

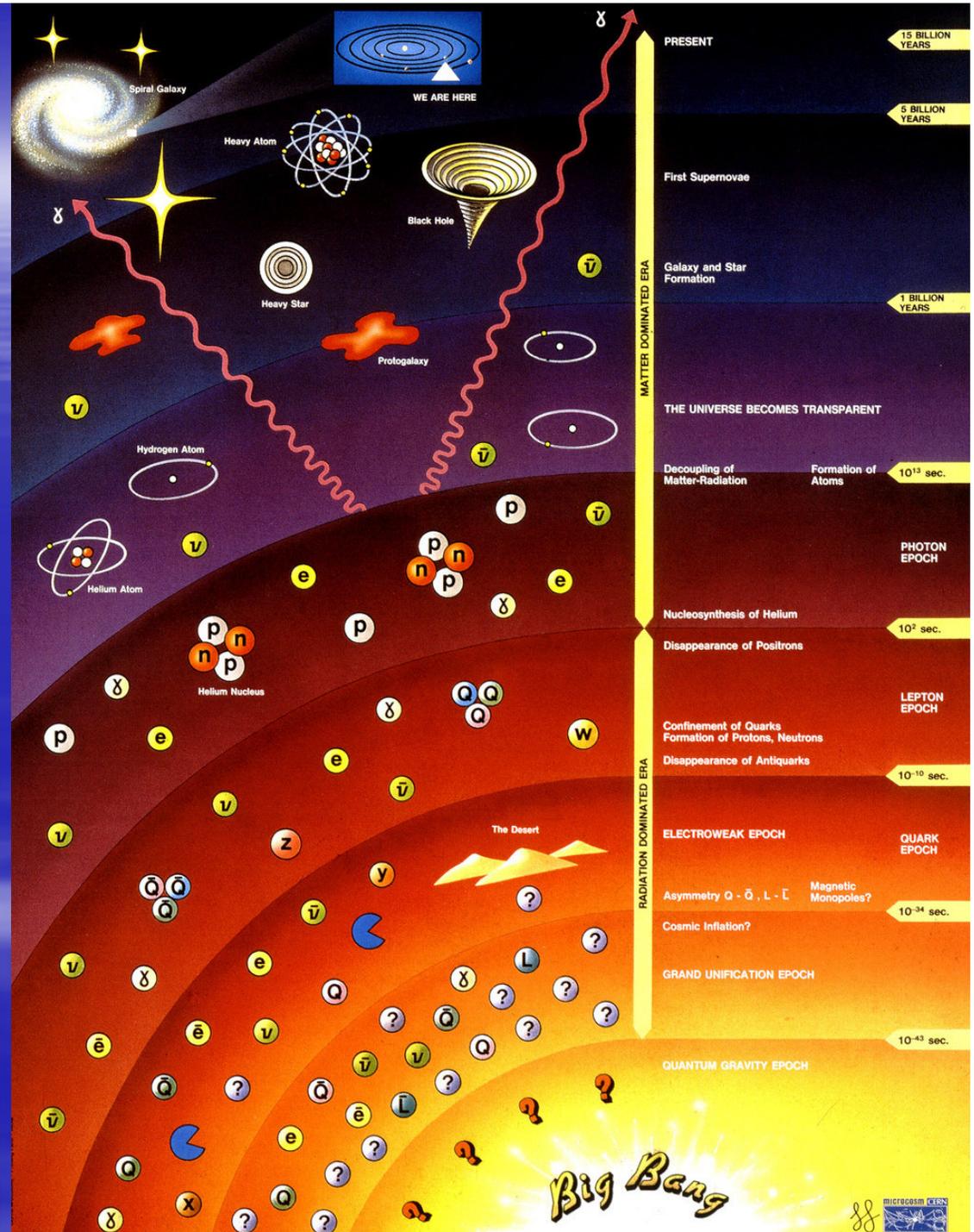
# De um ponto negro a um ponto azul: geosfera, atmosfera e vida

E. Ivo Alves

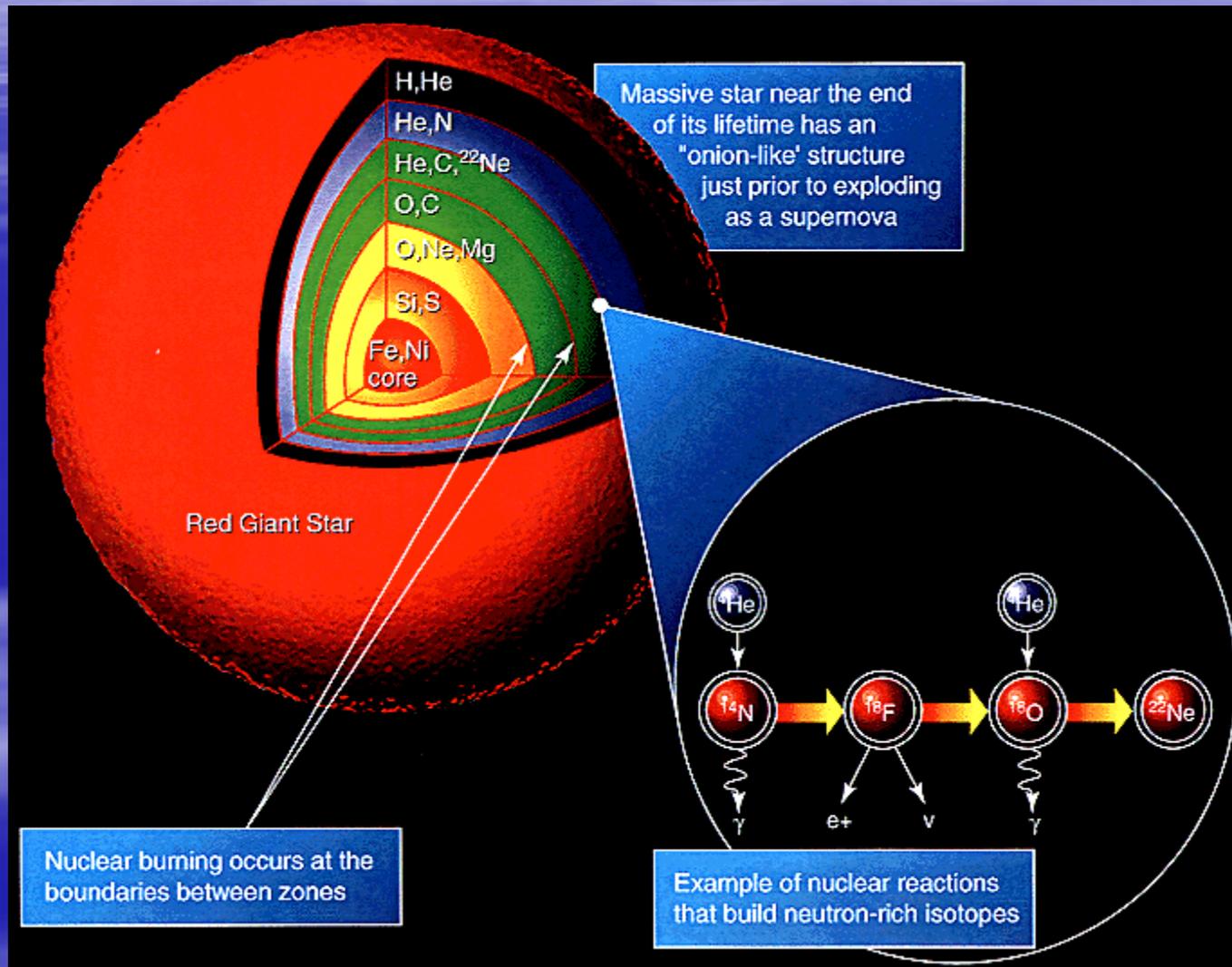
Instituto Geofísico, Centro de Geofísica e Departamento de Ciências da Terra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

# Uma História do Universo

Com o Big Bang começou o tempo e o espaço e tudo...



# Nucleossíntese

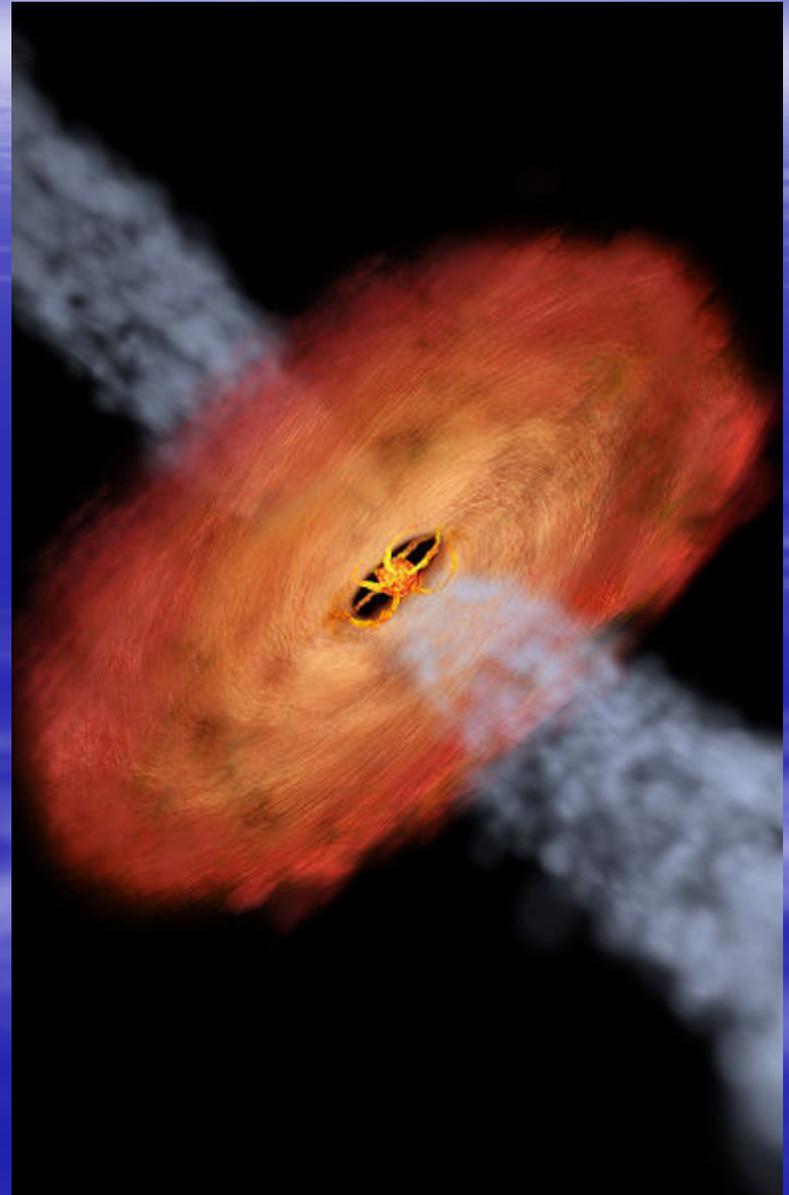
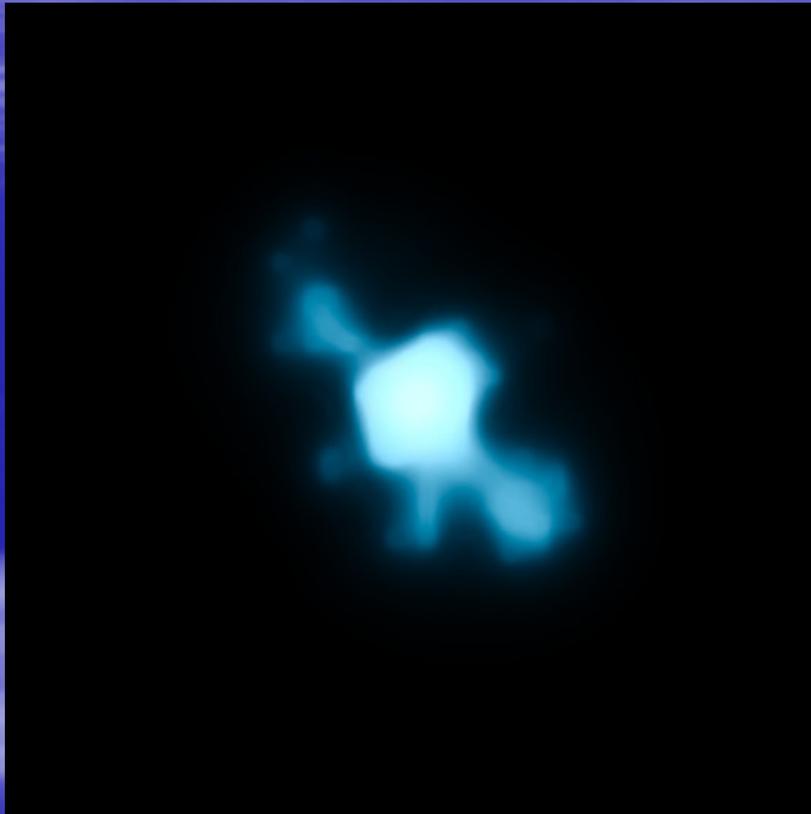


