ASTROBIOLOGIA: A VIDA NO CONTEXTO CÓSMICO

C.A.Wuensche

INPE – Divisão de Astrofísica

http://www.das.inpe.br/~alex

25/08/16

Um Universo Biofílico

Um Universo favorável à vida – que podemos chamar de **biofílico** - tem que ser especial em diversos aspectos. Os pré-requisitos para qualquer forma de vida (estrelas com vida longa, uma tabela periódica, desvio do equilíbrio termodinâmico, química complexa, etc.) são extremamente sensíveis às leis físicas e não poderia ter aparecido, a partir de um "Big Bang", cuja receita fosse minimamente diferente da que conhecemos.

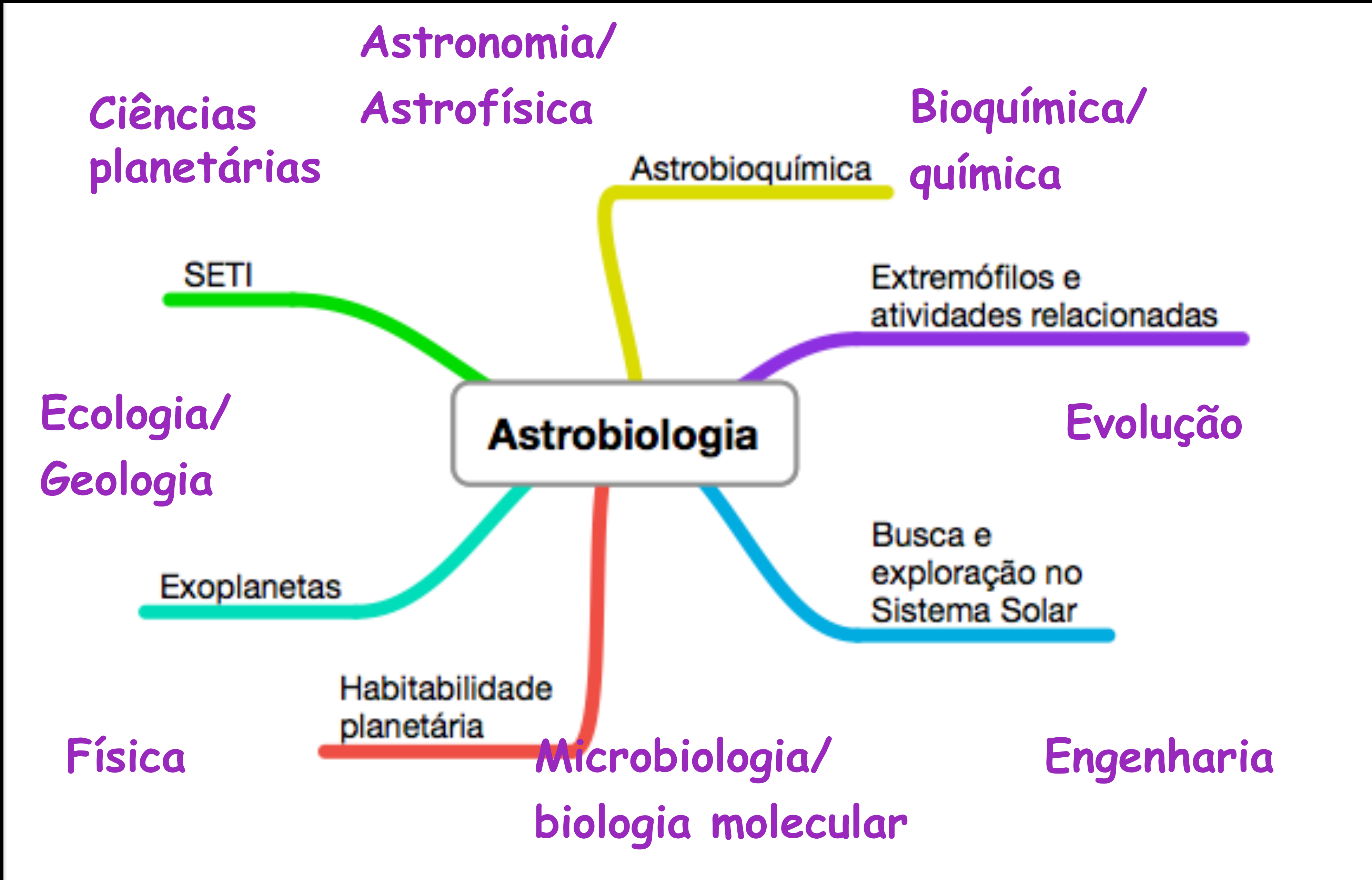
Sir Martin Rees

"Our Cosmic Habitat" (2001)

O que é Astrobiologia?

- A consideração da vida no universo em outras partes além da Terra (Laurence Lafleur 1941)
- The study of the living universe (NASA Astrobiology Institute [NAI] 1995)
- O estudo multidisciplinar da origem, evolução, distribuição e destino da vida no Universo
- Atualmente, **a astrobiologia incluiu o estudo da vida na Terra**

Slide: A. Friaça (IAG/USP)



Multi e transdisciplinar por natureza!

Astrobiologia: ciências de base e eixos de pesquisa

- Astronomia/Astrofísica
- Bioquímica/Química
- Ciências Planetárias
- Geologia/Geofísica
- Meteorologia/Oceanografia
- Engenharias
- Física/Teoria da informação
- Nanociências
- Microbiologia/Biologia Molecular
- Ecologia/Sistemas Complexos

- **História da complexidade cósmica**
- **Universo molecular**
- **Habitabilidade**
- **Sistema Solar**
- **Exoplanetas**
- **Extremófilos**
- **Origens da vida**
- **Bioassinaturas**
- **Evolução das biosferas**
- **Ação humana na Terra e além**

The Astrophysical Context of Life
(http://www.nap.edu/catalog/11316.html)

POR ONDE COMEÇAR?

- ✓ A vida é um "imperativo cósmico" ou simplesmente um evento ao acaso?
- ✓ A vida é formada e se desenvolve a partir de processos físico-químicos locais?
- ✓ Existem condições realistas, no Sistema Solar e fora dele, para a origem e evolução da vida da forma como a conhecemos?

Como definir vida?

J. Schneider, astro-ph/9604131; Szostak et al., Nature, 2001;
Bains, Astrobiology 2004; Lunine 2005

- Sistema com interação complexa e diversificada com o ambiente
- Sistema em "desequilíbrio" termodinâmico
- Existência de um mecanismo de memória e leitura
- **Grande conteúdo de informação**
- **Capacidade de auto-replicação**

Hipóteses mais restritivas…

- Que tipo de sistema complexo? Cristais líquidos, plasmas…
- Sistemas químicos baseados em…? C, Si?
- Meio líquido é necessário? Por que a água?
- A existência de uma interface sólido-líquida é necessária?

Como definir vida?

J. Schneider, astro-ph/9604131; Szostak et al., Nature, 2001;
Bains, Astrobiology 2004; Lunine 2005

Vida é um sistema químico auto-sustentado capaz, no sentido Darwiniano, de evoluir (Joyce 1994).

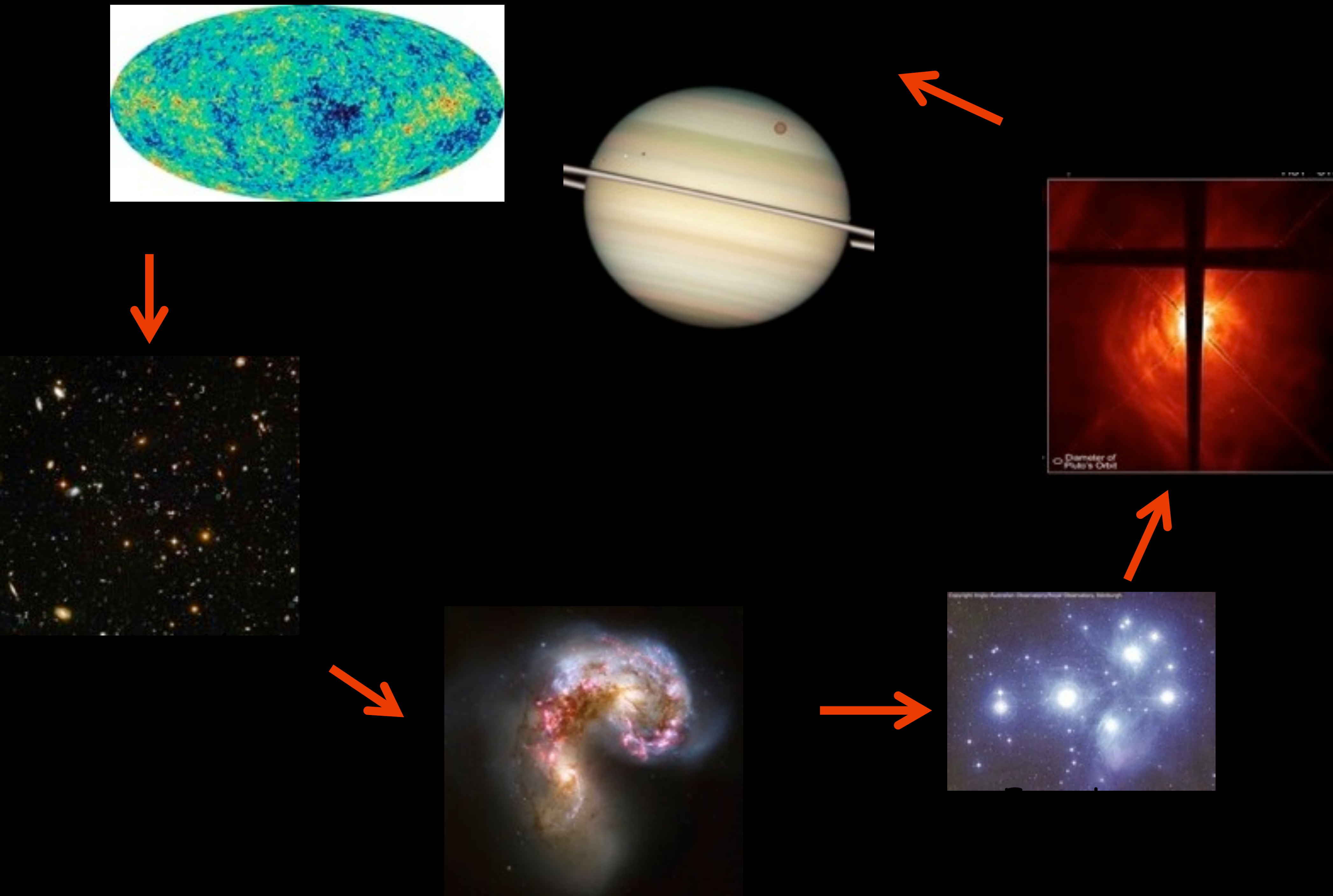
O QUE COSMOLOGIA E ASTROFÍSICA TEM A VER COM A ORIGEM E EVOLUÇÃO DA VIDA???

Considerações fundamentais...

- ✓ Do ponto de vista da cosmologia e da astrofísica, temos que lembrar o seguinte:
  - ✓ A taxa de expansão do Universo é importante!
  - ✓ Os valores das constantes físicas devem ser CONSTANTES MESMO!
  - ✓ Os elementos químicos necessários para a formação da vida estão disponíveis desde que o Universo tinha somente 200 milhões de anos (hoje tem quase 14 BILHÕES...)
  - ✓ Idade das estrelas "hospedeiras de vida" deve ser ~ idade do Sol
- ✓ Zona Habitável: ~ 10% das estrelas da Galáxia

M. Livio, astro-ph/0301615 (2003), C. Lineweaver, astro-ph/0401024

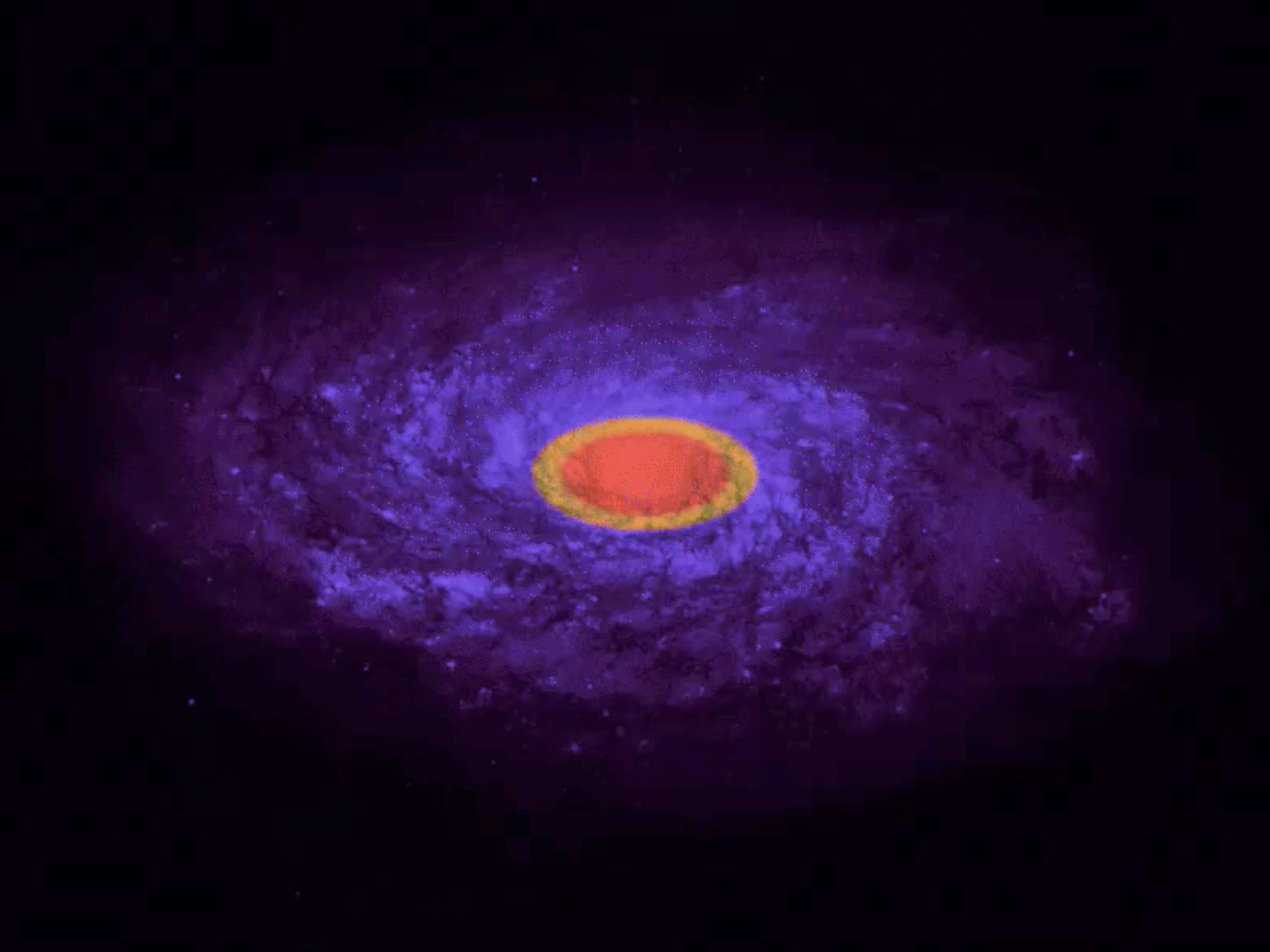
A busca astronômica das origens



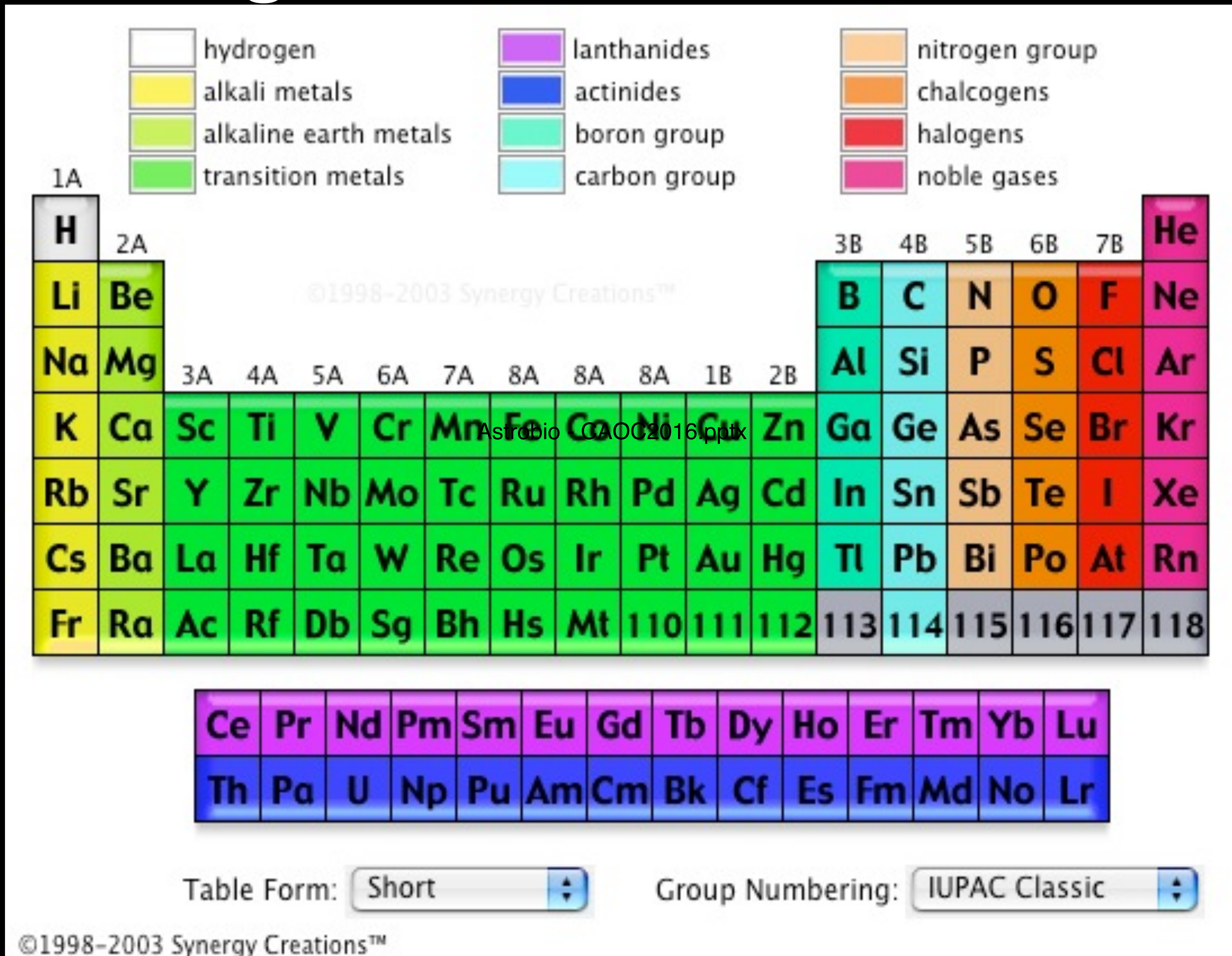
VIDA

Não necessariamente inteligente...

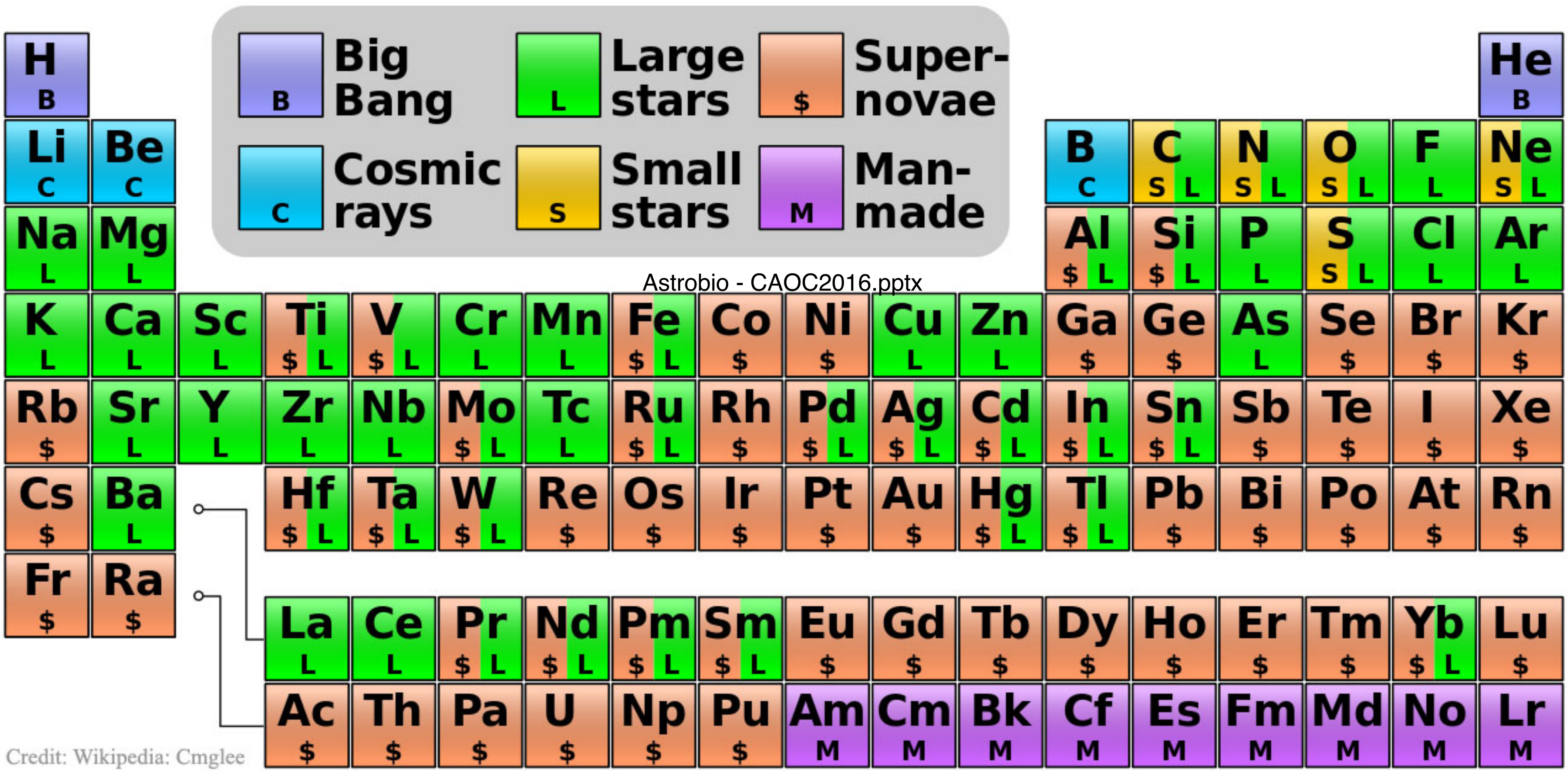
Imagens: Astronomy Picture of the Day



A origem da Tabela Periódica

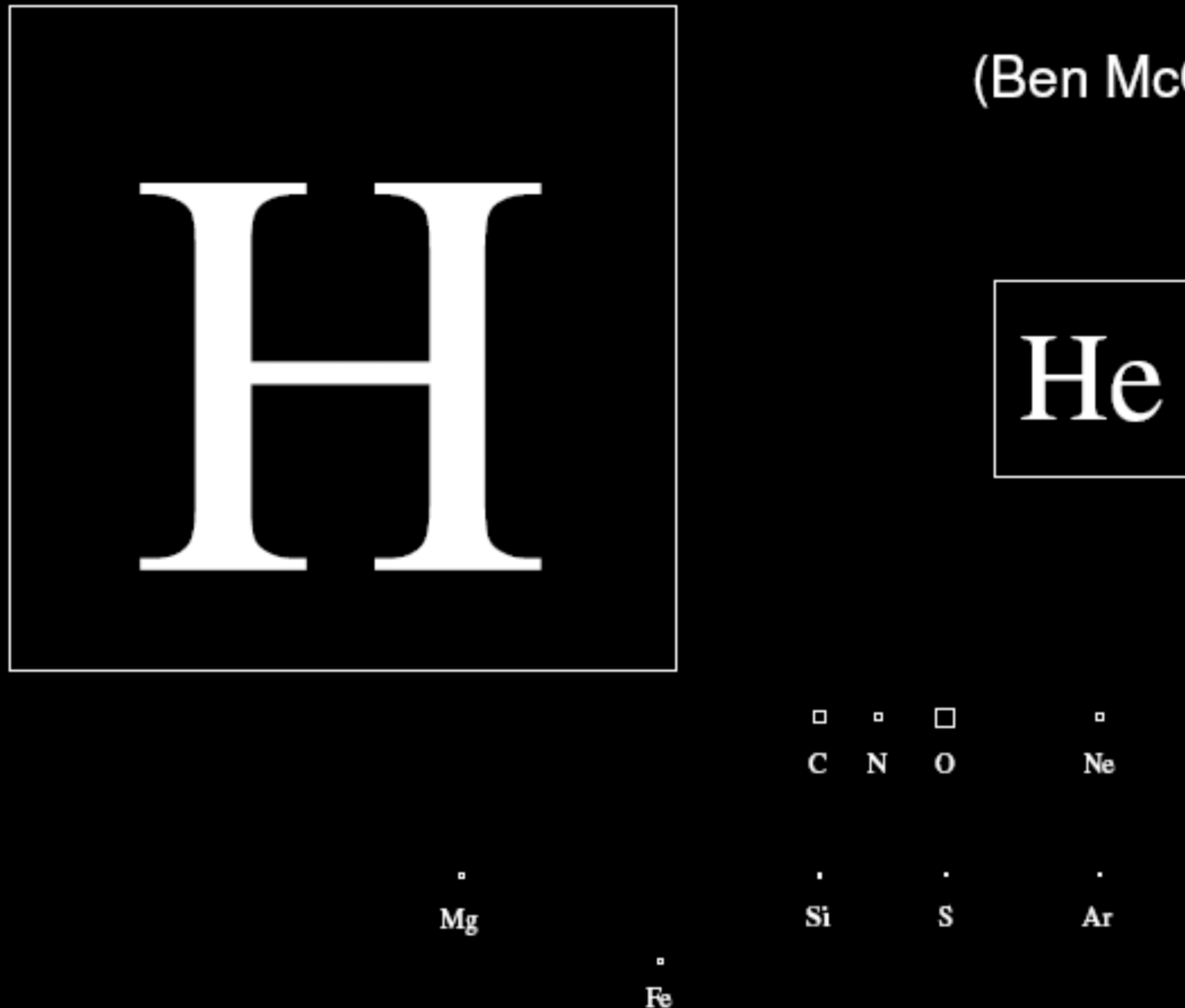


A origem da Tabela Periódica



A TABELA PERIÓDICA DOS ASTRÔNOMOS

(Ben McCall)



Courtesy Ben Mc Call

O princípio do LEGO®: os tijolos químicos são assentados no sentido do aumento de complexidade!

- ☑20 aminoácidos ⇒ todas as proteínas
- ☑4 nucleobases ⇒ todo o DNA
- ☑precursores do acetato (isopentenil-pirofosfate) ⇒ lipídios

A complexidade química da vida

Os “tijolos químicos” da vida são:

- ✓ Hidrogênio (H)
- ✓ Carbono (C)
- ✓ Nitrogênio (N)
- ✓ Oxigênio (O)
- ✓ Enxofre (S)
- ✓ Ferro (Fe)
- ✓ Magnésio (Mg)
- ✓ Fósforo (P)

Eles formam aminoácidos, açúcares e nucleotídeos, que, por sua vez, formam os **polímeros orgânicos** necessários à vida: polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos

Classe importante na formação de membranas: **Lipídeos**

Table 1: As 151 moléculas detectadas no espaço, em ordem crescente de massa

Espécie	Massa	Espécie	Massa	Espécie	Massa	Espécie	Massa
H_2	2	NO	30	$HOCO^+$	45	CH_3CONH_2	59
H_3^+	3	CF^+	31	NH_2CHO	45	HNCS	59
CH	13	CH_3NH_2	31	PN	45	C_5	60
CH^+	13	H_3CO^+	31	AlF	46	CH_2OHCHO	60
CH_2	14	HNO	31	C_2H_5OH	46	CH_3COOH	60
CH_3	15	CH_3OH	32	CH_3OCH_3	46	$HCOOCH_3$	60
NH	15	SiH_4	32	H_2CS	46	OCS	60
CH_4	16	HS	33	HCOOH	46	SiS	60
NH_2	16	HS^+	33	NS	46	C_5H	61
NH_3	17	H_2S	34	CH_3SH	48	AlCl	62
OH	17	H_2S^+	34	SO	48	$HOCH_2CH_2OH$	62
OH^+	17	C_3	36	SO^+	48	HC_4N	63
H_2O	18	HCl	36	C_4H	49	CH_3C_4H	64
H_2O^+	18	c-C_3H	37	C_4H^-	49	S_2	64
NH_4^+	18	l-C_3H	37	NaCN	49	SiC_3	64
H_3O^+	19	c-C_3H_2	38	C_3N	50	SO_2	64
HF	20	H_2CCC	38	H_2CCCC	50	CH_2CCHCN	65
C_2	24	HCCN	39	HCCCCH	50	CH_3C_3N	65
C_2H	25	C_2O	40	MgCN	50	C_3S	68
C_2H_2	26	CH_2CN	40	MgNC	50	FeO	72
CN	26	CH_3CCH	40	HC_3N	51	C_6H	73
CN^+	26	SiC	40	HCCNC	51	C_6H^-	73
HCN	27	CH_3CN	41	HNCCC	51	C_5N	74
HNC	27	CH_3NC	41	c-SiC_2	52	C_6H_2	74
C_2H_4	28	H_2CCO	42	C_3O	52	HCCCCCCH	74
CO	28	NH_2CN	42	$H_2C_3N^+$	52	HC_5N	75
CO^+	28	SiN	42	AlNC	53	KCl	75
H_2CN	28	CP	43	CH_2CHCN	53	NH_2CH_2COOH	75
$HCNH^+$	28	HNCO	43	c-H_2C_3O	54	SiC_4	76
N_2^+	28	$HNCO^-$	43	HC_2CHO	54	C_6H_6	78
CH_2NH	29	c-C_2H_4O	44	SiCN	54	C_7H	85
HCO	29	CH_3CHO	44	SiNC	54	CH_3C_6H	88
HCO^+	29	CO_2	44	CH_3CH_2CN	55	C_8H	97
HN_2^+	29	CO_2^+	44	C_2S	56	C_8H^-	97
HOC^+	29	CS	44	C_3H_4O	56	HC_7N	99
SiH	29	N_2O	44	CH_3CH_2CHO	58	HC_9N	123
CH[illegible]							
H_2[illegible]							

So[illegible]

Formamida

Ácido acético

Etanol

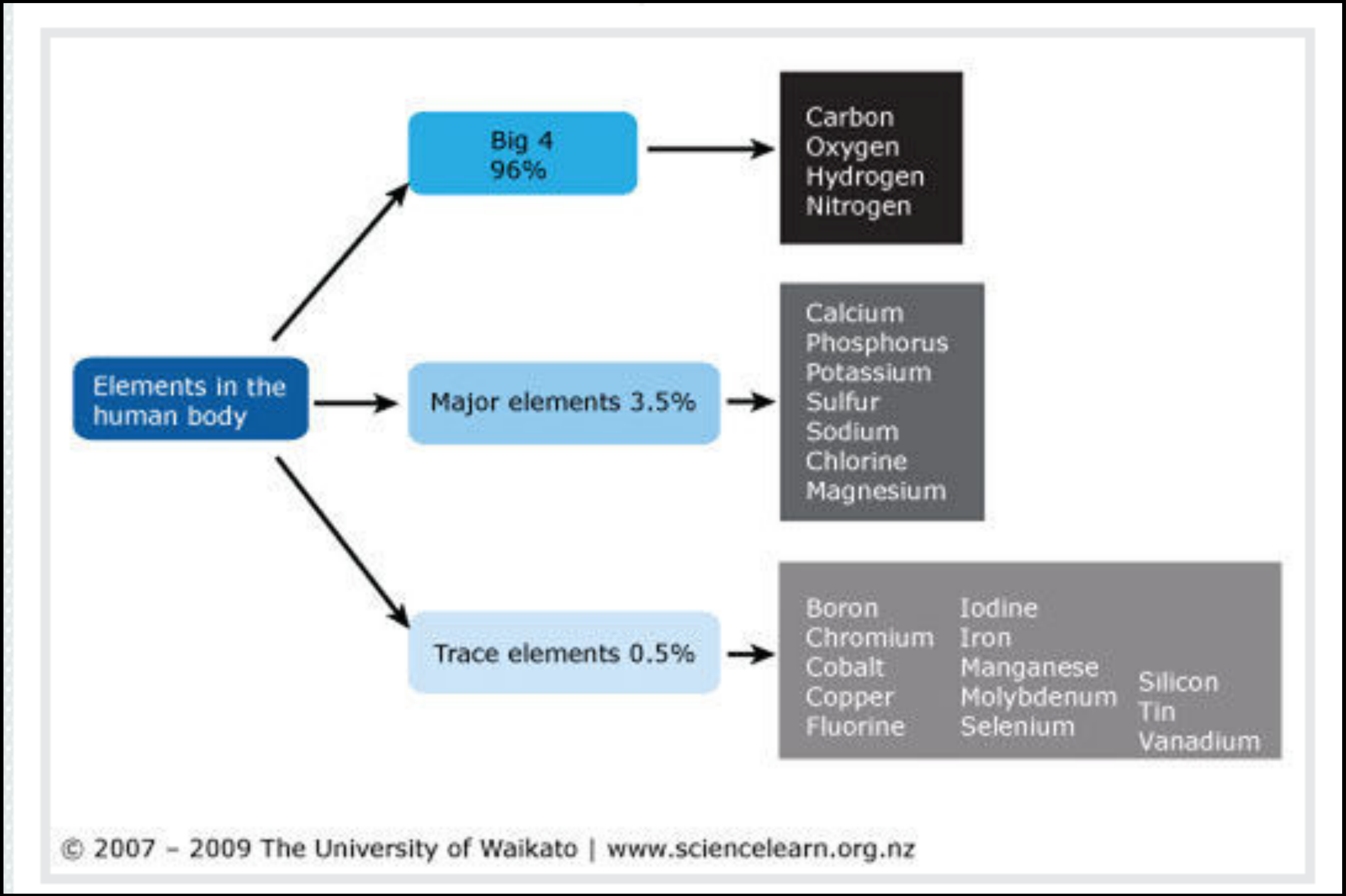
Benzeno

Glicina

Até Novembro de 2014, foram encontradas mais de 180 moléculas no meio interestelar e envoltórios estelares (151 listadas ao lado), 56 moléculas de origem extragaláctica e quase 800 espécies! Muitas delas desempenham um papel importante na bioquímica terrestre, entre ácidos, álcoois, cetonas, éteres, ésteres, aldeídos e açúcares.

Álcool + açúcar + gelo + água + ... = ????

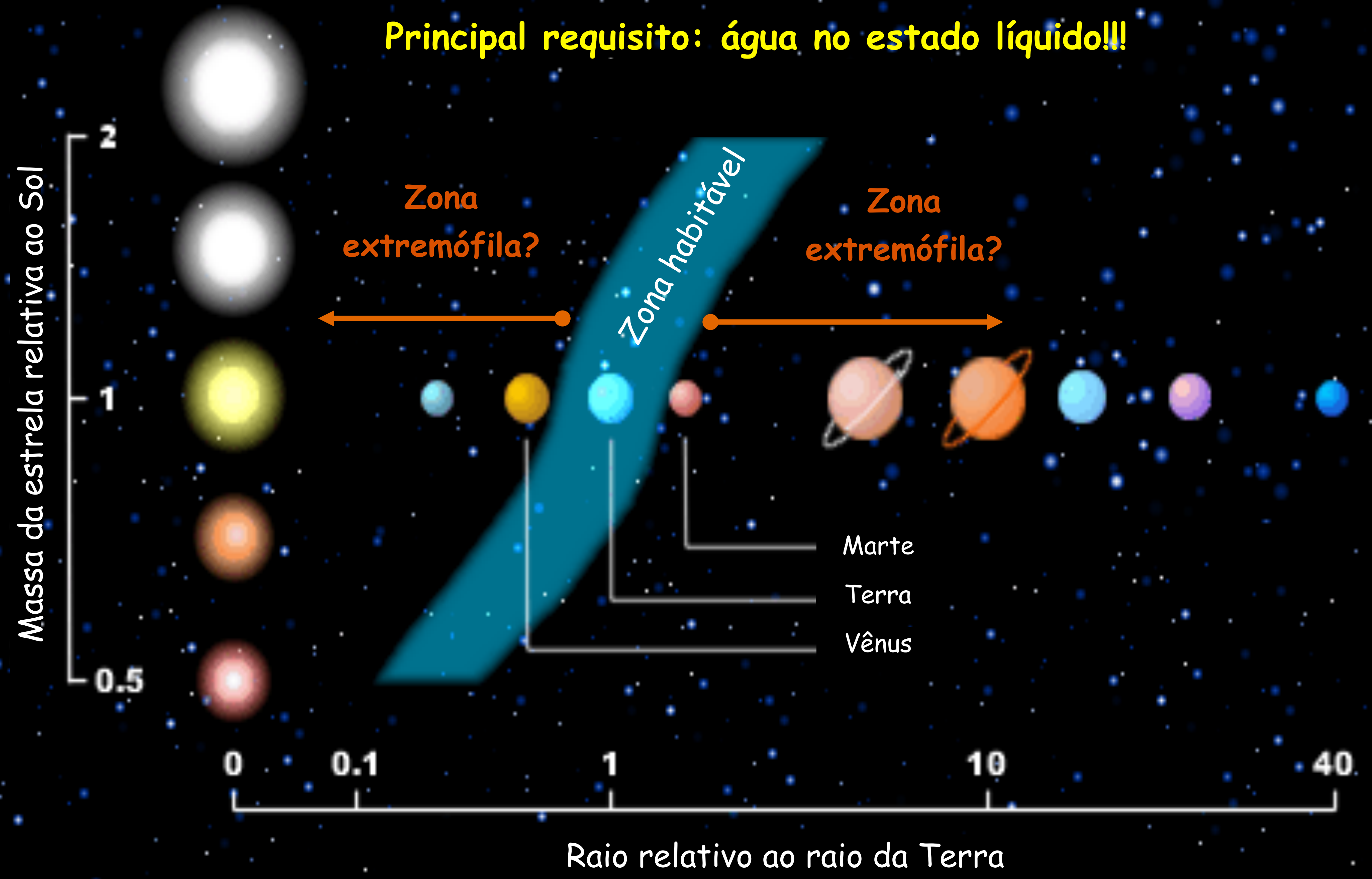
Nós e a química do Universo

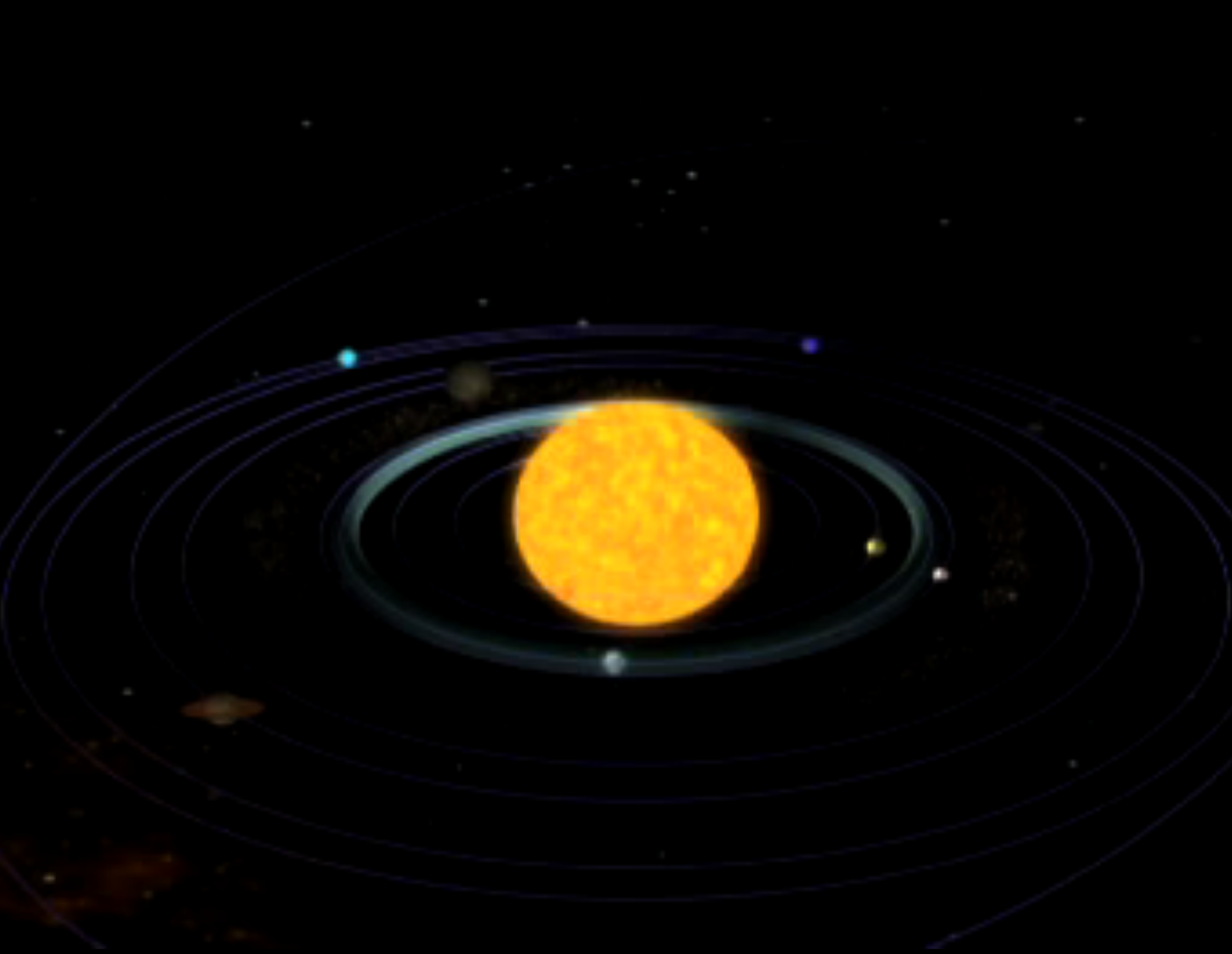


PORQUE NOSSO PLANETA É HABITÁVEL?

