformado em gás;
- Missão até 30 de Setembro de 2008.

# Exemplos fora do Sistema Solar

Só 1 candidato até o momento.



The Planetary System in Gliese 581  
(Artist's Impression)

ESO Press Photo 22a/07 (25 April 2007)

This image is copyright © ESO. It is released in connection with an ESO press release and may be used by the press on the condition that the source is clearly indicated in the caption.



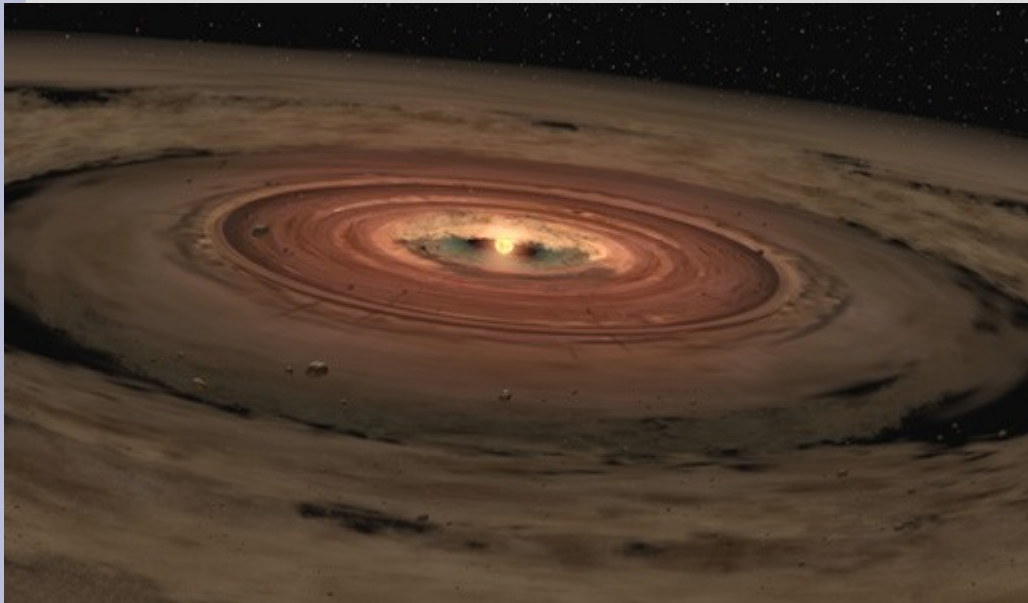
Planeta telúrico extrassolar Gliese 581 c, é o exoplaneta menos massivo já descoberto, e possivelmente é rochoso ( $M \sim 5,1M_{\text{terra}}$  e  $R \sim 1,5 R_{\text{Terra}}$ ). Foi anunciado em abril de 2007 pelo grupo do Obs. de Genebra. Com um período de 13 dias, está 14 vezes mais próximo de sua estrela do que a Terra está do Sol, na Zona de Habitabilidade de uma estrela fria: trata-se da estrela Gliese 581, que é uma ana vermelha com temperatura superficial de cerca de 3200 K, um terço da massa do Sol e 50 vezes menos luminosa do que ele. Está situada apenas a 16,3 pc de nós.

- Os autores estimam que a temperatura superficial do planeta esteja entre 0 e 40 graus, em condições portanto de conter água no estado líquido.

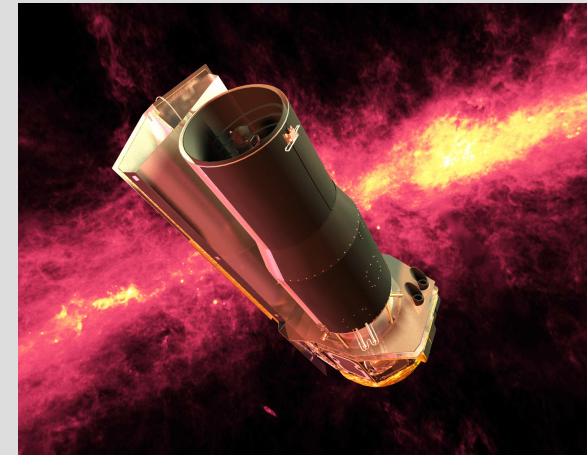
(<http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2007/phot-22-07.html>)

# Exemplos fora do Sistema Solar

Março de 2008: Os telescópios espaciais Spitzer e Hubble detectaram metano e água na atmosfera do planeta HD189733b, um planeta do tamanho de Júpiter na região quente da estrela;



Concepção artística de uma estrela recém formada, rodeada por um disco de gás;