# Onde nascem as estrelas?



[http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0907/m16\\_cognato.jpg](http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0907/m16_cognato.jpg)

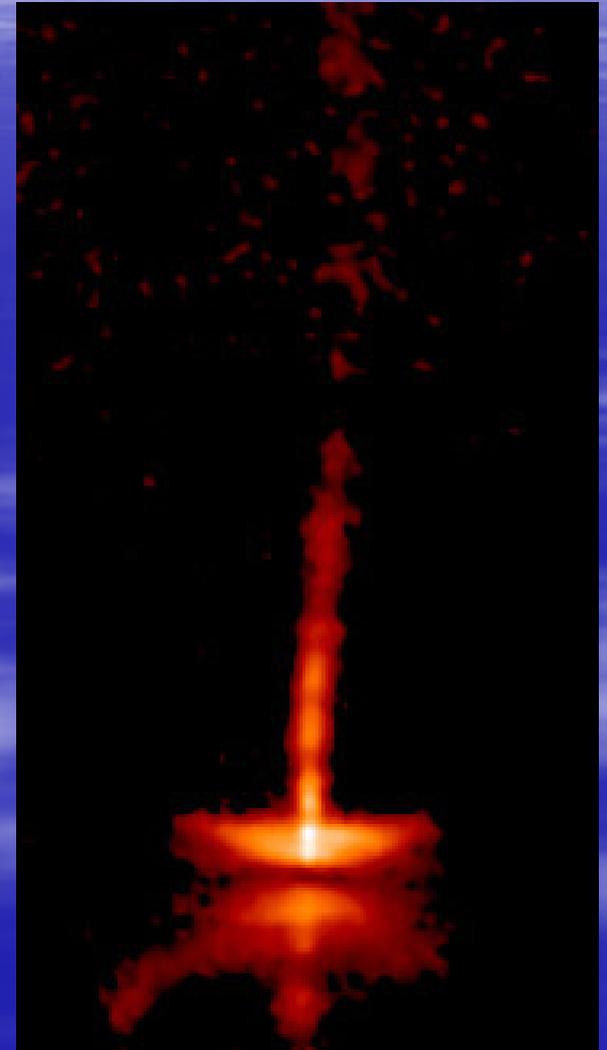
# Fase t-Tauri



# Jacto e disco proto-planetário

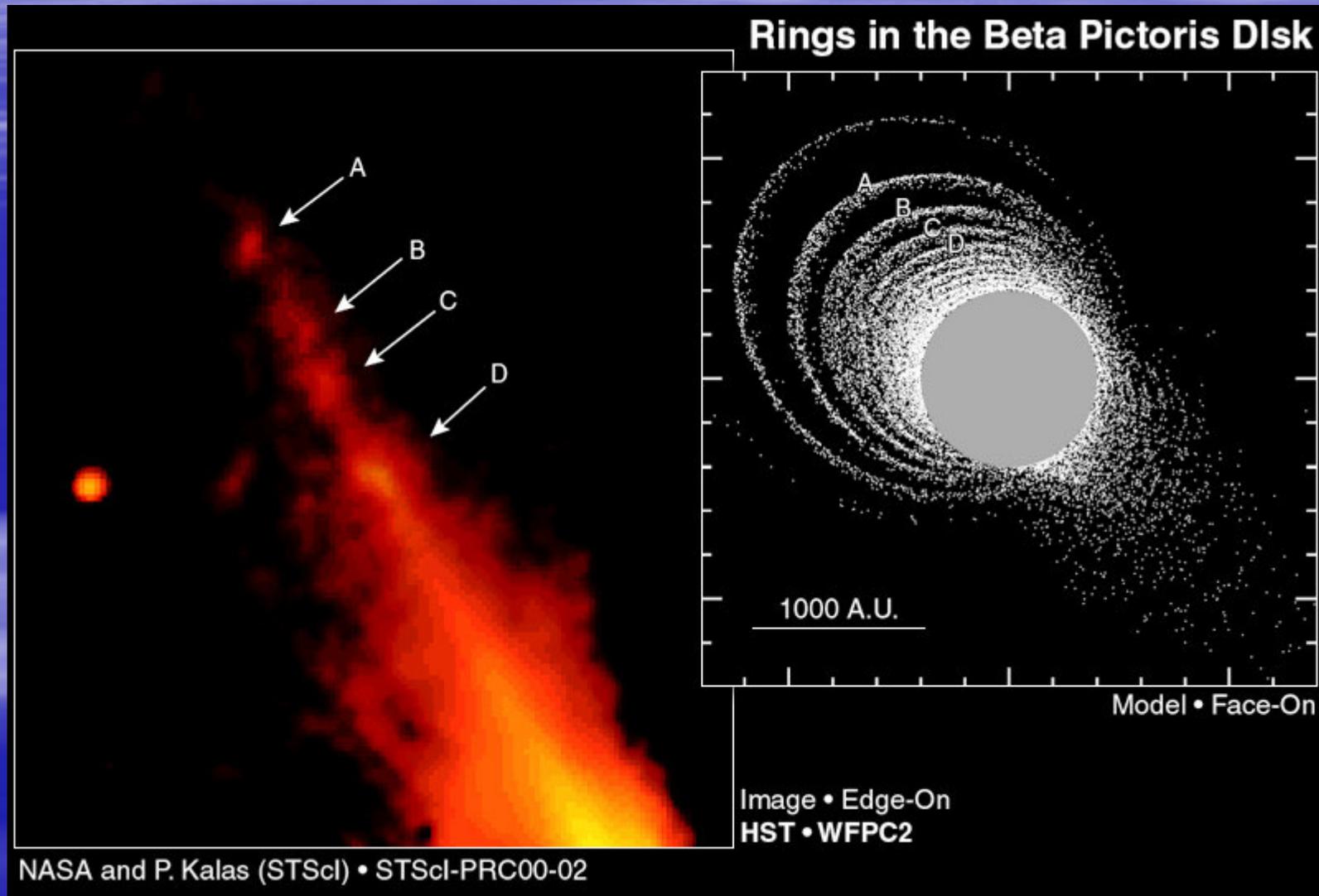


<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1995/45/image/c>



<http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2000/32/image/g/>