O QUE HÁ DE ESPECIAL NELE?

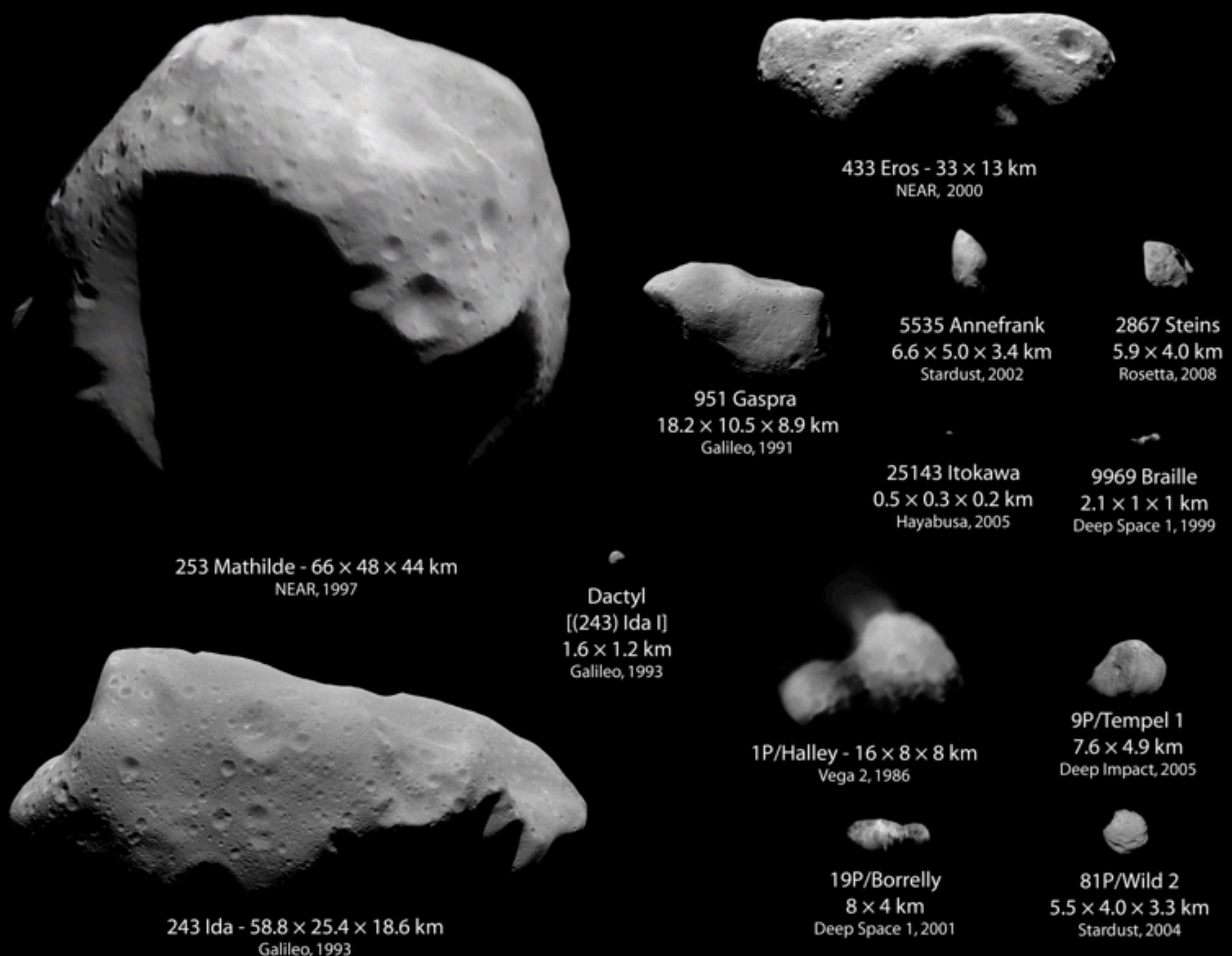
Zona habitável estelar?





Cometas e asteróides

(killerasteroids.org)



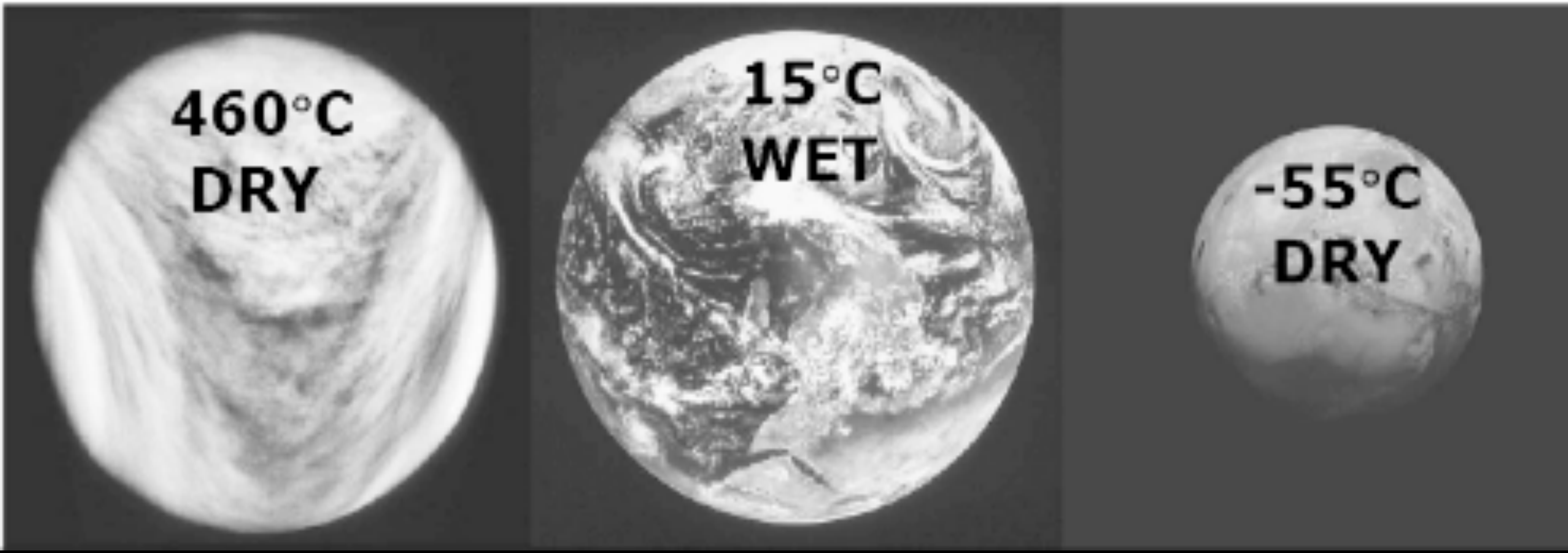
Importantes para formação (**deposiçao de orgânicos e H_2O**) e aniquilaçao (**extinção em massa**) da vida na Terra

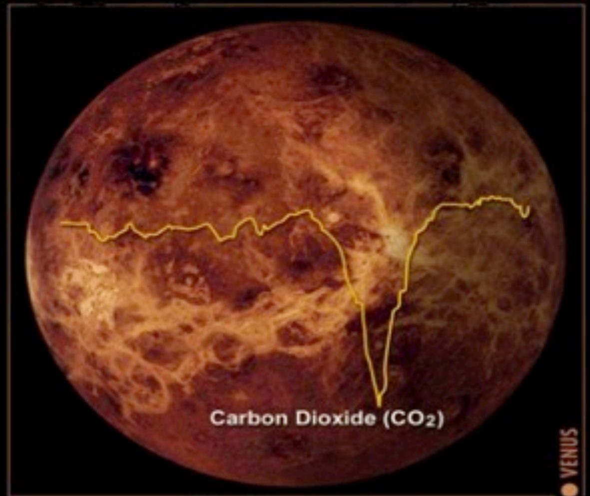
3 planetas diferentes, 3 climas diferentes

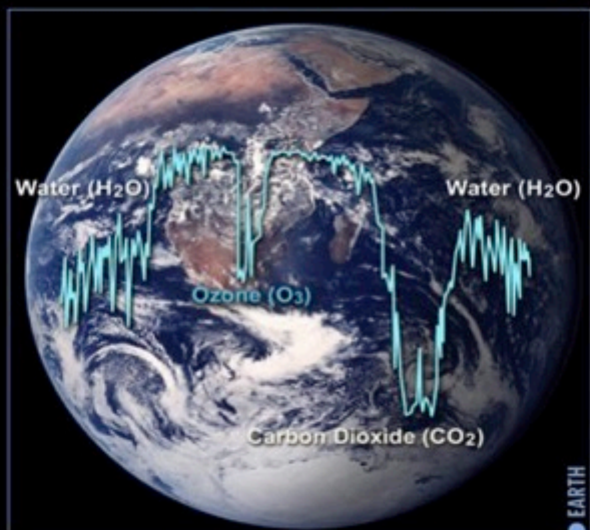
Vênus
Efeito estufa forte

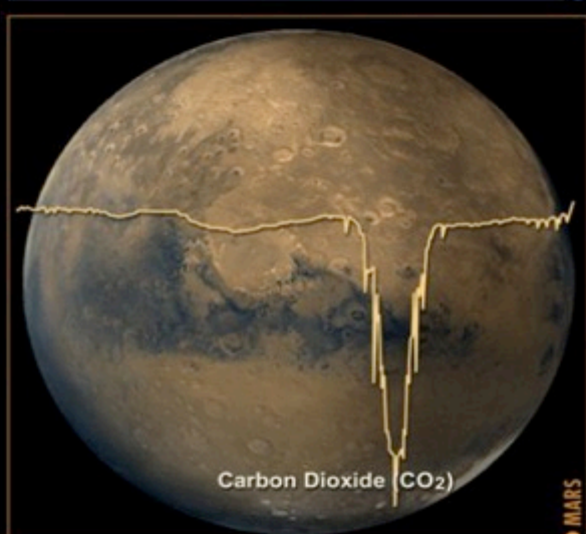
Terra

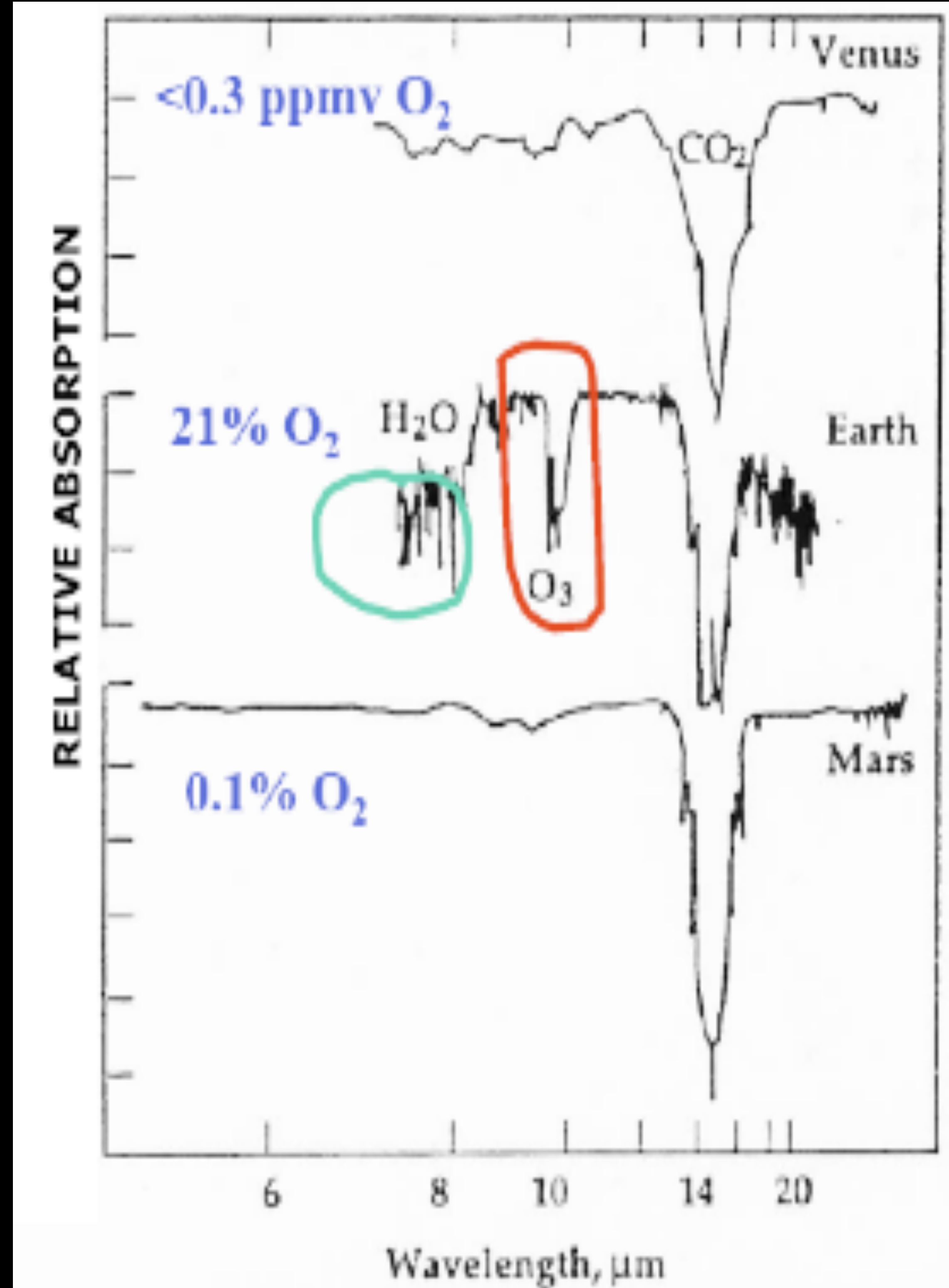
Marte
Muito frio




Carbon Dioxide (CO_2)
VENUS


Water (H_2O)
Water (H_2O)
Ozone (O_3)
Carbon Dioxide (CO_2)
EARTH


Carbon Dioxide (CO_2)
MARS


Venus
<0.3 ppmv O_2
CO_2
21% O_2
H_2O
O_3
Earth
Mars
0.1% O_2
RELATIVE ABSORPTION
6
8
10
14
20
Wavelength, μm

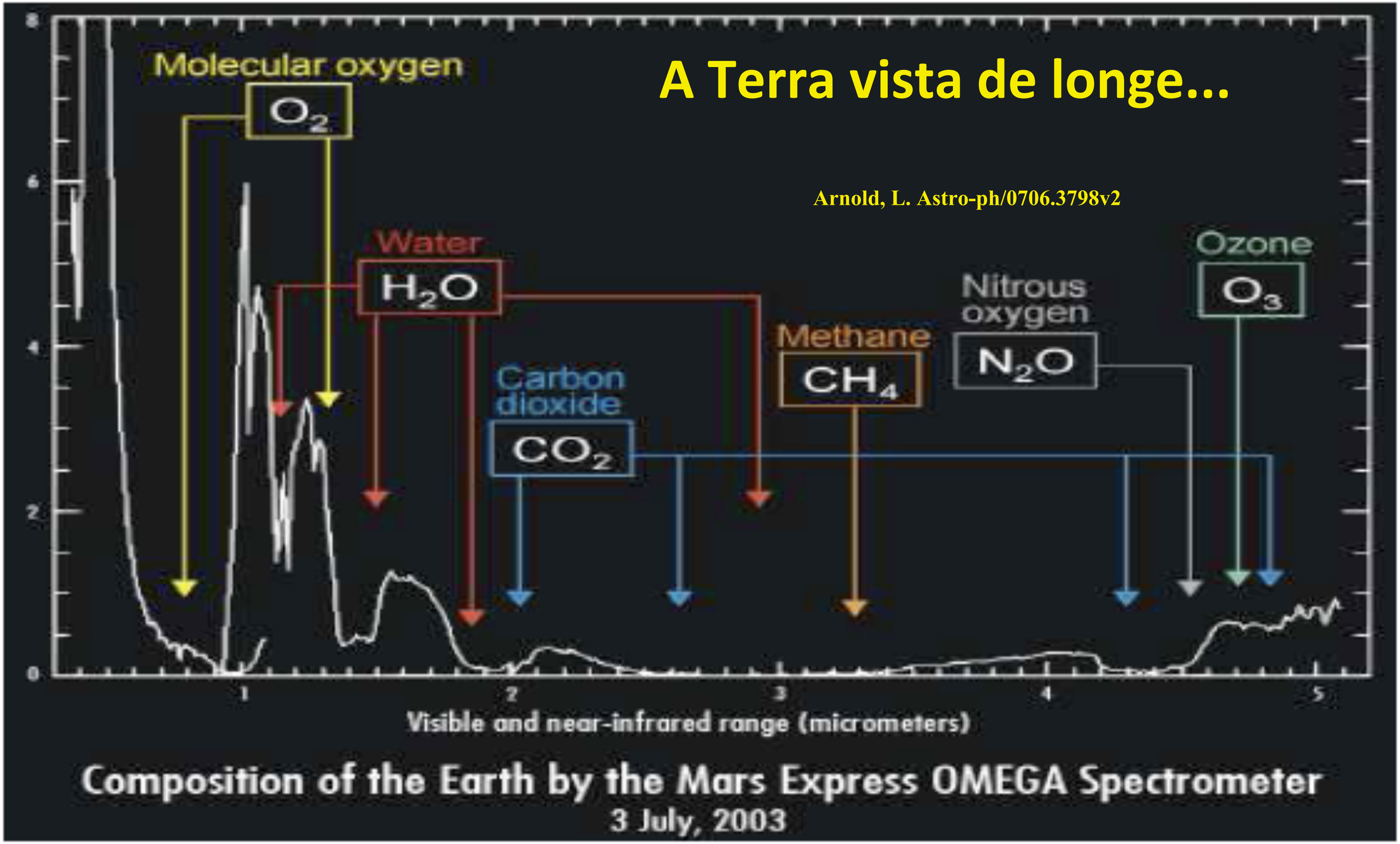


Fig. 2 Mars Express recorded the Earth spectrum with its OMEGA instrument in July 2003 while it was traveling to Mars. This picture illustrates how could look like an Earth-like extrasolar planet spectrum recorded with a high signal to noise ratio (figure adapted from http://mars.jpl.nasa.gov/express/newsroom/pressreleases/20030717a.html).

NATURE · VOL 365 · 21 OCTOBER 1993

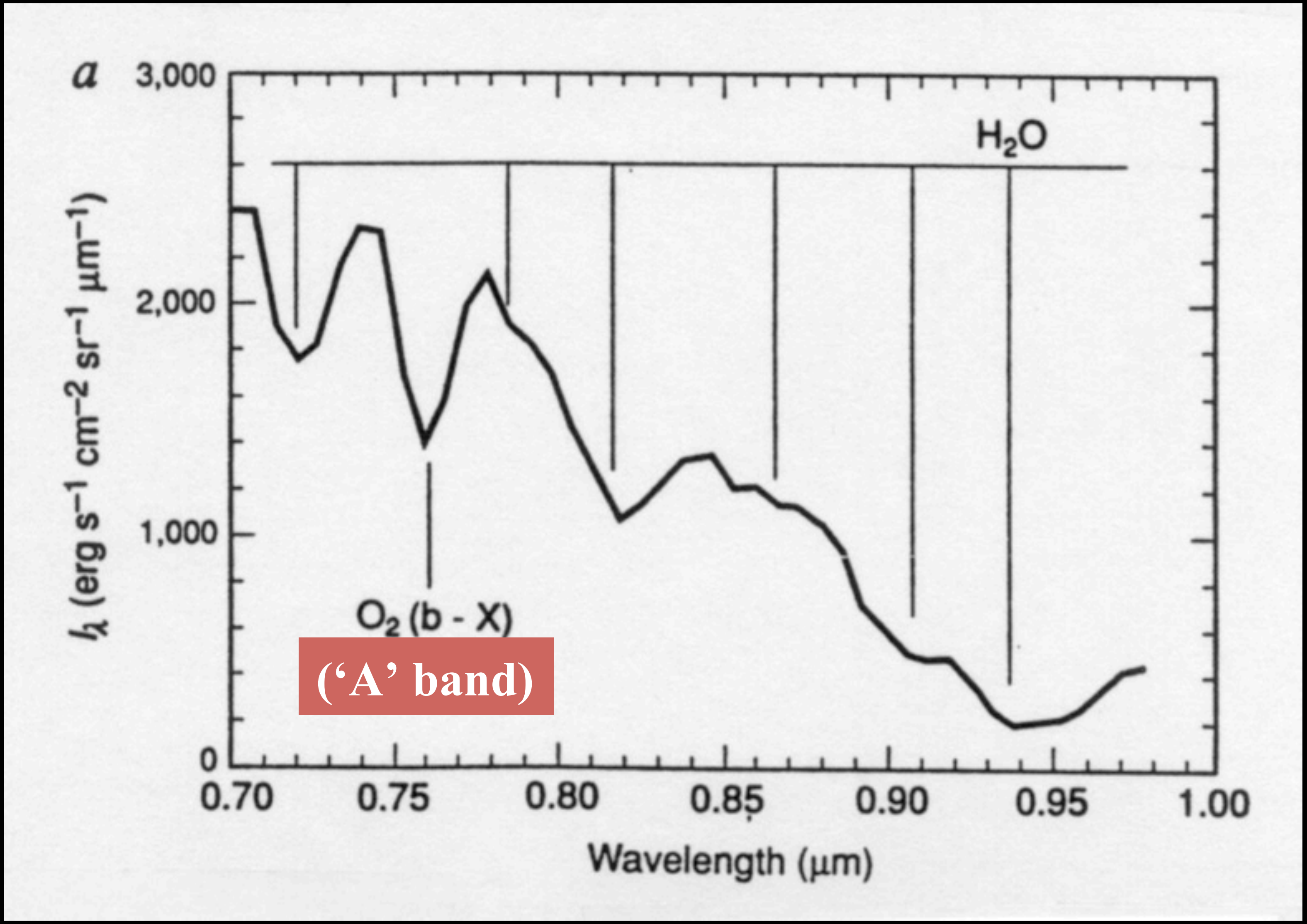
A search for life on Earth from the Galileo spacecraft

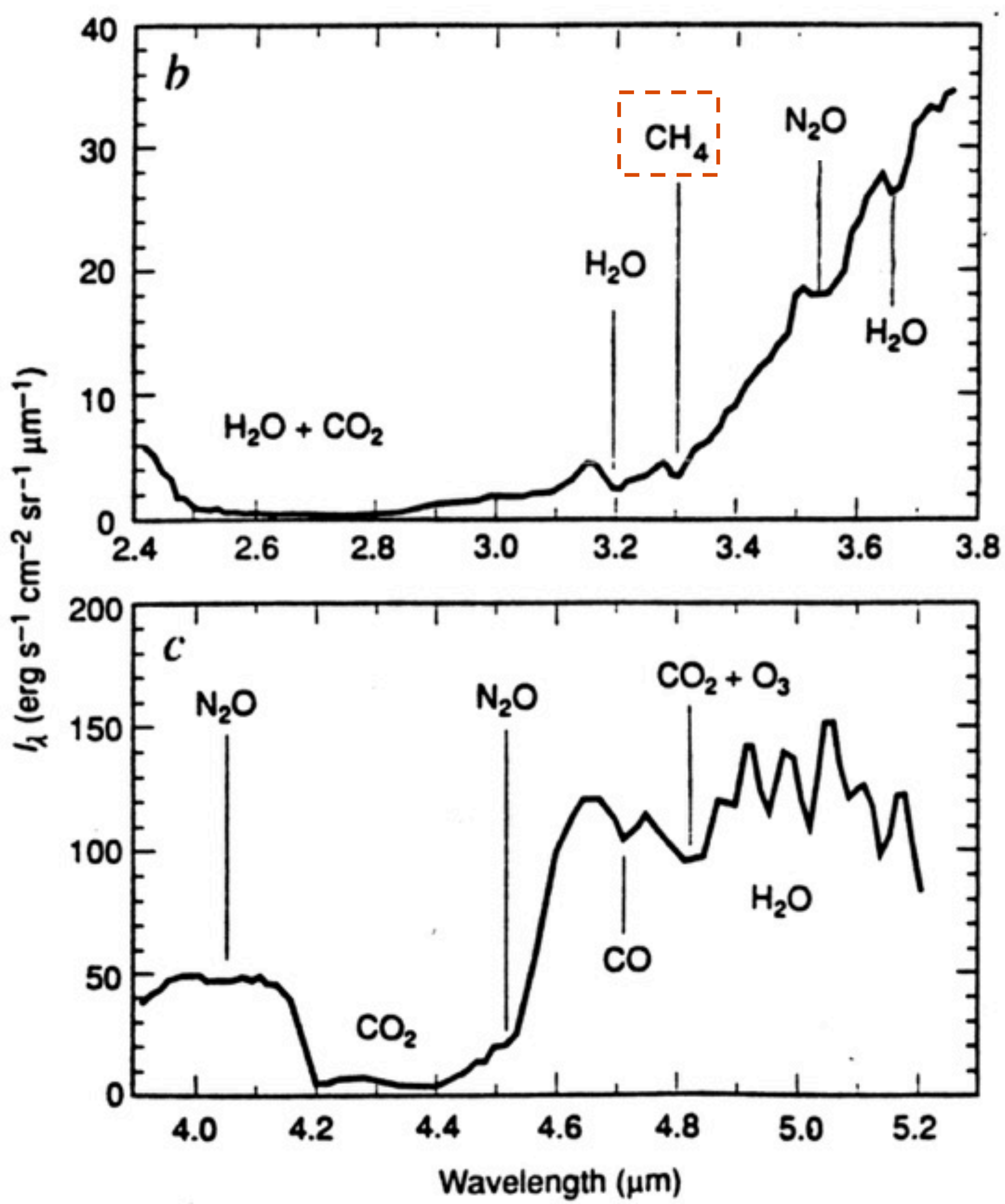
Carl Sagan*, W. Reid Thompson*, Robert Carlson†, Donald Gurnett‡ & Charles Hord§

* Laboratory for Planetary Studies, Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA
† Atmospheric and Cometary Sciences Section, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California 91109, USA
‡ Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa 52242-1479, USA
§ Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309, USA

In its December 1990 fly-by of Earth, the Galileo spacecraft found evidence of abundant gaseous oxygen, a widely distributed surface pigment with a sharp absorption edge in the red part of the visible spectrum, and atmospheric methane in extreme thermodynamic disequilibrium; together, these are strongly suggestive of life on Earth. Moreover, the presence of narrow-band, pulsed, amplitude-modulated radio transmission seems uniquely attributable to intellig-ence. These observations constitute a control experiment for the search for extraterrestrial life by modern interplanetary spacecraft.

NIMS Data (from Galileo)

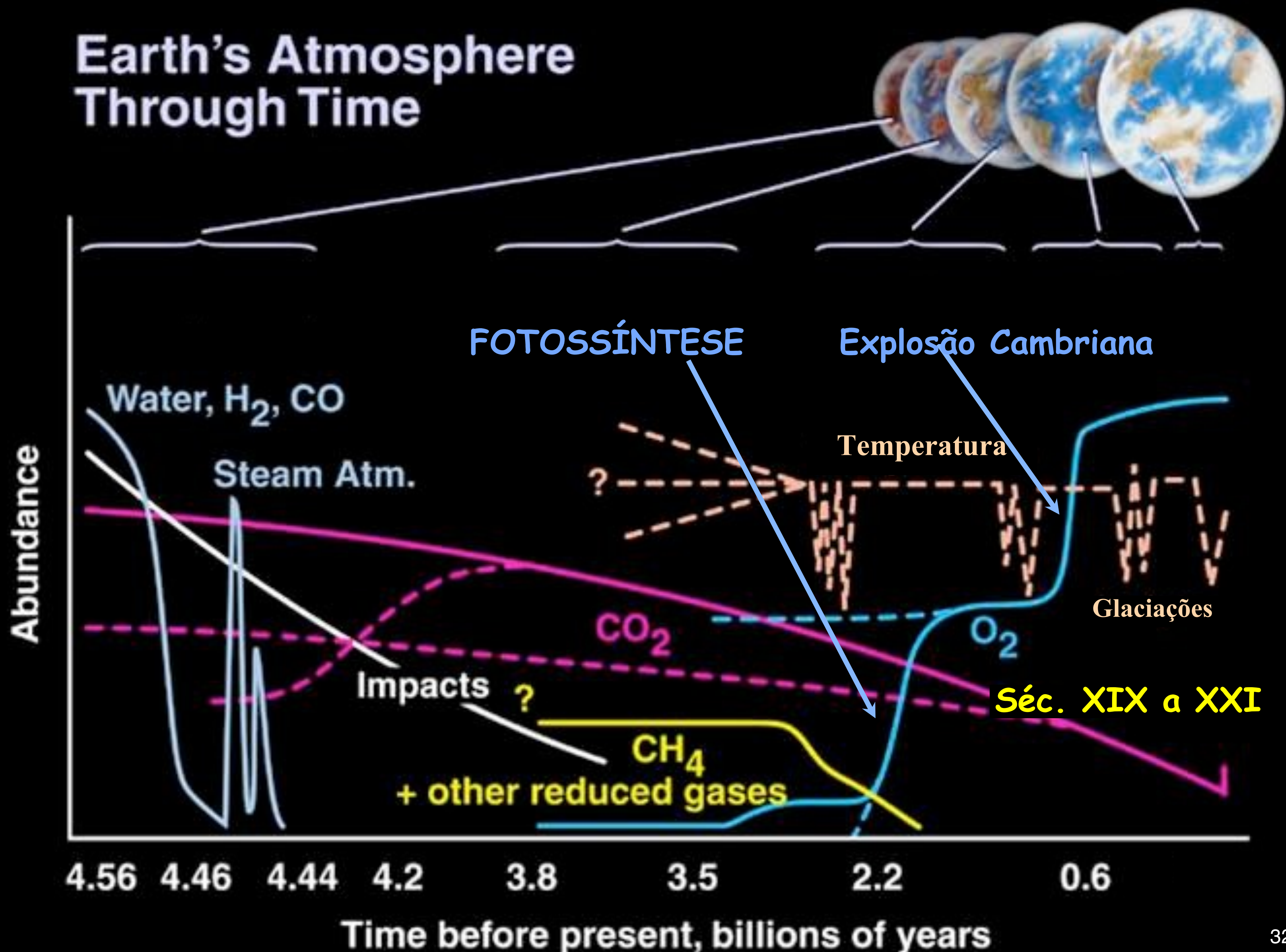




NIMS data in the near-IR

- Simultaneous presence of O_2 and a reduced gas (CH_4 or N_2O) is the best evidence for life

*Credit Joshua Lederburg and James Lovelock for the idea (1964)

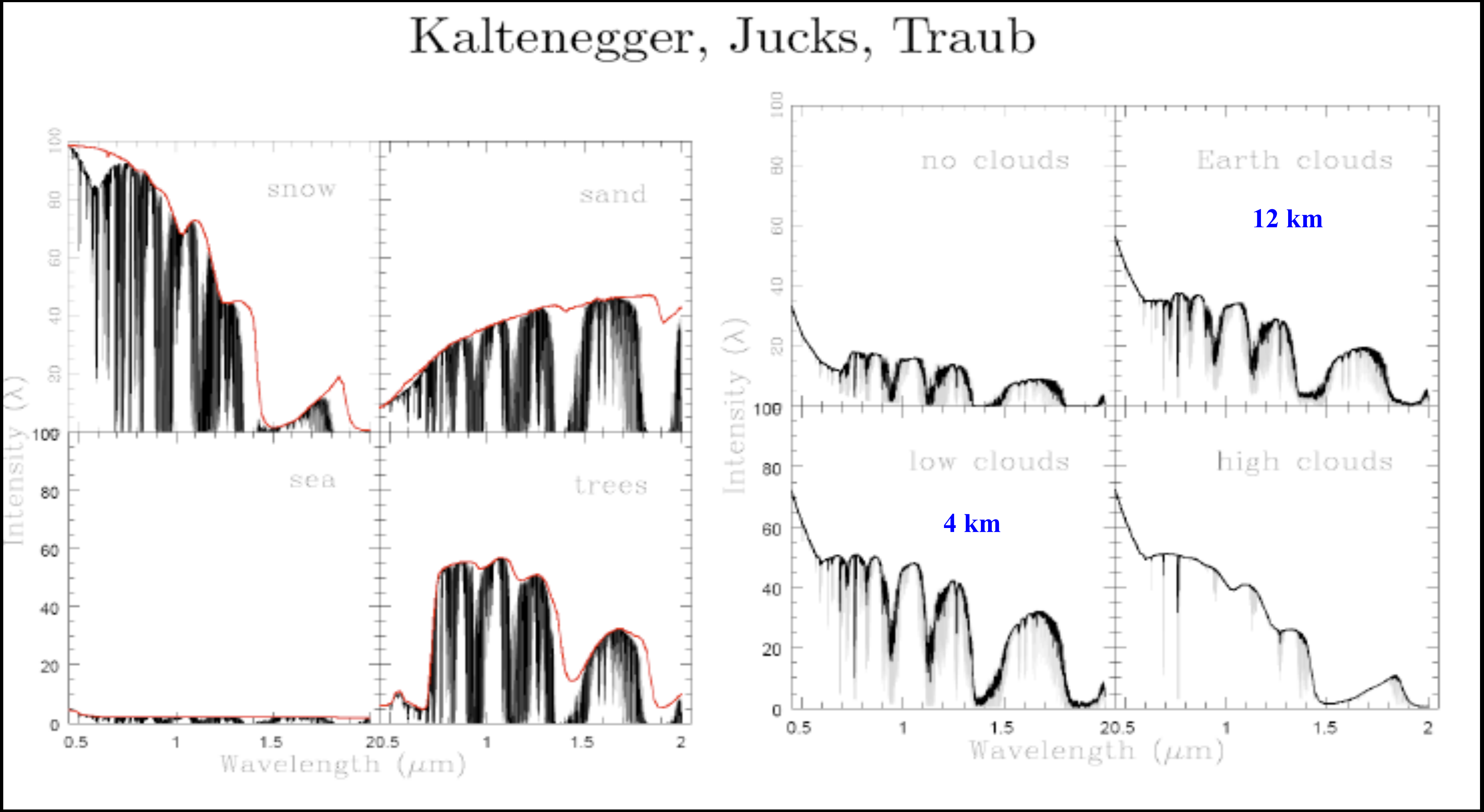

Earth's Atmosphere
Through Time
FOTOSSÍNTESE
Explosão Cambriana
Water, H_2, CO
Steam Atm.
Temperatura
?
Glaciações
CO_2
O_2
Impacts
?
Séc. XIX a XXI
CH_4
+ other reduced gases
Abundance
4.56
4.46
4.44
4.2
3.8
3.5
2.2
0.6
Time before present, billions of years

Condições de habitabilidade (a NOSSA receita)

- ✓ Água na superfície por, pelo menos, um bilhão de anos
- ✓ Intenso bombardeamento por meteoritos no início da formação da Terra (primeiros 700 milhões de anos)
- ✓ Resistência a catástrofes por ~ 1 bilhão de anos
- ✓ Intensa atividade geológica
- ✓ Existência de campo magnético
- ✓ Estabilidade climática por longos períodos (dezenas a centenas de milhões de anos)
- ✓ DISPONIBILIDADE DE OXIGÊNIO - Essencial para o aumento da complexidade biológica

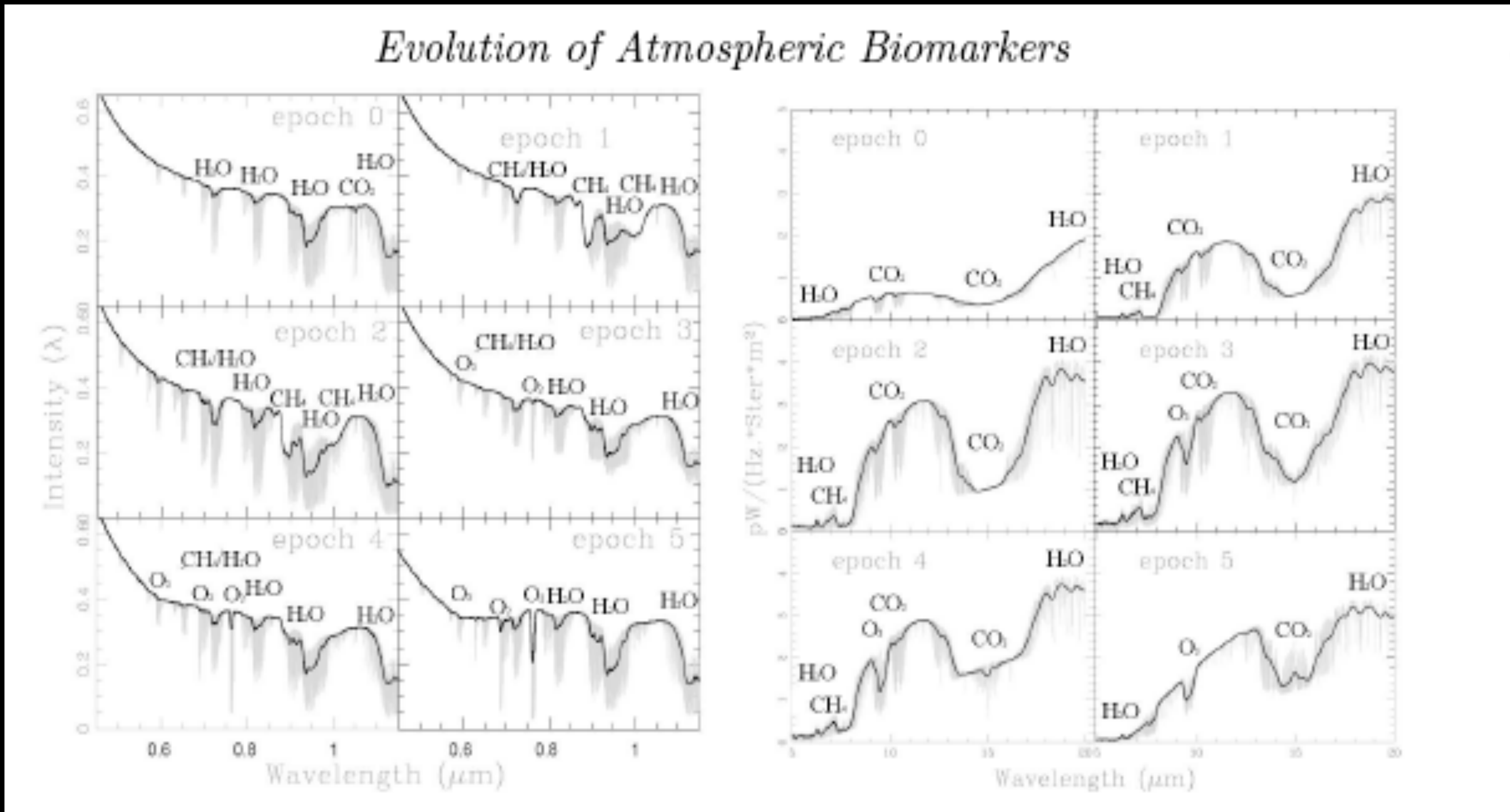
UM POUCO DA HISTÓRIA GEOLÓGICA DA TERRA E A FRAGILIDADE DA VIDA

Espectro da atmosfera terrestre



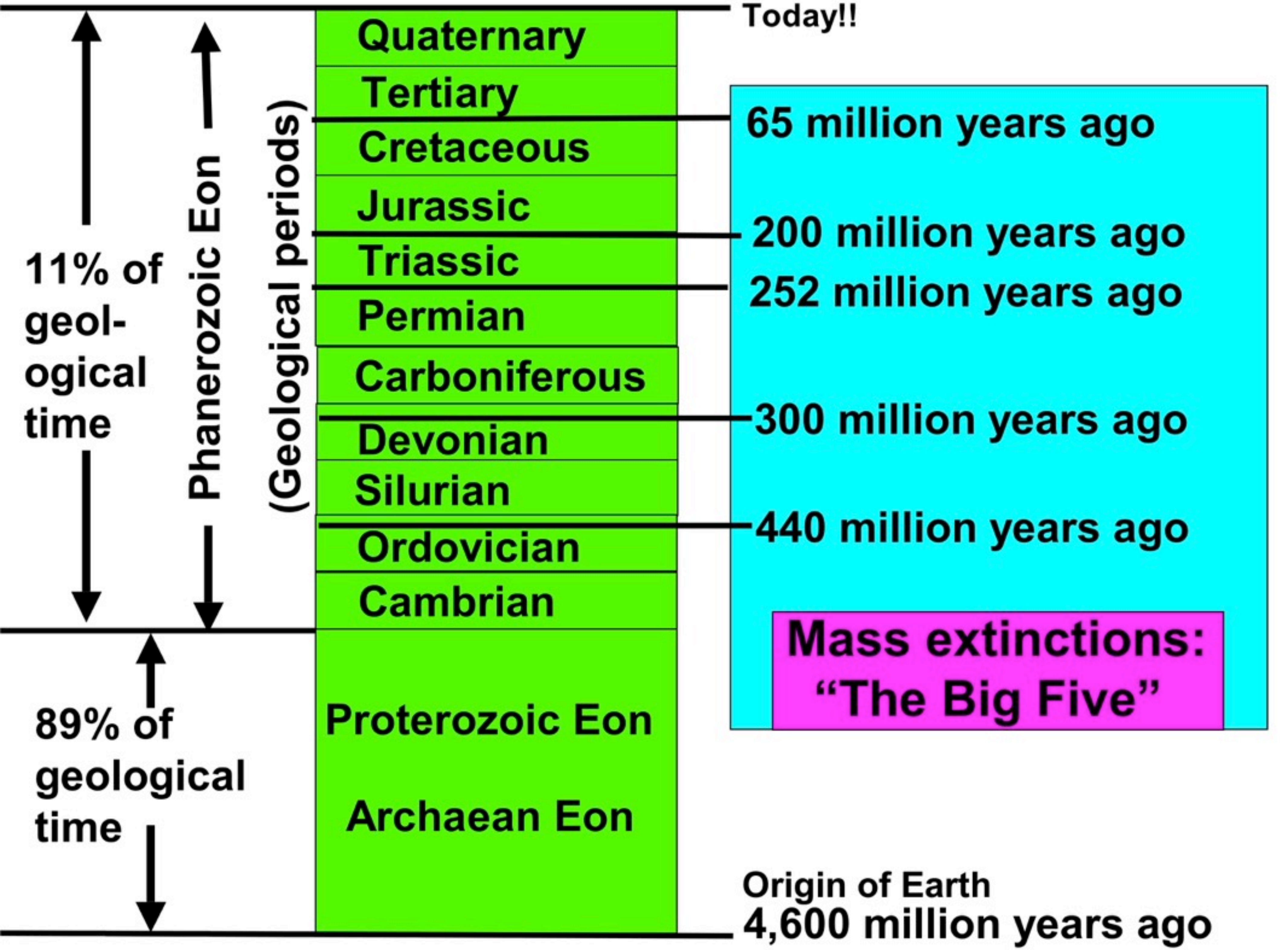
Kaltenegger L., Jucks K., Traub W.
Direct Imaging of Exoplanets: Science and Techniques
Proceedings IAU Colloquium No. IAUC200, 2005