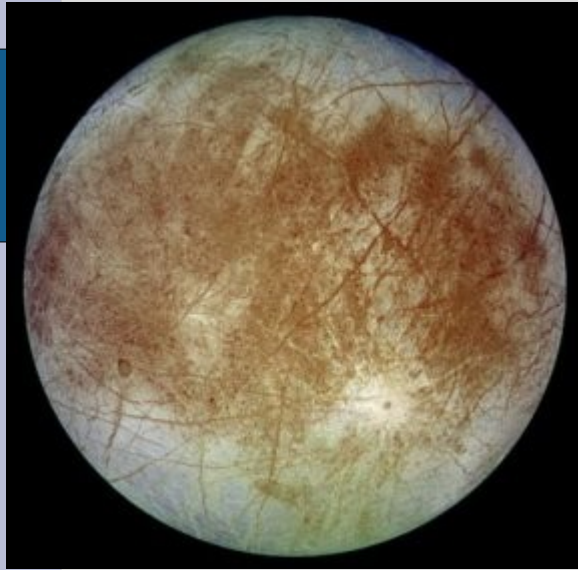


# Luas habitáveis

- Satélites de planetas gigantes localizado na zona de habitabilidade de sua estrela. Embora no sistema solar todos os planetas gigantes estejam fora da zona de estabilidade, muitos planetas extrassolares são gigantes e vivem próximo da estrela.
- Satélites de planetas gigantes fora da zona de habitabilidade de sua estrela (em regiões muito frias) , mas que tenham uma outra fonte de calor. Por exemplo, luas aquecidas por forças de maré, possibilitando a formação de água líquida.
- Exemplos no sistema solar: Io (Júpiter), Europa (Júpiter), Titã (Saturno), Encelado (Saturno).

# Luas habitáveis

## Europa (satélite de Júpiter)



- Superfície coberta de gelo (60 km de espessura)
- Evidências de água líquida abaixo da superfície;
- Fonte de aquecimento: forças de maré produzidas por Júpiter;

Possibilidade de vida nas profundidades do planeta, a exemplo dos hipertermófilos que vivem nos abismos oceânicos da Terra (ambientes extremos).

## Titã (satélite de Saturno)



- Atmosfera espessa de moléculas de nitrogênio
- Evidências de lagos de metano/etano ou /água/amônia;
- Detecção negativa de água.

# Luas habitáveis

## IO (satélite de Júpiter)



- Condições de vida do tipo, mas (tem terrenos a venda por lá :) );
- Ausência de água;

## Encelado (satélite de Saturno)



A descoberta de um geiser de partículas de gelo e vapor d'água se elevando da superfície de Encélado a centenas de km de altura colocou Encelado, uma pequenina, fria e escura lua de Saturno, entre os objetos interessantes do ponto de vista da Astrobiologia. Poderia haver microorganismos vivos nessa lá?

# A procura da água na Lua

- Crateras na Lua foram originadas em impactos de asteróides;
- Questão: se a água na Terra foi originada em impactos de asteróides e cometas, tais impactos teriam originado água na Lua também? Poderia parte dessa água estar ainda lá?
- Em 1994 a sonda Clementine mapeou a superfície da Lua em rádio e encontrou o que parecia ser material gelado numa cratera no pólo sul da Lua que nunca recebe sol;
- Observações da mesma região com o radio-telescópio de Arecibo não encontrou gelo;

# A procura da água na Lua

- Em 1994 a NASA enviou a Lunar Prospector para procurar mineirais ricos em hidrogênio no solo lunar. Novamente encontraram o que poderia ser gelo de água nas crateras polares.
- Ao fim da missão, a Lunar Prospector foi lançada contra o solo lunar: se houvesse gelo, nuvens de vapor d'água seriam levantadas no impacto. Nada foi observado.
- A procura por água ou comprovação da ausência dela continuará em 2008, com a Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO).

# Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

A estrela deve estar na Sequência Principal

- Estrelas pós-sequência principal têm pouco tempo de vida pela frente.
- A estrela não pode ser muito jovem:
  - Estrelas muito jovens não deram tempo para a vida se desenvolver;
  - O constante bombardeio de resíduos do processo de formação do sistema planetário frustra o desenvolvimento de qualquer vida insipiente;
  - sistemas jovens têm atividade cromosférica violenta.