# Disco proto-planetário



# Acreção

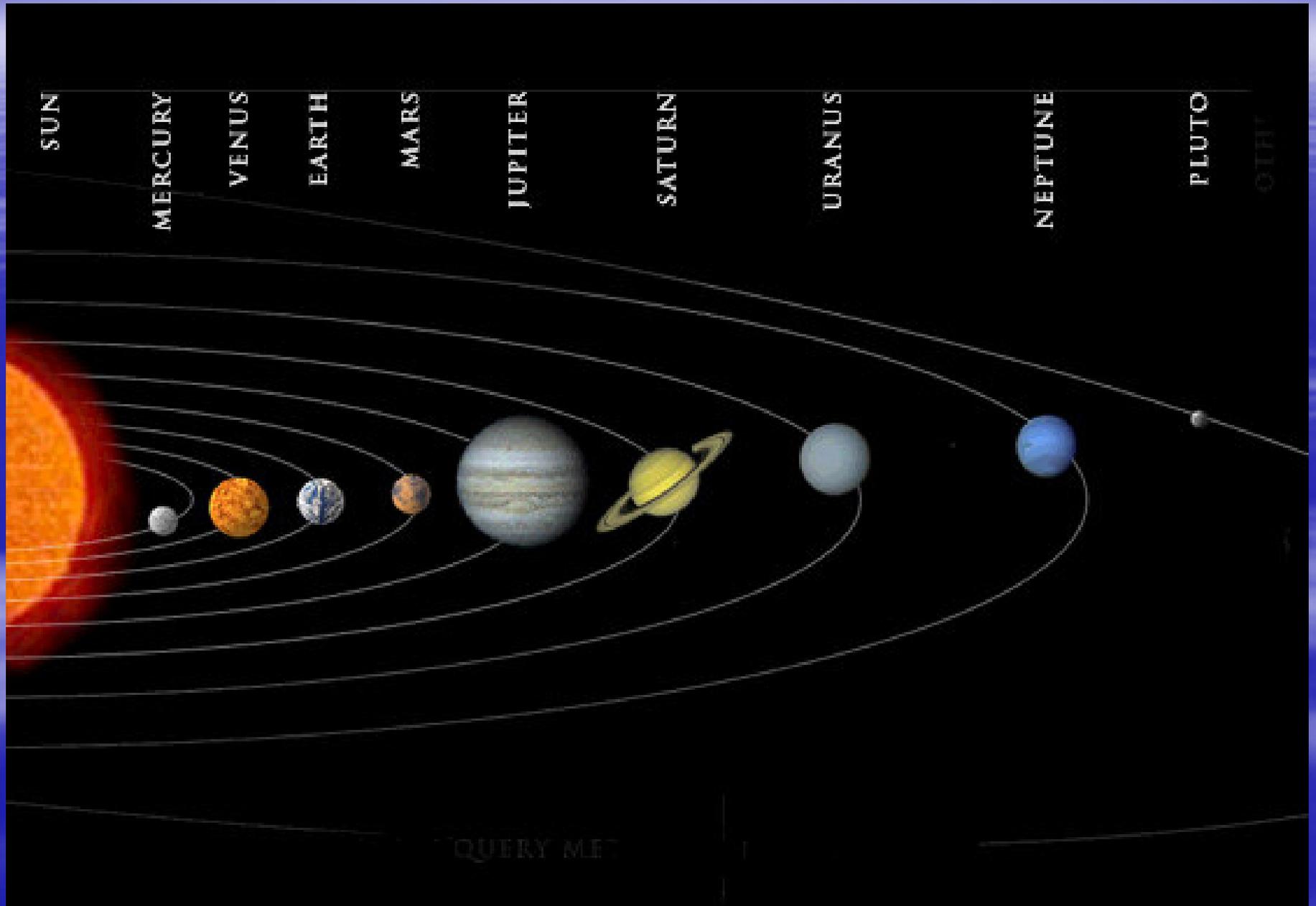


0803002.mov

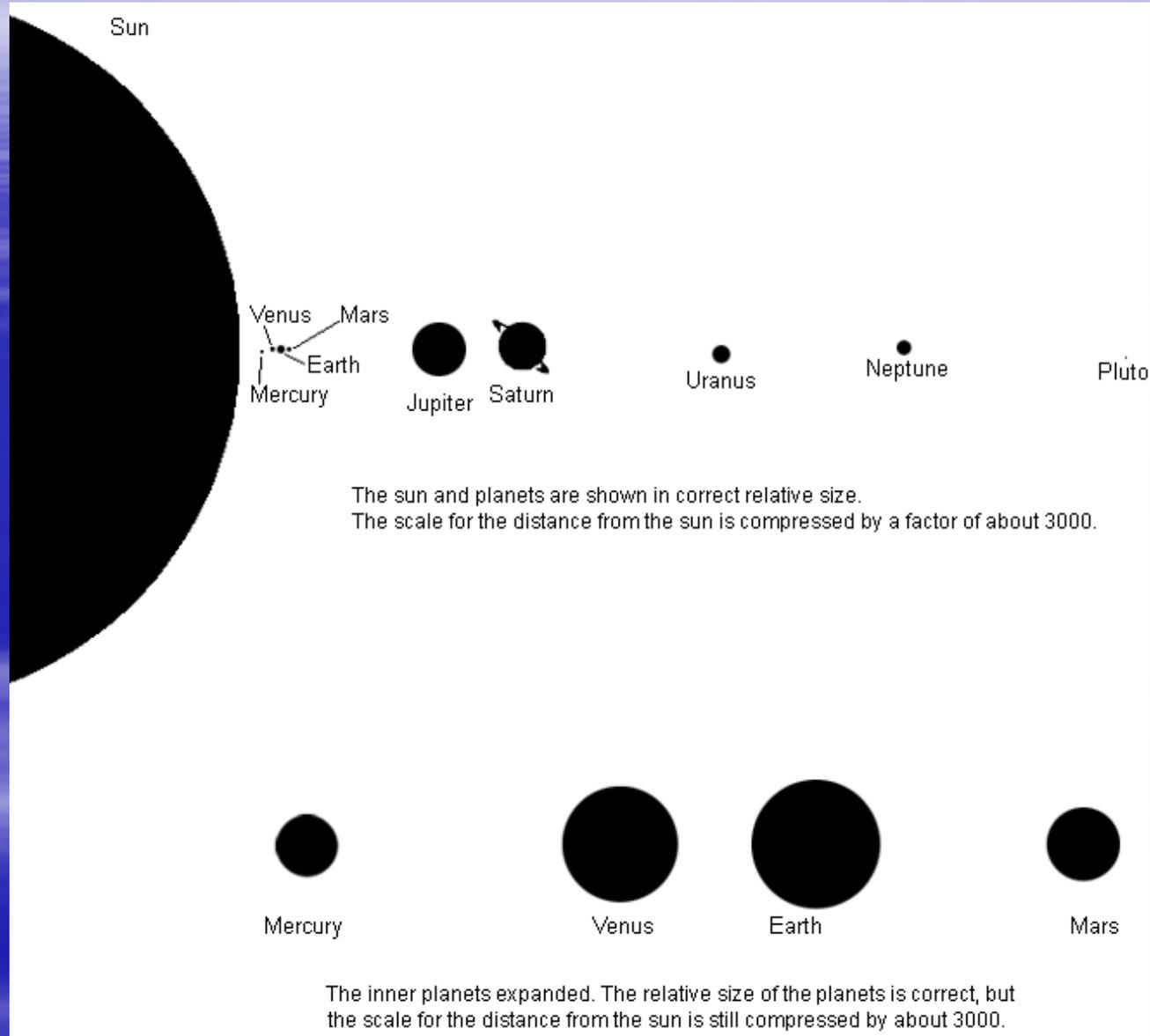


0803002.wmv

# O Sistema Solar



# O Sistema Solar

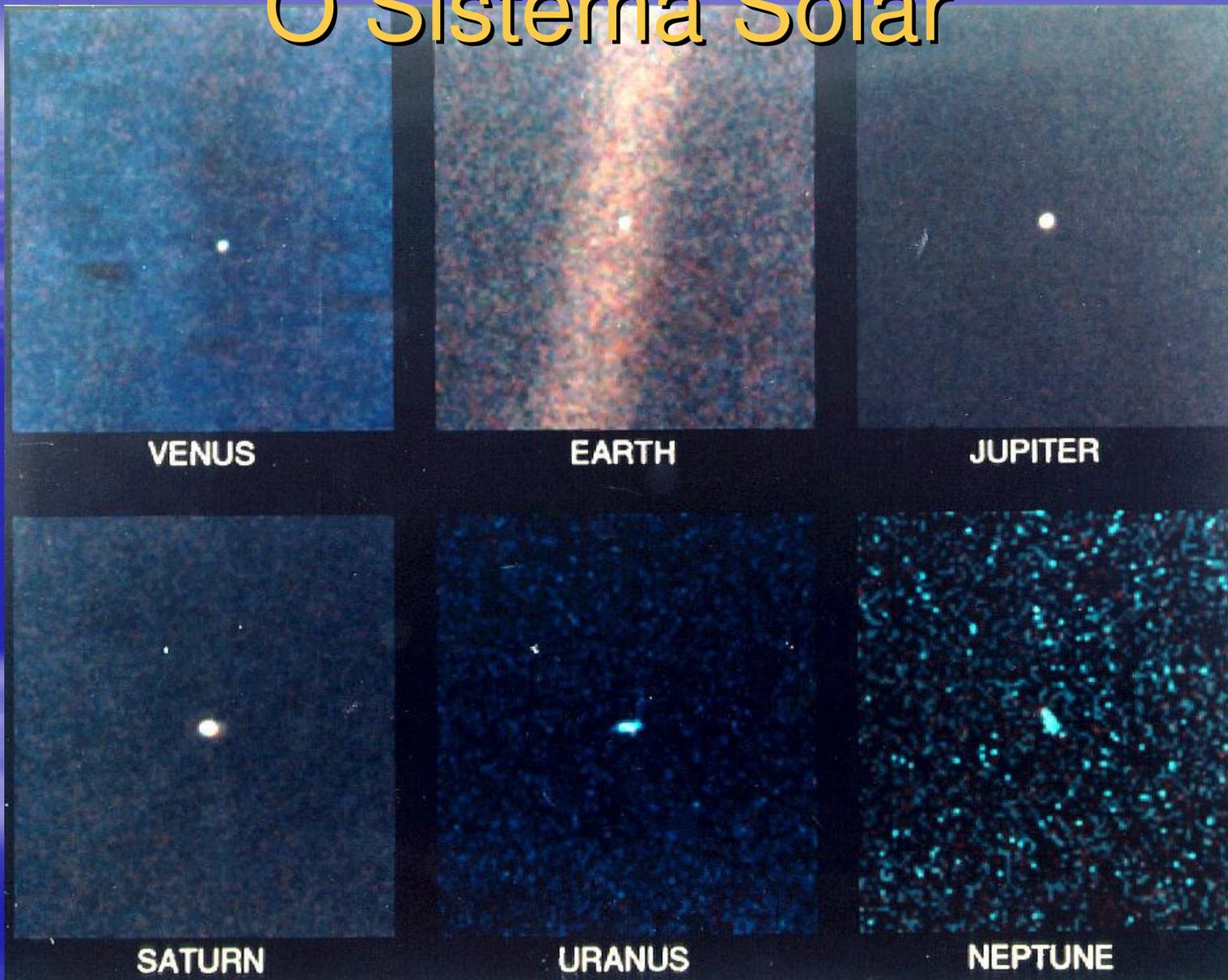


# O Sistema Solar



Imagens Voyager 1

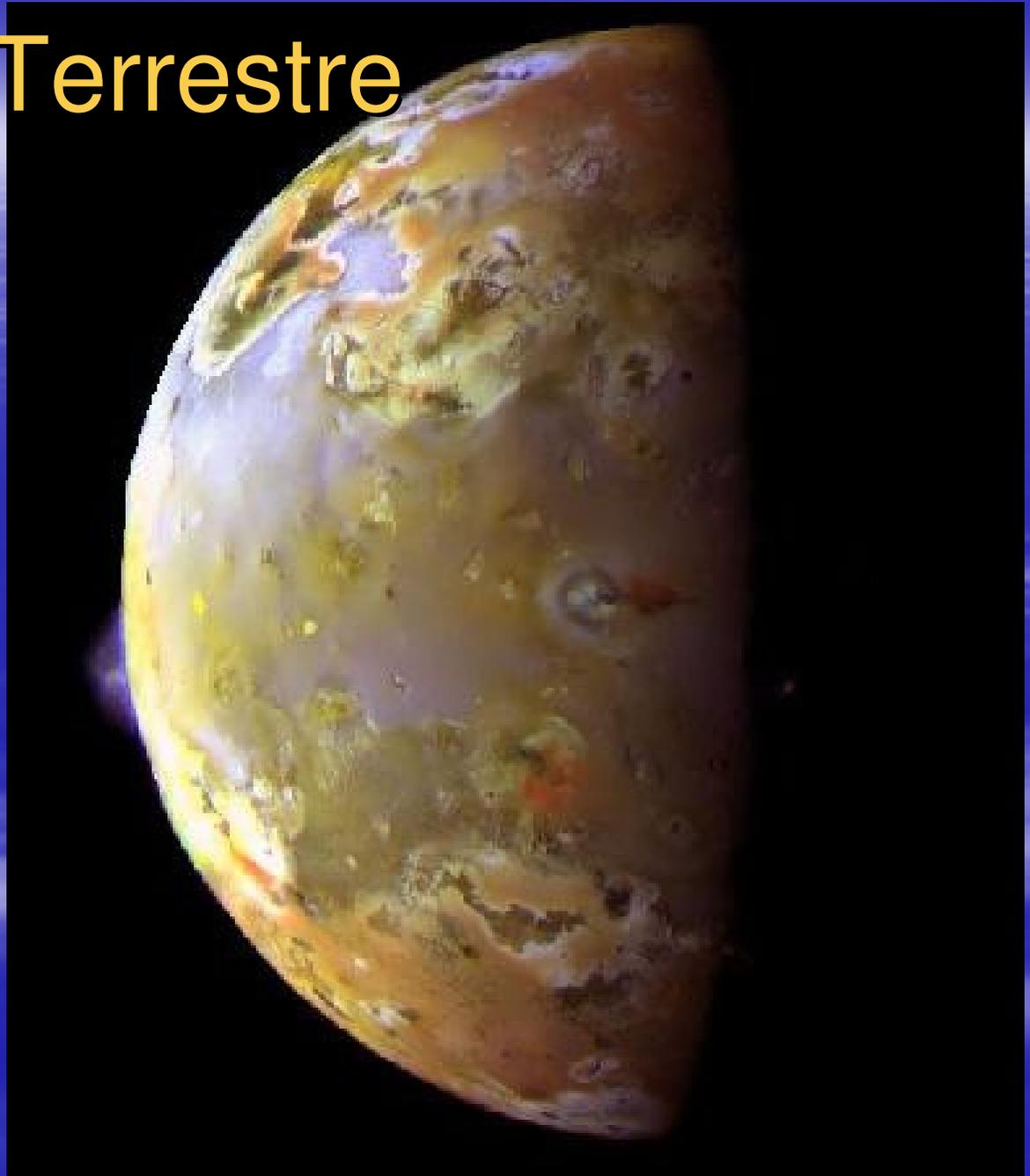
# O Sistema Solar



Imagens Voyager 1

# A Atmosfera Terrestre

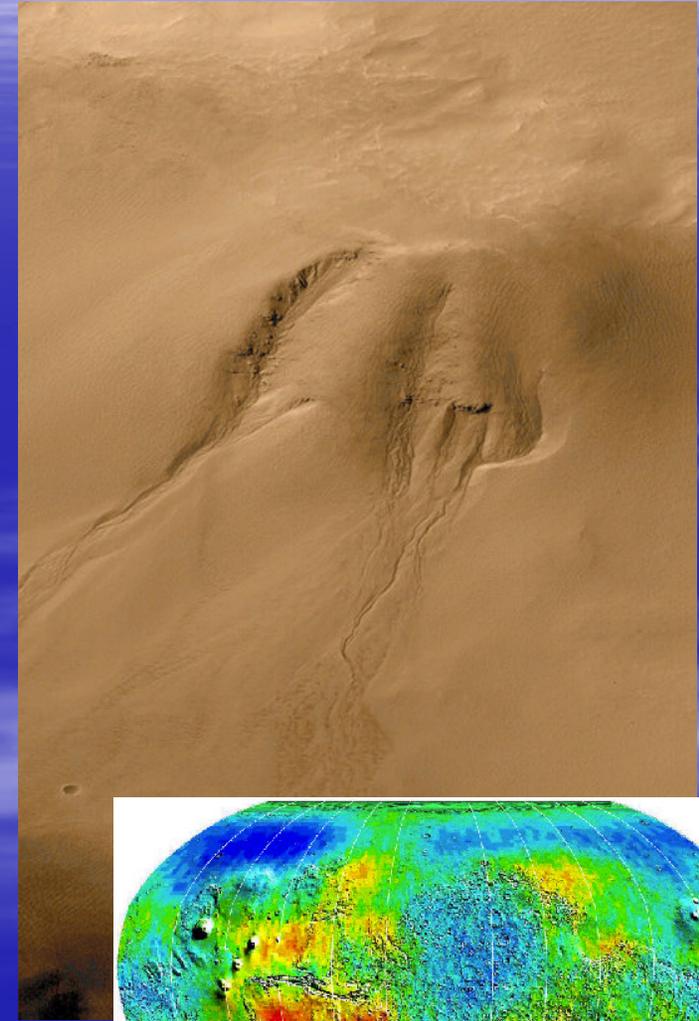
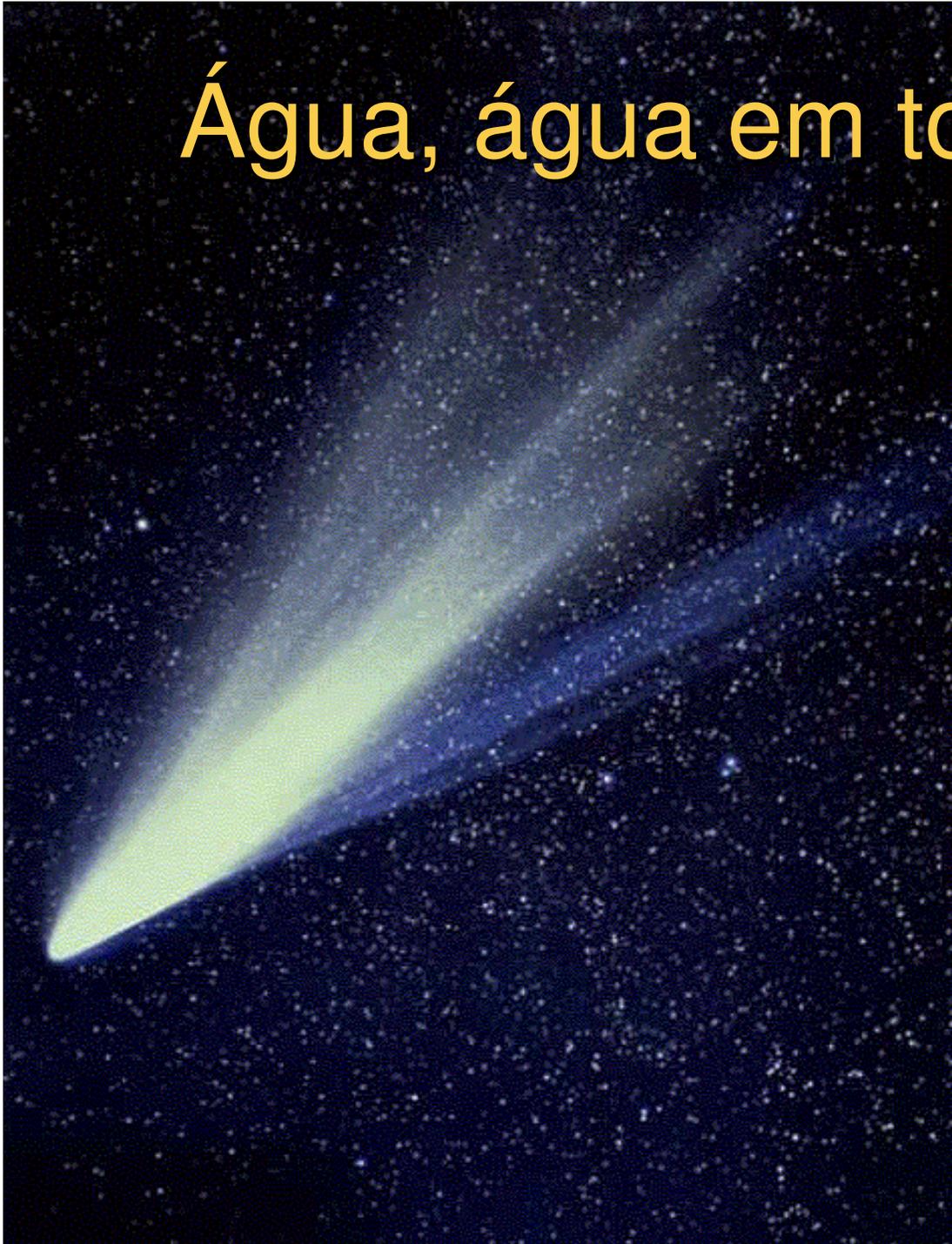