Espectro da atmosfera terrestre



Kaltenegger L., Jucks K., Traub W.
Direct Imaging of Exoplanets: Science and Techniques
Proceedings IAU Colloquium No. IAUC200, 2005

EON	ERA	PERIOD	MILLIONS OF YEARS AGO	KEY EVENTS
Phanerozoic	Caenozoic	Quaternary		Humans evolve
			1.6	
		Tertiary		
	Mesozoic	Cretaceous		
			138	Extinction of Dinosaurs
		Jurassic		
		Triassic		
			240	
	Paleaozoic	Permian		Permian mass extinction
		Carboniferous	330	
		Devonian		
			410	
		Silurian		Invertebrates become common
		Ordovician		
			500	
		Cambrian		
Proterozoic		Also known as Precambrian		
Archean			3500	Earliest life
Hadean				



Today!!
Quaternary
Tertiary
Cretaceous
Jurassic
Triassic
Permian
Carboniferous
Devonian
Silurian
Ordovician
Cambrian
Proterozoic Eon
Archaean Eon
(Geological periods)
Phanerozoic Eon
11% of geol-ogical time
89% of geological time
65 million years ago
200 million years ago
252 million years ago
300 million years ago
440 million years ago
Mass extinctions: "The Big Five"
Origin of Earth
4,600 million years ago

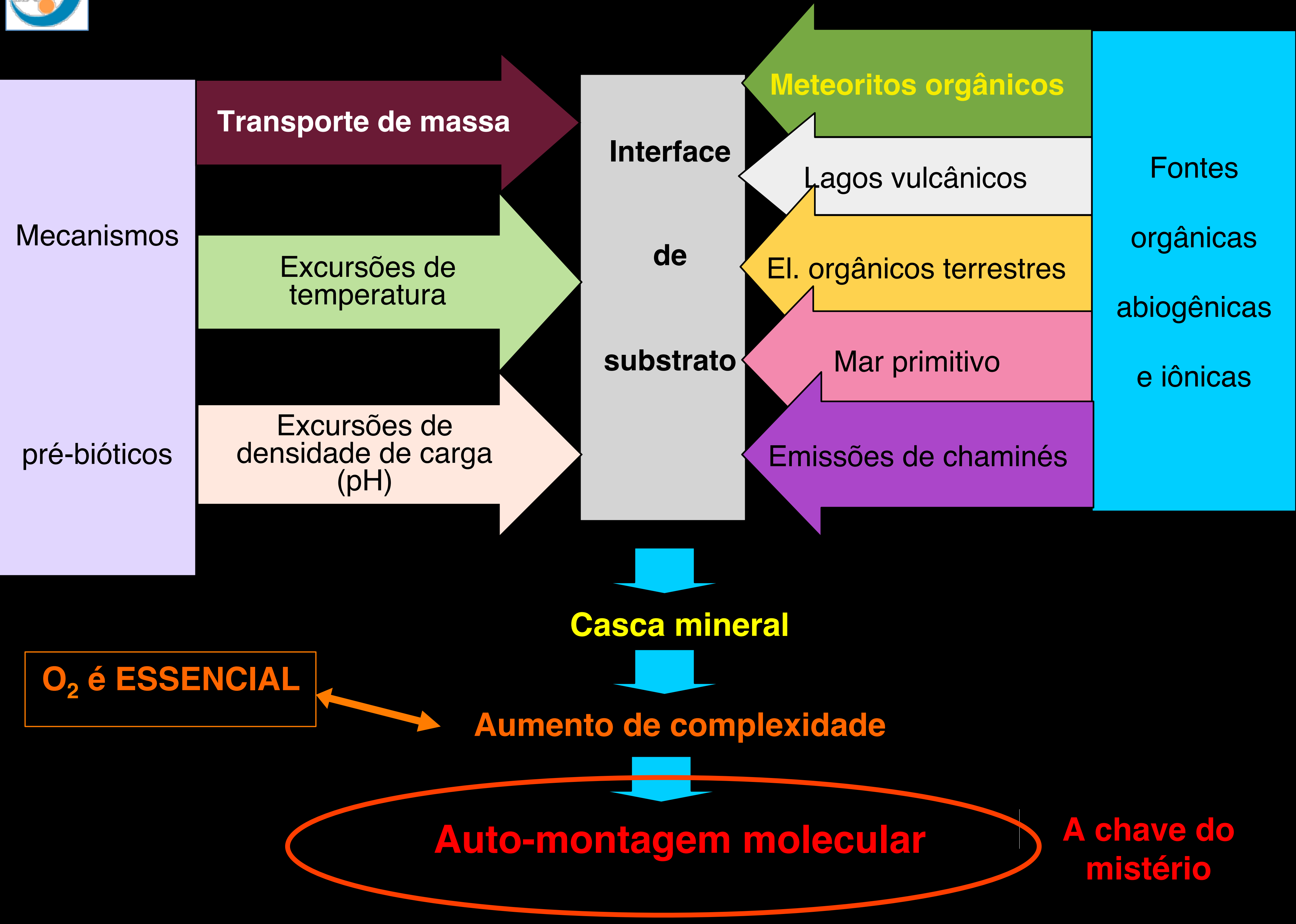
Event	Estimated Epoch	Proposed causes	Estimated devastation
Ordovician	ended ~ 443 Myr ago; within 3.3 to 1.9 Myr	Onset of alternating glacial and interglacial episodes. Sequestration of CO_2.	57% of genera, 86% of species.
Devonian	ended ~359 Myr ago; within 29 to 2 Myr	Global cooling/warming, drawdown of global CO_2. Evidence for widespread deep-water. Impact???	35% of genera, 75% of species
Permian	ended ~251 Myr ago; within 2.8 Myr to 160 Kyr	Siberian volcanism. Global warming. Spread of deep marine anoxic waters. Impact???	56% of genera, 96% of species
Tria…		… crisis in the world ocean	
Cretaceous	ended ~65 Myr ago; within 2.5 Myr to less than a year	impact in the Yucatán led to a global cataclysm and caused rapid cooling. CO_2 spike just before extinction, drop during extinction	40% of genera, 76% of species

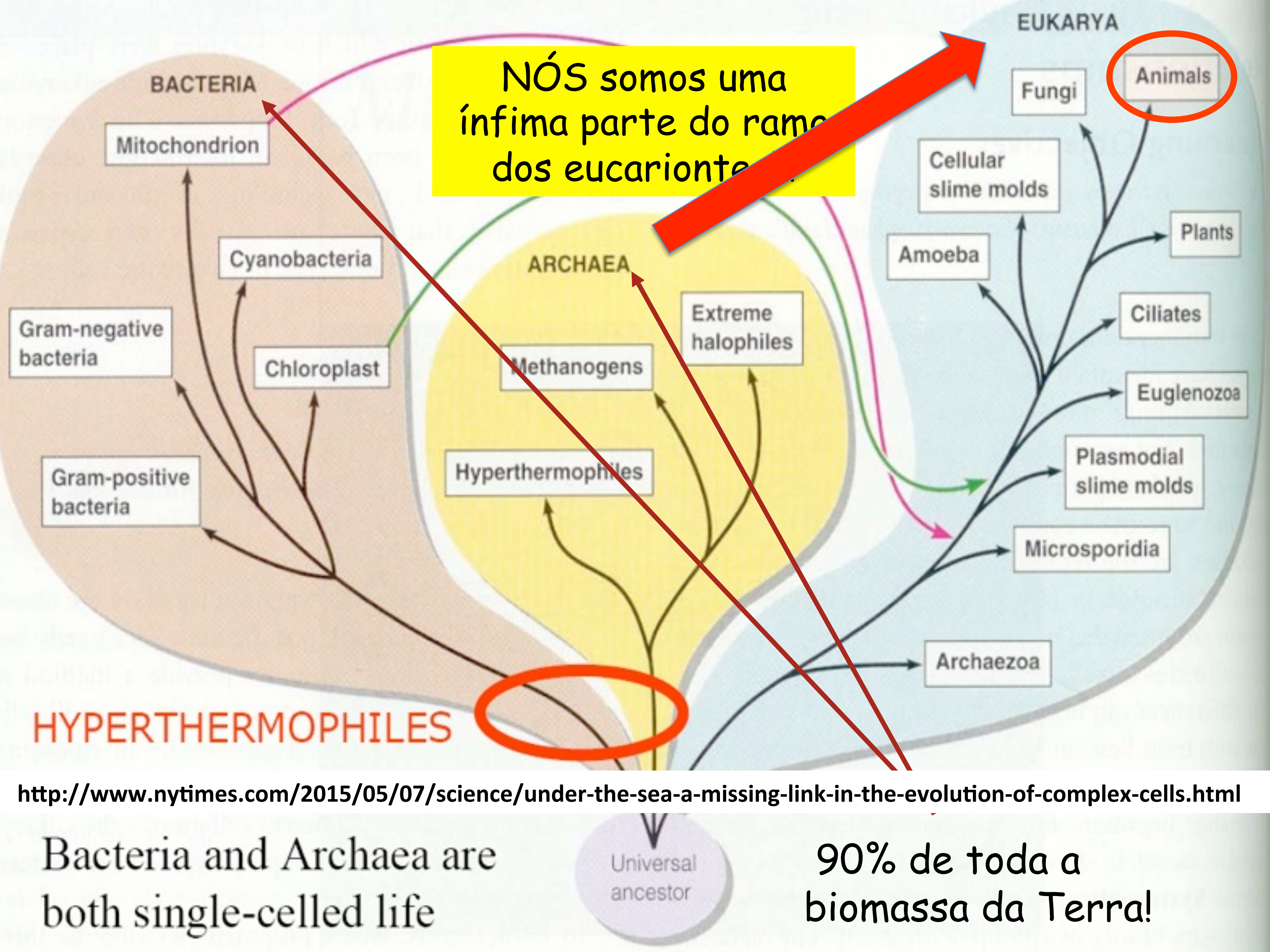
Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?

Anthony D. Barnosky et al. *Nature* **471**, 51–57 (03 March 2011)

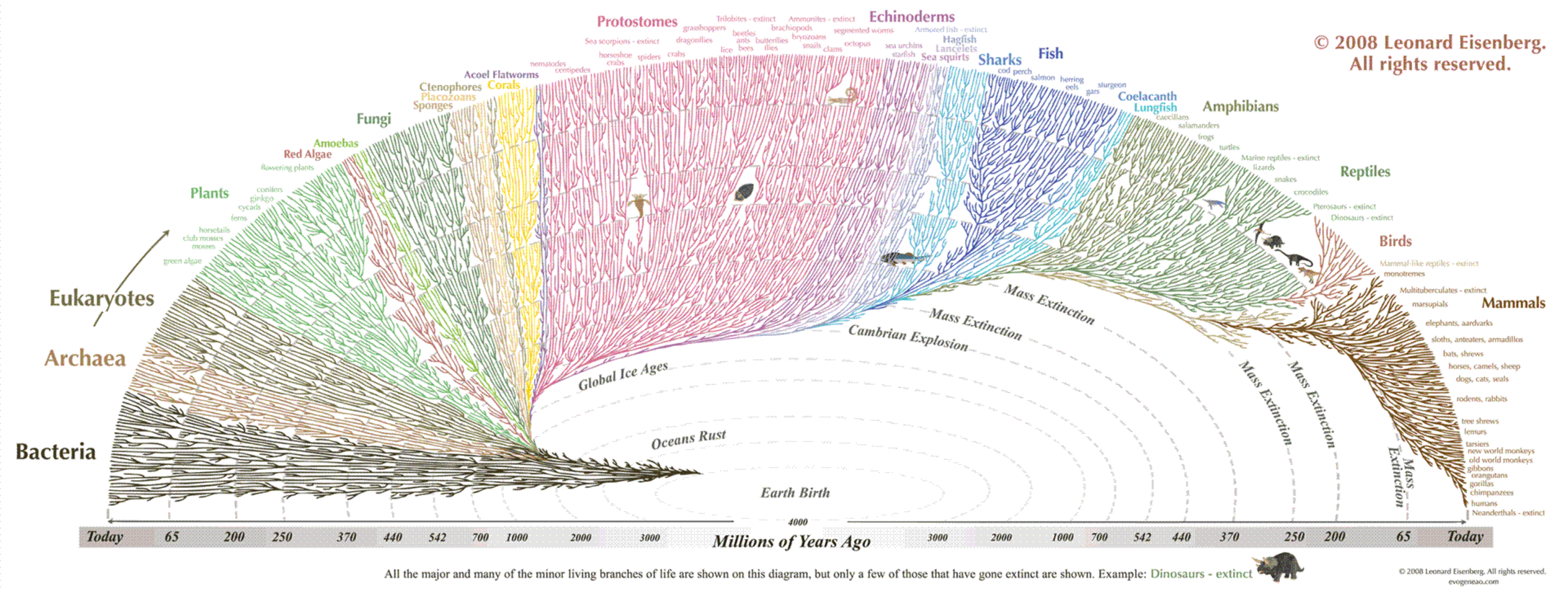
EXTREMÓFILOS OU... A VIDA PODE SER BEM MAIS RESISTENTE DO QUE IMAGINAMOS

Crédito: Adaptada de F. Souza-Barros, 2006

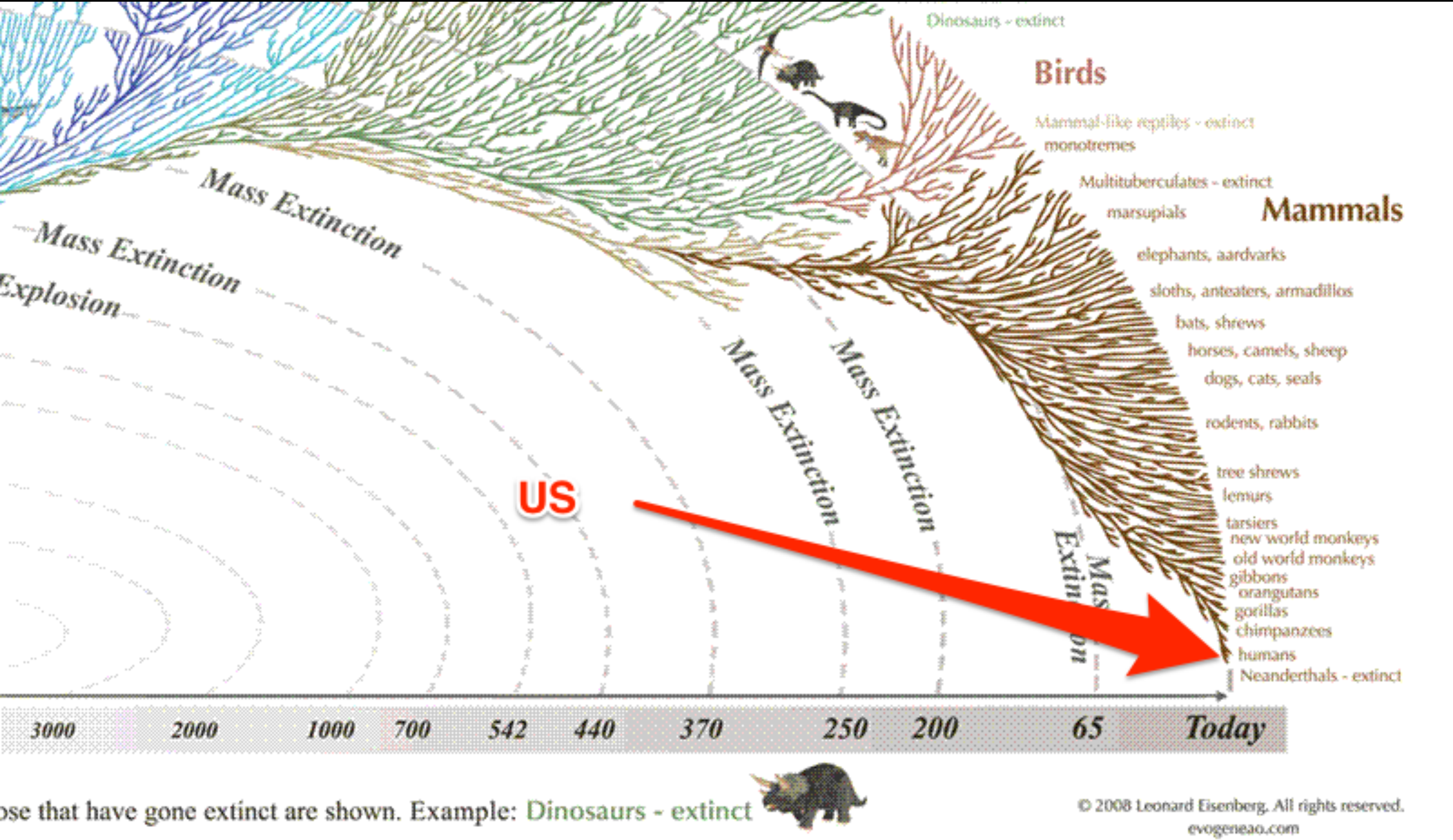




http://www.nytimes.com/2015/05/07/science/under-the-sea-a-missing-link-in-the-evolution-of-complex-cells.html



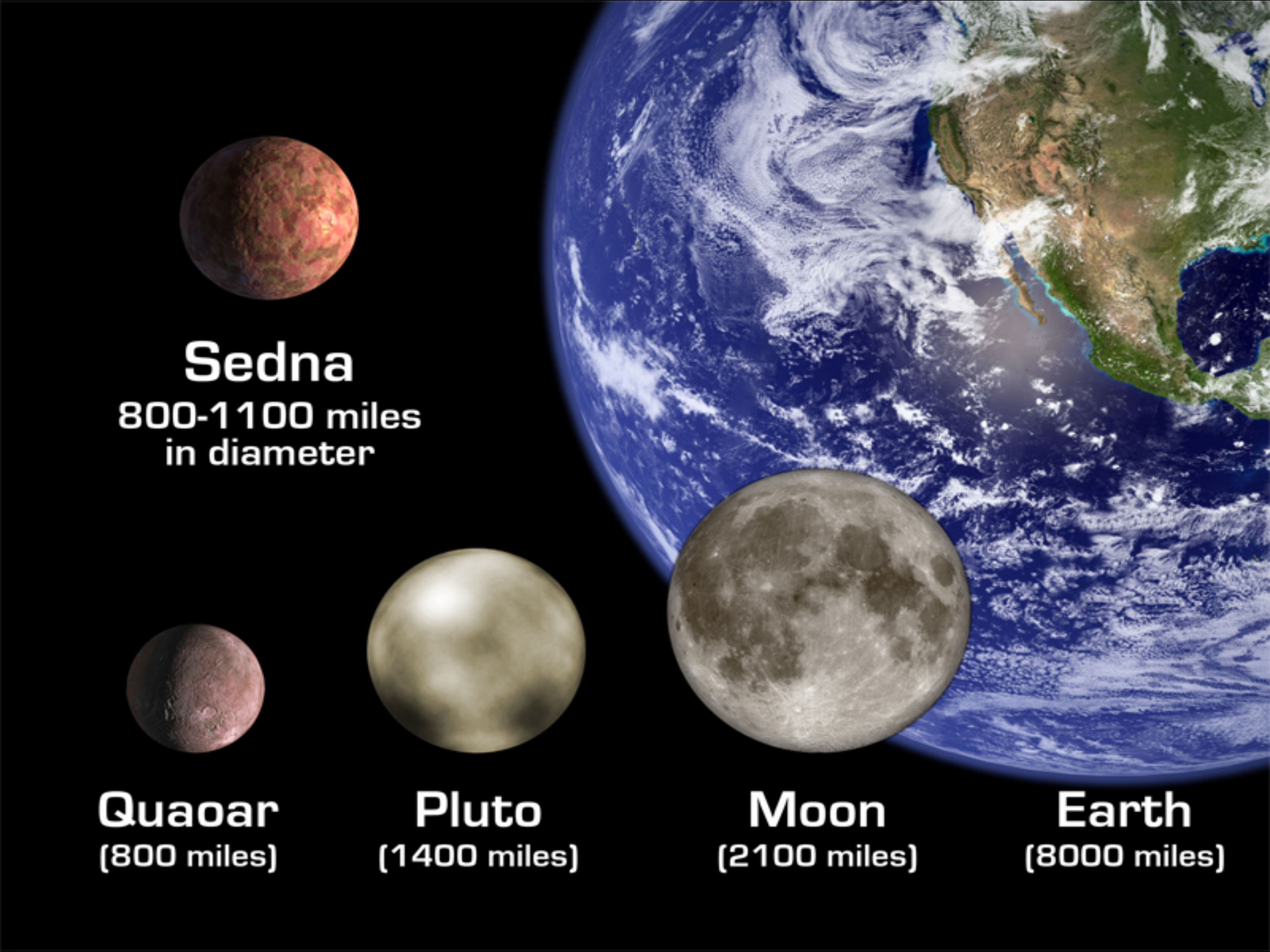
© 2008 Leonard Eisenberg.
All rights reserved.
Bacteria
Archaea
Eukaryotes
Plants
green algae
mosses
club mosses
horsetails
ferns
cycads
ginkgo
conifers
flowering plants
Red Algae
Amoebas
Fungi
Sponges
Placozoans
Ctenophores
Corals
Acoel Flatworms
nematodes
centipedes
Protostomes
Sea scorpions - extinct
horseshoe crabs
spiders
crabs
dragonflies
grasshoppers
lice
Trilobites - extinct
beetles
ants
bees
butterflies
flies
Ammonites - extinct
brachiopods
bryozoans
snails
clams
segmented worms
octopus
Echinoderms
sea urchins
starfish
Armored fish - extinct
Hagfish
Lancelets
Sea squirts
Sharks
Fish
cod
perch
salmon
herring
eels
gars
sturgeon
Coelacanth
Lungfish
Amphibians
caecilians
salamanders
frogs
turtles
Marine reptiles - extinct
lizards
snakes
Reptiles
crocodiles
Pterosaurs - extinct
Dinosaurs - extinct
Birds
Mammal-like reptiles - extinct
monotremes
Multituberculates - extinct
marsupials
Mammals
elephants, aardvarks
sloths, anteaters, armadillos
bats, shrews
horses, camels, sheep
dogs, cats, seals
rodents, rabbits
tree shrews
lemurs
tarsiers
new world monkeys
old world monkeys
gibbons
orangutans
gorillas
chimpanzees
humans
Neanderthals - extinct
Mass Extinction
Mass Extinction
Cambrian Explosion
Global Ice Ages
Oceans Rust
Earth Birth
Mass Extinction
Mass Extinction
Mass Extinction
4000
Today 65 200 250 370 440 542 700 1000 2000 3000 Millions of Years Ago 3000 2000 1000 700 542 440 370 250 200 65 Today
All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct
© 2008 Leonard Eisenberg. All rights reserved.
evogeneao.com


Dinosaurs - extinct
Birds
Mammal-like reptiles - extinct
monotremes
Multituberculates - extinct
marsupials
Mammals
elephants, aardvarks
sloths, anteaters, armadillos
bats, shrews
horses, camels, sheep
dogs, cats, seals
rodents, rabbits
tree shrews
lemurs
tarsiers
new world monkeys
old world monkeys
gibbons
orangutans
gorillas
chimpanzees
humans
Neanderthals - extinct
Mass Extinction
Mass Extinction
Explosion
Mass Extinction
Mass Extinction
US
3000
2000
1000
700
542
440
370
250
200
65
Today
ose that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct
© 2008 Leonard Eisenberg. All rights reserved.
evogeneao.com

Microorganismos extremófilos

- Temos mais células de micróbios (cerca de **1 trilhão na pele**, **10 bilhões na boca** e **100 trilhões no trato intestinal**) do que células humanas (10 trilhões) no nosso próprio corpo!!!
- A primeira forma de vida na Terra foi um micróbio, e foi a única existente durante os 3 primeiros bilhões de anos
- Há mais vida "dentro do solo" do que na superfície da Terra
- Micróbios podem viver em condições REALMENTE extremas.
- Candidatos **mais prováveis** a E.T!!!

A PROCURA POR VIDA FORA DA TERRA: O QUE A CIÊNCIA TEM ENCONTRADO NO SISTEMA SOLAR?


Sedna
800-1100 miles
in diameter
Quaoar
(800 miles)
Pluto
(1400 miles)
Moon
(2100 miles)
Earth
(8000 miles)

Procurando vida...

- Não inteligente...
  - Busca de bio-traçadores no Sistema Solar.
  - Busca de planetas extra-solares.
  - Busca de bio-traçadores em planetas extra-solares.
- Inteligente...
  - Busca de sinais “não-naturais” vindos de outro local do Universo (SETI).

J. Tarter, Annual Review of Astronomy and Astrophysics (2001)

Duas estratégias clássicas

1. **Siga a água!**
2. **Busque fontes abundantes e disponíveis de energia!**
   - ✓ **Condição fundamental para habitabilidade**
   - ✓ **Disponibilidade de energia torna possível a reprodução de estados "químicos" de baixíssima probabilidade (=vida!?!?!)**
   - ✓ **Identificação de biotraçadores (bioassinaturas) pode ser muito mais eficiente (vida é moldada e, ao mesmo tempo, molda o meio ambiente).**

BIOTRAÇADORES: **SIGA A VIDA**

- Siga a água
- Siga o carbono
- Siga o nitrogênio
- Siga o fósforo

- Siga a energia
- Siga a entropia
- Siga a informação
- Siga o significado

Crédito : A. Friaça (IAG/USP)

Nosso Sistema Solar...

- Vários locais no nosso Sistema Solar podem ter sido, ou ainda ser, favoráveis à vida.
  - Marte?
  - Europa?
  - Titã?
  - Encelado?

nature International weekly journal of science

Search | This journal | go

Journal home > Archive > Letter > Full Text

- Journal home
- Advance online publication
- Current issue
- Nature News
- **Archive**

- Supplements
- Web focuses
- Multimedia
- About the journal
- For authors and referees
- Online submission
- Advertising
- Reprints and permissions
- Nature Awards

Letter

Nature **459**, 401-404 (21 May 2009) | doi:10.1038/nature07978; Received 19 August 2008; Accepted 16 March 2009

Stability against freezing of aqueous solutions on early Mars

Alberto G. Fairén[1], Alfonso F. Davila[1], Luis Gago-Duport[2], Ricardo Amils[3,4] & Christopher P. McKay[1]

1. Space Science and Astrobiology Division, NASA Ames Research Center, Moffett Field, California 94035, USA
2. Departamento de Geociencias Marinas, Universidad de Vigo, Lagoas Marcosende, Vigo 36200, Spain
3. Centro de Astrobiología, CSIC-INTA, Torrejón de Ardoz 28850, Madrid, Spain
4. Centro de Biología Molecular Severo Ochoa, CSIC-UAM, Cantoblanco 28049, Madrid, Spain

Correspondence to: Alberto G. Fairén[1] Correspondence and requests for materials should be addressed to A.G.F. (Email: alberto.g.fairen@nasa.gov).

Many features of the Martian landscape are thought to have been formed by liquid water flow[1,2] and water-related mineralogies on the surface of Mars are widespread and abundant[3]. Several lines of evidence, however, suggest that Mars has been cold with mean global temperatures well below the freezing point of pure water[4]. Martian climate modellers[5,6]

Top

subscribe to *Nature*

Subscribe

FULL TEXT

- Previous | Next
- Table of contents
- Download PDF
- Send to a friend
- Export citation
- Export references
- Rights and permissions
- Order commercial reprints
- Bookmark in Connotea
- Abstract
- Methods Summary

Água líquida 2009!!!

ScienceNOW Daily News - 20 May 2009

ScienceNOW Daily News - 20 May 2009

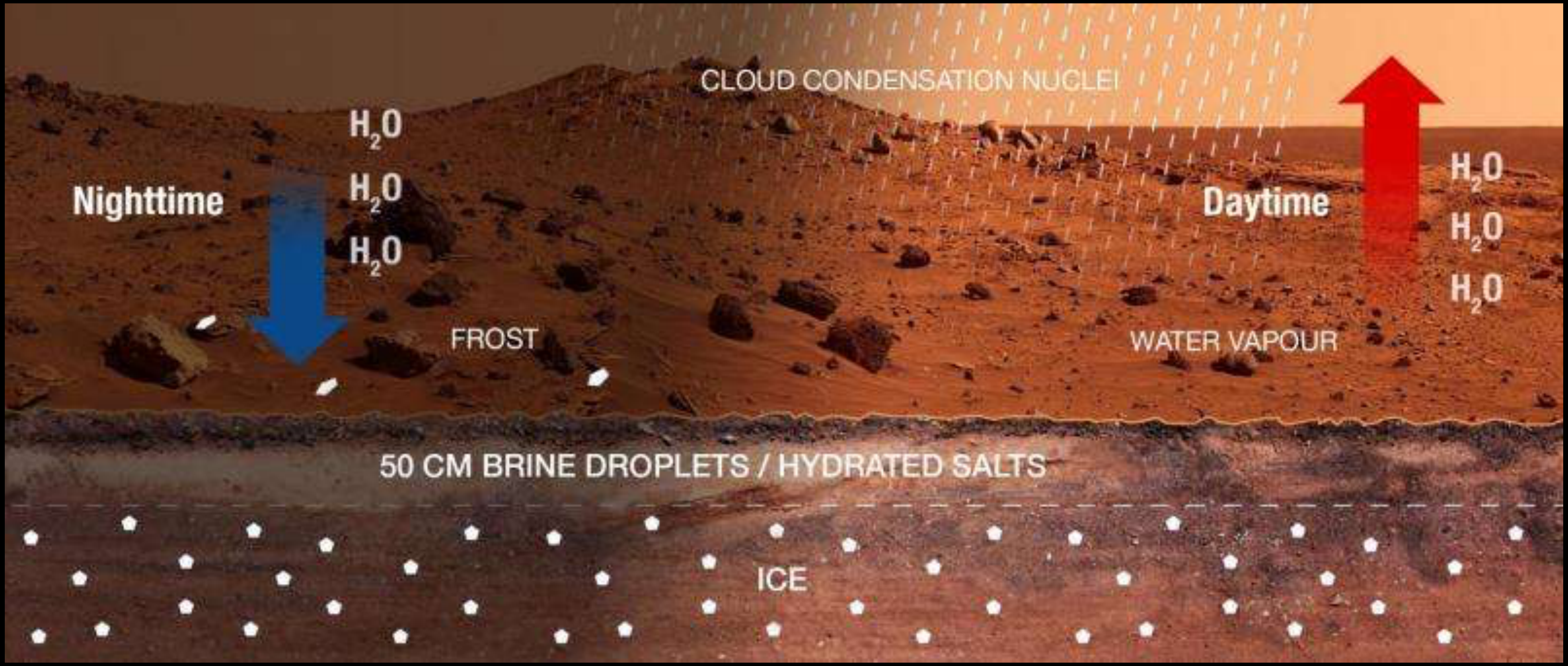
- Excesso de sais pode ter impedido a água em Marte de congelar-se facilmente

- Interações químicas entre a água e sais compostos de Enxofre, Ferro, Silício, Magnésio, Cálcio, Cloro, Sódio, Potássio e Alumínio, em 4 regiões diferentes de Marte, fazem a água congelar a temperaturas muito inferiores a 0°C (Fairén et al., Nature, 2009)

- Observações feitas ao vivo (jipes Spirit e Opportunity) e por sensoriamento remoto (sondas Viking 1 e Pathfinder)

Água líquida 2015!!!!

- Perclorato de cálcio
- Medidas do instrumento REMS
- Jipe Curiosity, no Lago Gale (Marte)



http://phys.org/news/2015-04-mars-liquid-curiosity-rover-brine.html

E a existência de gás metano?

- Detectado depois de anos (marcianos...) de observação da atmosfera (15/01/2009)
- Impossível de existir por longos períodos de tempo nas condições atmosféricas de Marte
- Origem geológica ou biológica recente!
- Níveis comparáveis aos emitidos por poços de petróleo na Terra

Como é produzido?

Crédito: http://science.nasa.gov

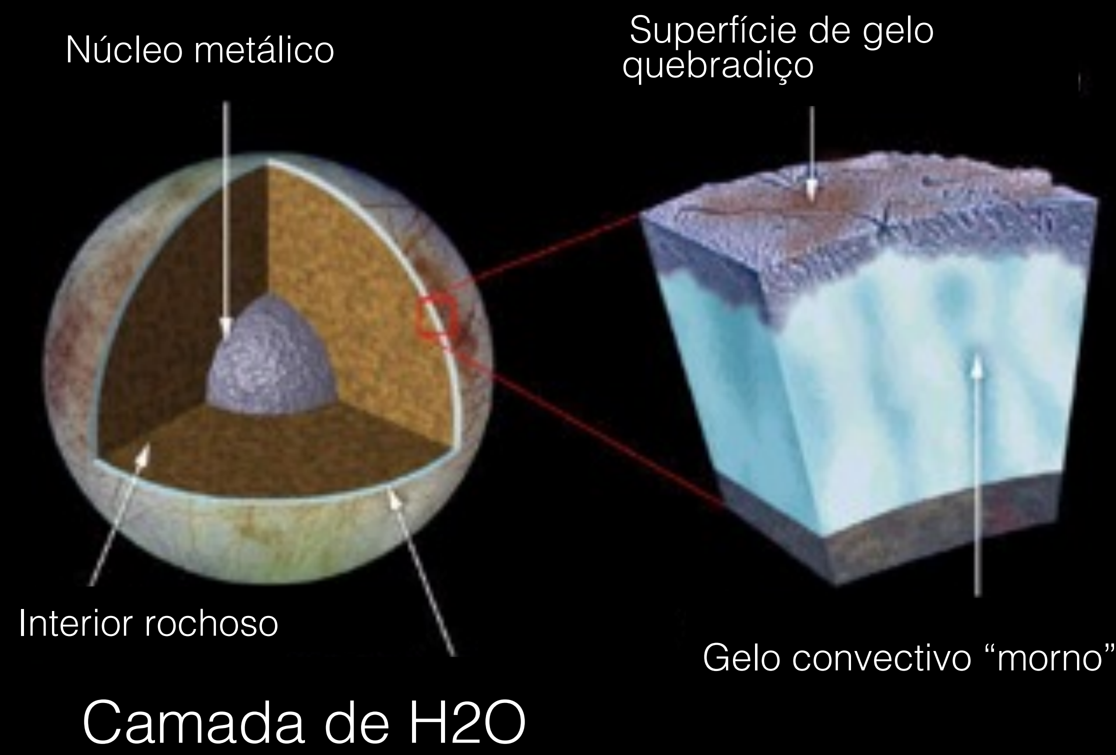
Onde é produzido?
O que é produzido?

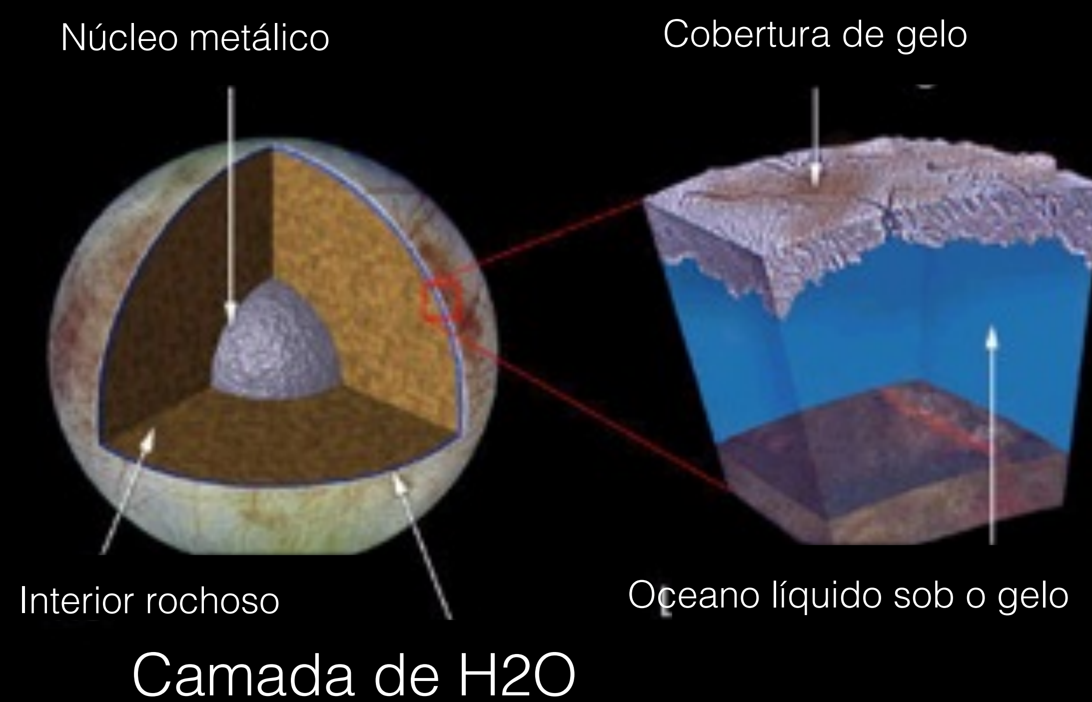
Crédito: http://science.nasa.gov

EUROPA (Satélite de Júpiter)

Capa de gelo?