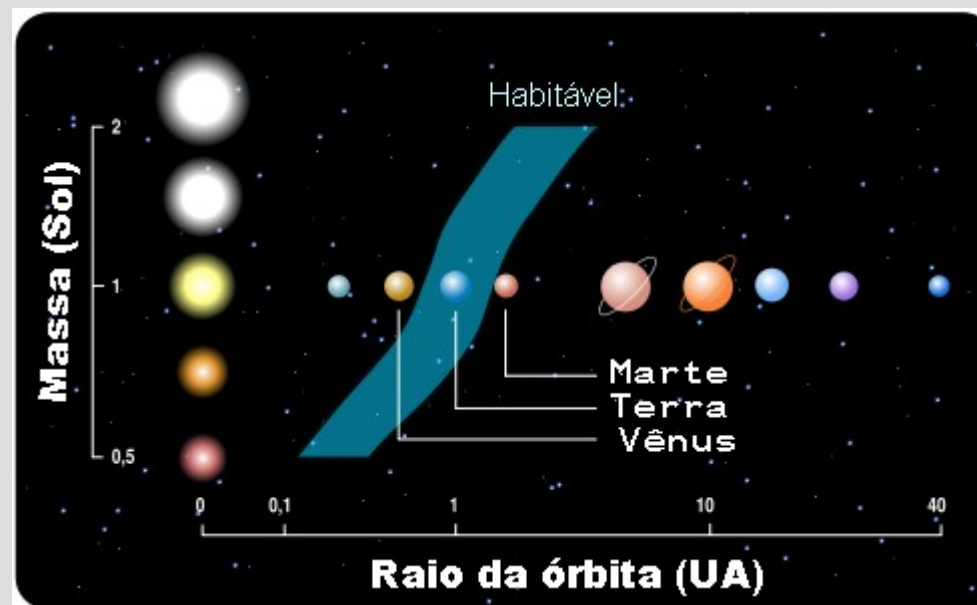
A estrela não pode ser nem muito massiva nem muito pouco massiva ( $0,3M_{\text{Sol}} \leq M \leq 1,5M_{\text{Sol}}$ ).

- Estrelas muito massivas desempenham papel crucial no desenvolvimento da vida, pois geram os elementos necessários para isso, mas duram muito pouco e emitem muita radiação ultravioleta.

# Estrelas adequadas à terem planetas habitáveis

A estrela não pode ser nem muito massiva nem muito pouco massiva ( $0,3M_{\text{Sol}} \leq M \leq 1,5M_{\text{Sol}}$ ).

- Estrelas muito **pouco massivas** duram **muito tempo**, mas têm suas zonas de habitabilidade muito estreitas, e muito perto da estrela (forças de maré levam a rotação sincronizada – um lado quente e outro frio, sempre)
- Estrelas pouco massivas têm intensa atividade cromosférica com grandes elevações de temperatura e emissão de partículas energéticas nocivas à vida.



# Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

A estrela deve permitir que seus planetas tenham órbitas estáveis

- Estrelas solitárias (como o Sol) são as mais adequadas;
- Estrelas duplas, só se forem muito próximas uma da outra (de forma que a zona de habitabilidade seja comum) ou muito distante uma da outra (de forma que cada uma tenha sua própria zona de habitabilidade não afetada pela outra);
- Sistemas com mais de uma companheira são mais improváveis;

A estrela deve ter metalicidade elevada de forma a poder ter planetas telúricos;

Apenas 10% das estrelas da Via Láctea vivem na zona habitável da Galáxia, onde as condições químicas (alta metalicidade) e ambientais (grande separação entre as estrelas) são favoráveis ao desenvolvimento de planetas rochosos como a Terra.