## Gases vulcânicos



# A Atmosfera Terrestre

- A água é a molécula composta mais comum nas atmosferas do sistema solar!
- As altas temperaturas prevalecentes há 4500 Ma não permitiriam a existência de água líquida.
- A atmosfera primitiva só conteria vestígios de oxigénio livre.

Água, água em todo o lado...



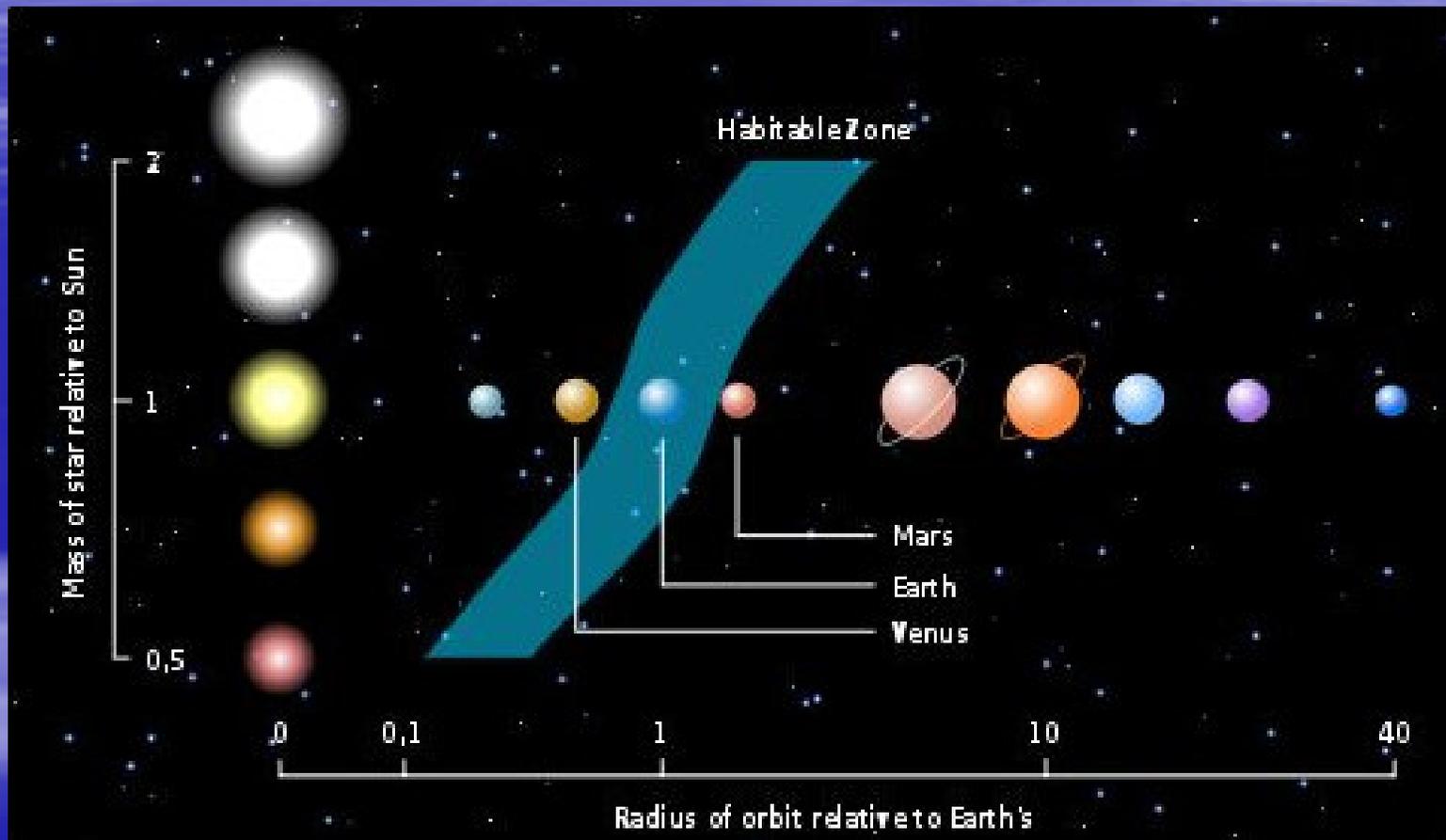
# E vida?

- As condições ambientais para a existência de vida são, apenas, a disponibilidade de
  - Energia
  - Água no estado líquido