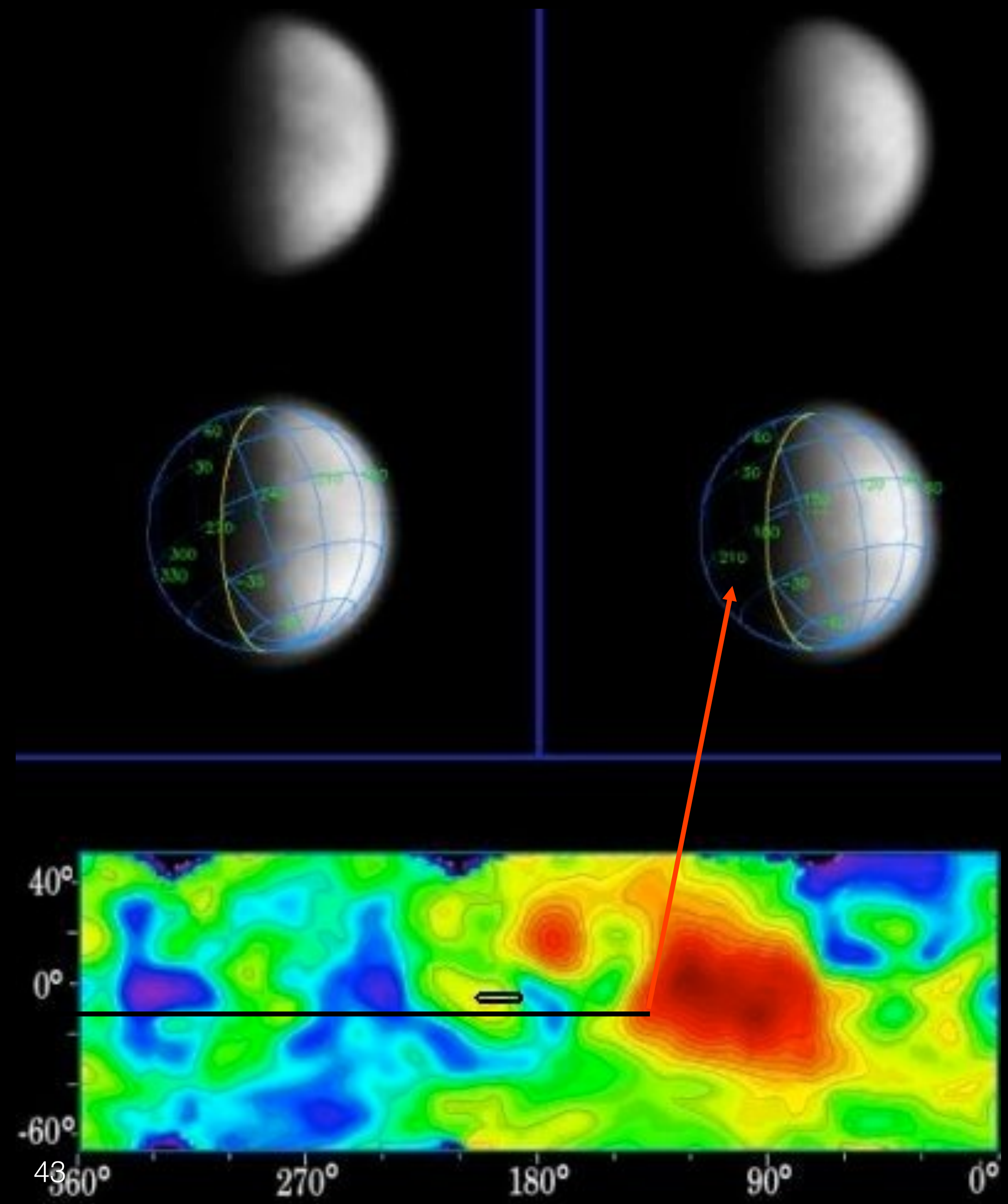
Ou um oceano submerso?





Titã – A Lua de Saturno

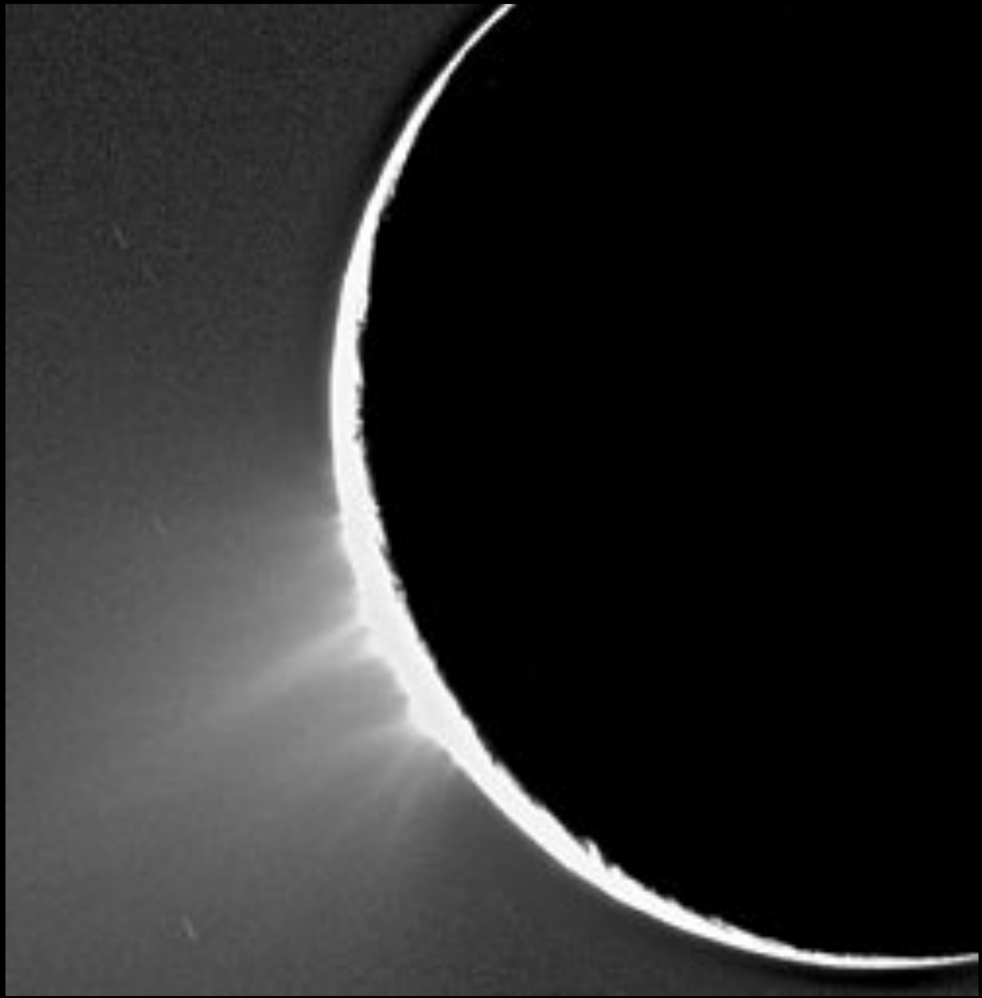
- **Atmosfera muito diferente da Terra (com nitrogênio e amônia).**
- **Maior que a Lua e Mercúrio**
- **Clima inóspito (T ~ -180° C)**



Variação de brilho nas imagens à direita sugerem a existência de um "continente" em Titã

Água em Enceladus?

- ✓ Observações da sonda Cassini indicam grande possibilidade da presença de água LÍQUIDA numa erupção (Nasa News, 09/03/2006).
- ✓ Existência de vulcanismo (anteriormente, somente a Terra, Io e Tritão).



Fonte: http://science.nasa.gov/headlines/y2006/09mar_enceladus.htm

Outros alvos em potencial para exploração “in situ”....

- ✓ Europa e Ganimedes (Júpiter)
- ✓ Encelado (Saturno)

- ✓ **E paramos por ai...**

- ✓ A viagem até estrela mais próxima, Alfa Centauri, situada a 4,5 anos-luz (42,5 trilhões de km), levaria cerca de **173,5 mil anos para ser percorrida no ônibus espacial, a uma velocidade de 28000 km/h**
- ✓ **A sonda Juno é o objeto mais veloz produzido pelo homem e se move a 264.000 km/h**

PLANETAS FORA DO SISTEMA SOLAR: UM PASSO DISTANTE!

Em 25/07/2006

- 185 planetas confirmados
- 151 sistemas planetários
- 19 sistemas com múltiplos planetas

Em 30/09/2010

492 planetas confirmados

388 sistemas planetários

45 sistemas com múltiplos planetas

Em 15/11/2014

1849 planetas confirmados

1160 sistemas planetários

471 sistemas com múltiplos planetas

Em 12/03/2015

1894 planetas confirmados

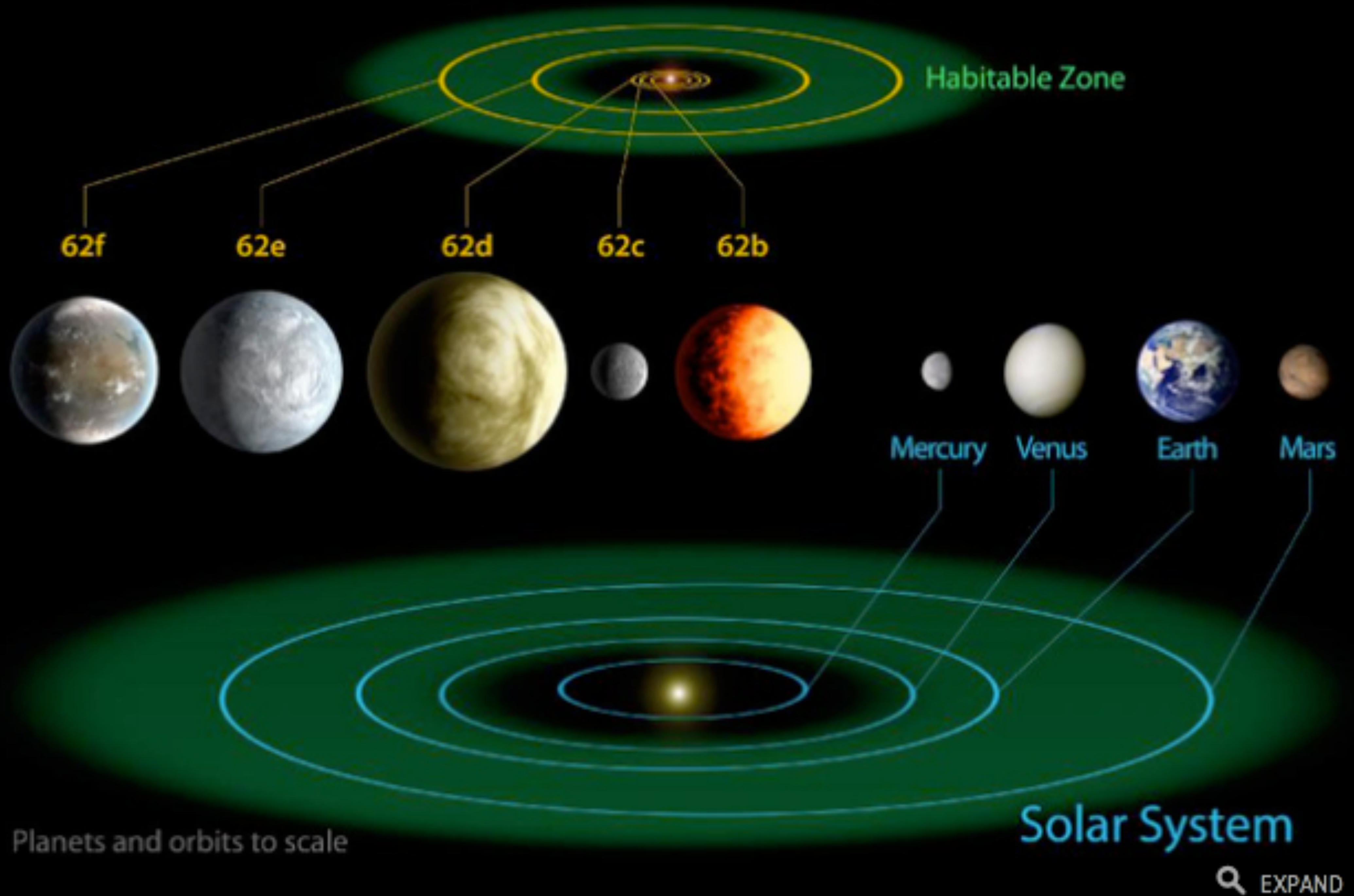
1192 sistemas planetários

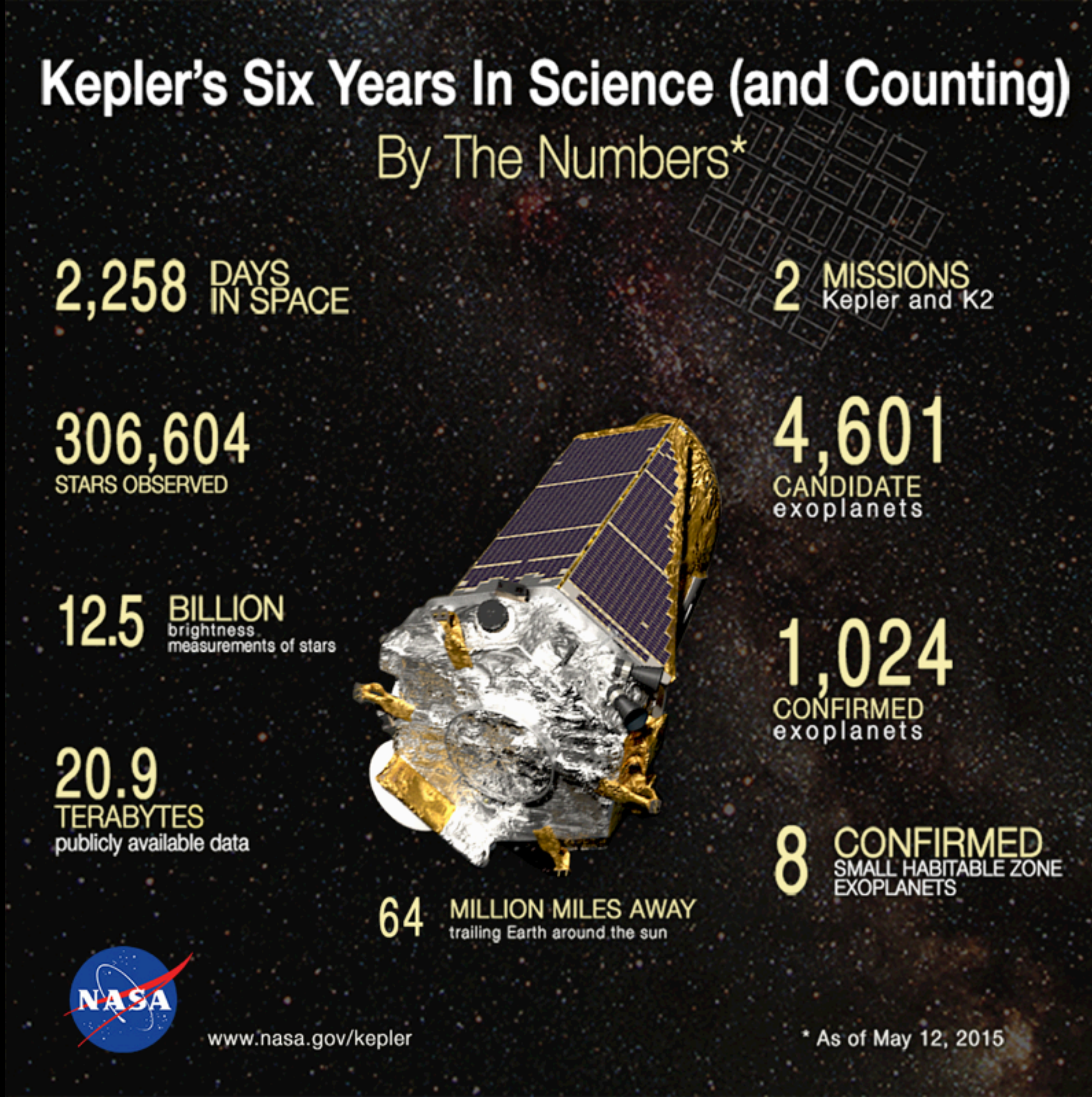
478 sistemas com múltiplos planetas

http://exoplanet.eu/catalog.php

Kepler-62 System

Borucki et al. Science, 340, 6132, pp. 587-590 (3 May 2013)

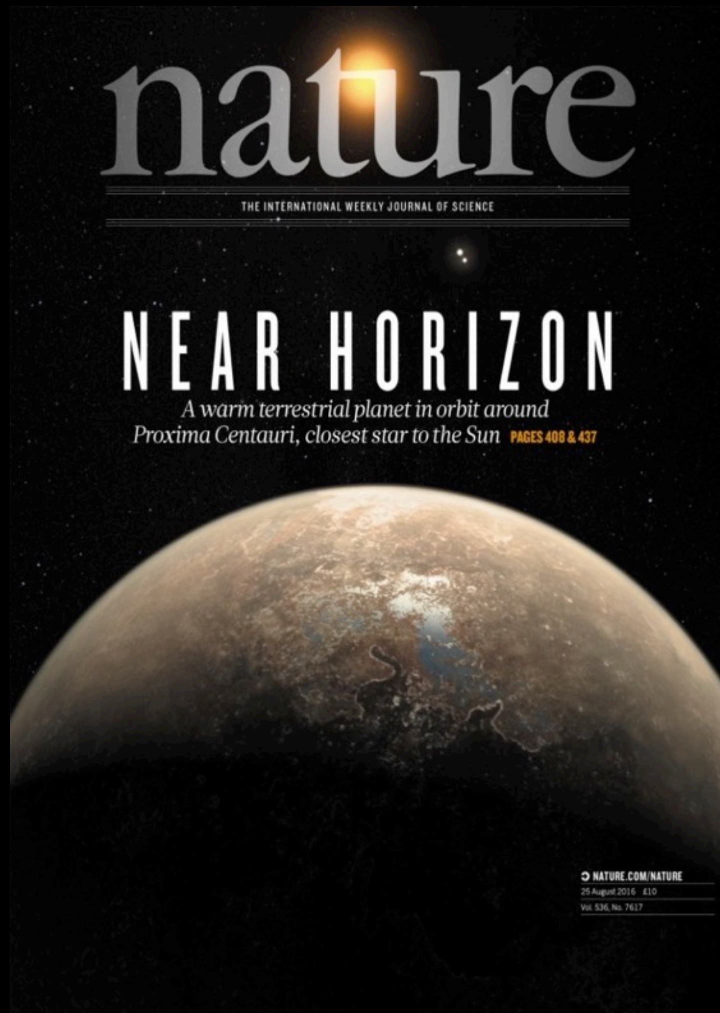


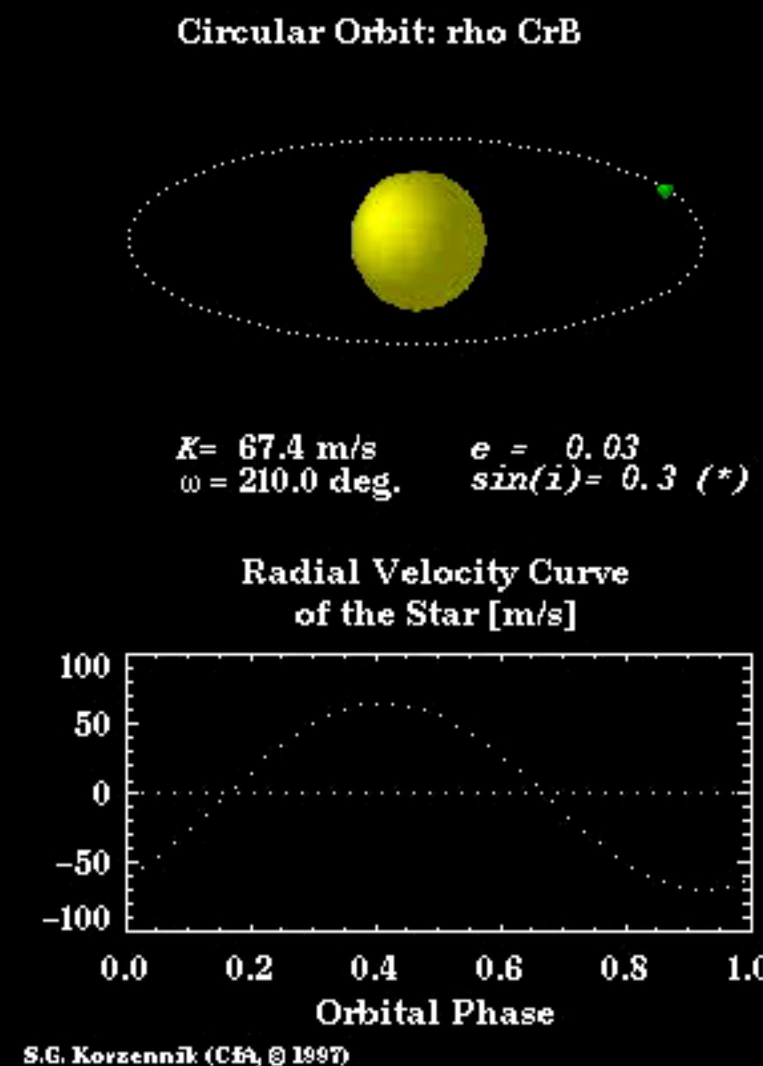

Kepler's Six Years In Science (and Counting)
By The Numbers*
2,258 DAYS IN SPACE
306,604 STARS OBSERVED
12.5 BILLION brightness measurements of stars
20.9 TERABYTES publicly available data
2 MISSIONS Kepler and K2
4,601 CANDIDATE exoplanets
1,024 CONFIRMED exoplanets
8 CONFIRMED SMALL HABITABLE ZONE EXOPLANETS
64 MILLION MILES AWAY trailing Earth around the sun
NASA
www.nasa.gov/kepler
* As of May 12, 2015

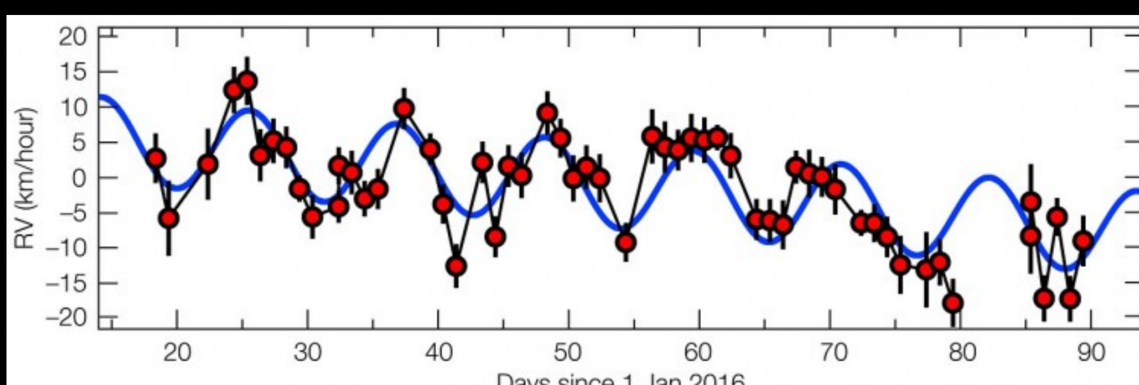
Proxima Centauri b

- O exoplaneta rochoso mais próximo da Terra
- Estrela Hospedeira: anã vermelha (0,15 M_{Sol})
- Período anual: 11,2 dias
- Massa: 1,3 M_T
- Distância: 4,2 anos luz
- Distância à estrela: 7,5 milhões de km
- G. Anglada-Escudé et al. Nature (2016)

Créditos: ESO



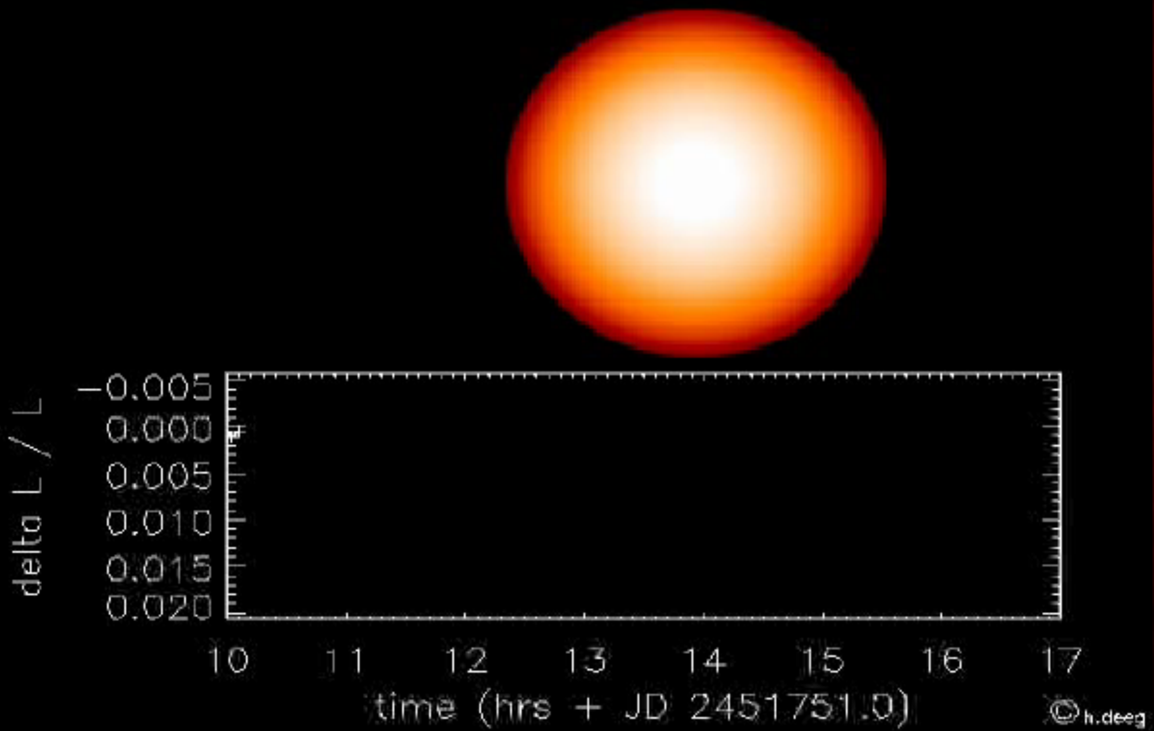


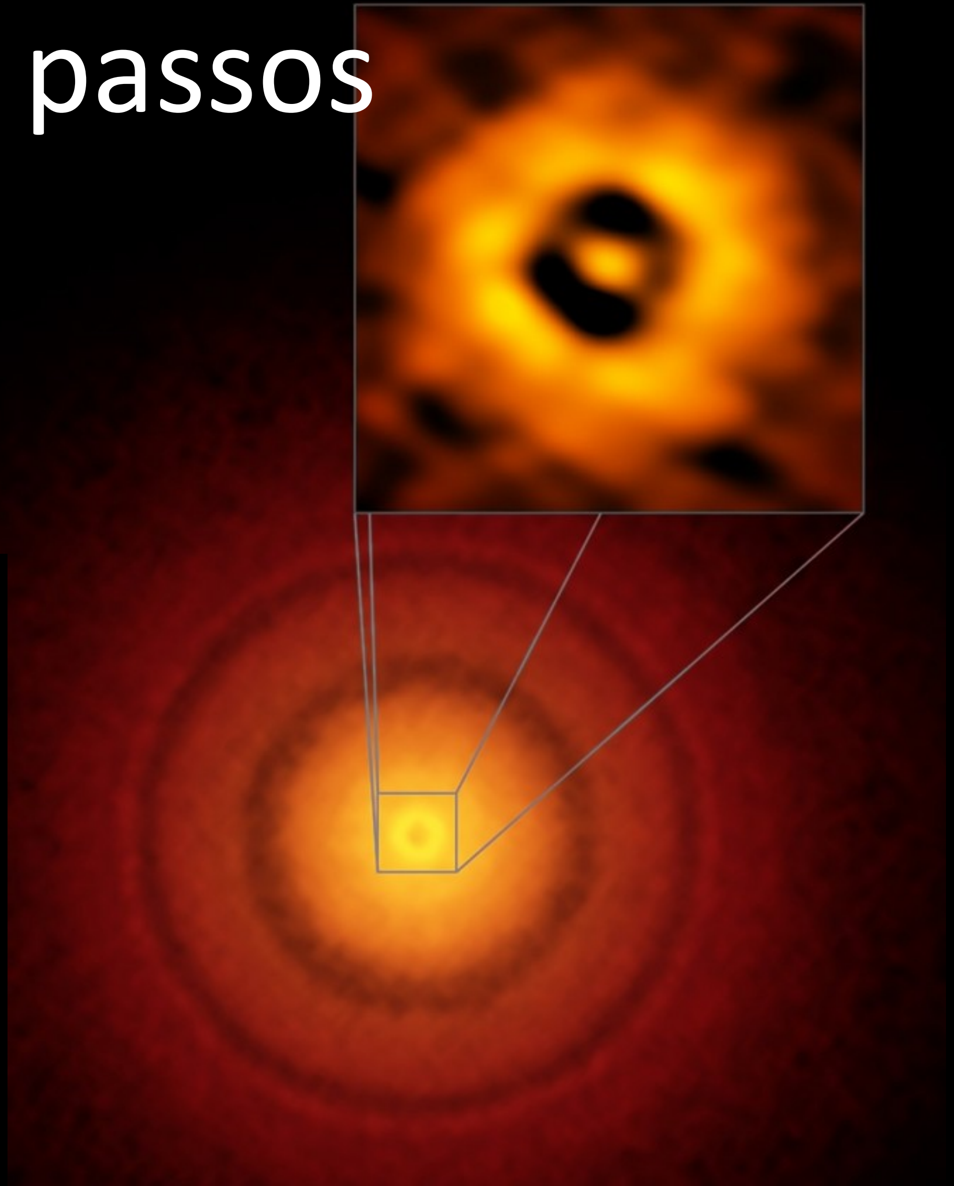


Créditos: ESO

Os próximos passos

- Medidas de trânsitos planetários

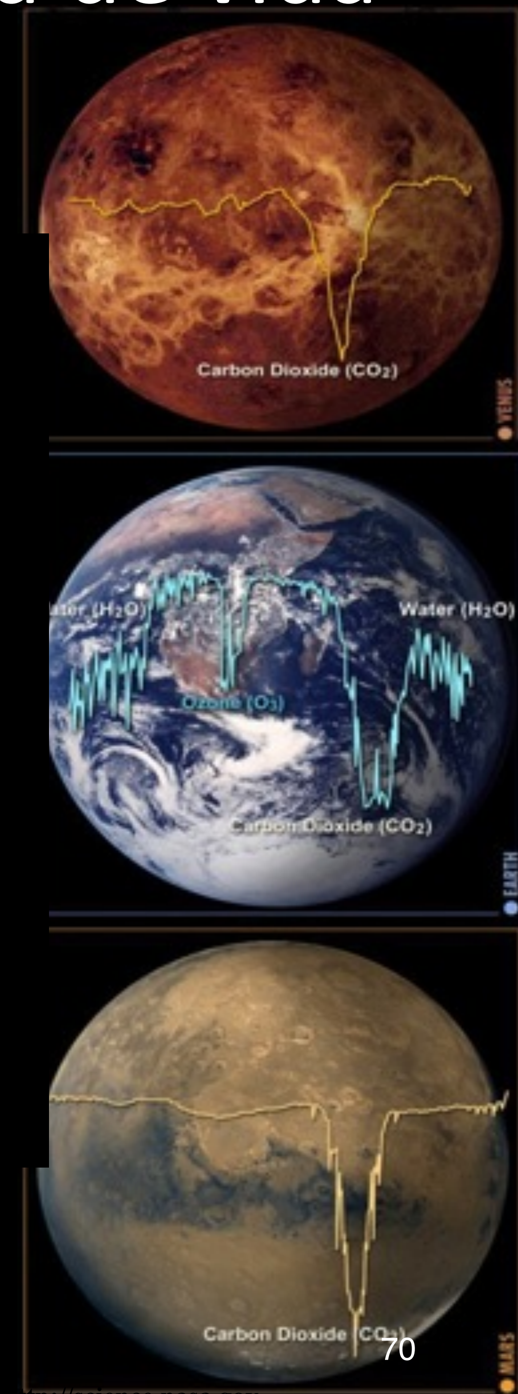




Disco protoplanetário medido pelo telescópio ALMA

Créditos: ESO

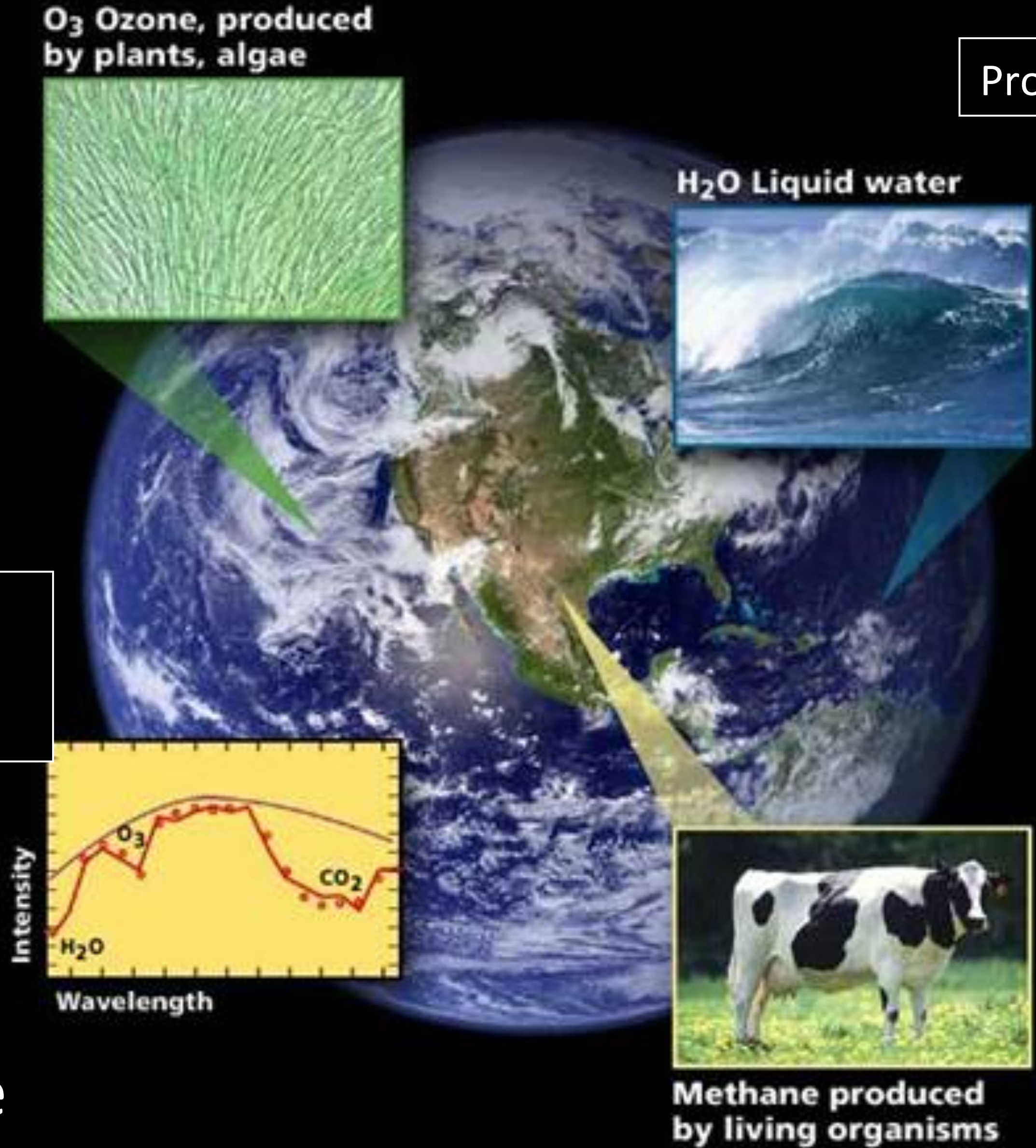
Possibilidade de detecção remota de vida



Como saber se um planeta hospeda vida?

Procure O3

Procure água líquida



Analise a luz refletida pelo planeta para ver se existe uma atmosfera

Procure sinais de atividade biológica (metano)

E não descarte outras explicações!

Crédito: A. Friaça (IAG/USP)

E A QUÍMICA DA VIDA NO RESTO DO UNIVERSO?

Science News

Share Blog Cite

Two Highly Complex Organic Molecules Detected In Space

ScienceDaily (Apr. 22, 2009) — Scientists from the Max Planck Institute for Radio Astronomy (MPIfR) in Bonn, Germany, Cornell University, USA, and the University of Cologne, Germany, have detected two of the most complex molecules yet discovered in interstellar space: ethyl formate and n-propyl cyanide.

See Also:

Space & Time
- Astrophysics
- Space Telescopes
- Astronomy

Matter & Energy
- Organic Chemistry
- Chemistry
- Nature of Water

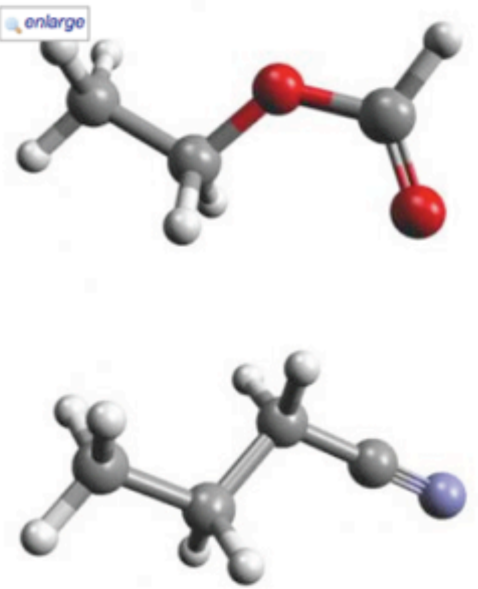
Reference
- Molecule
- Interstellar medium
- Spectroscopy
- Radio telescope

Their computational models of interstellar chemistry also indicate that yet larger organic molecules may be present -- including the so-far elusive amino acids, which are essential for life.

The results will be presented at the European Week of Astronomy and Space Science at the University of Hertfordshire on Tuesday 21st April.