# Estrelas adequadas a terem planetas habitáveis

## 1RSX J160929,1210524.

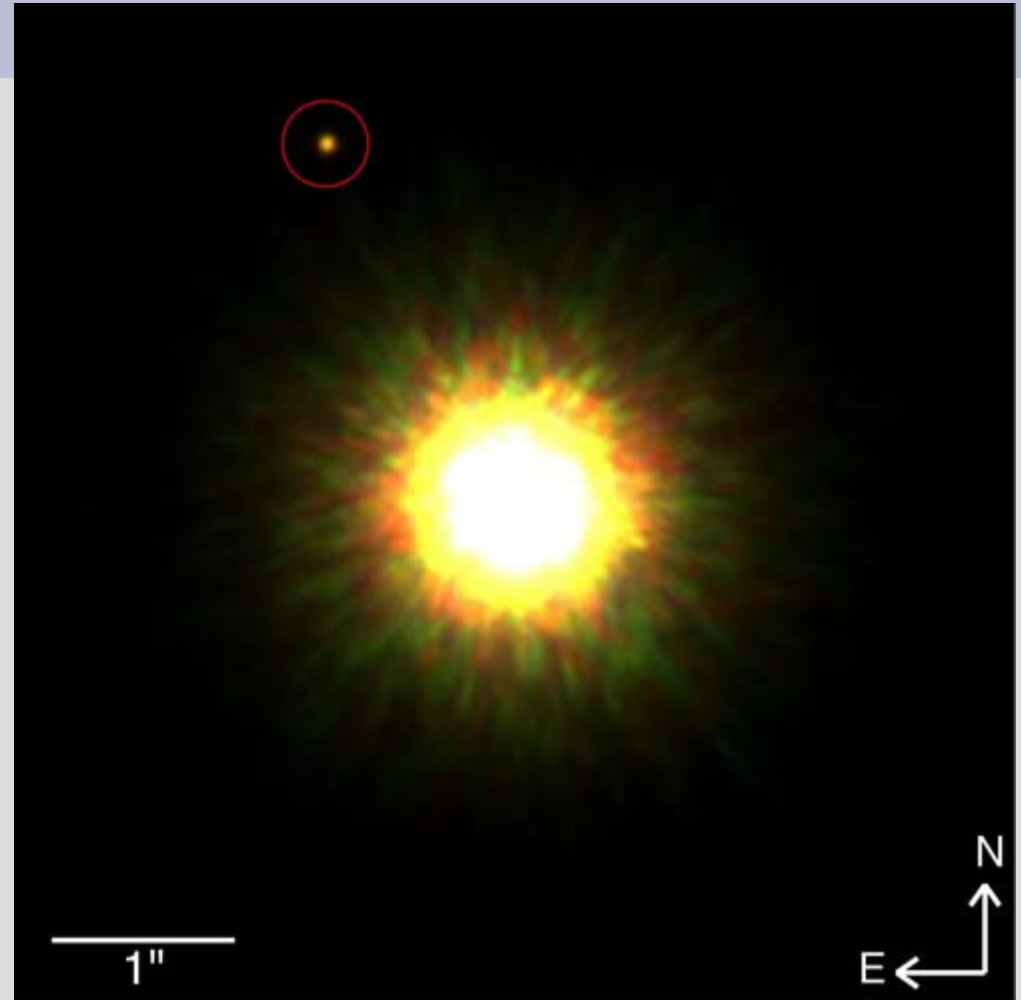
Primeiro planeta extrasolar com imageamento direto (em torno de uma estrela do tipo Solar)

Composição de JHK;

Usando Óptica adaptativa (ALTAIR).

Gemini adaptive optics image of 1RSX J160929.1-210524 and its likely ~8 Jupiter-mass companion (within red circle). This image is a composite of J-, H- and K-band near-infrared images. All images obtained with the Gemini Altair adaptive optics system and the Near-Infrared Imager (NIRI) on the Gemini North telescope. Photo Credit: Gemini Observatory.

<http://www.gemini.edu/node/11126>



# Busca de vida inteligente fora da Terra

Inteligência: capacidade de ter auto-consciência,..., de elaborar informações, de formular perguntas e procurar respostas...

Vida na Terra tem 3,8 bilhões de anos: levou 1 bilhão de anos para se desenvolver a vida;

O Homo Sapiens Sapiens só tem 125 000 anos;

Civilização tem 10000 anos;

Tecnologia para comunicação tem menos de 100 anos;

# Busca de vida inteligente fora da Terra

## O projeto SETI

1959: Cocconi & Morrison publicaram "Searching for extraterrestrial Communication" (Nature),

1960: Drake começou uma busca de sinais em Ceti e Eridani com o radiotelescópio de 25 m de Green Bank.

1961: 10 especialistas de diversas áreas (Drake, Sagan, Calvin, entre outros) se reúnem. Drake formula sua equação

$$N = f_p f_v f_i f_c \dot{N} T_t,$$

# Busca de vida inteligente fora da Terra

## A Equação de Drake:

- $f_p$  é a fração provável de estrelas que tem planetas (menor que 0,4),
- $f_v$  é a fração provável de planetas que abrigam vida,
- $f_i$  é a fração provável de planetas que abrigam vida e desenvolveram formas de vida inteligente,
- $f_c$  é a fração provável de planetas que abrigam vida inteligente e que desenvolveram civilizações tecnológicas com comunicação eletromagnética,
- $dN/dt$  é a taxa de formação de estrelas na Galáxia, e
- $T_t$  é o tempo provável de duração de uma civilização tecnológica.

$$N = f_p f_v f_i f_c \dot{N} T_t,$$

## Busca de vida inteligente fora da Terra

	$R_*$	$f_p$	$f_v$	$n_T$	$f_i$	$f_c$	$T_t$	$N$
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:  $N = 10^{-12}$ :

criaturas como os terráqueos são muito raras, apenas 1 caso em 1 trilhão de galáxias.

no nosso universo observável tem  $10^{11}$  galáxias : estamos sozinhos!

# Viagem interplanetária

- Alpha-Centauri 4,4anos-luz= $9,4 \times 10^{12}$ km
- Ônibus espacial: 28000km/h -> 168000anos
- Bernard Oliver (1916-1995) - HP e Cyclops  
0.7 c + motor perf. =  $2.6 \times 10^{16}$  Mwatts
- Igual a toda energia produzida na Terra
- 
- Astrobiologia: Extremófilos