Gliese 581 d

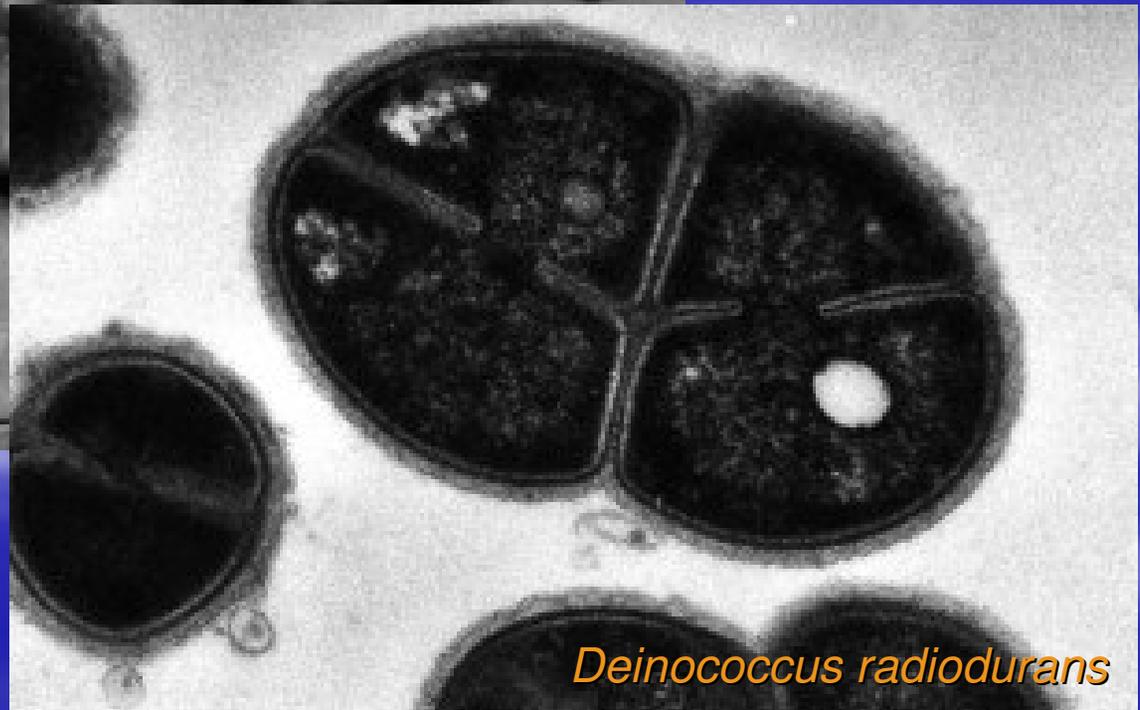
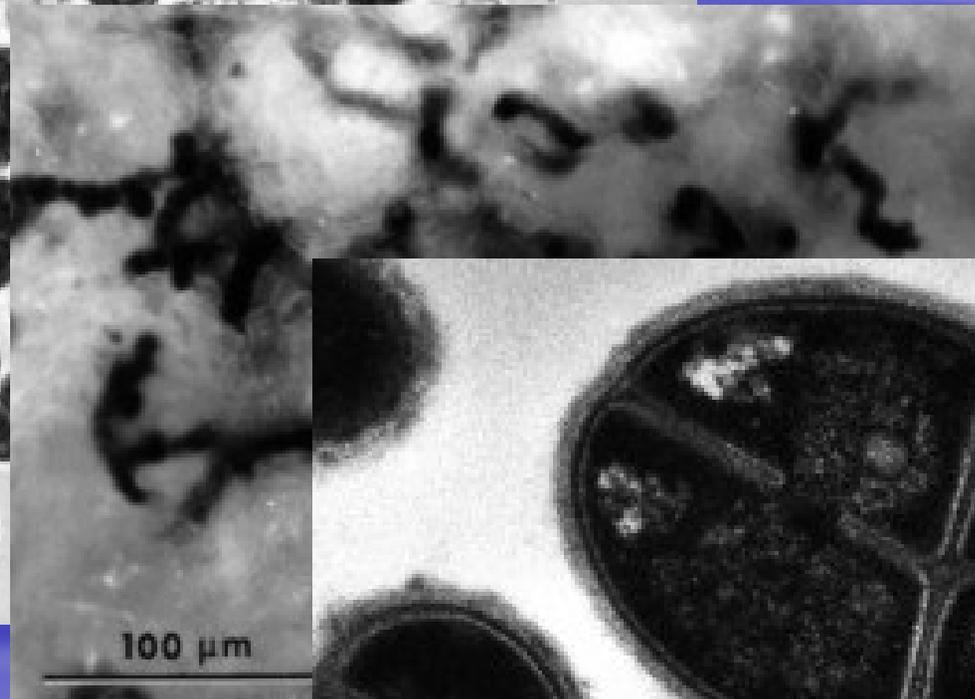
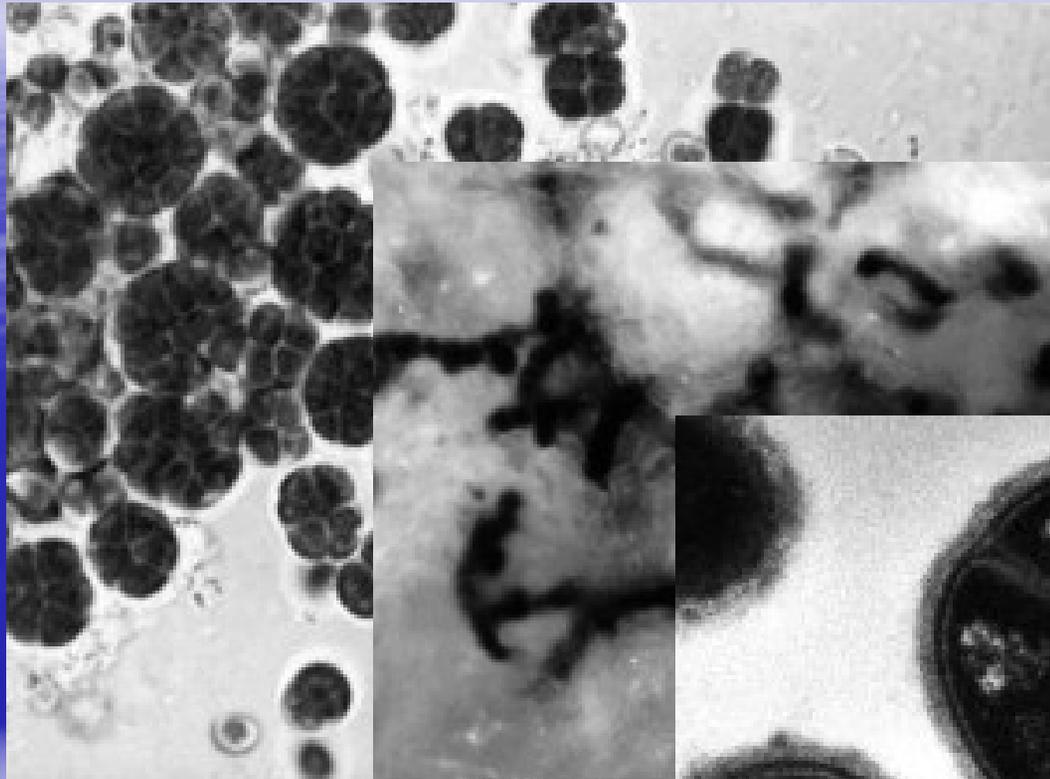
# Condições para a existência de água no estado líquido



A “Zona Goldilocks”.

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Habitable\\_zone-en.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Habitable_zone-en.svg) [09.10.27]

# Vida?



*Deinococcus radiodurans*

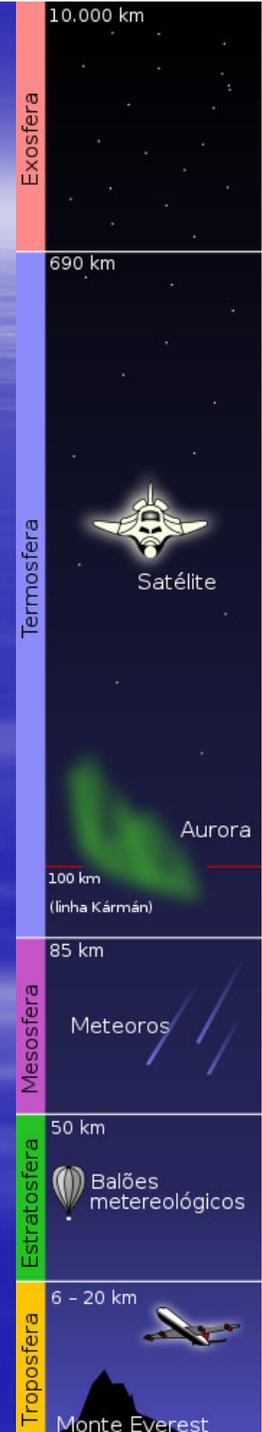
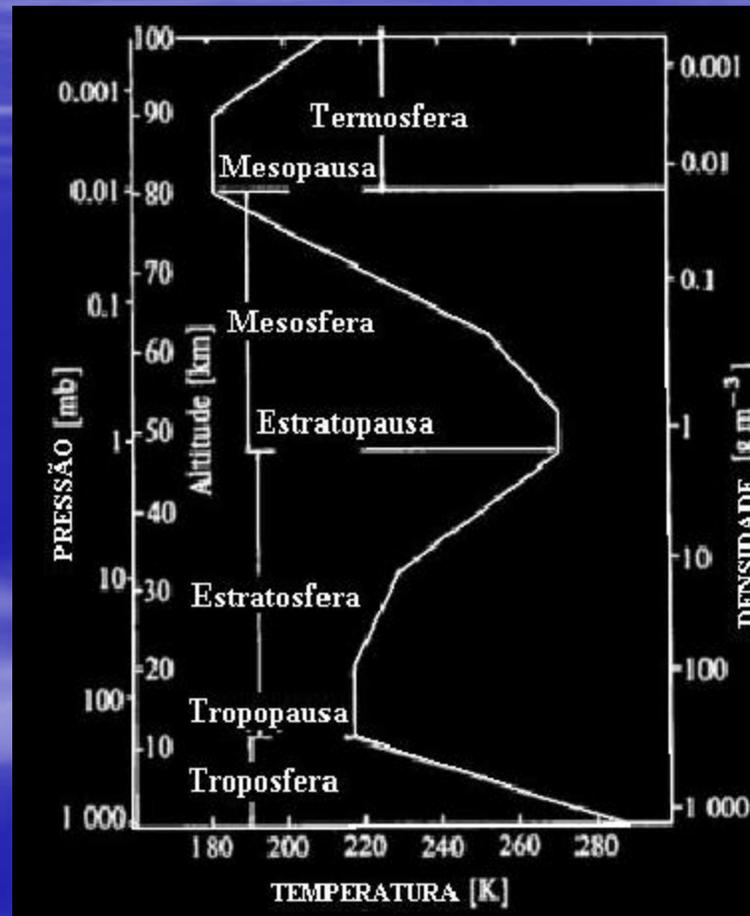
**Tema: Poderá haver vida fora da Terra?**

# Vida?



**Tema:** Poderá haver vida inteligente fora da Terra?

# A atmosfera terrestre



# Composição da troposfera

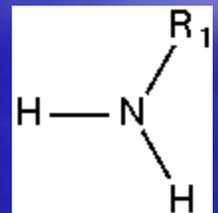
Nome	Fórmula	% em Volume
Azoto	N <sub>2</sub>	78.080000
Oxigénio	O <sub>2</sub>	20.950000
* Água	H <sub>2</sub> O	0.0 a 4.0
Árgon	Ar	0.930000
* Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0.038000
Néon	Ne	0.001800
Hélio	He	0.000500
* Metano	CH <sub>4</sub>	0.000170
Hidrogénio	H <sub>2</sub>	0.000050
* Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	0.000030
* Ozono	O <sub>3</sub>	0.000004

\*Teores muito variáveis

**Tema: O oxigénio atmosférico é causa ou consequência da vida?**

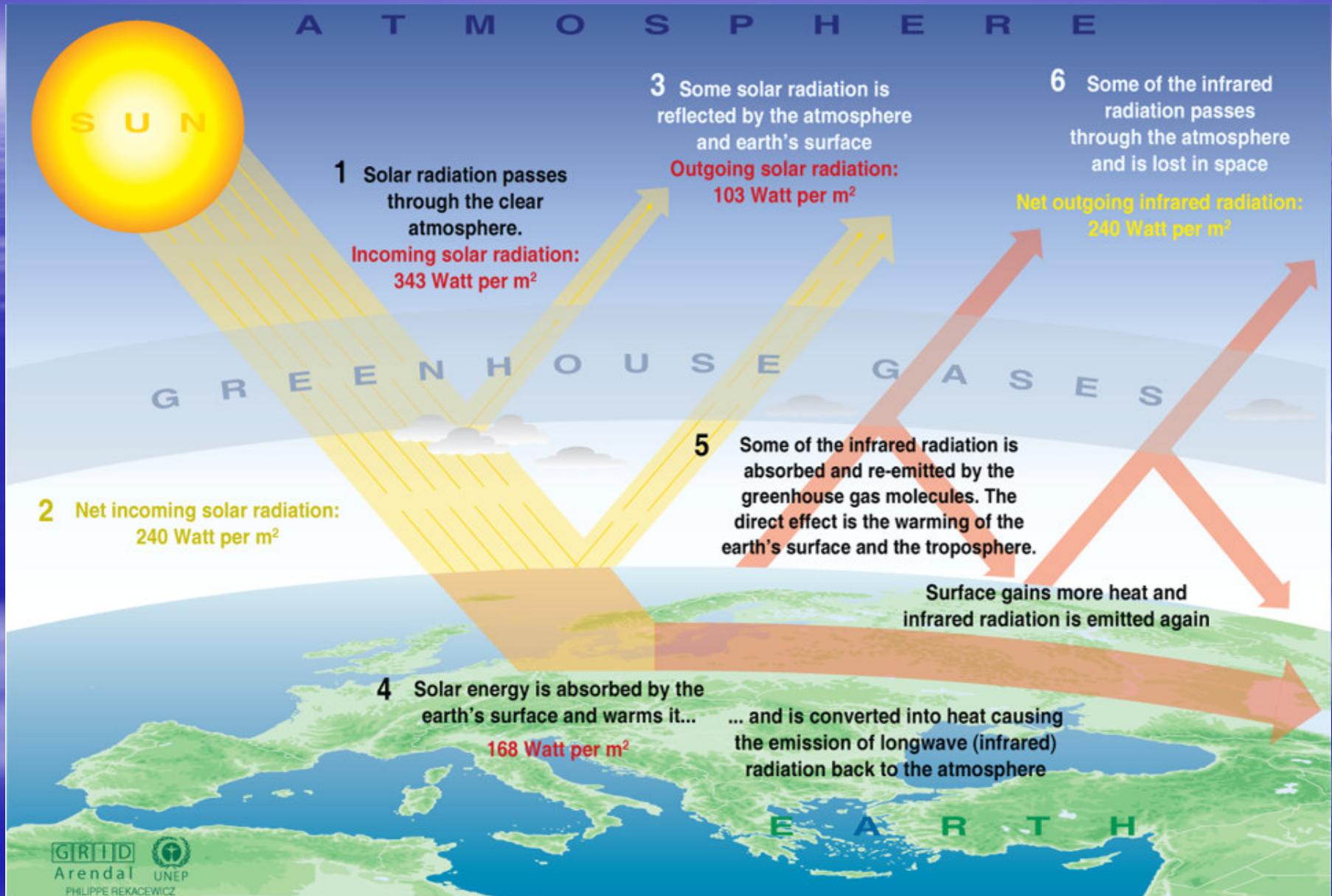
# Gases bons, maus e assim-assim...