The IRAM 30 m telescope in Spain was used to detect emission from molecules in the star-forming region Sagittarius B2, close to the center of our galaxy. The two new molecules were detected in a hot, dense cloud of gas known as the "Large Molecule Heimat", which contains a luminous newly-formed star. Large, organic molecules of many different sorts have been detected in this cloud in the past, including alcohols, aldehydes, and acids. The new molecules ethyl formate (C_2H_5OCHO) and n-propyl cyanide (C_3H_7CN) represent two different classes of molecule -- esters and alkyl

enlarge

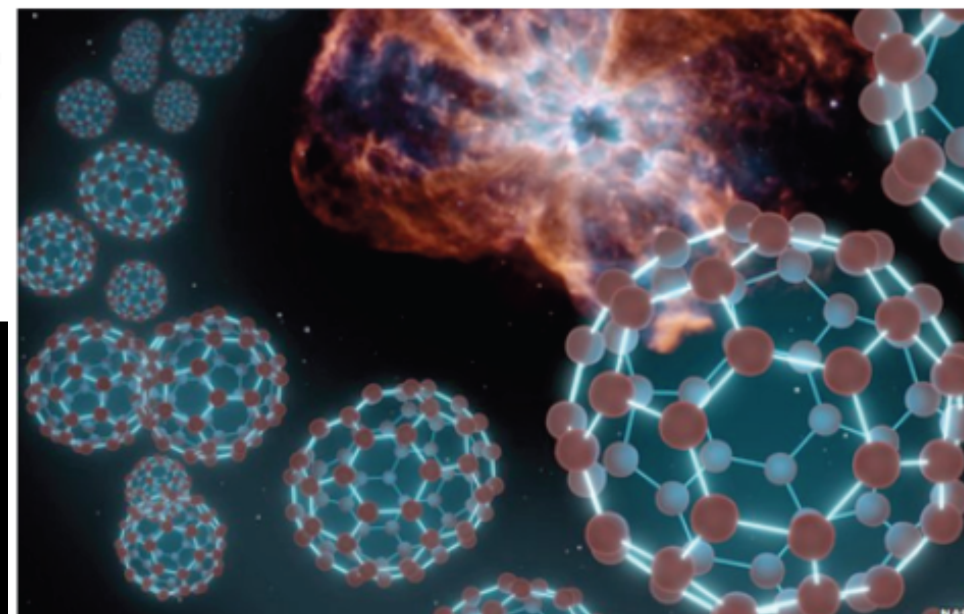


Two new highly complex organic molecules detected in space. Top: Ethyl formate (C2H5OCHO). Bottom: n-Propyl cyanide (C3H7CN). Colour code of the atomic constituents of both molecules: hydrogen (H): white, carbon (C): grey, oxygen (O): red and nitrogen (N): blue. (Credit: Oliver Baum, University of Cologne)

22 July 2010 Last updated at 18:14 GMT

Stars reveal carbon 'spaceballs'

By Victoria Gill
Science reporter, BBC News

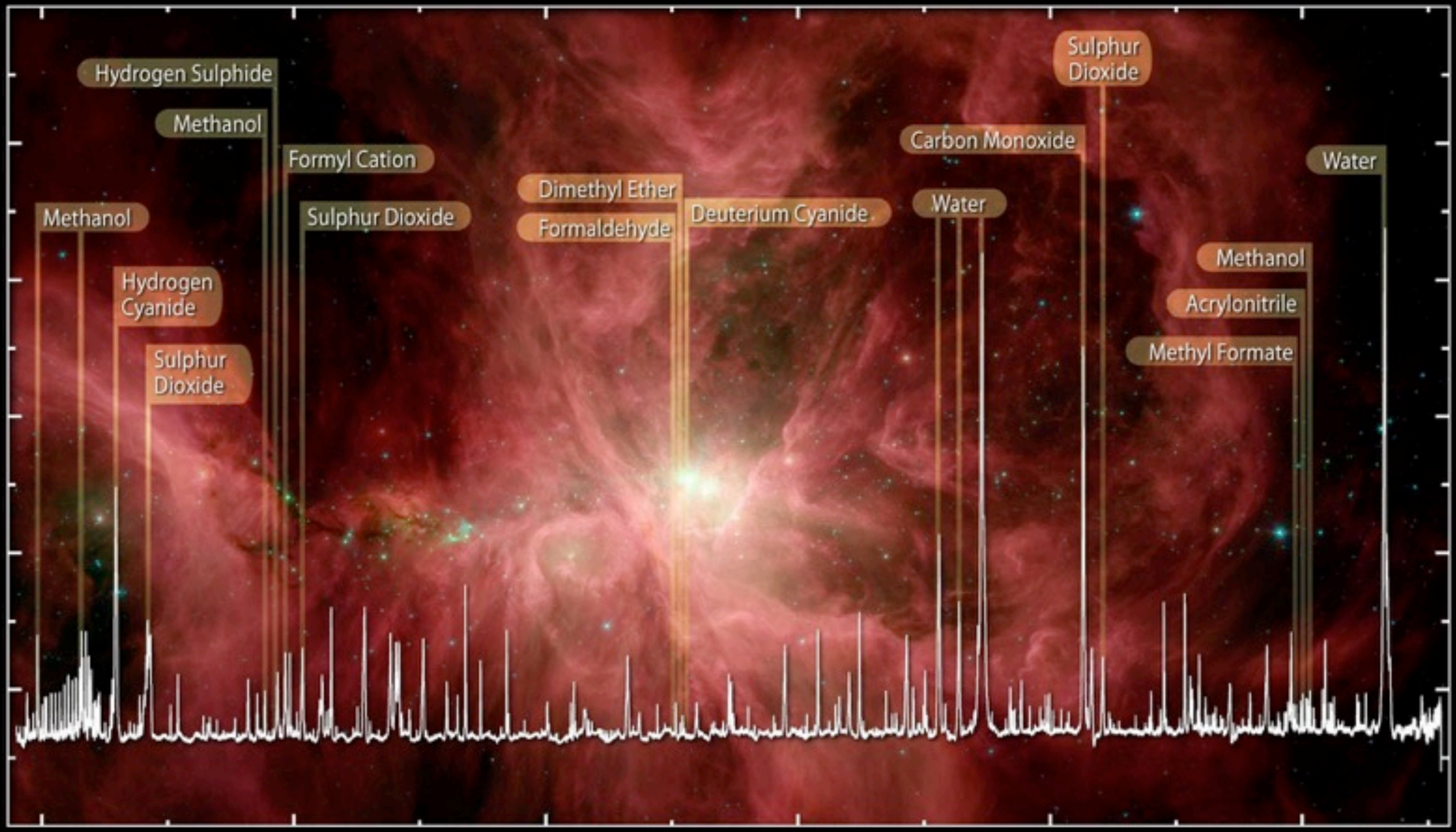


The football-shaped molecules are the largest molecules ever found in space

Scientists have detected the largest molecules ever seen in space, in a cloud of cosmic dust surrounding a distant star.

The football-shaped carbon molecules are known as buckyballs, and were only discovered on Earth 25 years ago when they were made in a laboratory.

Herschel Finds Possible Life-Enabling Molecules in Space

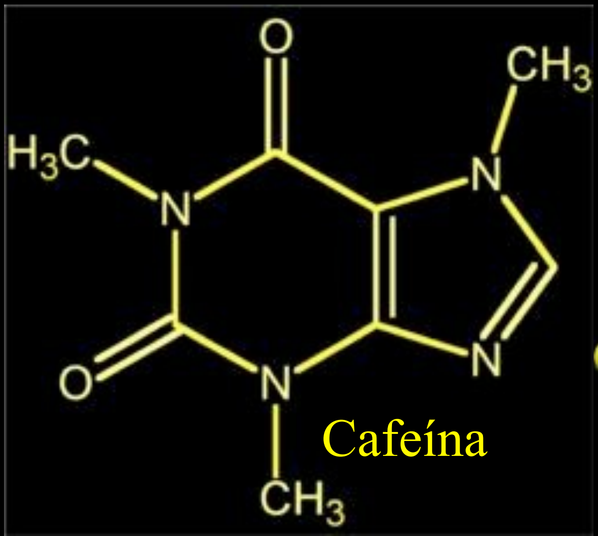


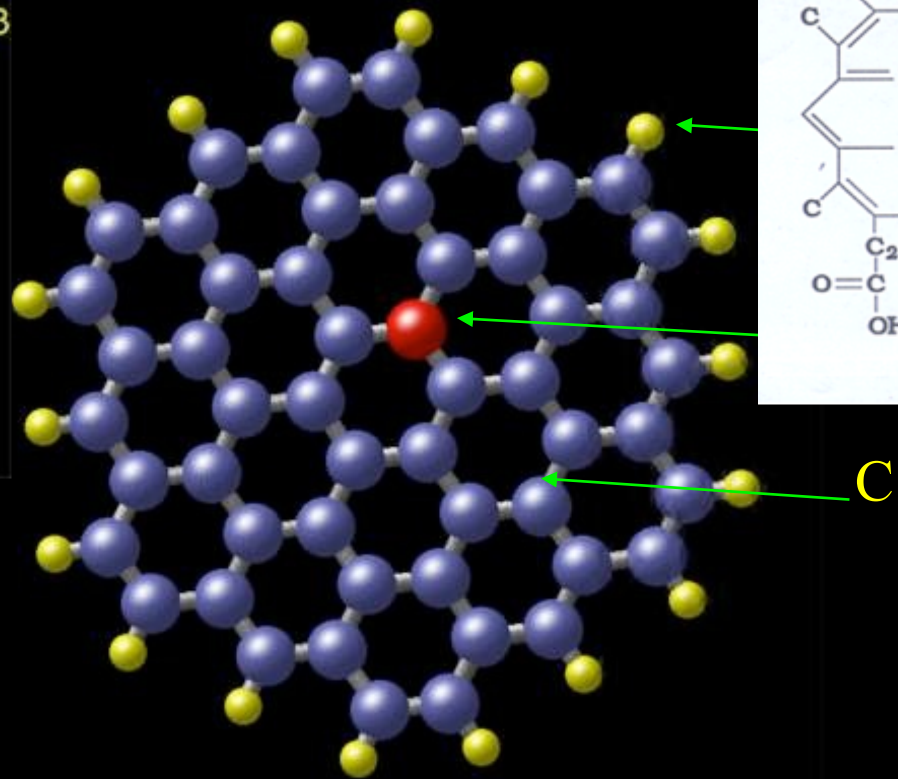
HIFI Spectrum of Water and Organics in the Orion Nebula

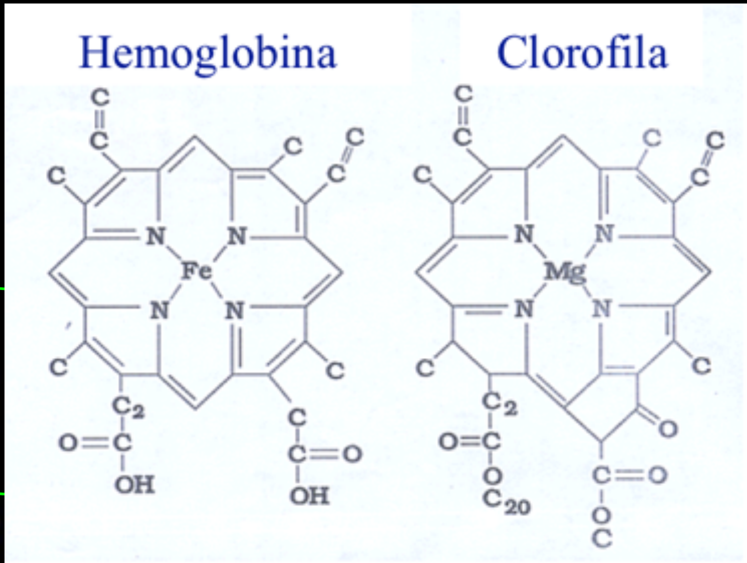
http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2010-077

Detecção de um PANH na faixa IV

Hudgins et al. ApJ, 2005







- ✓ PANH - Polycyclic Aromatic Nitrogen Heterocycle
- ✓ Detectado pelo satélite Spitzer em diversas galáxias, além da nossa.
- ✓ Primeira evidência da presença de um composto pré-biótico interessante no meio interestelar
- ✓ Presença de N é essencial em compostos biologicamente interessantes (clorofila).
- ✓ A presença de um planeta não é mais necessária para a formação de um PANH.

Compostos bioquímicos pré-bioticos são comuns no Universo e as fontes adequadas de energias estão disponíveis “desde sempre”

QUANTIDADE ABUNDANTE DE “BUILDING BLOCKS”

X

PROBABILIDADE QUASE INEXISTENTE (1^{100}) DE AUTO-MONTAGEM MOLECULAR AO ACASO

Uma vez presente na Terra, a vida não se extinguiu mais, “evoluindo” desde então!

A BUSCA DE VIDA INTELIGENTE
E
O PROJETO SETI

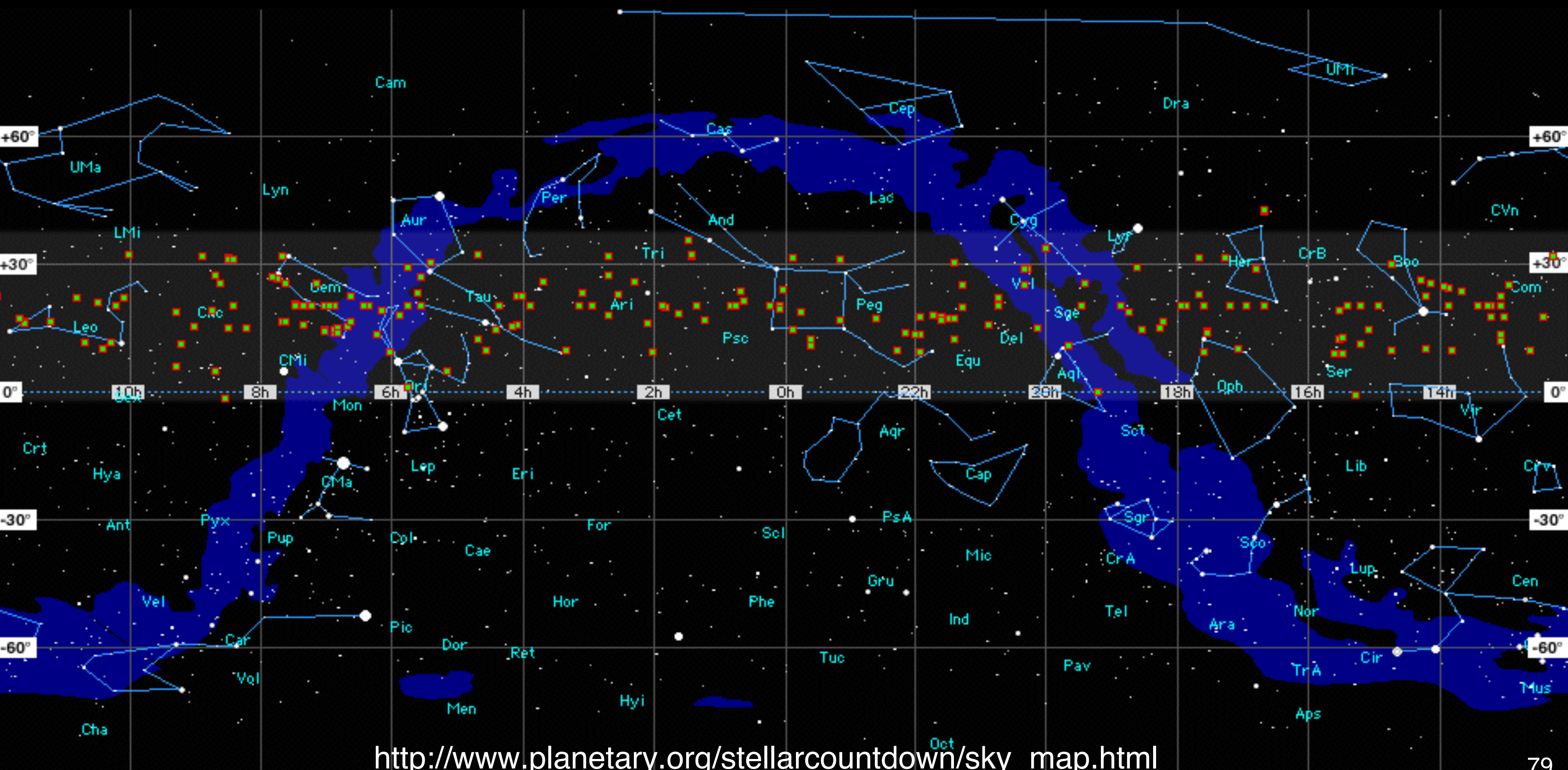
SETI (Search for Extraterrestrial Inteligence)

- Recepção de sinais de rádio (~ 1 a 3 GHz)
  - ☑ A Terra vem emitindo em radio frequências durante a maior parte do séc. XX
  - ☑ A Terra emite mais intensamente que o Sol em radio frequências.
  - ☑ A faixa de frequências entre 1 e 3 GHz é boa para comunicação interestelar
- O conceito do programa SETI data do início da década de 60 e continua ativo!
- Postura atual: ouvintes ativos, emissores passivos.

Mapa celeste dos candidatos mais promissores do SETI@home

A area azul delimita o plano da nossa Galáxia.

Os quadrados amarelos marcam a posição dos candidatos mais promissores.



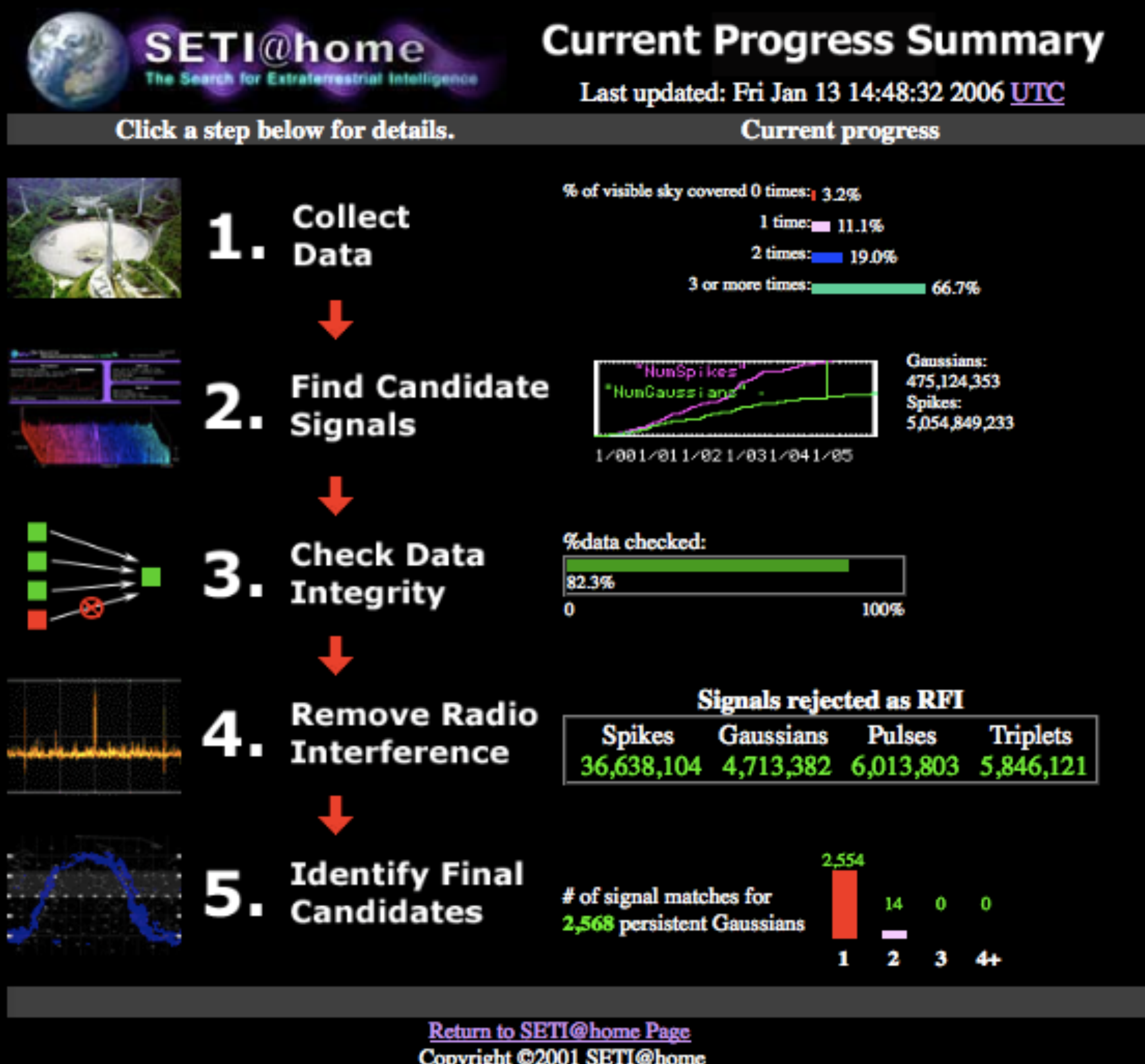
http://www.planetary.org/stellarcountdown/sky_map.html

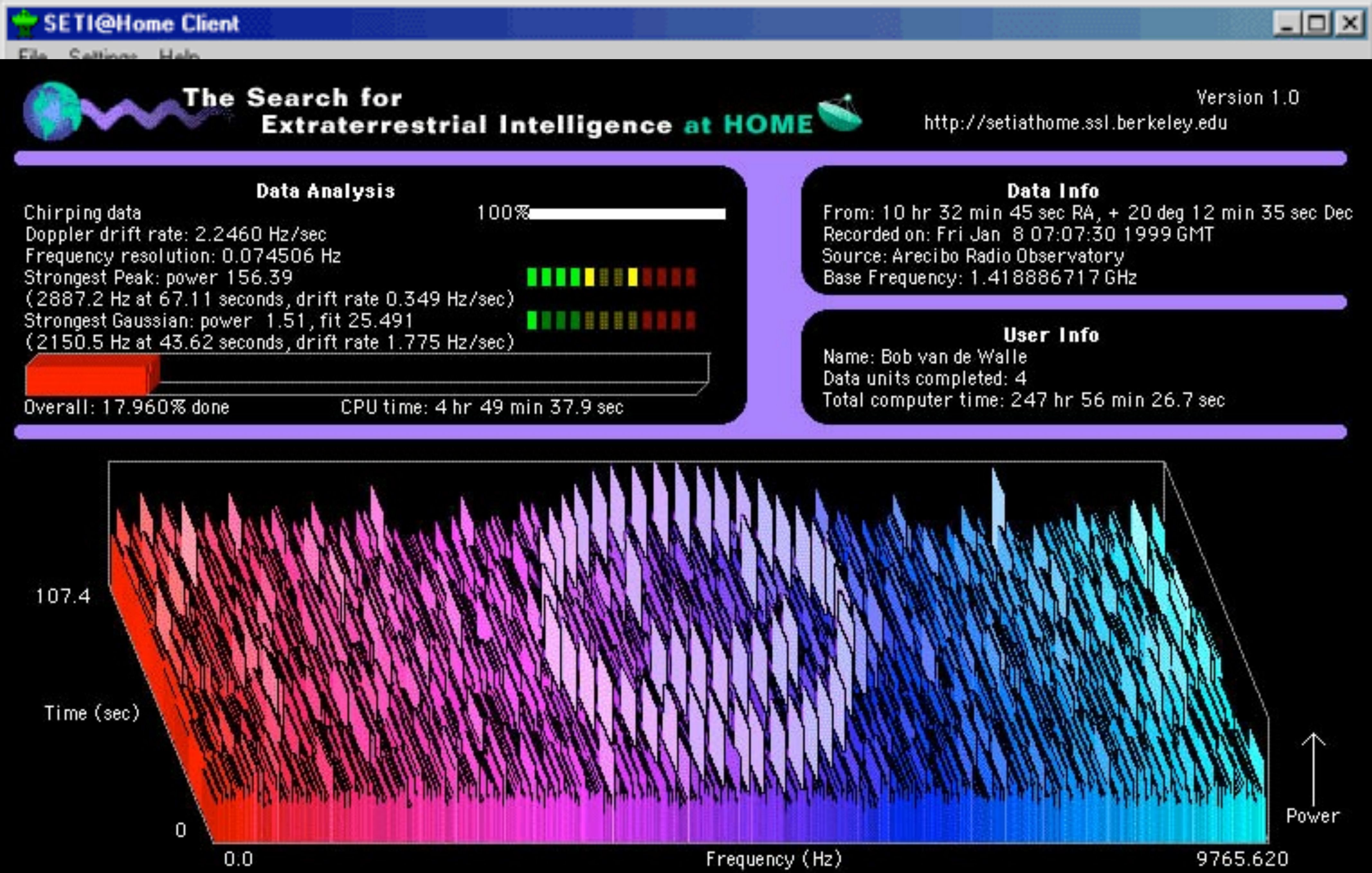
Your account

HOME | PARTICIPATE | ABOUT | COMMUNITY | ACCOUNT

Account information	
Name	Carlos Alexandre Wuensche
Email address	ca.wuensche@inpe.br
URL	http://www.das.inpe.br/~alex
Country	Brazil
Postal code	12227-210
SETI@home member since	25 May 1999
Change	email address · password · other account info
User ID *Used in community functions*	1352239
Account keys	View
Preferences	
When and how BOINC uses your computer	Computing preferences
Message boards and private messages	Community preferences
Preferences for this project	SETI@home preferences
Computing and credit	
Total credit	249,125
Recent average credit	16.94
SETI@home classic workunits	1,147
SETI@home classic CPU time	5,532 hours
Computers on this account	View
Tasks	View
Cross-project statistics	Free-DC BOINC Combined Statistics

Fluxograma de operação do SETI




SETI@Home Client
File Settings Help
The Search for Extraterrestrial Intelligence at HOME
Version 1.0
http://setiathome.ssl.berkeley.edu
Data Analysis
Chirping data
100%
Doppler drift rate: 2.2460 Hz/sec
Frequency resolution: 0.074506 Hz
Strongest Peak: power 156.39
(2887.2 Hz at 67.11 seconds, drift rate 0.349 Hz/sec)
Strongest Gaussian: power 1.51, fit 25.491
(2150.5 Hz at 43.62 seconds, drift rate 1.775 Hz/sec)
Overall: 17.960% done
CPU time: 4 hr 49 min 37.9 sec
Data Info
From: 10 hr 32 min 45 sec RA, + 20 deg 12 min 35 sec Dec
Recorded on: Fri Jan 8 07:07:30 1999 GMT
Source: Arecibo Radio Observatory
Base Frequency: 1.418886717 GHz
User Info
Name: Bob van de Walle
Data units completed: 4
Total computer time: 247 hr 56 min 26.7 sec
107.4
Time (sec)
0
0.0
Frequency (Hz)
9765.620
Power

CONCLUSÕES

Resultados dos últimos 20 anos

- Os elementos e condições básicas para a formação da vida como a conhecemos estão espalhados pelo Universo.
- Existe vida em condições extremas na Terra e já se sabe que sua sobrevivência é possível no espaço.
- Foram encontrados até hoje milhares de planetas extra-solares desde 1995 e quatro de tamanho comparável à Terra (até 2013)
- A busca de sinais extraterrestres inteligentes pelos diferentes instrumentos do SETIainda não apresentou, depois de mais de 50 anos, nenhum resultado positivo confirmado.

Ainda não sabemos se...

- a origem da vida é um acidente ou um mecanismo comum
- há relação entre vida complexa e inteligência

Algumas opiniões com base nas evidências atuais:

- Se a origem da vida é somente um acaso, então estamos, provavelmente, isolados (talvez sós) no Universo, mesmo que planetas “terrestres” sejam comuns
- Mesmo que a origem da vida seja um mecanismo universal e que planetas terrestres sejam comuns, vida complexa não deve ser um fato comum no Universo

Perspectivas...

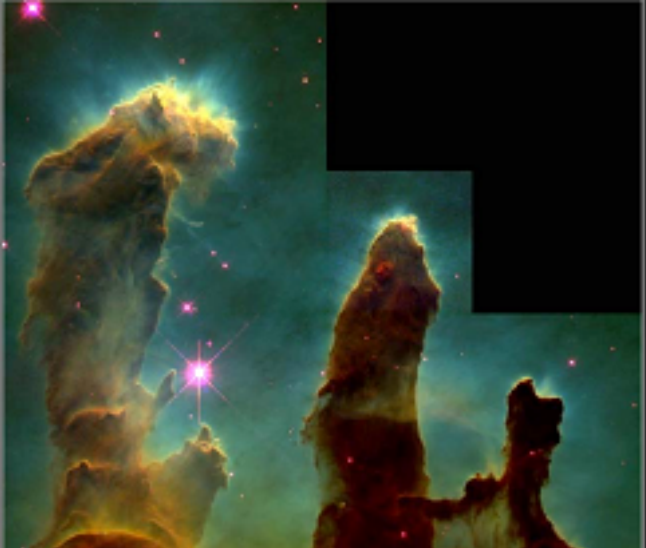
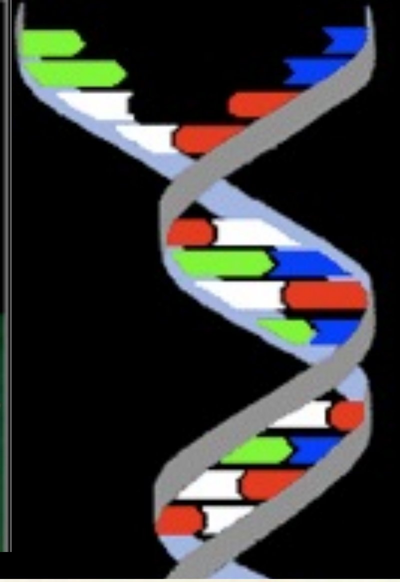
- Radiotelescópios, satélites, e missões espaciais continuarão procurando evidências de bio-traçadores nos planetas e satélites do Sistema Solar

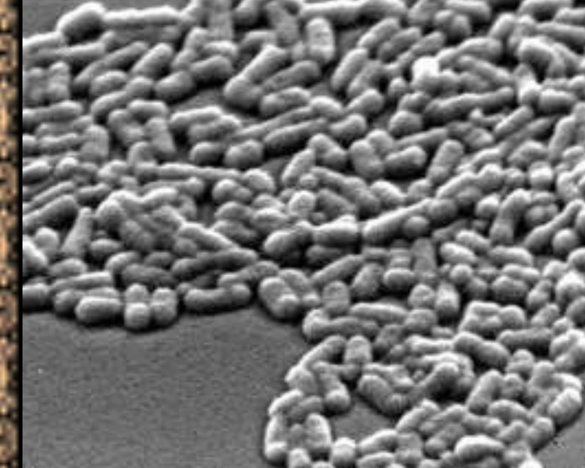
- Idem, para planetas extra-solares e sinais de vida inteligente em estrelas próximas.

- Extremófilos são, de longe, a nossa melhor aposta para ETs.

- A “química do Silício”, ligada ao aparecimento de computadores inteligentes, pode originar uma forma de “vida artificial”, mas o problema da criação da vida permanece.

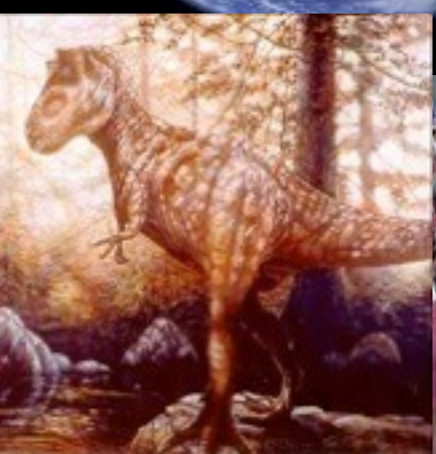
- Podemos imaginar a existência de vida inteligente baseada em outros processos, físico-químicos ou não?

Shake ~
speare's
sonnets
edited with analytic
commentary by
Stephen Booth


Canon triplex á 6 Voc
per J. S. Bach



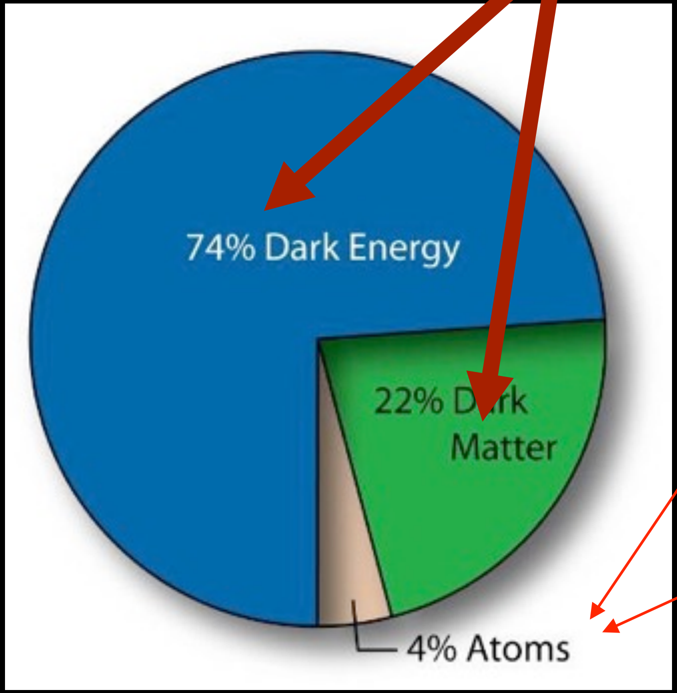



FIM

FIM

Uma perspectiva cosmológica para a busca de vida no Universo

DESCONHECIDO!!



Outras componentes não-luminosas

Gás Intergaláctico: 3,6%

Neutrinos: 0,1%

BN Supermassivos: 0,04%

Matéria Luminosa:

Estrelas e gás: 0,4%

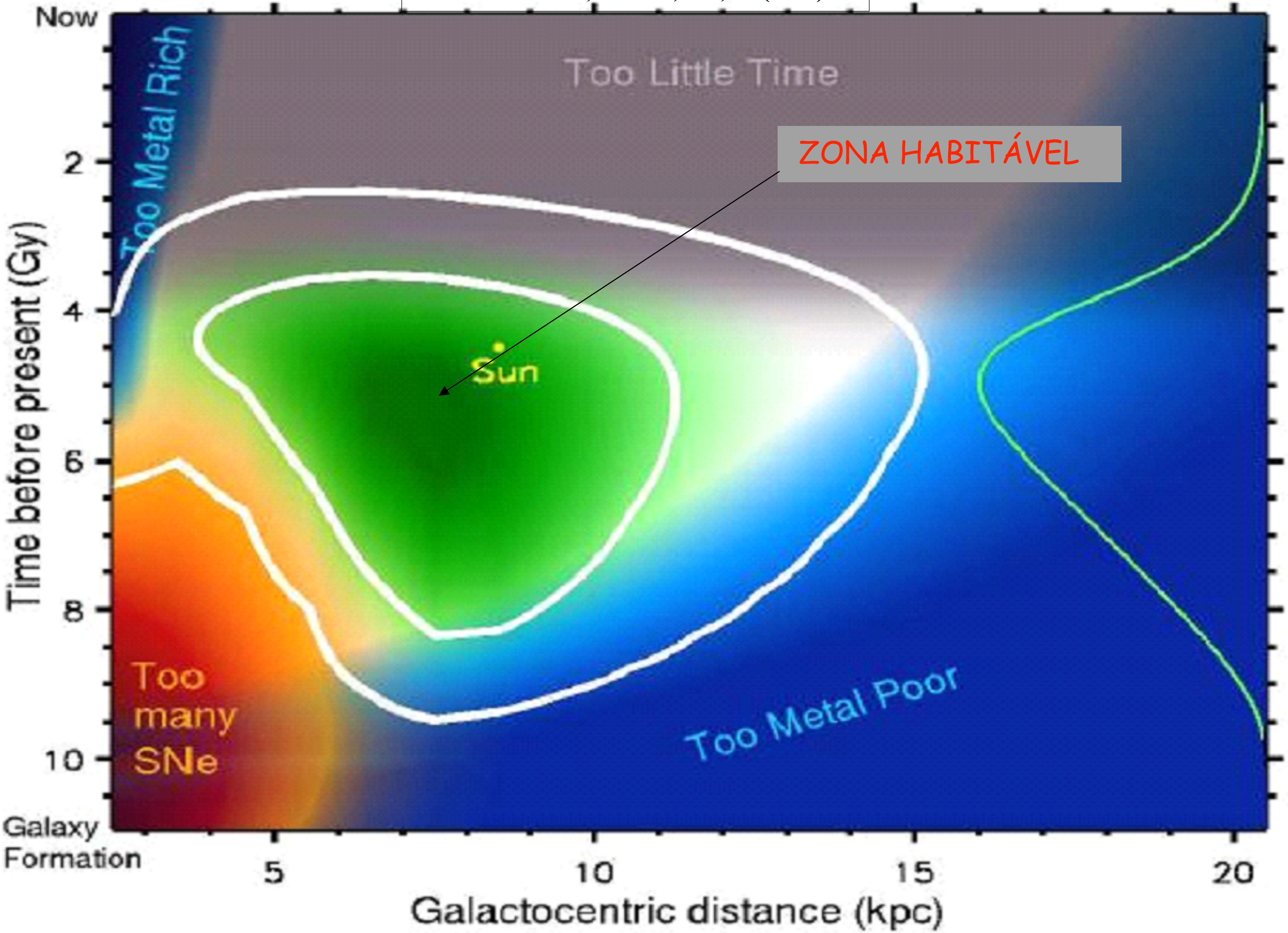
Radiação: 0,005%

Constituintes da vida vêm destes componentes

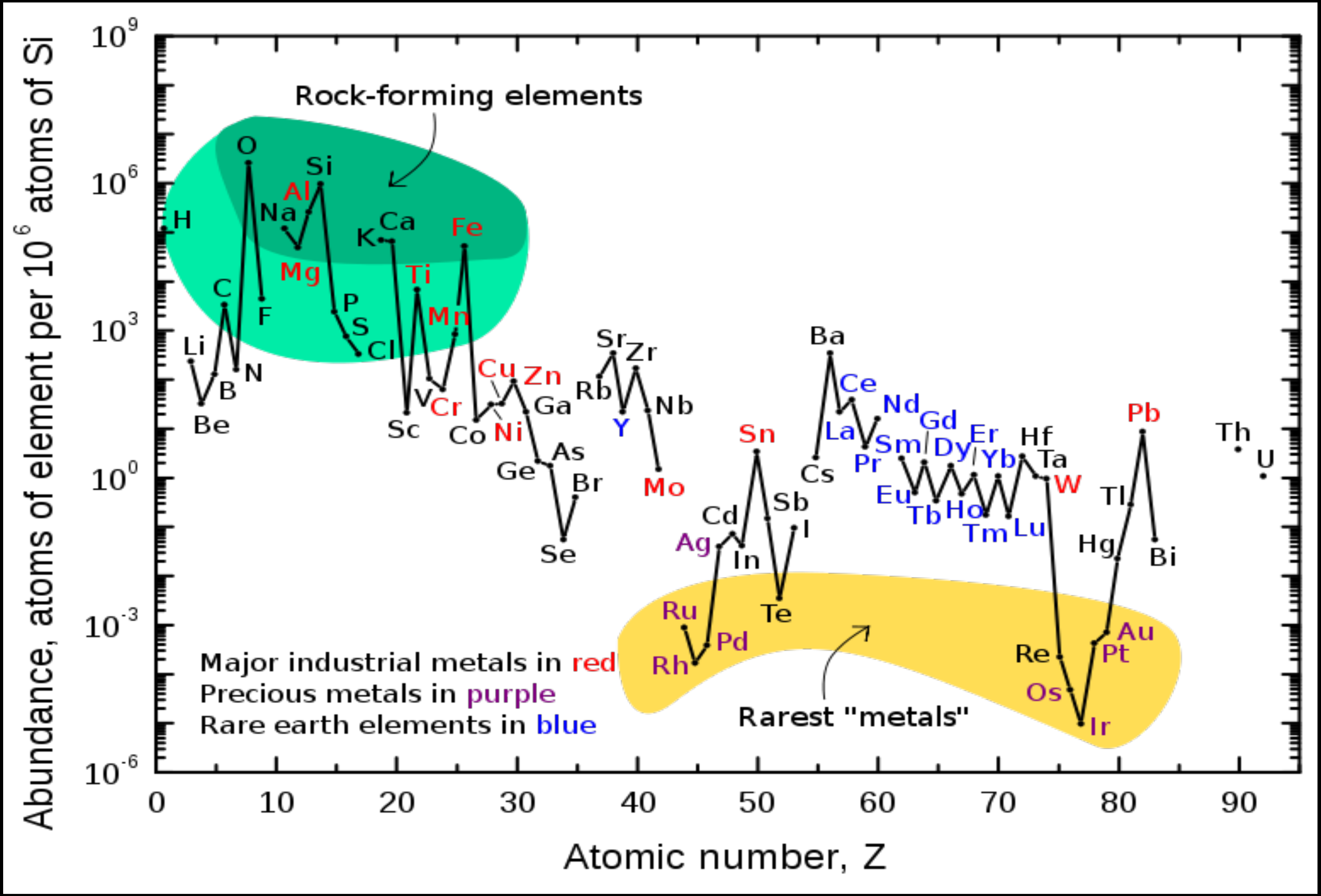
Considerações Galácticas

- ✓ Tempo de vida estelar típico
  - ✓ 4,5 $x10^9$ anos < t < 13,9$x10^9$ anos
  - ✓ (entrada da ✡ na SP < t < exaustão do combustível nuclear)
- ✓ Metalicidade: Fe ~ 1% da abundância H
- ✓ Ausência de explosões de supernovas
- ✓ Estimativa: ≤ 10% das estrelas da Galáxia estão na "Zona Habitável".