- O ozono é bom... longe: na estratosfera protege-nos dos raios ultra-violetas. Na baixa atmosfera é extremamente tóxico.
- A água é a mãe de toda a vida mas o vapor de água é talvez o componente da atmosfera com mais importante efeito de estufa – ainda mal estudado.
- O dióxido de carbono é obviamente mau... excepto para as plantas e os organismos autotróficos em geral!
- O azoto parece-nos indiferente, apesar de ser o sétimo elemento mais abundante no Universo. Na molécula diatómica livre que constitui a maior parte da nossa atmosfera é muito pouco reactivo mas... Amino-ácidos?



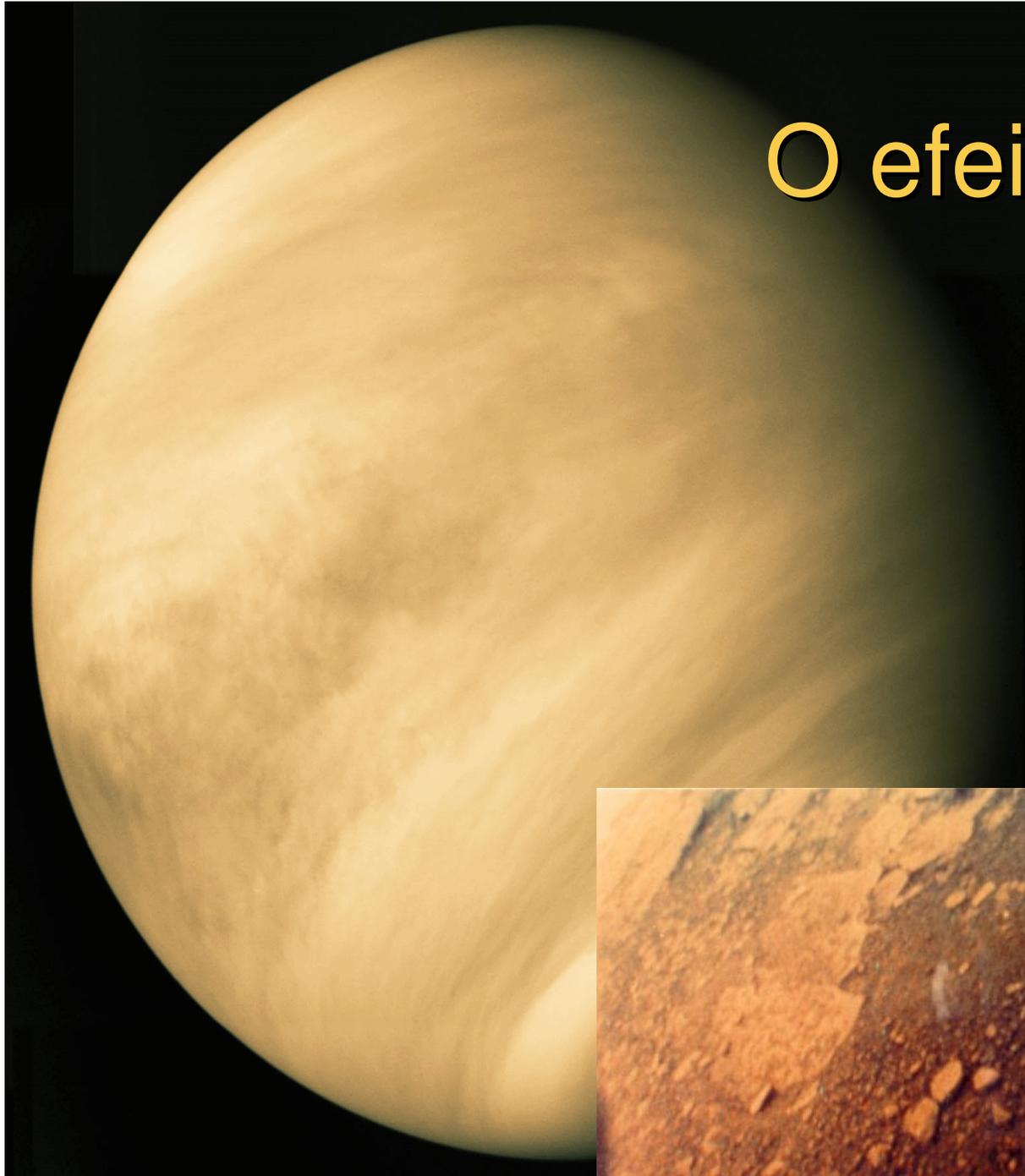
**Tema:** Quais são os elementos químicos indispensáveis à vida?

# O efeito de estufa



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

# O efeito de estufa



Mariner 10 Image of Venus



# Ética do efeito de estufa...

- O efeito de estufa transformou a superfície de Vénus num inferno de 470 °C
- Sem efeito de estufa, a temperatura média da superfície terrestre seria sempre menor que 0 °C
- Se um dia quisermos *terraformar* Marte, teremos que induzir efeito de estufa na sua atmosfera.

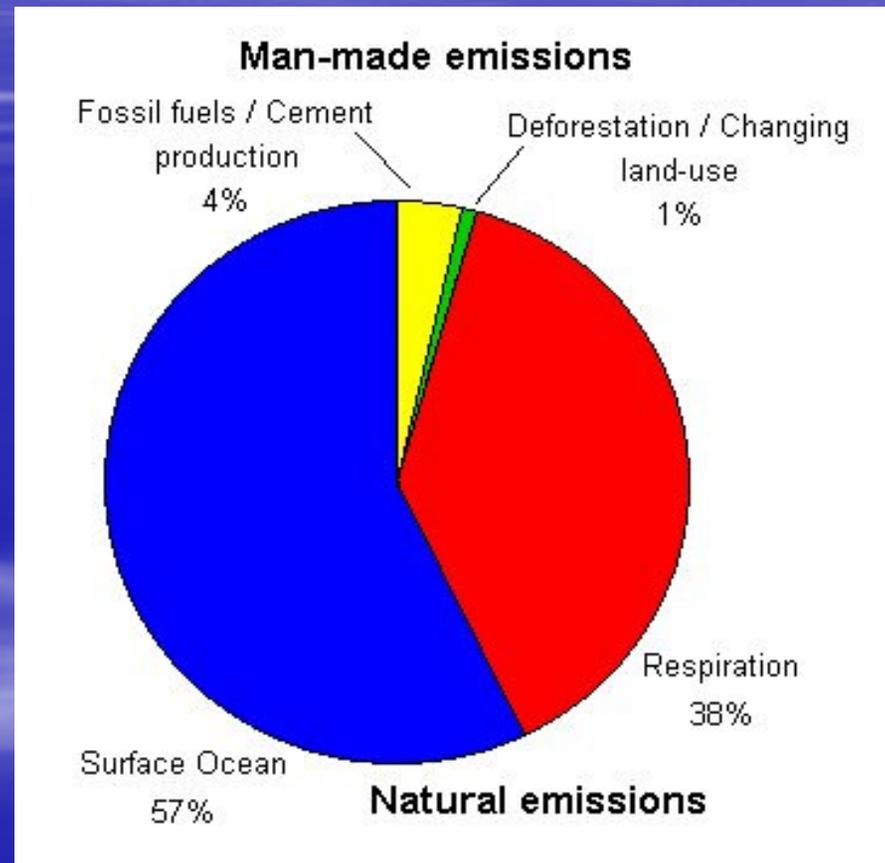


**Tema:** Aspectos técnicos e/ou éticos da terraformação.

# Gases com efeito de estufa

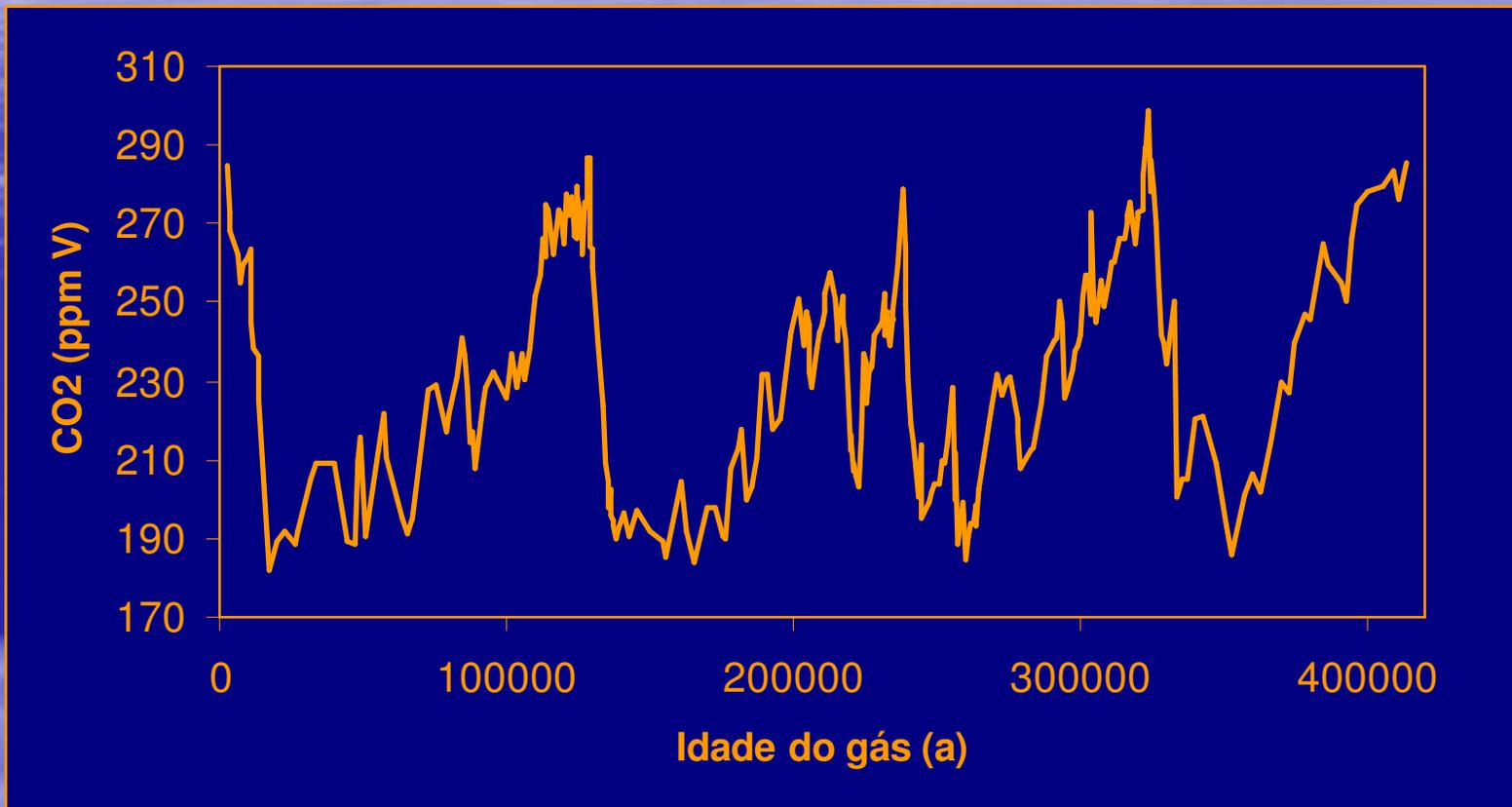
Gás	Contributo
H <sub>2</sub> O vapor	36 a 66%
incluindo as nuvens	66 a 85%
CO <sub>2</sub>	9 a 26%
CH <sub>4</sub>	4 a 9%
N <sub>2</sub> O	até 8%
O <sub>3</sub>	até 7%
CFC	até 7%

# Qual é a origem do CO<sub>2</sub> atmosférico?



*Tema: Por que é que é tão difícil encontrar estes dados?*

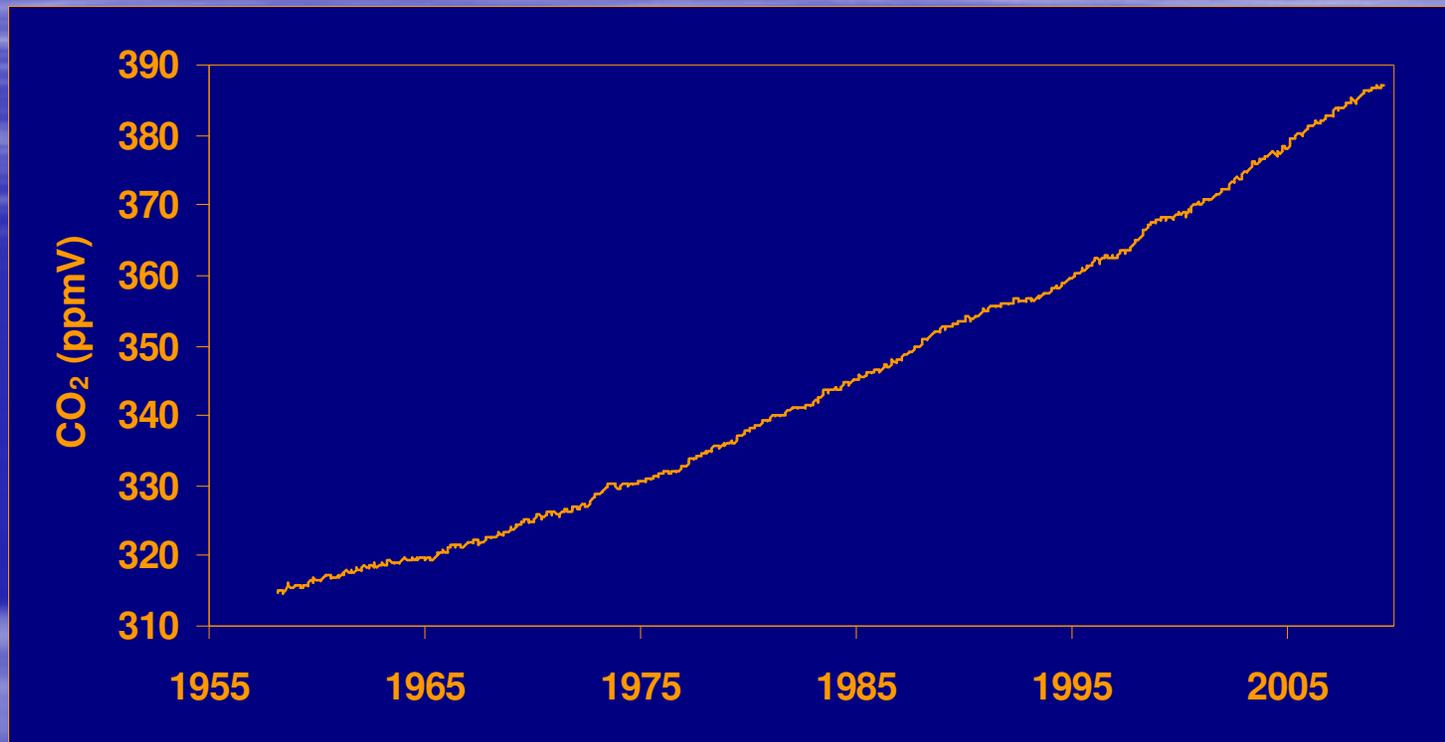
# Como têm evoluído os teores de $\text{CO}_2$ atmosférico?



Concentrações e idades de dióxido de carbono medidas no testemunho de uma sondagem nos gelos sobre o lago Vostok.

**Tema:** Em que medida é que estes dados reflectem as concentrações atmosféricas?

# Como têm evoluído os teores de CO<sub>2</sub> atmosférico?



Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono medidas no Observatório de Mauna Loa.

# Como têm evoluído os teores de CO<sub>2</sub> atmosférico?

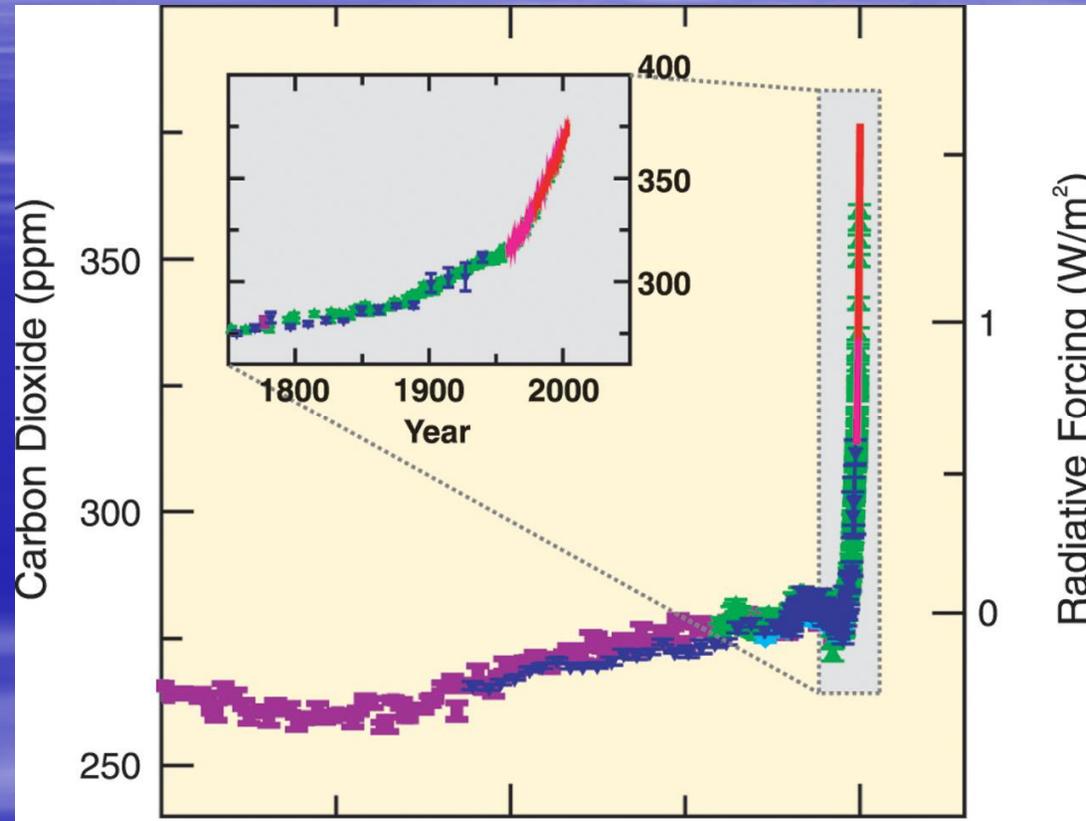
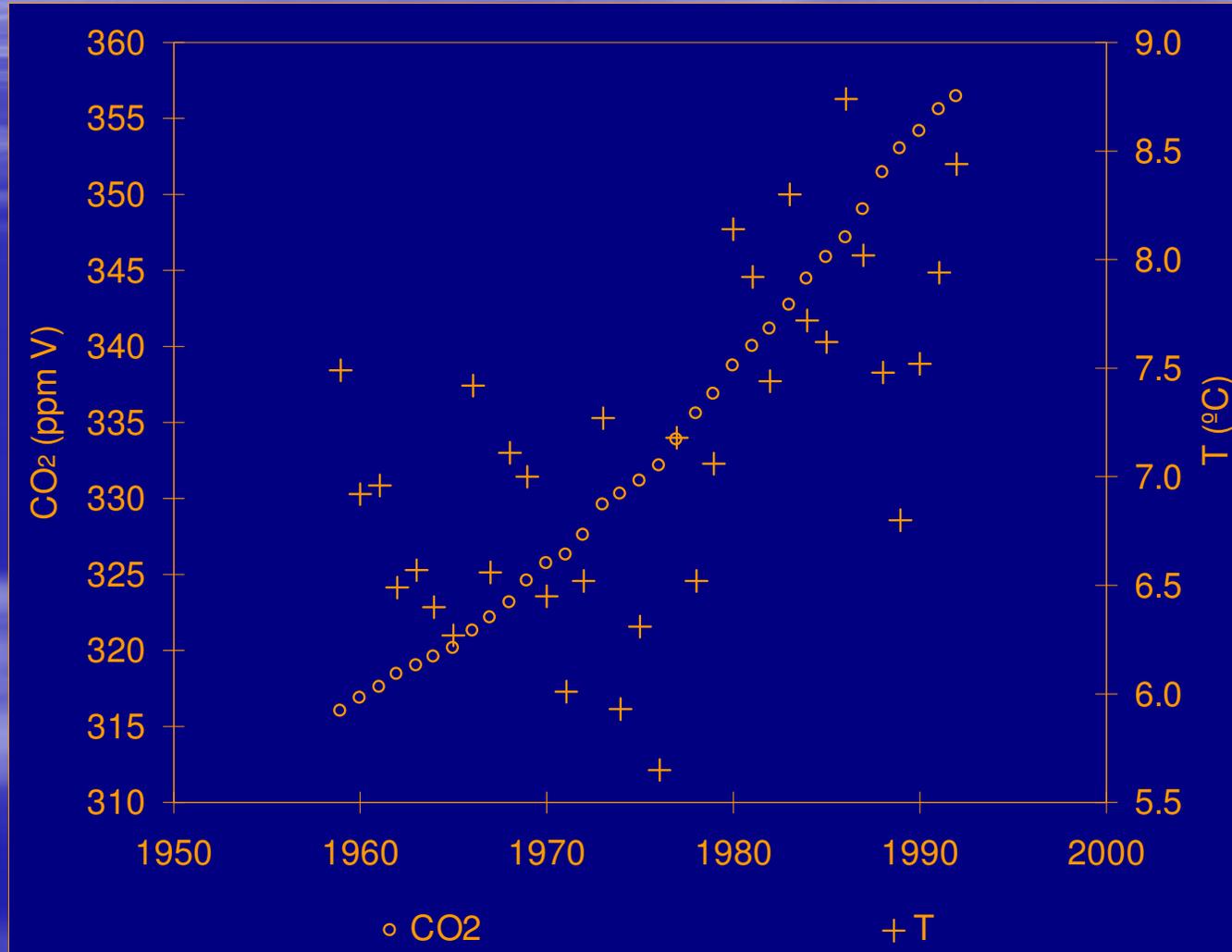