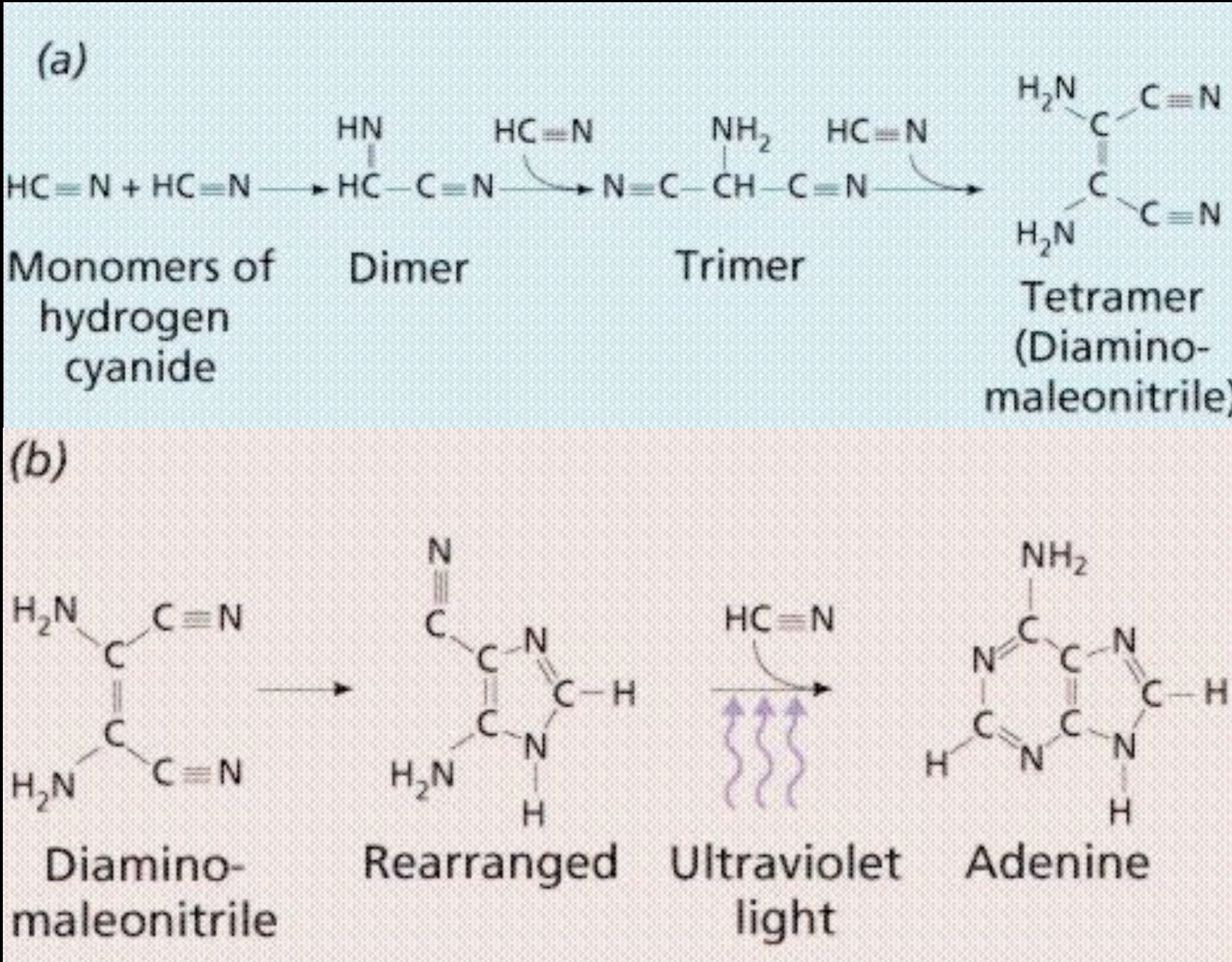
Lineweaver et al., Science, 303, 59 (2004)



Abundâncias dos Elementos na Crosta Terrestre

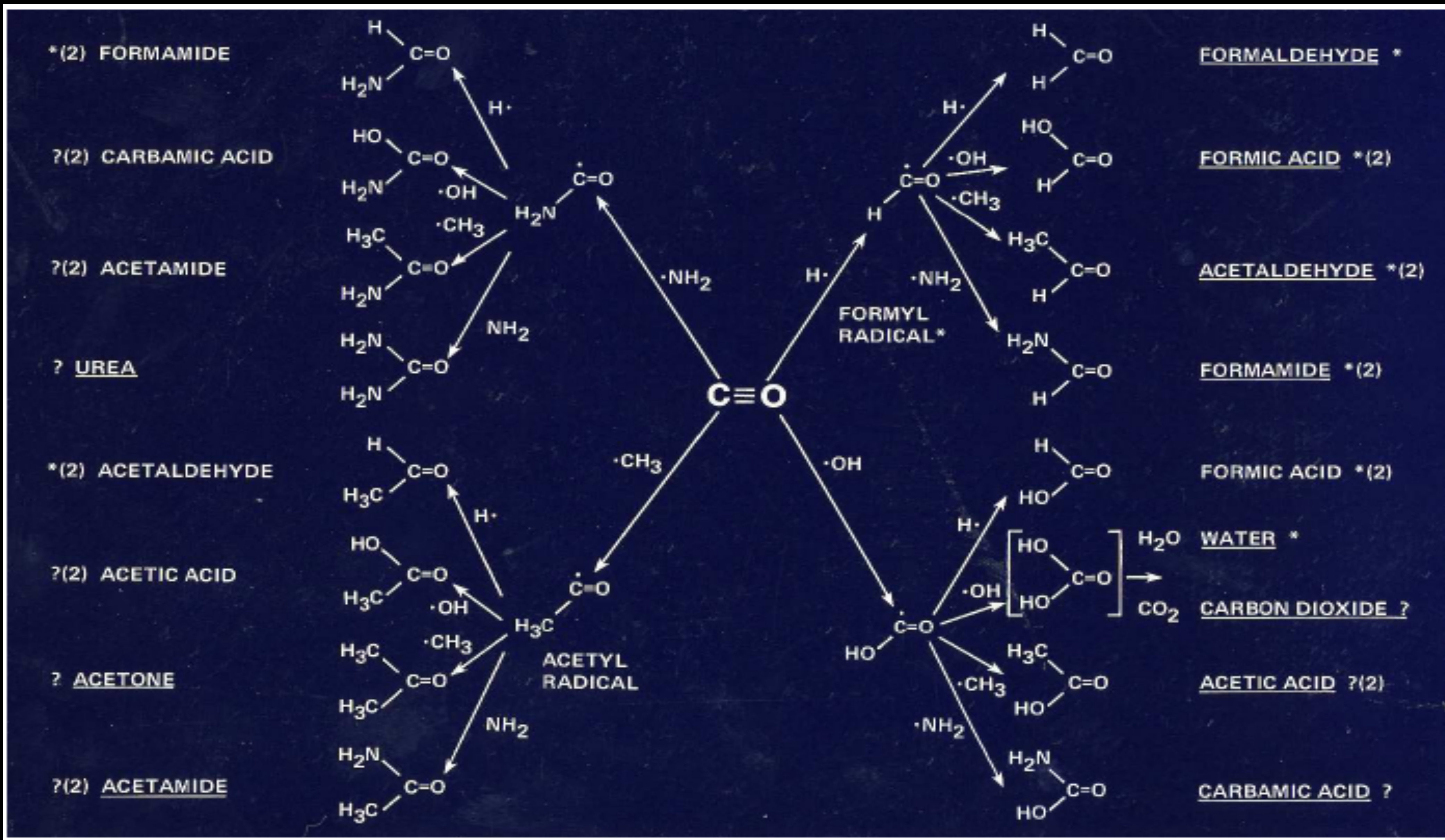


Slide: A. Friaça (IAG/USP)

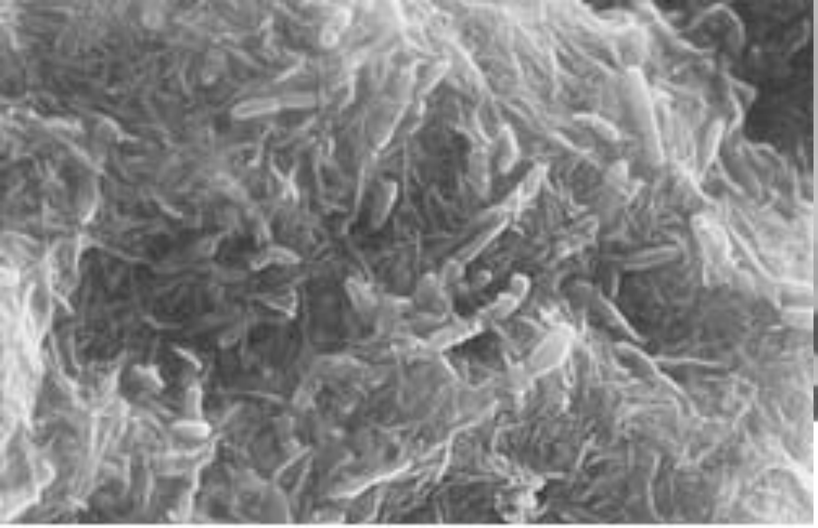

(a)
HC≡N + HC≡N
Monomers of hydrogen cyanide
Dimer
Trimer
Tetramer (Diamino-maleonitrile)
(b)
Diamino-maleonitrile
Rearranged
HC≡N
Ultraviolet light
Adenine

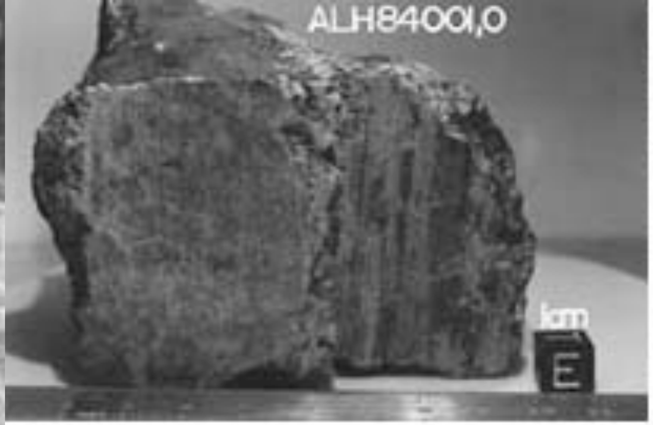
Por que o Carbono?

Combinação de CO com os radicais H, OH, CH_3 possibilita uma "química versátil"



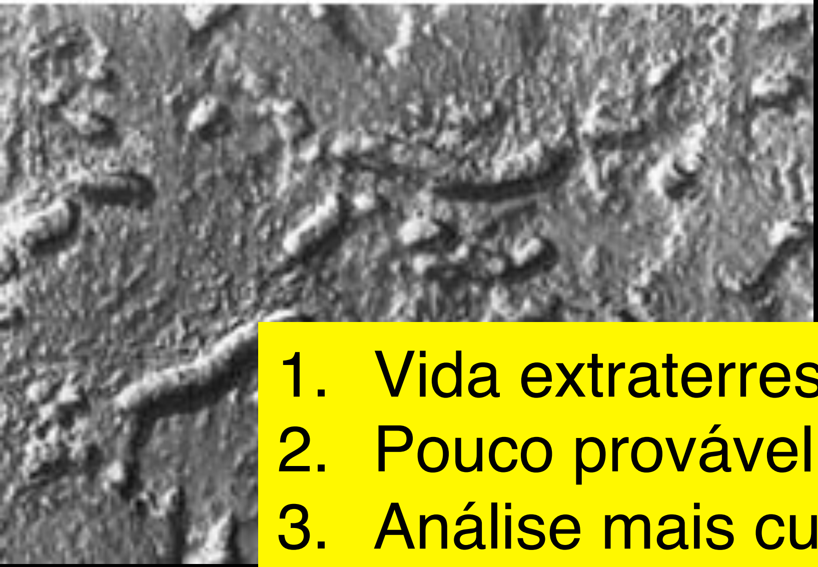
Chanrley, EAA lectures (2004)

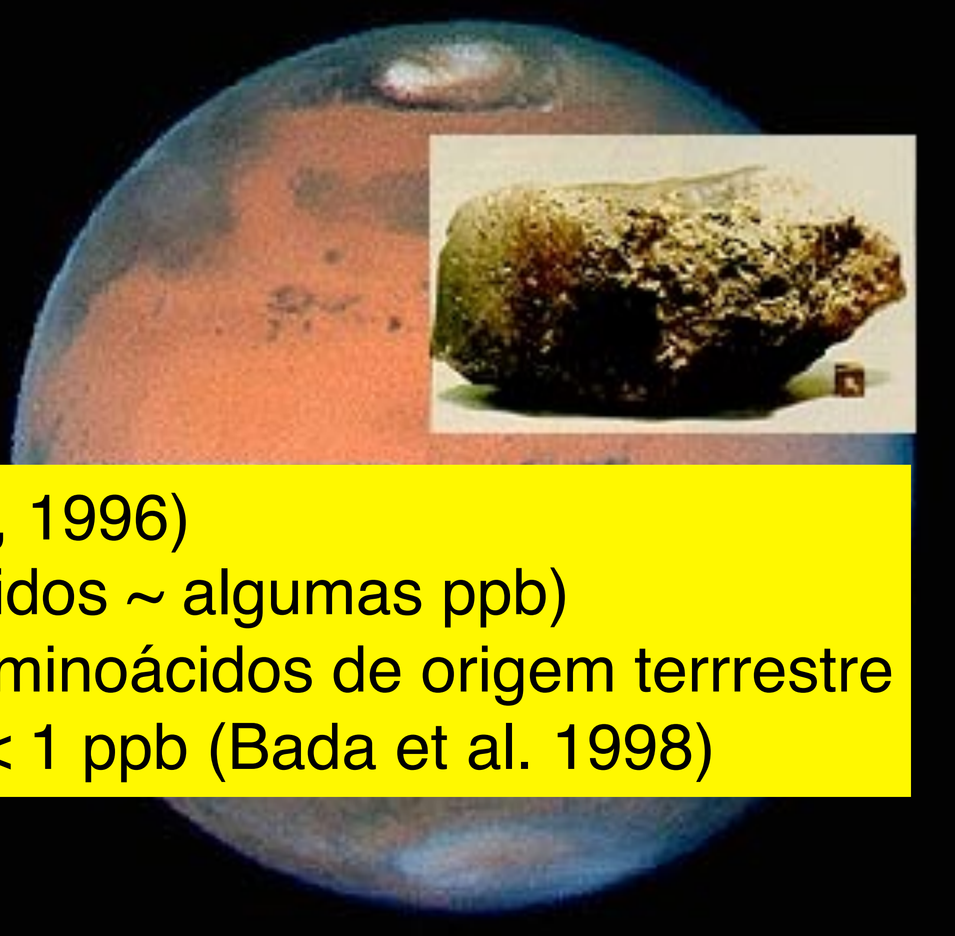




A meteorite called ALH84001 (left) found on the Antarctic ice-fields proved to be an ancient Martian rock. Slices of the rock (right) contain organic material and, more controversially, evidence for fossilized microbes.

Images of microorganisms on Earth (top, thick rods about 3 micrometers long) and of possible fossils of microorganisms found within a rock from Mars (bottom, rods about 0.1 micrometers long) hint that life might be found beyond Earth.





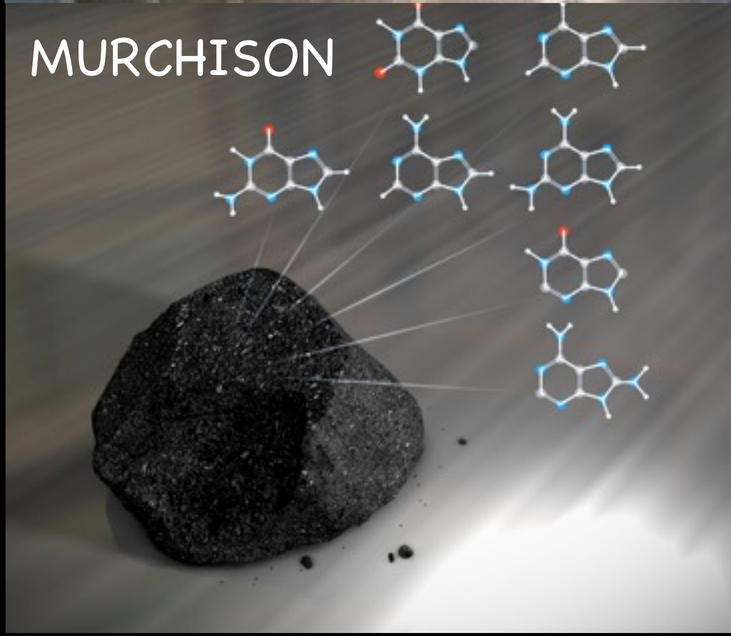
1. Vida extraterrestre? (McKay, 1996)
2. Pouco provável (% aminoácidos ~ algumas ppb)
3. Análise mais cuidadosa ⇒Aminoácidos de origem terrrestre
4. Possível fração “marciana” < 1 ppb (Bada et al. 1998)

Alguns asteróides famosos…

- ALH84001 (Antártica): presença de um tipo de magnetita que somente é criado na presença de bactérias - não foi possível reproduzir o resultado no laboratório

- Murchison (Austrália): forte presença de estruturas bioquímicas, incluindo diversos aminoácidos conhecidos - proporção racêmica igual descarta origem de vida extraterrestre

- Yamato 000593 (Antártica): estudo em andamento sobre a possível origem marciana das estruturas presentes, baseadas em carbono (White et al., Astrobiology, 14, 2, pp. 170 - 181 (2014)



O asteróide Yamato 000593

CARBON-BEARING FEATURES IN YAMATO 000593 175

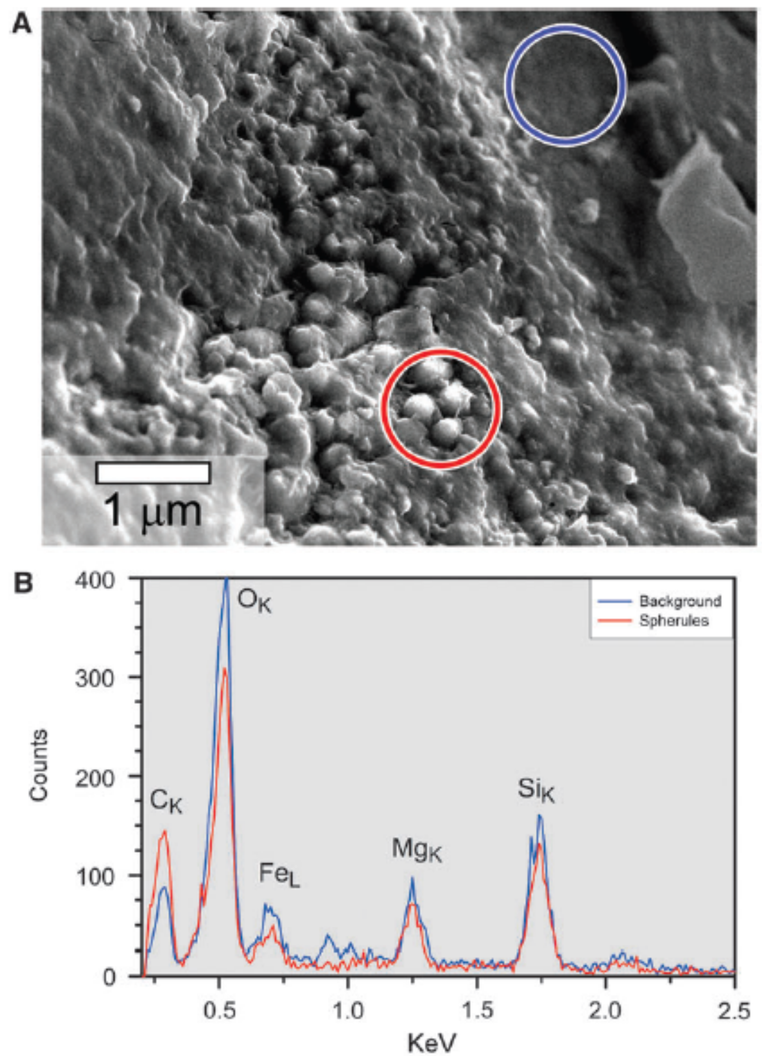
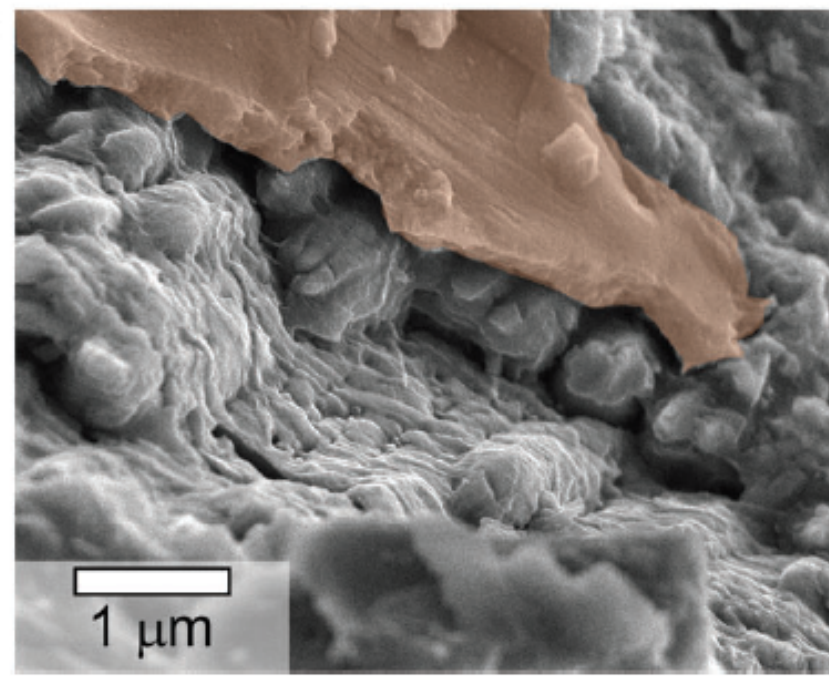


FIG. 4. (**A**) SEM view of spheroidal features embedded in a layer of iddingsite. Locations of EDS spectra of the spherules and background are given by the red and blue circles, respectively. (**B**) EDS spectra of spherules (red) and background (blue). The spherules are enriched ~2 fold in carbon compared to the background. (**C**) SEM view of spherulitic features encased in both an upper (false-colored orange) and lower layer of iddingsite.



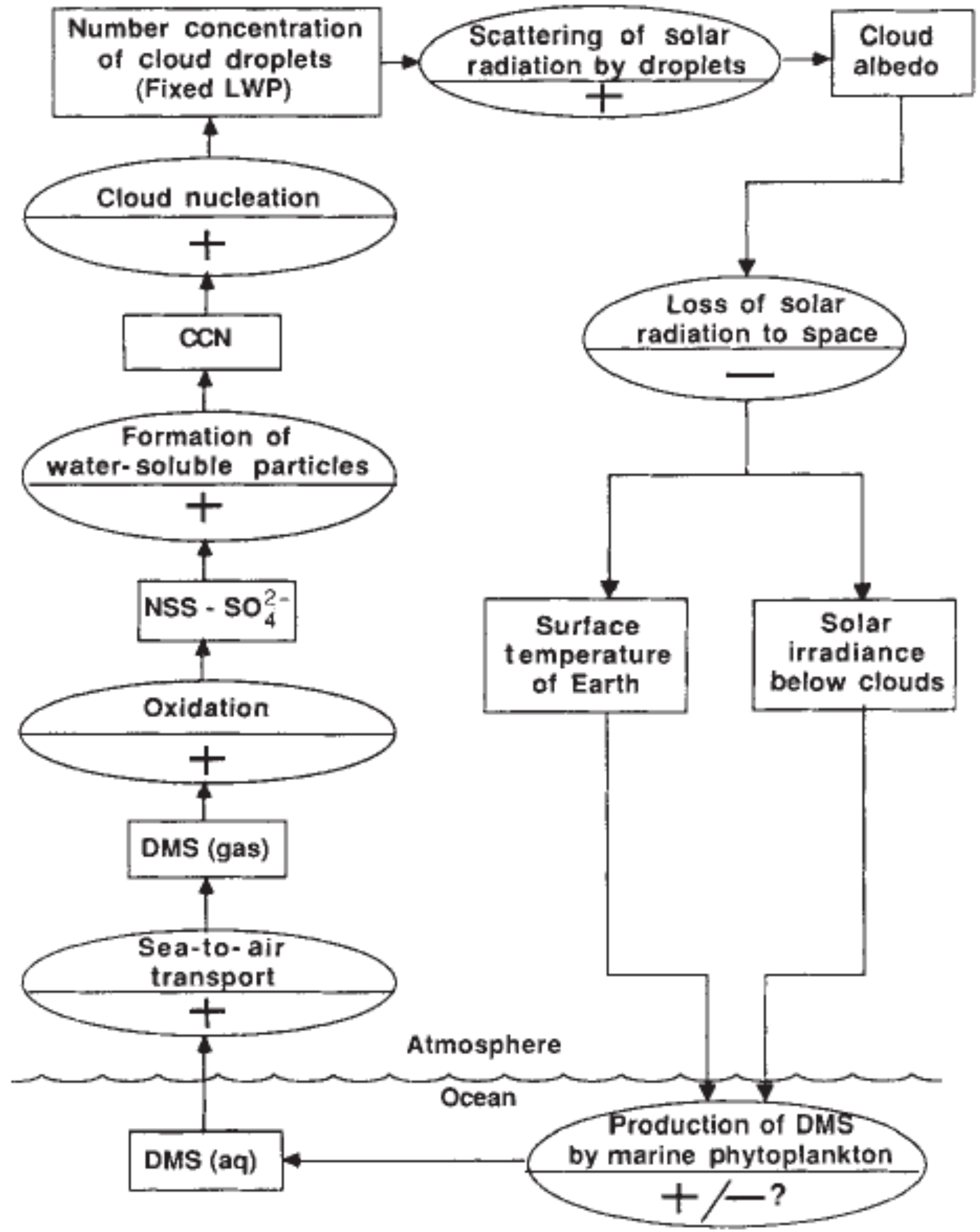
White et al., Astrobiology, 14, 2, pp. 170 - 181 (2014)

Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate

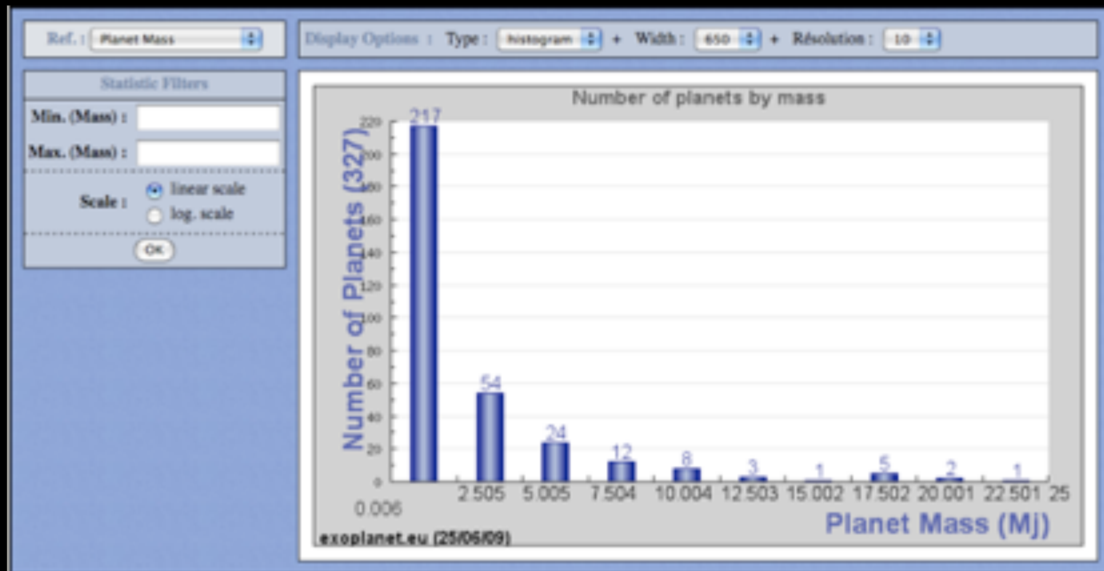
Robert J. Charlson*, James E. Lovelock†, Meinrat O. Andreae‡ & Stephen G. Warren*

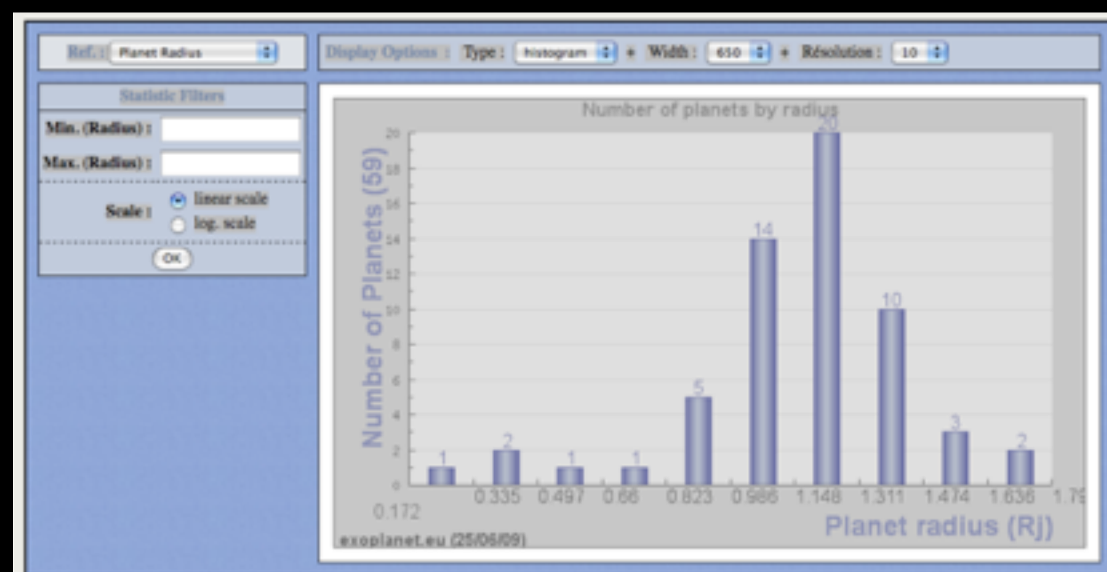
NATURE VOL. 326 16 APRIL 1987

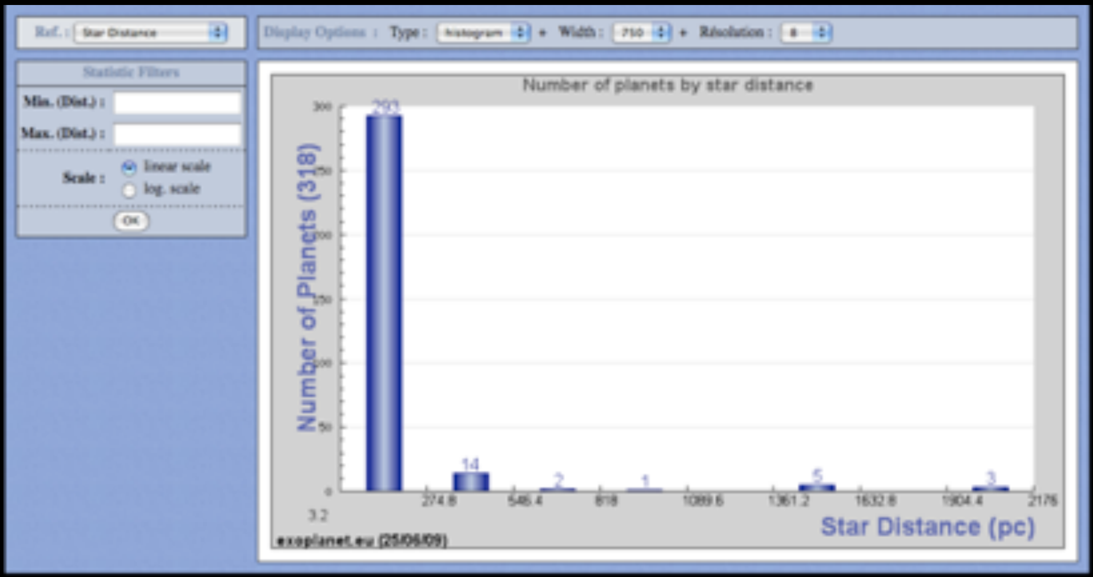
CLAW



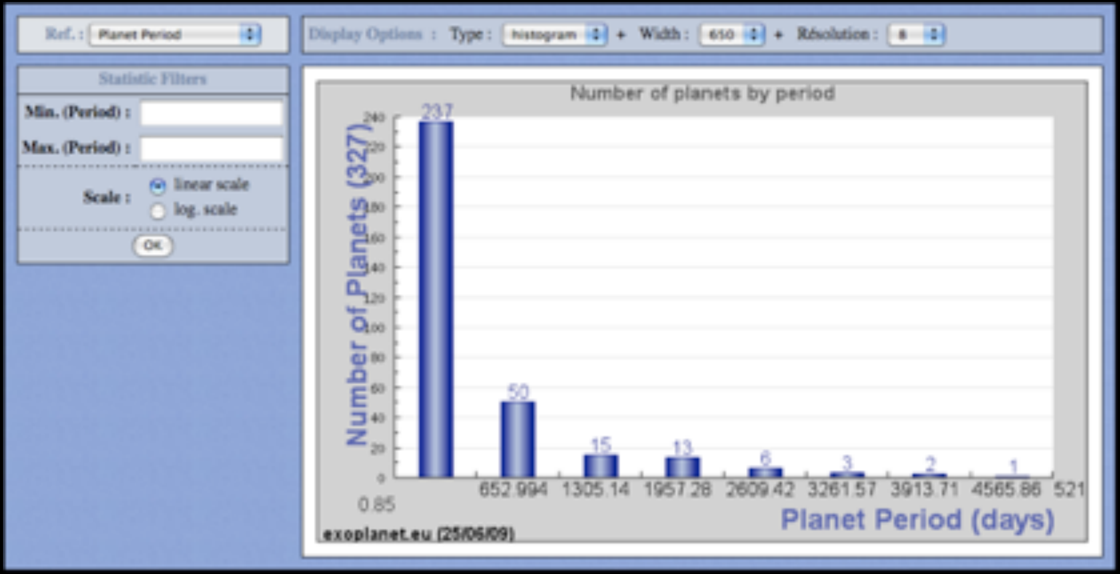
Slide: A. Friaça (IAG/USP)


Ref. : Planet Mass
Display Options : Type : histogram + Width : 650 + Résolution : 10
Statistic Filters
Min. (Mass) :
Max. (Mass) :
Scale : linear scale
log. scale
OK
Number of planets by mass
Number of Planets (327)
217
54
24
12
8
3
1
5
2
1
0.006
2.505
5.005
7.504
10.004
12.503
15.002
17.502
20.001
22.501
25
Planet Mass (Mj)
exoplanet.eu (25/06/09)

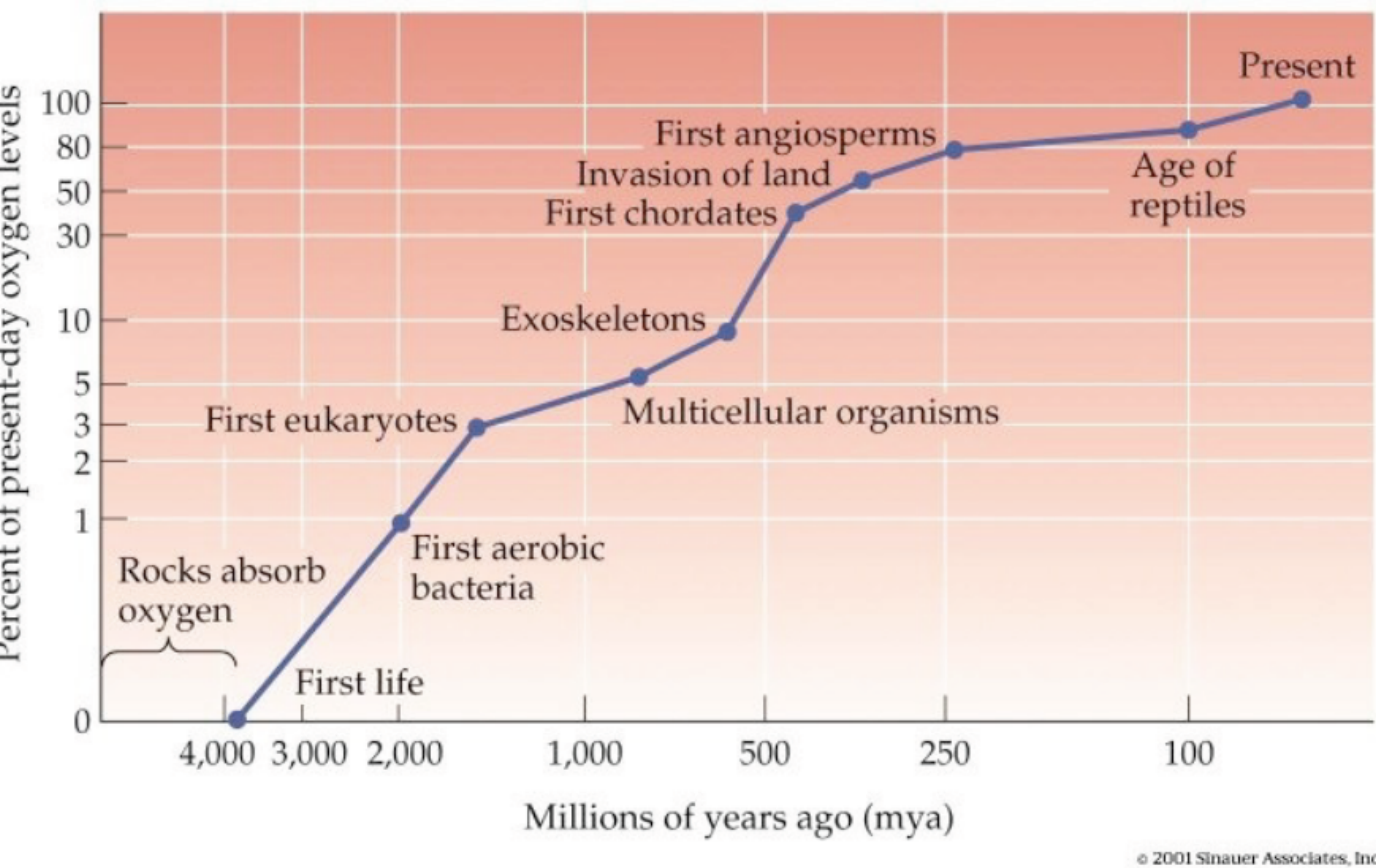

Ref. : Planet Radius
Display Options : Type : histogram + Width : 650 + Résolution : 10
Statistic Filters
Min. (Radius) :
Max. (Radius) :
Scale : linear scale
log. scale
OK
Number of planets by radius
Number of Planets (59)
1
2
1
1
5
14
20
10
3
2
0.172
0.335
0.497
0.66
0.823
0.986
1.148
1.311
1.474
1.636
Planet radius (Rj)
exoplanet.eu (25/06/09)



Ref. : Star Distance
Display Options : Type : histogram • Width : 750 • Résolution : 8
Statistic Filters
Min. (Dist.) :
Max. (Dist.) :
Scale : linear scale log. scale
OK
Number of planets by star distance
Number of Planets (318)
Star Distance (pc)
exoplanet.eu (25/06/09)



Ref. : Planet Period
Display Options : Type : histogram • Width : 650 • Résolution : 8
Statistic Filters
Min. (Period) :
Max. (Period) :
Scale : linear scale log. scale
OK
Number of planets by period
Number of Planets (327)
Planet Period (days)
exoplanet.eu (25/06/09)



Percent of present-day oxygen levels
100
80
50
30
10
5
3
2
1
0
Present
First angiosperms
Invasion of land
First chordates
Age of
reptiles
Exoskeletons
Multicellular organisms
First eukaryotes
First aerobic
bacteria
Rocks absorb
oxygen
First life
4,000 3,000 2,000 1,000 500 250 100
Millions of years ago (mya)
© 2001 Sinauer Associates, Inc

Reações de fotossíntese

$CO_2 + 2\ H_2A \xrightarrow{Luz} (CH_2O)_n + O_2 + 2A$ (Equação geral)

Outros processos (e.g., usados por micróbios no Lago Mono - Califórnia) substituem água por outros compostos (Arsenito) no papel de doador de elétron. A equação fica, então:

$(AsO_3^{3-}) + CO_2 \xrightarrow{Luz} CO + (AsO_4^{3-})$

A reação mais conhecida de fotossíntese, transformando gás carbônico em oxigênio é:

$12\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow{Luz} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$

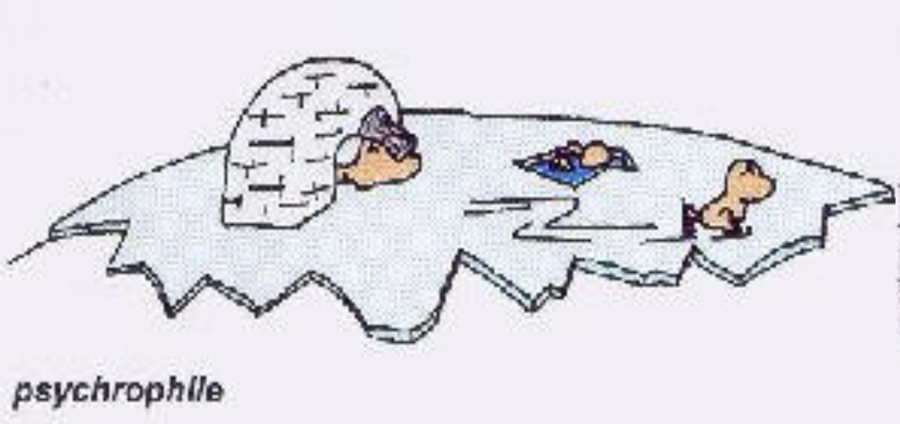
MUITO MAIS EFICIENTE QUE TODAS AS OUTRAS!

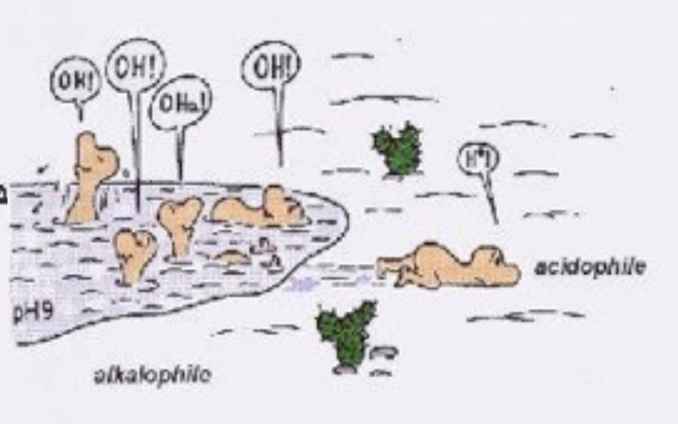
$12\ H_2S + 6\ CO_2 \xrightarrow{Luz} C_6H_{12}O_6 + 12\ S + 6\ H_2O$

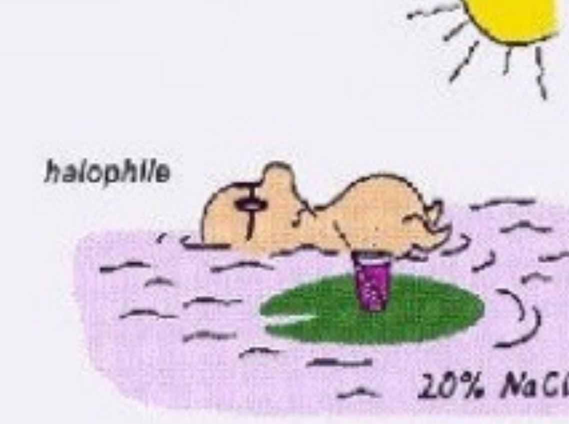
METANOGÊNESE

$CO_2 + 4\ H_2 \xrightarrow{Luz} CH_4 + 2H_2O$

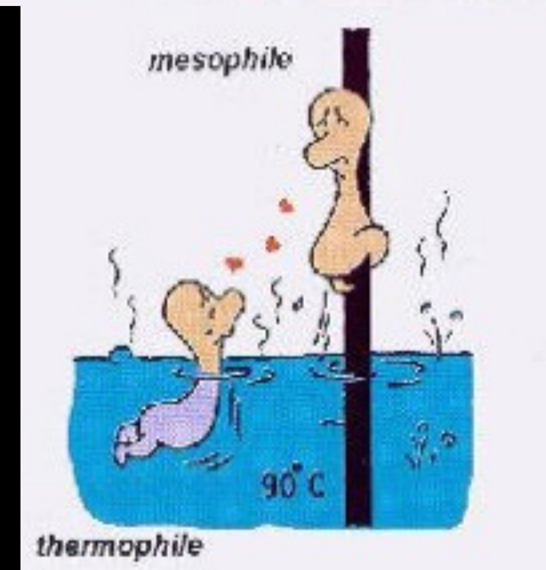
$CH_3COOH \xrightarrow{Luz} CH_4 + CO_2$

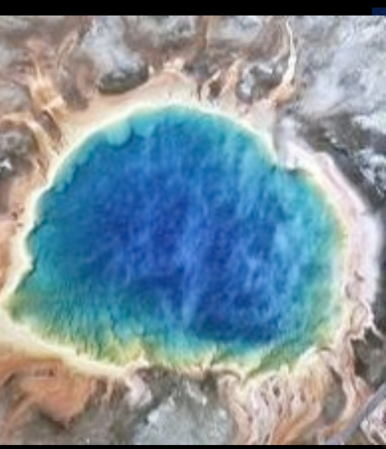


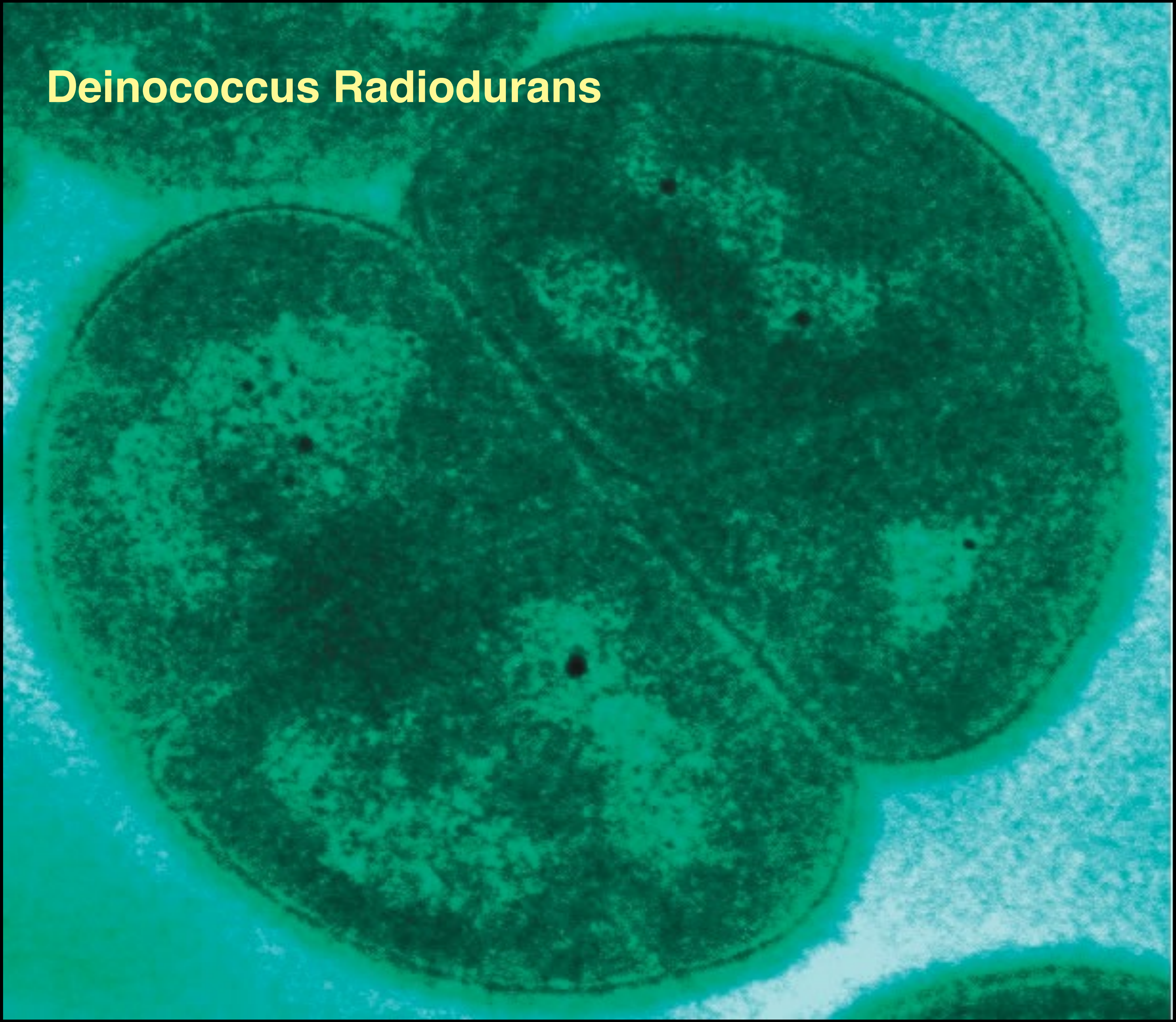




- Temperatura: -15° C < T < 121° C
- 0,06 < pH < 12,8
- 0 < Pressão < 1200 atm
- Metabolismo não necessariamente baseado em Oxigênio
- 20-40 milhões de anos de dormência
- 2,5 anos na Lua, sem nutrientes, água e expostos ao frio e radiação solar (*Strep. Mitis*) - *Resultados (controversos...) do programa Apolo 12*






Deinococcus Radiodurans

nature

Vol 454 | 28 August 2008 | doi:10.1038/nature07268

ARTICLES

Major viral impact on the functioning of benthic deep-sea ecosystems

Roberto Danovaro[1], Antonio Dell'Anno[1], Cinzia Corinaldesi[1], Mirko Magagnini[1], Rachel Noble[2], Christian Tamburini[3] & Markus Weinbauer[4]

Viruses are the most abundant biological organisms of the world's oceans. Viral infections are a substantial source of mortality in a range of organisms—including autotrophic and heterotrophic plankton—but their impact on the deep ocean and benthic biosphere is completely unknown. Here we report that viral production in deep-sea benthic ecosystems worldwide is extremely high, and that viral infections are responsible for the abatement of 80% of prokaryotic heterotrophic production. Virus-induced prokaryotic mortality increases with increasing water depth, and beneath a depth of 1,000 m nearly all of the prokaryotic heterotrophic production is transformed into organic detritus. The viral shunt, releasing on a global scale ~0.37–0.63 gigatonnes of carbon per year, is an essential source of labile organic detritus in the deep-sea ecosystems. This process sustains a high prokaryotic biomass and provides an important contribution to prokaryotic metabolism, allowing the system to cope with the severe organic resource limitation of deep-sea ecosystems. Our results indicate that viruses have an important role in global biogeochemical cycles, in deep-sea metabolism and the overall functioning of the largest ecosystem of our biosphere.

Science News

Share Blog Cite

First Earth-Like Planet Spotted Outside Solar System Likely a Volcanic Wasteland

ScienceDaily (Jan. 7, 2010) — When scientists confirmed in October that they had detected the first rocky planet outside our solar system, it advanced the longtime quest to find an Earth-like planet hospitable to life.

See Also:

Space & Time
- Extrasolar Planets
- Solar System
- Pluto
- Astronomy
- Jupiter
- Kuiper Belt

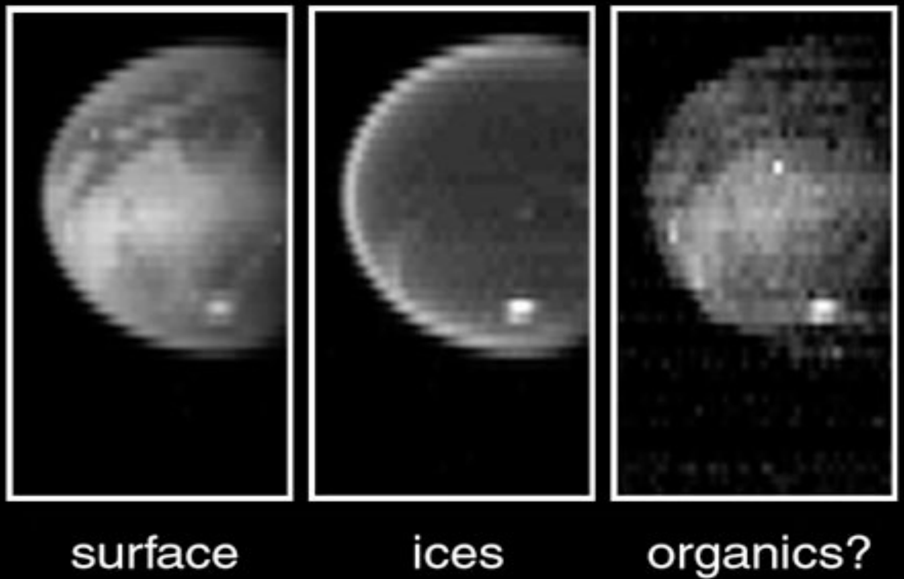
Reference
- Gas giant
- Equatorial bulge
- Neptune's natural satellites
- Asteroid belt

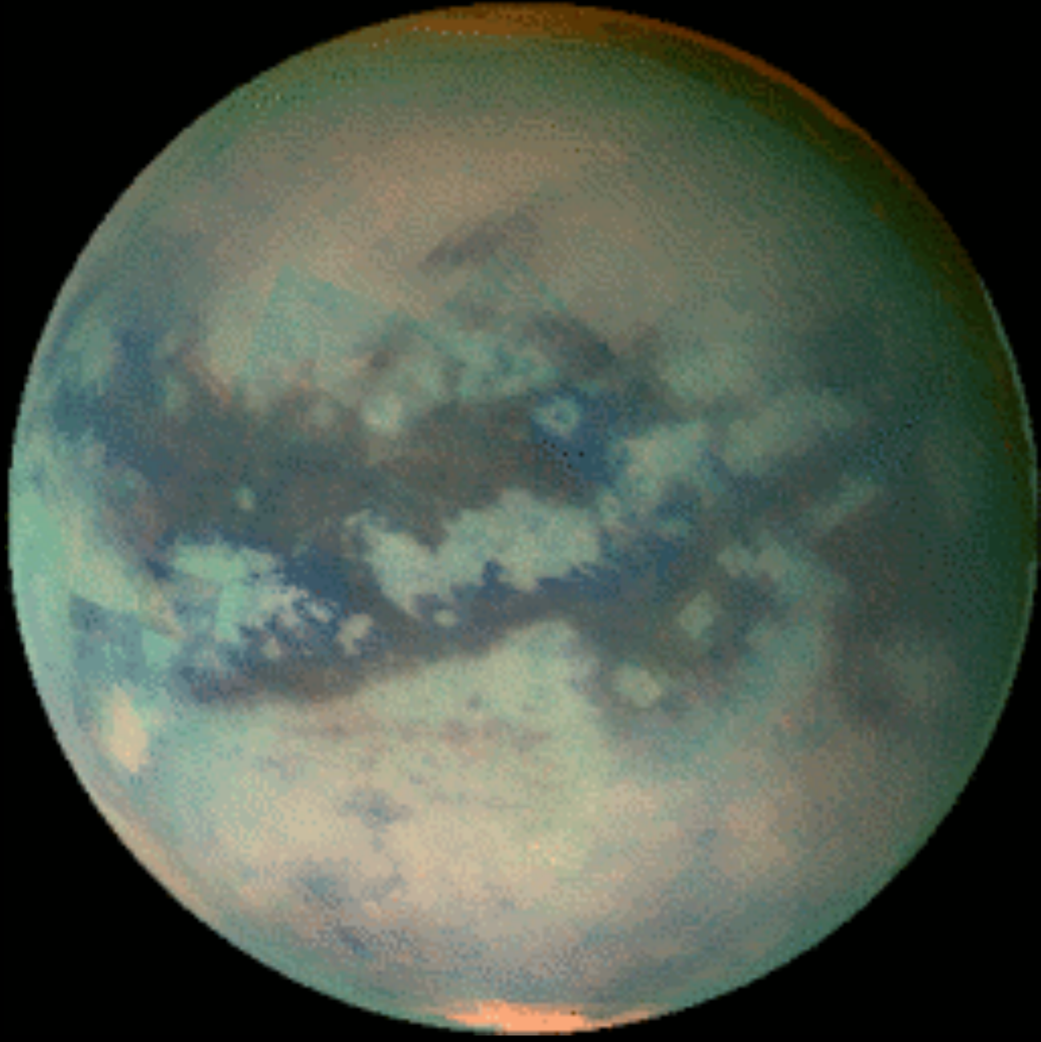
Rocky planets -- Earth, Mercury, Venus and Mars -- make up half the planets in our solar system. Rocky planets are considered better environments to support life than planets that are mainly gaseous, like the other half of the planets in our system: Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune.

The rocky planet CoRoT-7 b was discovered circling a star some 480 light years from Earth. It is, however, a forbidding place and unlikely to harbor life. That's because it is so close to its star that temperatures might be above 4,000 degrees F (2,200 C) on the surface lit by its star and as low as minus 350 F (minus 210 C) on its dark side.

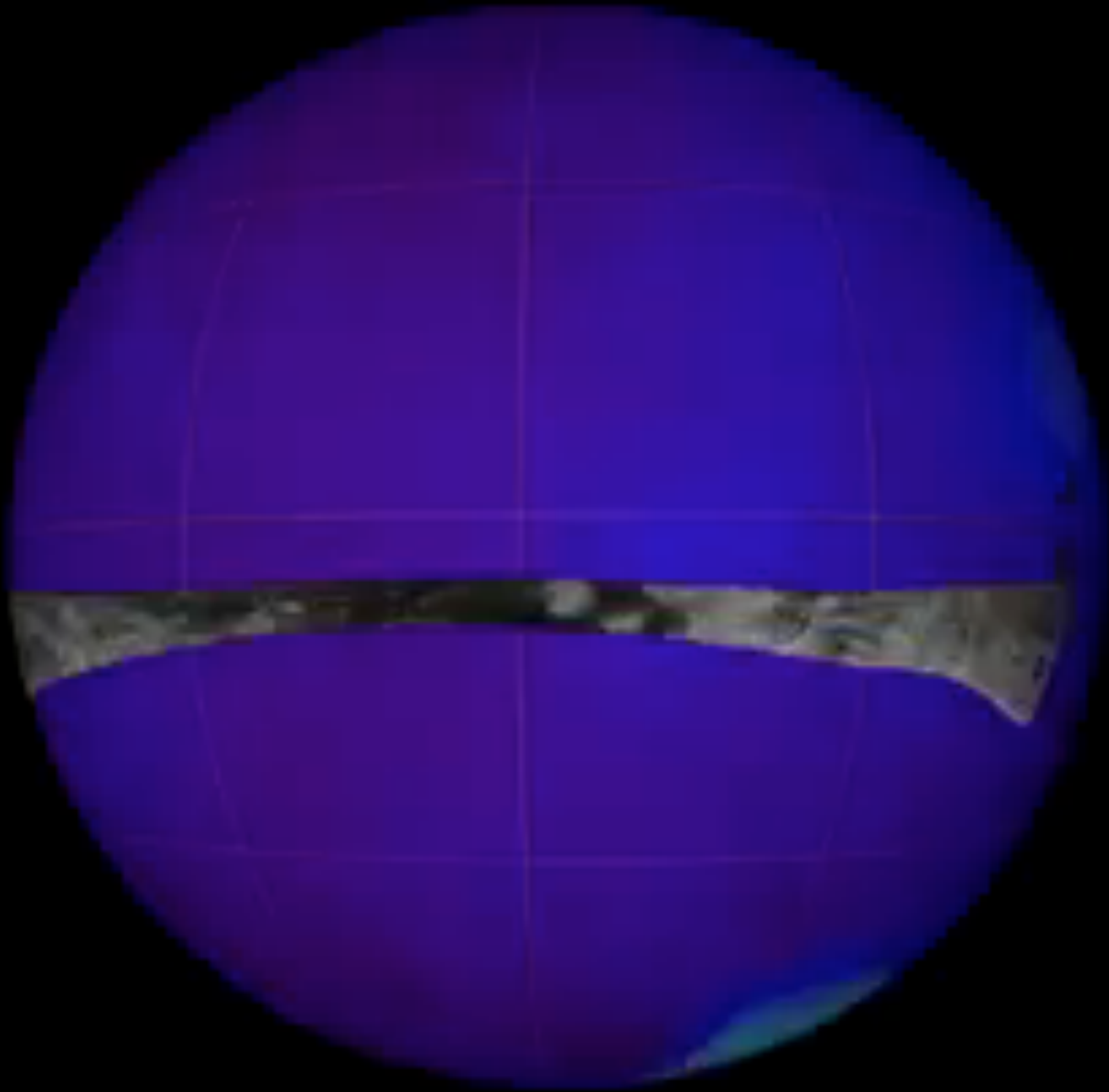
How similar is exoplanet CoRoT-7b to Earth? The newly discovered extra-solar planet (depicted in the above artist's illustration) is the closest physical match yet, with a mass about five Earths and a radius of about 1.7 Earths. Also, the home star to CoRoT-7b, although 500 light years distant, is very similar to our Sun. Unfortunately, the similarities likely end there, as CoRoT-7b orbits its home star well inside the orbit of Mercury, making its year last only 20 hours, and making its peak temperature much hotter than humans might find comfortable. (Credit: ESO/L. Calcada)

Titã visto pela Cassini Julho/2004

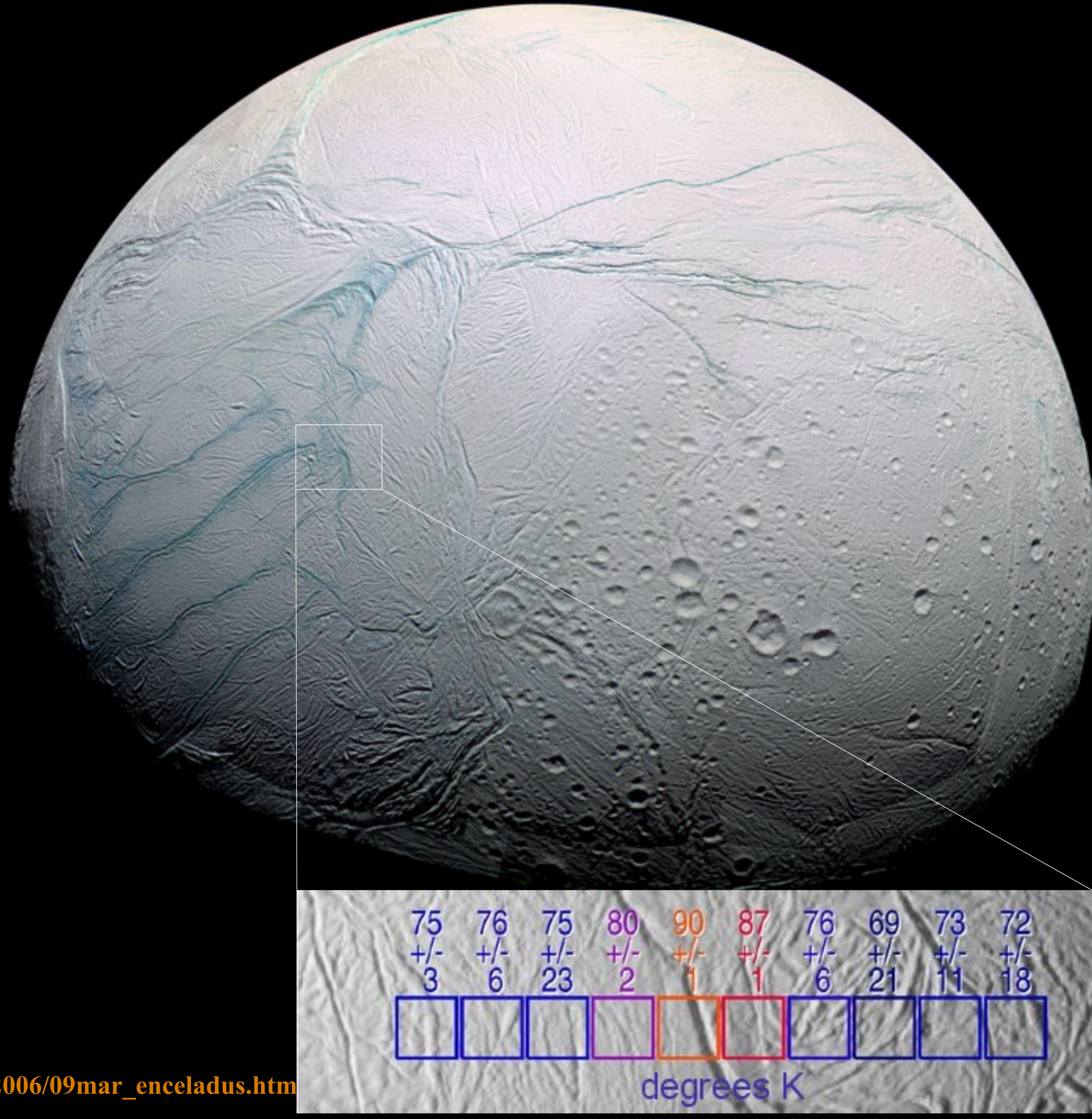




Cortesia: NASA/JPL/Univ. of Arizona



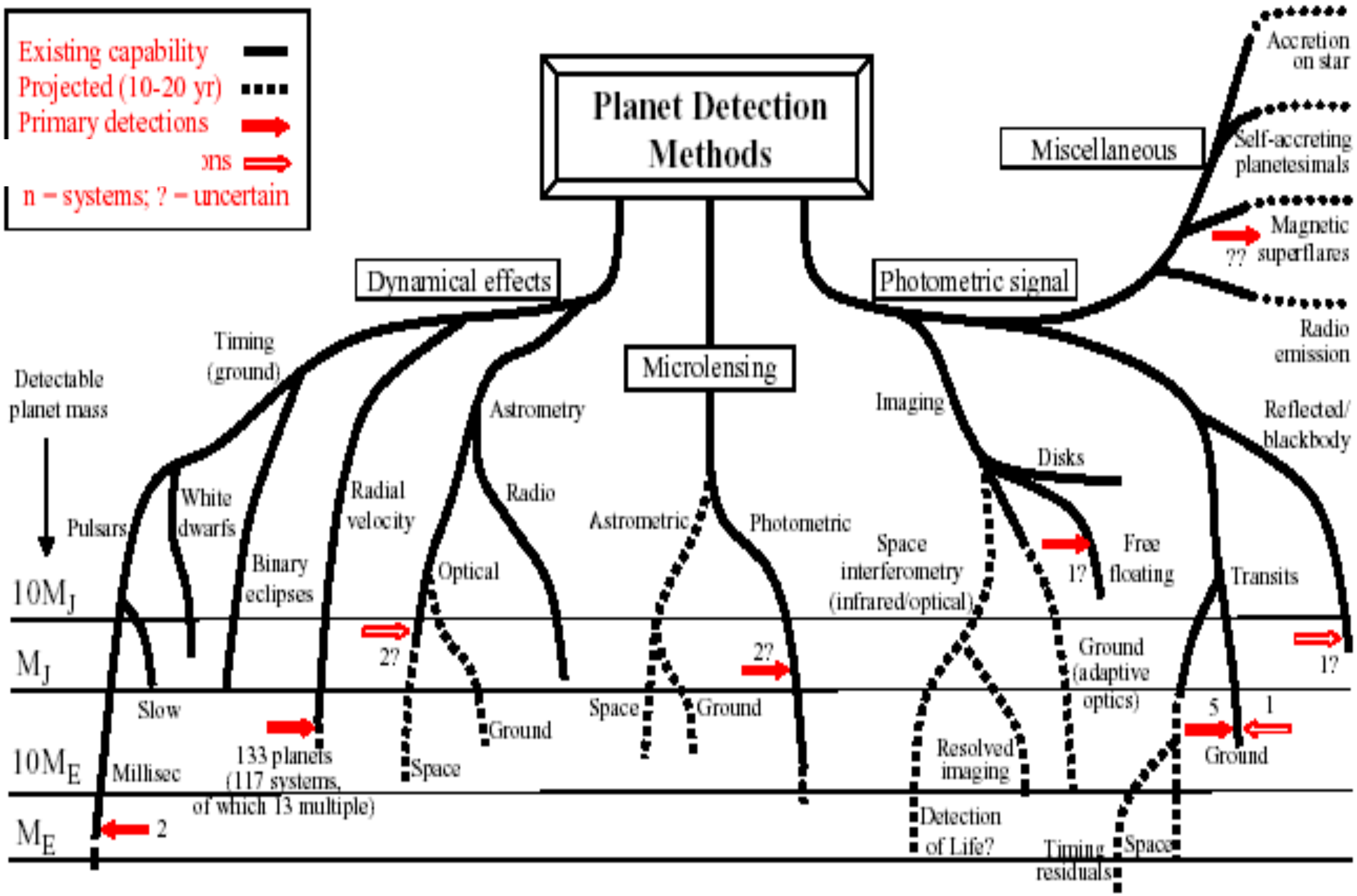
Fonte: http://science.nasa.gov



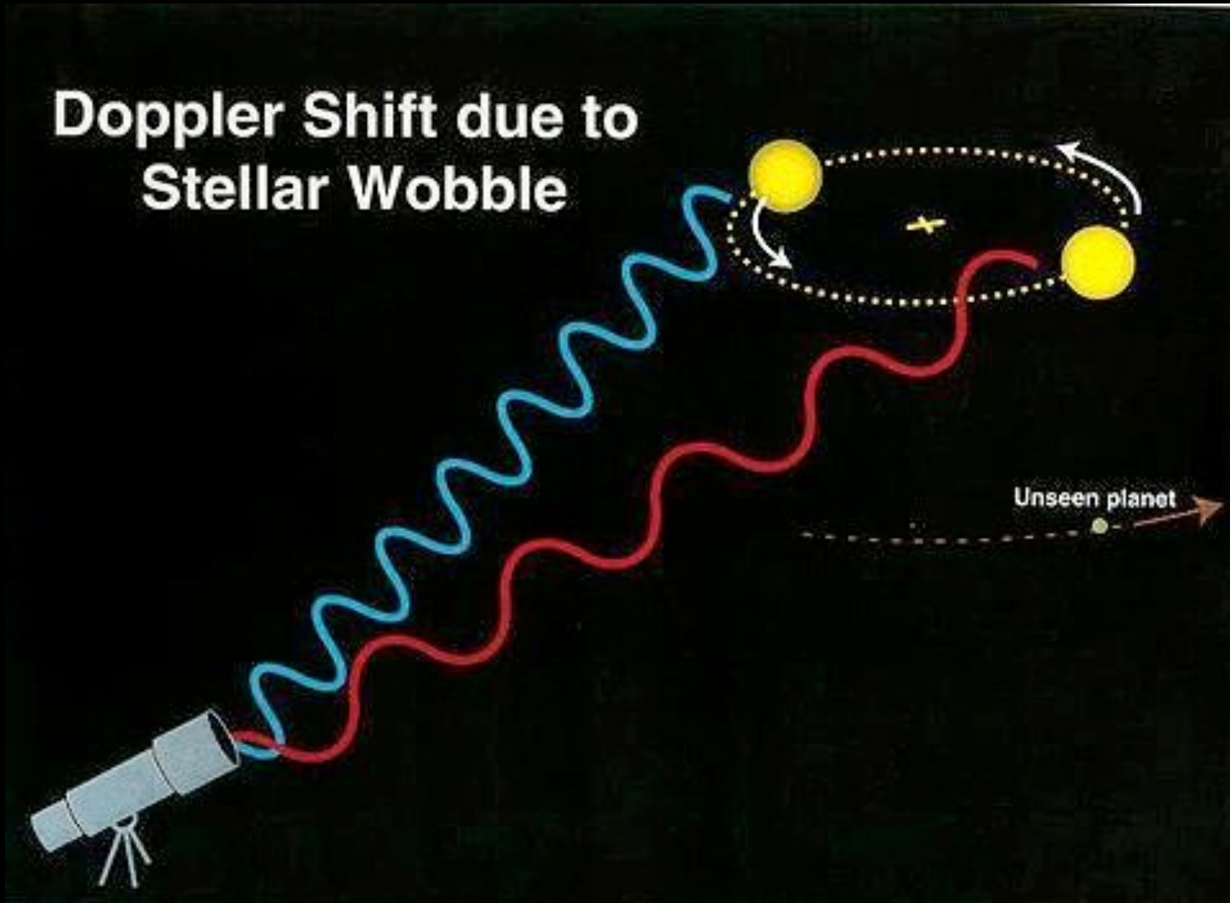
http://science.nasa.gov/headlines/y2006/09mar_enceladus.htm

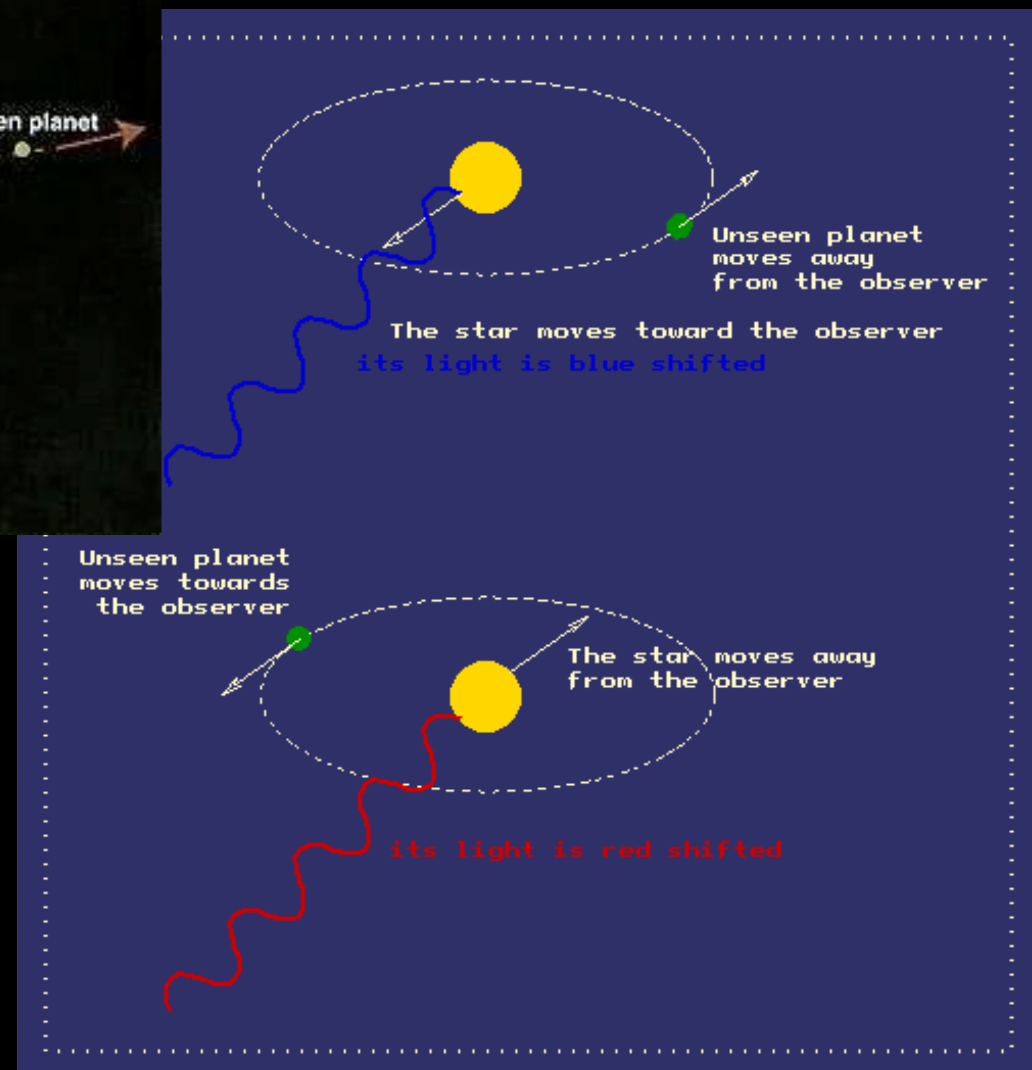
Planet Detection Methods

Michael Perryman, Rep. Prog. Phys., 2000, 63, 1209 (updated November 2004)
[corrections or suggestions please to michael.perryman@esa.int]

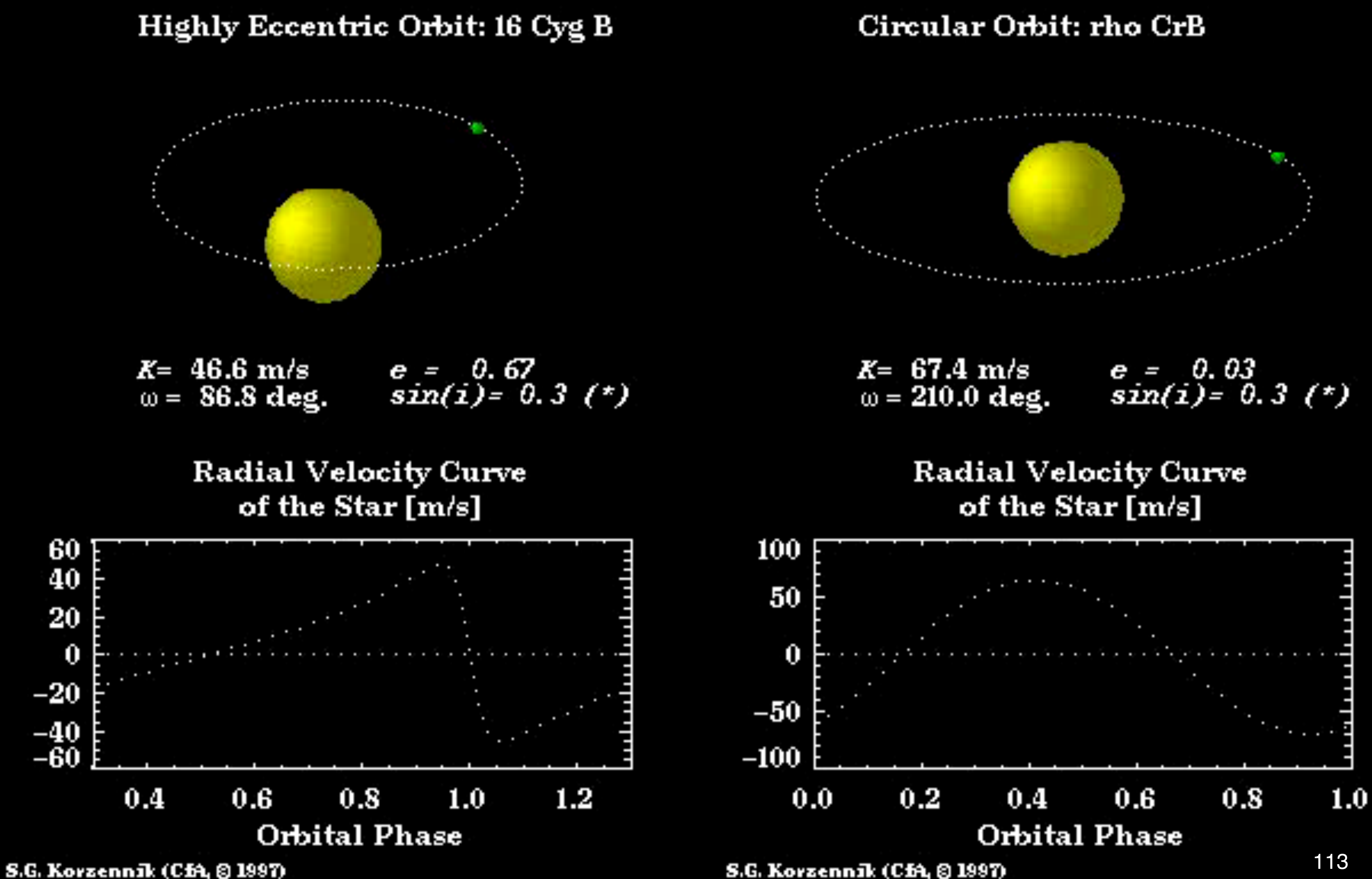


Velocidade Radial



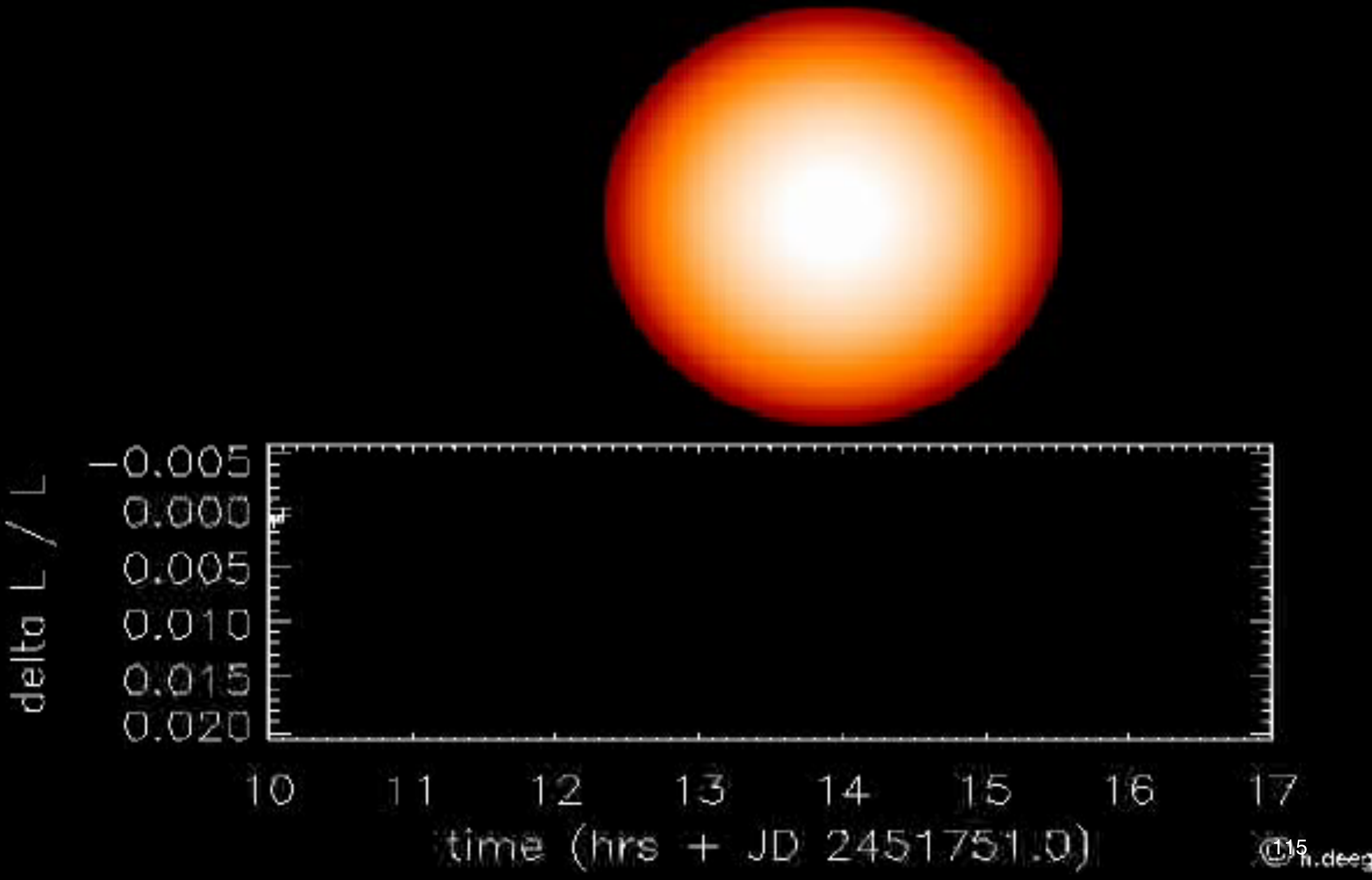


Métodos de deteção de exoplanetas

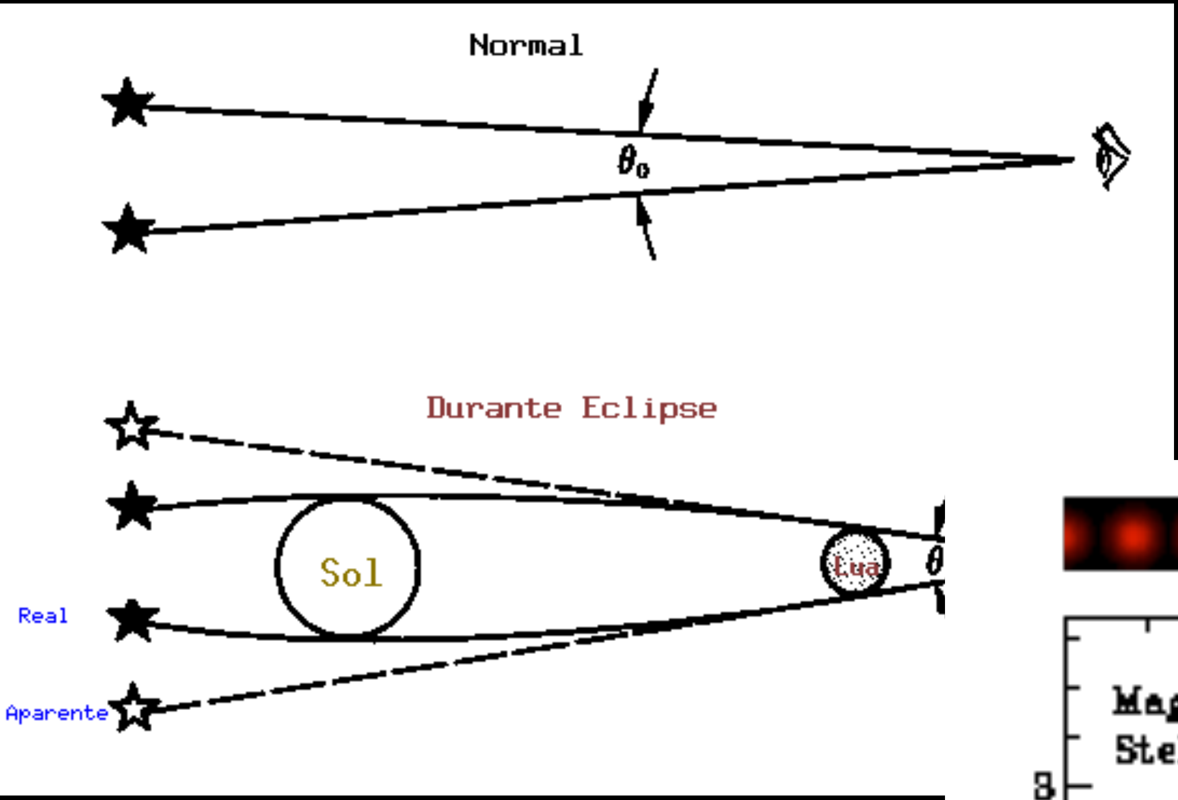


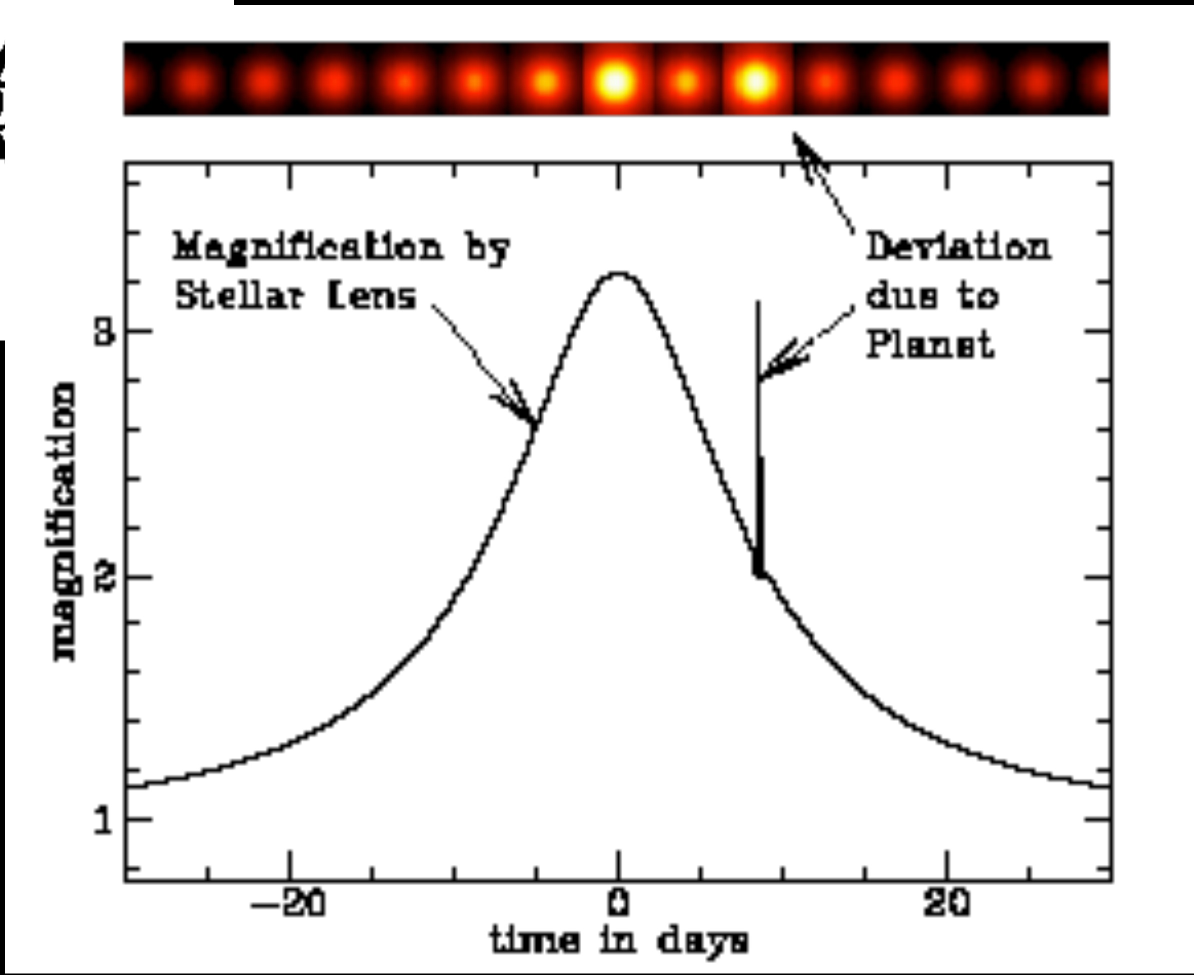
Trânsito de Vênus – 8 Junho 2004

Métodos de deteção de exoplanetas

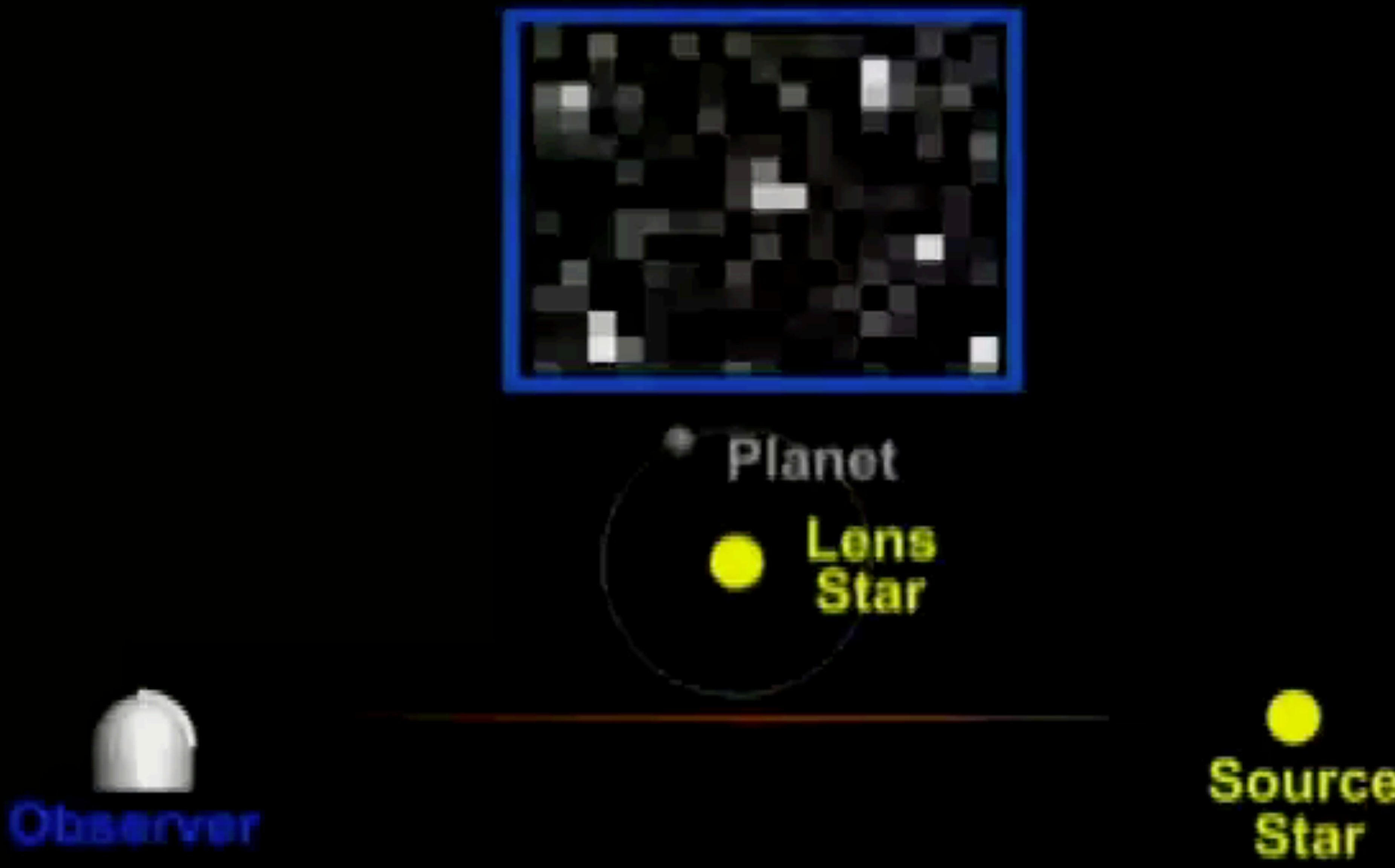


Lente Gravitacional

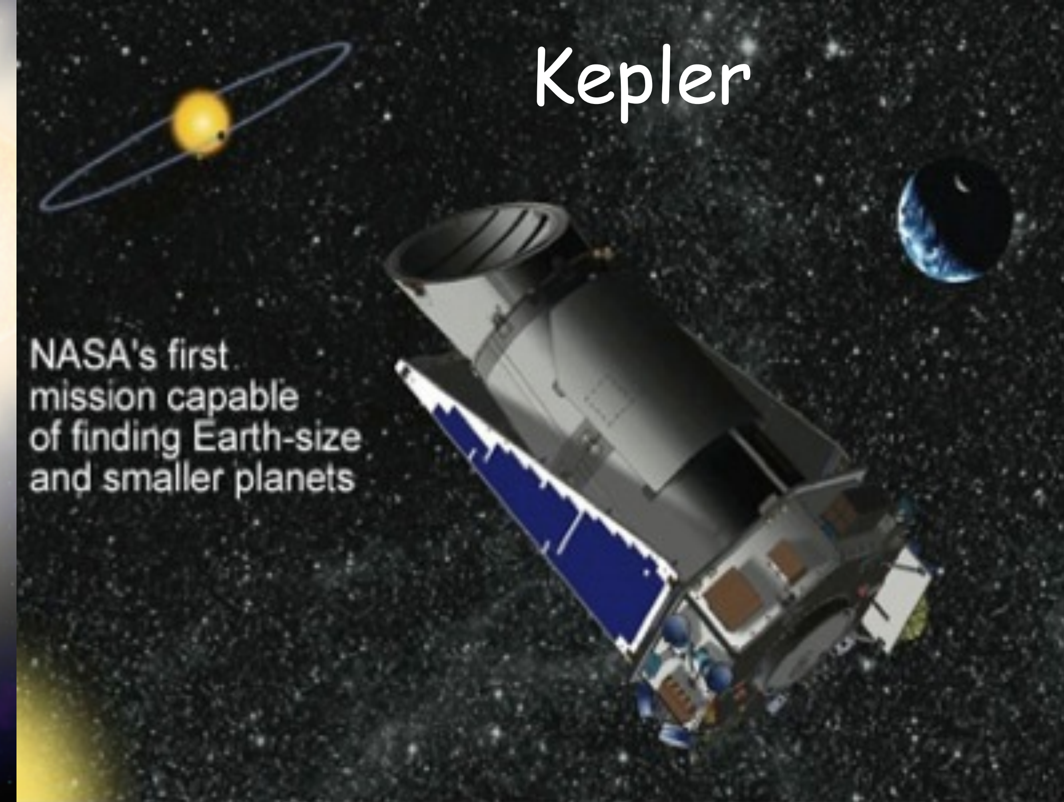


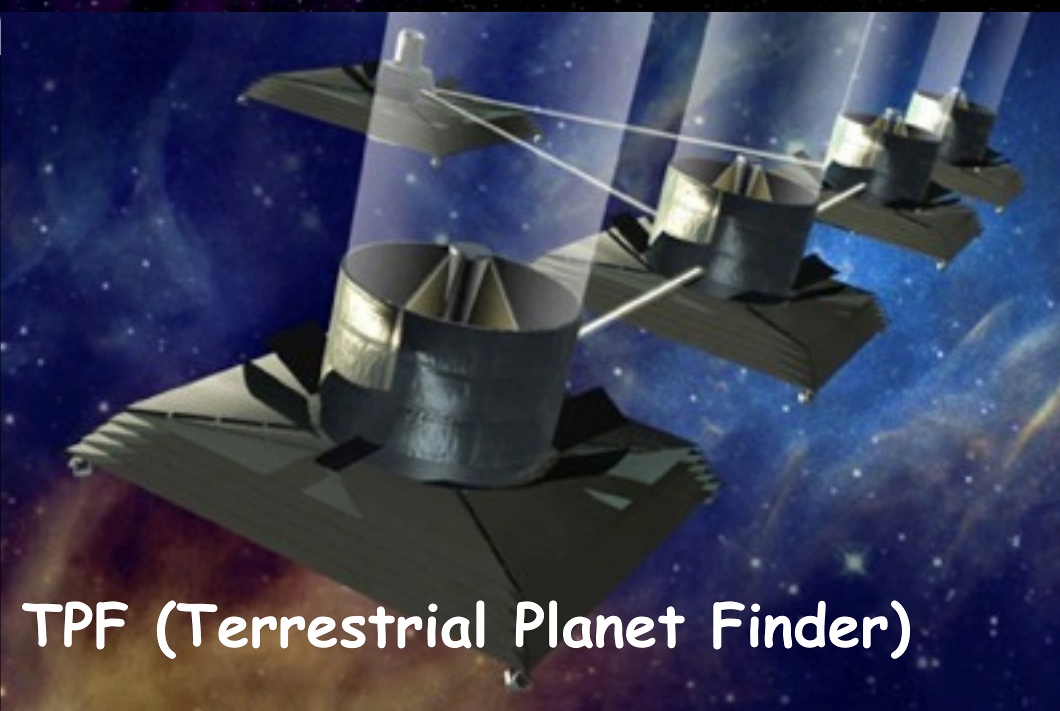


Métodos de deteção de exoplanetas



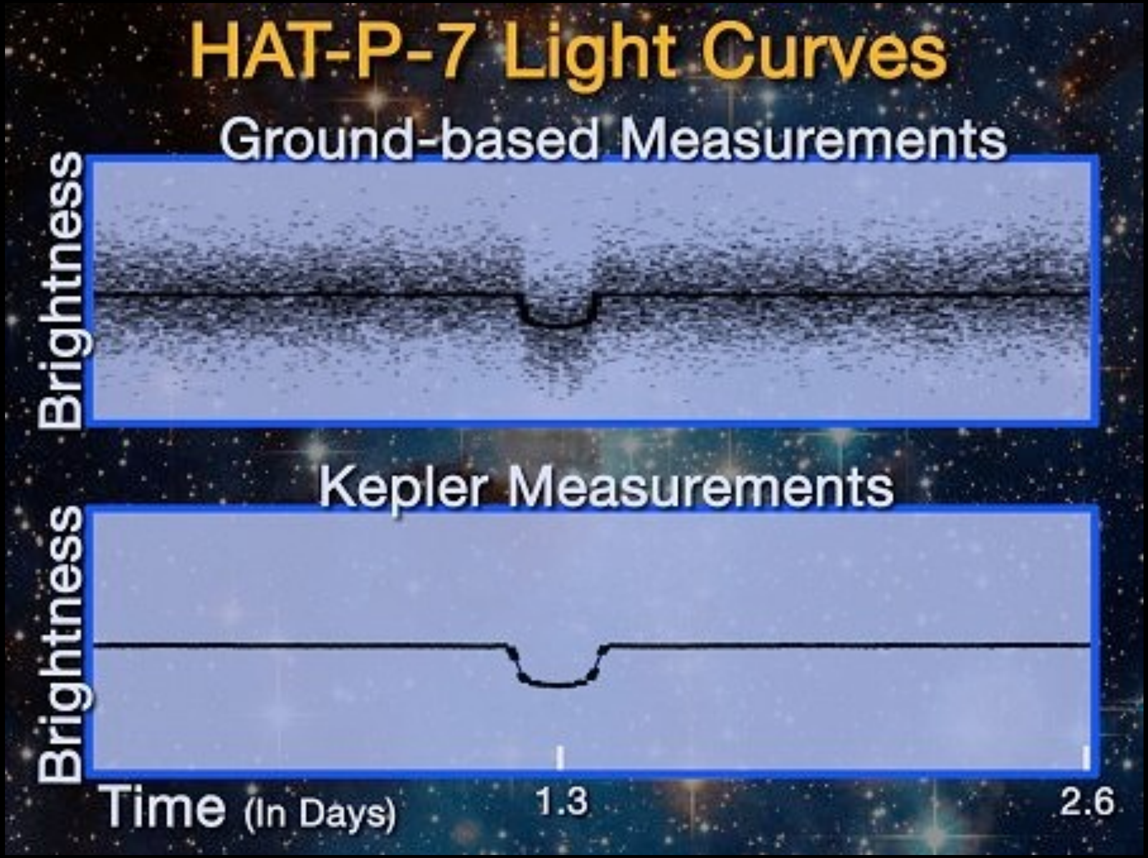

COROT
com 30% de participação brasileira
(INPE também)!


Kepler
NASA's first
mission capable
of finding Earth-size
and smaller planets


TPF (Terrestrial Planet Finder)


Darwin

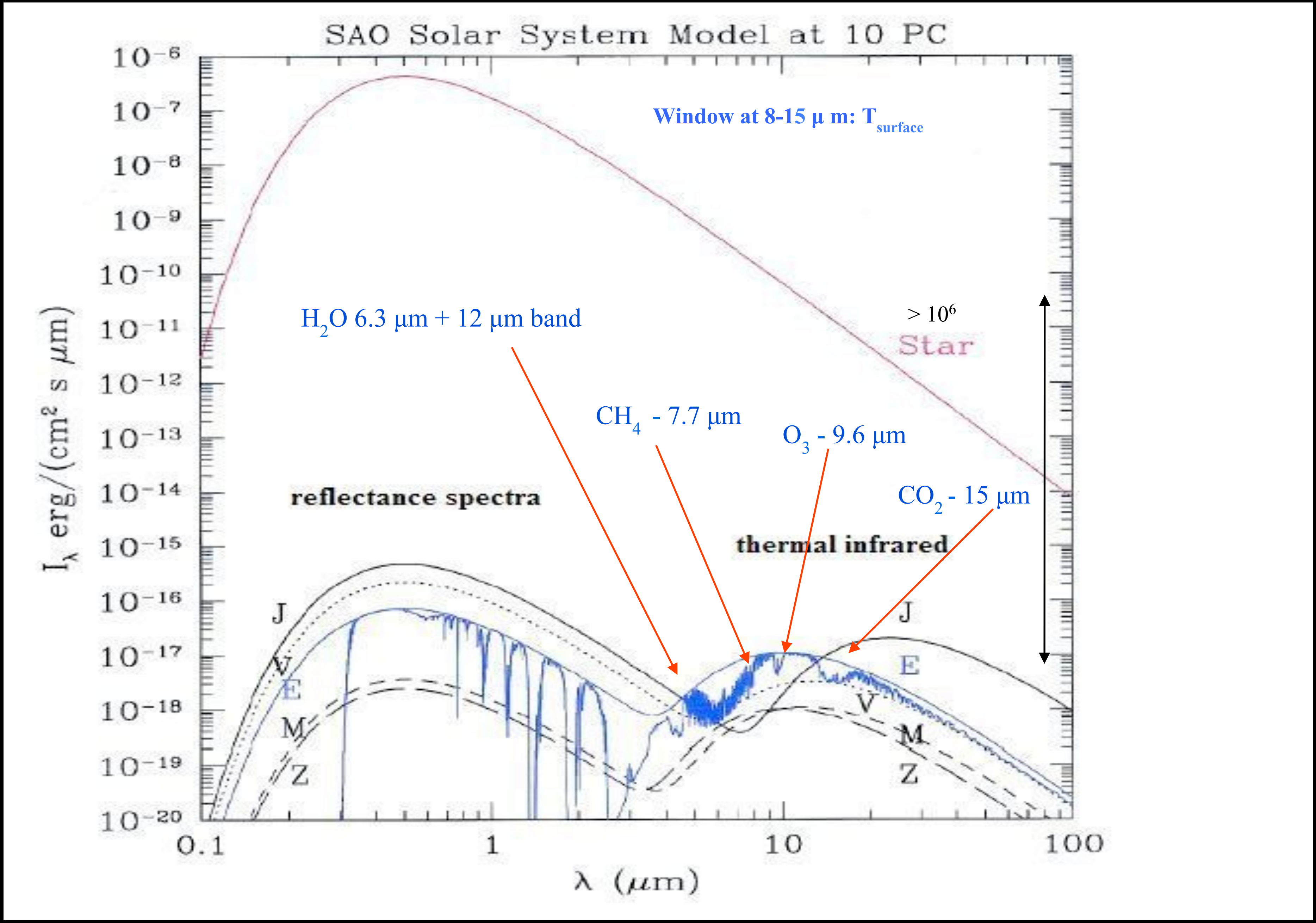
Primeira observação da atmosfera de um exoplaneta pelo satélite Kepler (06/08/2009)



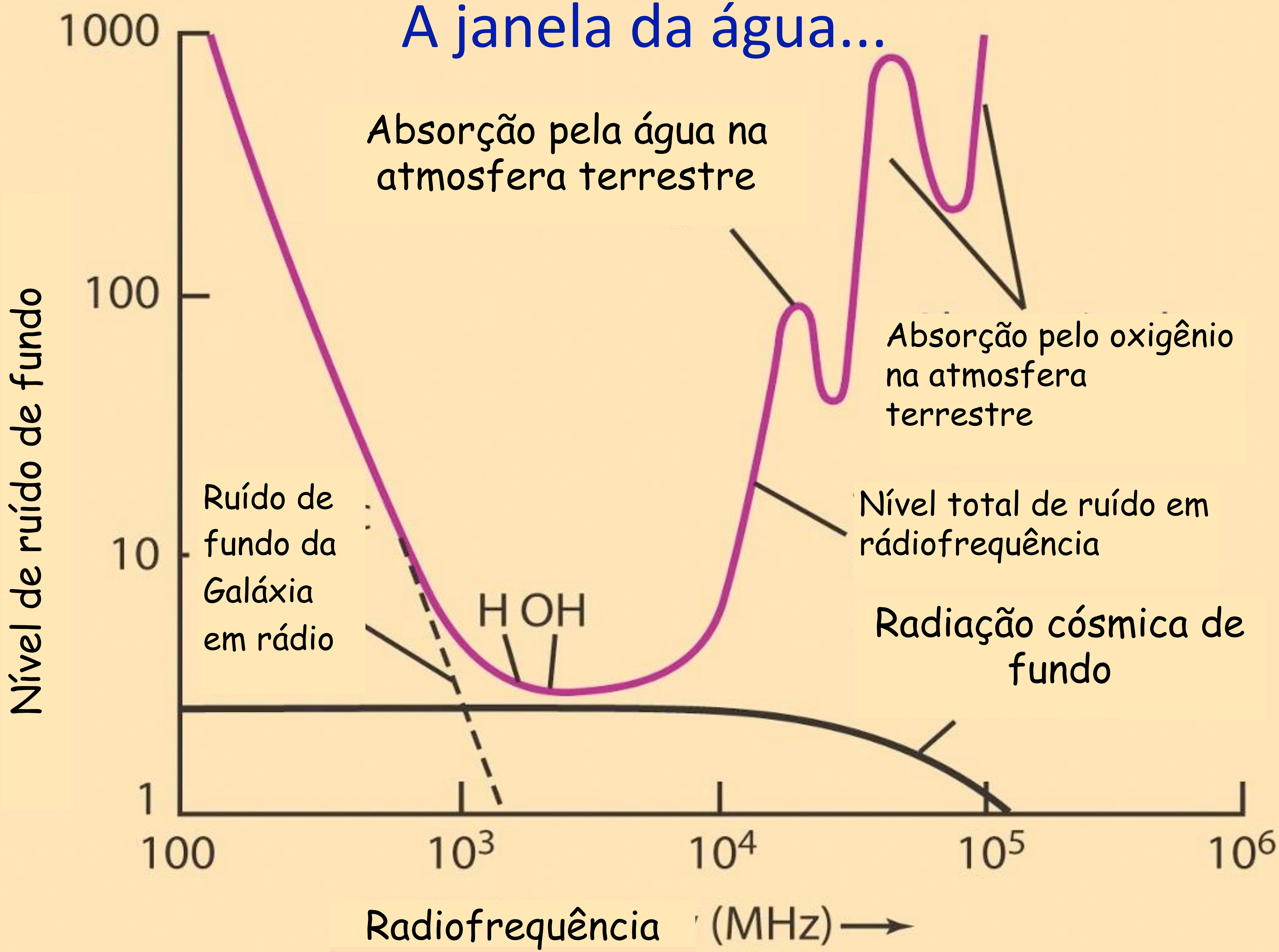
- ✓ localizado em torno de uma estrela cerca de 1000 anos-luz da Terra
- ✓ Translação: 2,2 dias, massa ~ $M_{Júpiter}$ (~ 318 M_{Terra}), raio da órbita: 5,7 milhões de km (26 vezes mais próxima da estrela do que a Terra do Sol)

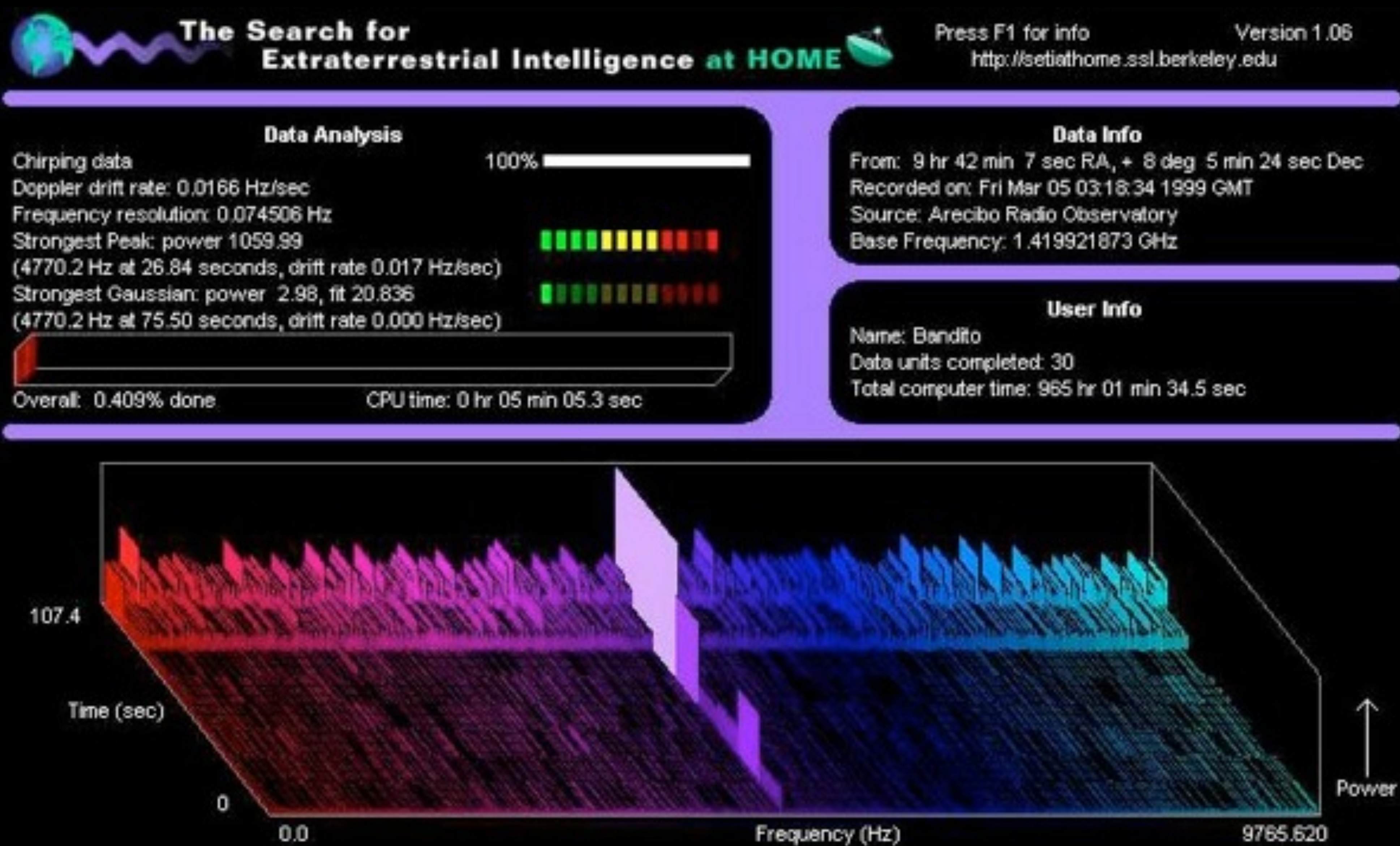
Possibilidade de detecção remota de vida

Explorar o contraste estrela/planeta **no IV térmico** (Des Marais et al. 2002, Segura et al. 2003)

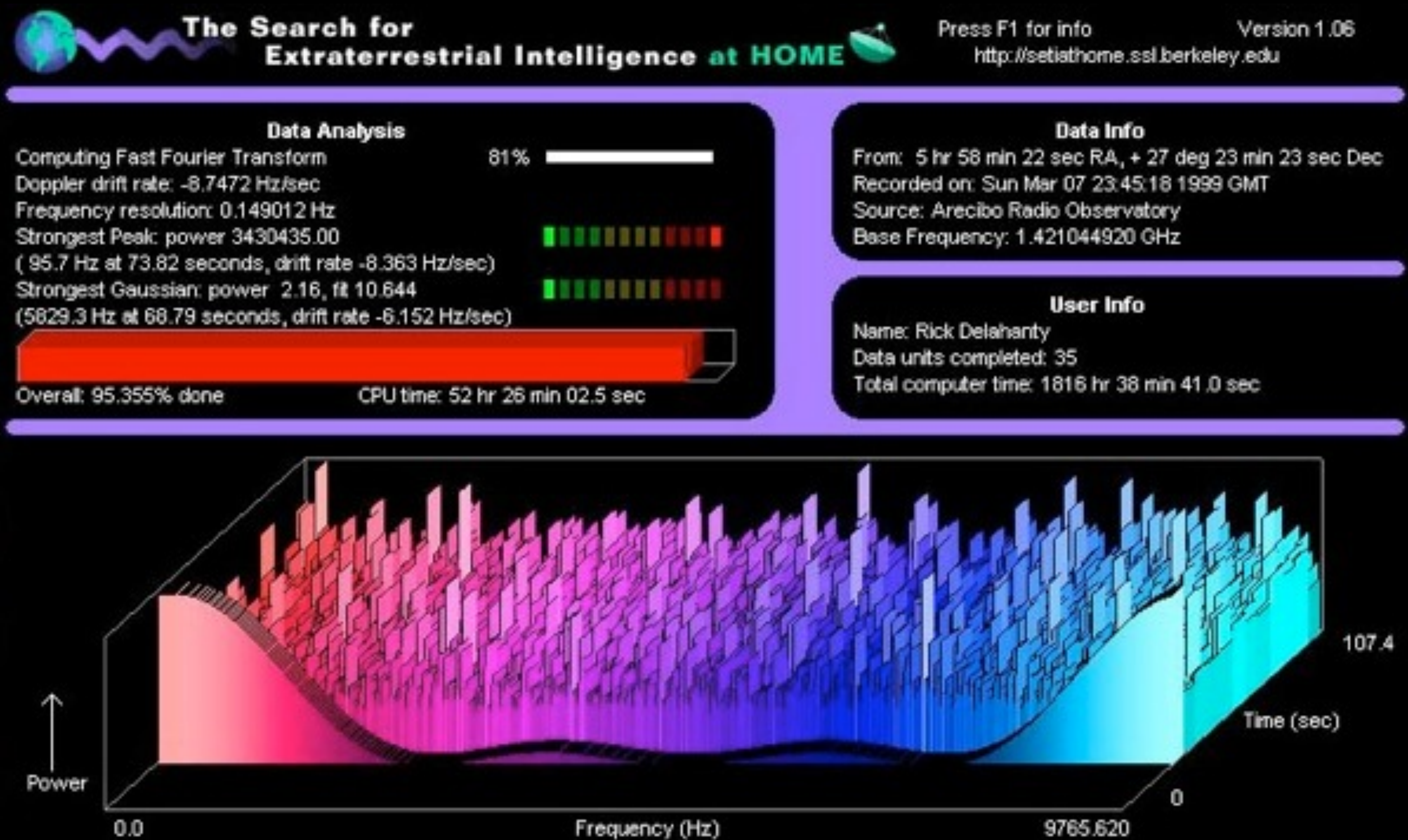


A janela da água...





The Search for Extraterrestrial Intelligence at HOME
Press F1 for info
Version 1.06
http://setiathome.ssl.berkeley.edu
Data Analysis
Chirping data
100%
Doppler drift rate: 0.0166 Hz/sec
Frequency resolution: 0.074506 Hz
Strongest Peak: power 1059.99
(4770.2 Hz at 26.84 seconds, drift rate 0.017 Hz/sec)
Strongest Gaussian: power 2.98, fit 20.836
(4770.2 Hz at 75.50 seconds, drift rate 0.000 Hz/sec)
Overall: 0.409% done
CPU time: 0 hr 05 min 05.3 sec
Data Info
From: 9 hr 42 min 7 sec RA, + 8 deg 5 min 24 sec Dec
Recorded on: Fri Mar 05 03:18:34 1999 GMT
Source: Arecibo Radio Observatory
Base Frequency: 1.419921873 GHz
User Info
Name: Bandito
Data units completed: 30
Total computer time: 965 hr 01 min 34.5 sec
107.4
Time (sec)
0
0.0
Frequency (Hz)
9765.620
Power



The Search for Extraterrestrial Intelligence at HOME
Press F1 for info
Version 1.06
http://setiathome.ssl.berkeley.edu
Data Analysis
Computing Fast Fourier Transform 81%
Doppler drift rate: -8.7472 Hz/sec
Frequency resolution: 0.149012 Hz
Strongest Peak: power 3430435.00
(95.7 Hz at 73.82 seconds, drift rate -8.363 Hz/sec)
Strongest Gaussian: power 2.16, fit 10.644
(5829.3 Hz at 68.79 seconds, drift rate -6.152 Hz/sec)
Overall: 95.355% done
CPU time: 52 hr 26 min 02.5 sec
Data Info
From: 5 hr 58 min 22 sec RA, + 27 deg 23 min 23 sec Dec
Recorded on: Sun Mar 07 23:45:18 1999 GMT
Source: Arecibo Radio Observatory
Base Frequency: 1.421044920 GHz
User Info
Name: Rick Delahanty
Data units completed: 35
Total computer time: 1816 hr 38 min 41.0 sec
107.4
Time (sec)
0
Power
0.0
Frequency (Hz)
9765.620

Equação de Drake

Frank Drake

100 anos?

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

10

~ 1/ano

~ 1

~0.1?

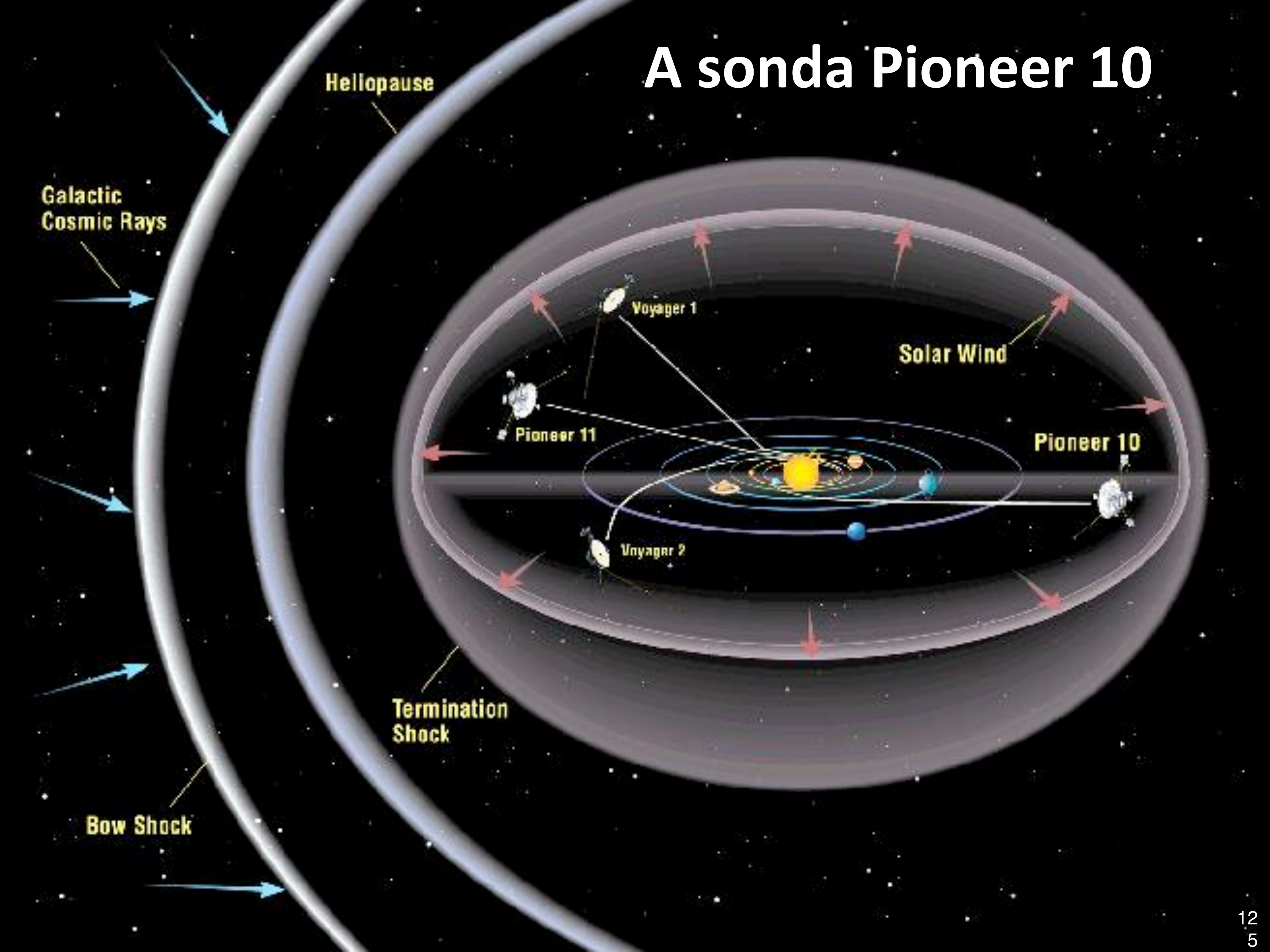
~1??

~1???

~1??!

N = 1000 ou 0,000000001…

A sonda Pioneer 10



Codificacão das informações na Pioneer 10