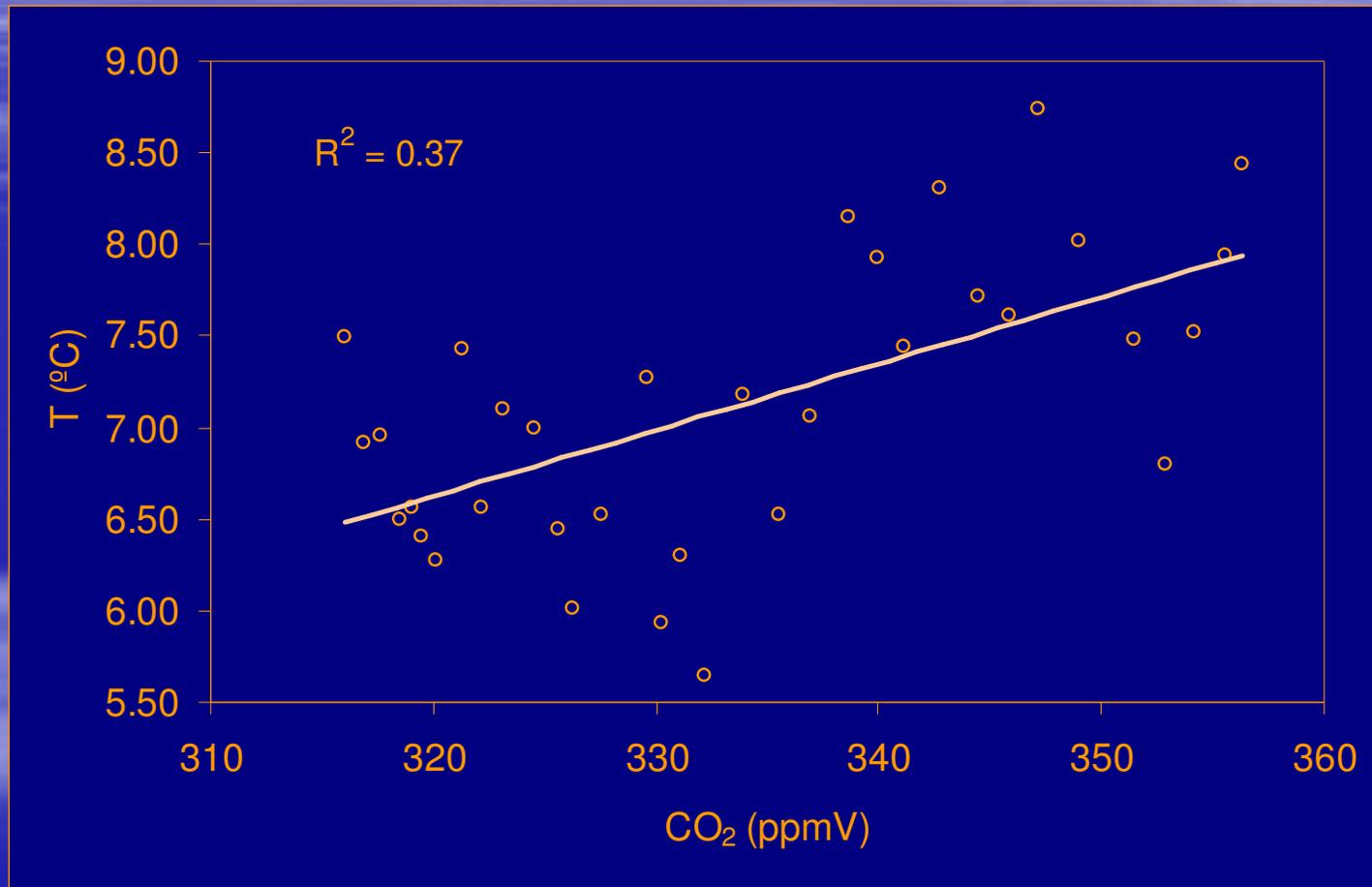
Gráfico misto da evolução das concentrações de dióxido de carbono nos últimos 10000 anos (IPCC, 2009).

*Tema: É legítimo construir um só gráfico a partir destas duas fontes de dados?*

# Correlação entre temperatura e teor de CO<sub>2</sub>

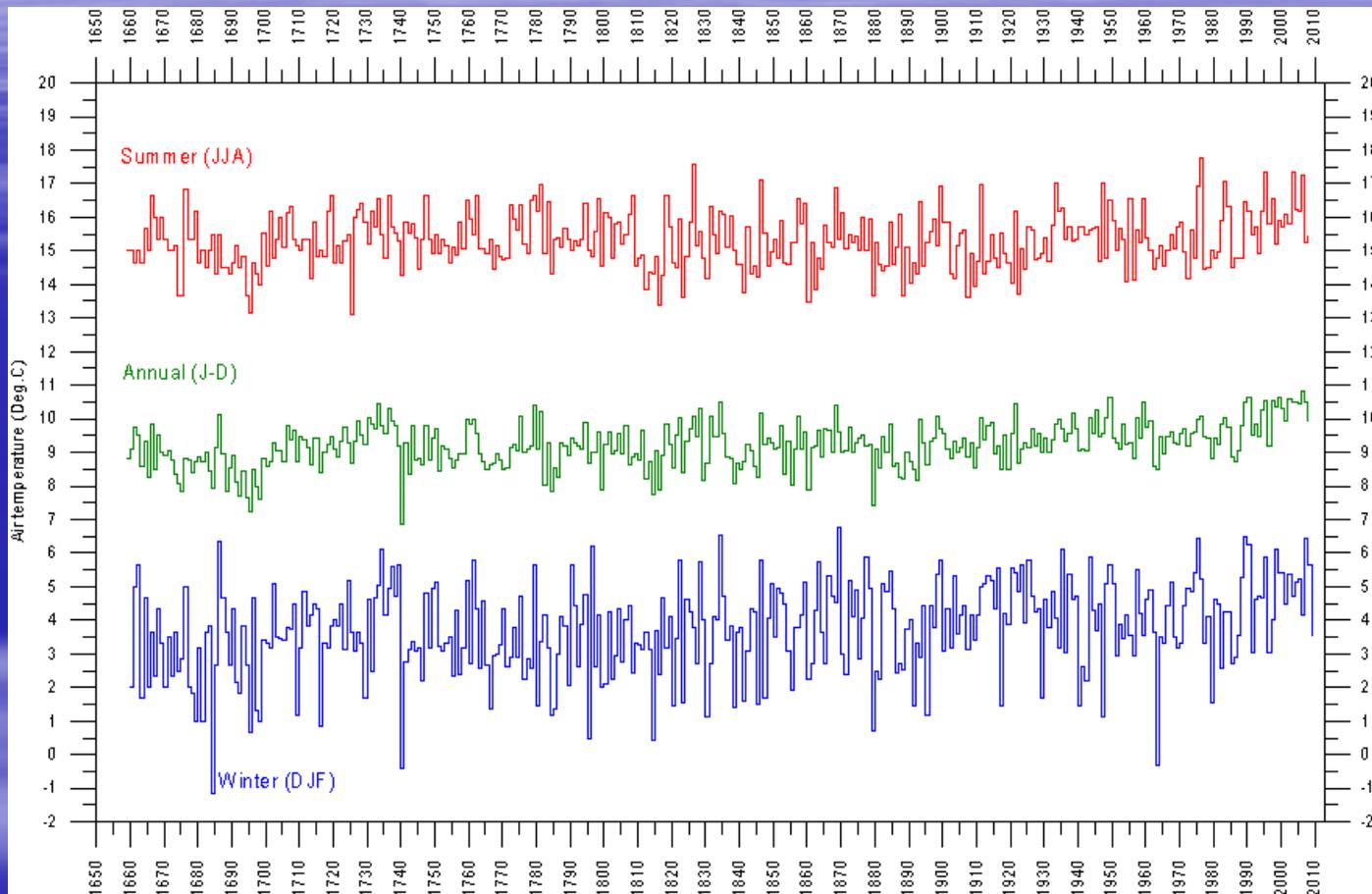


# Correlação entre temperatura e teor de CO<sub>2</sub>



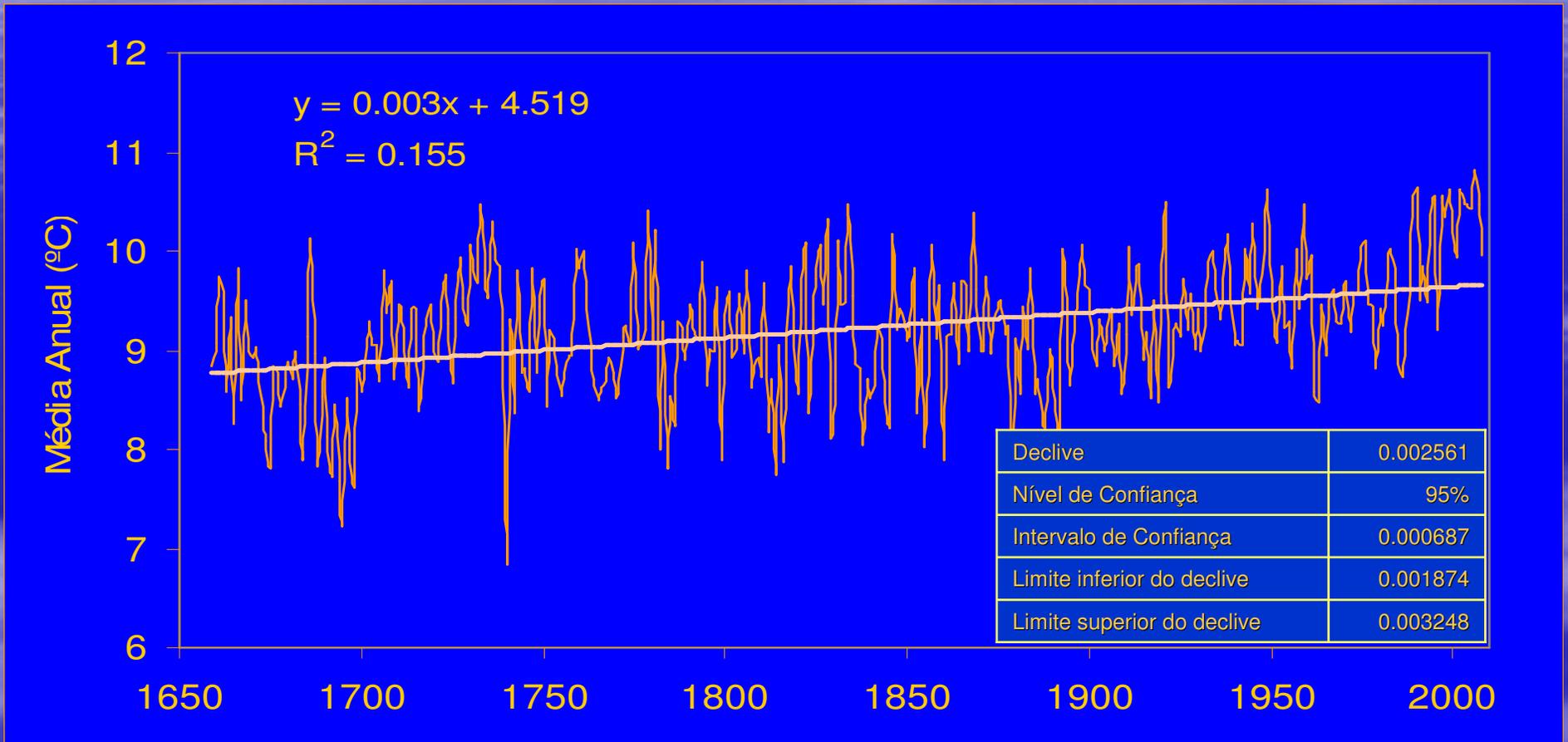
*Tema: O que é que se pode concluir destes dados?*

# Aquecimento Global



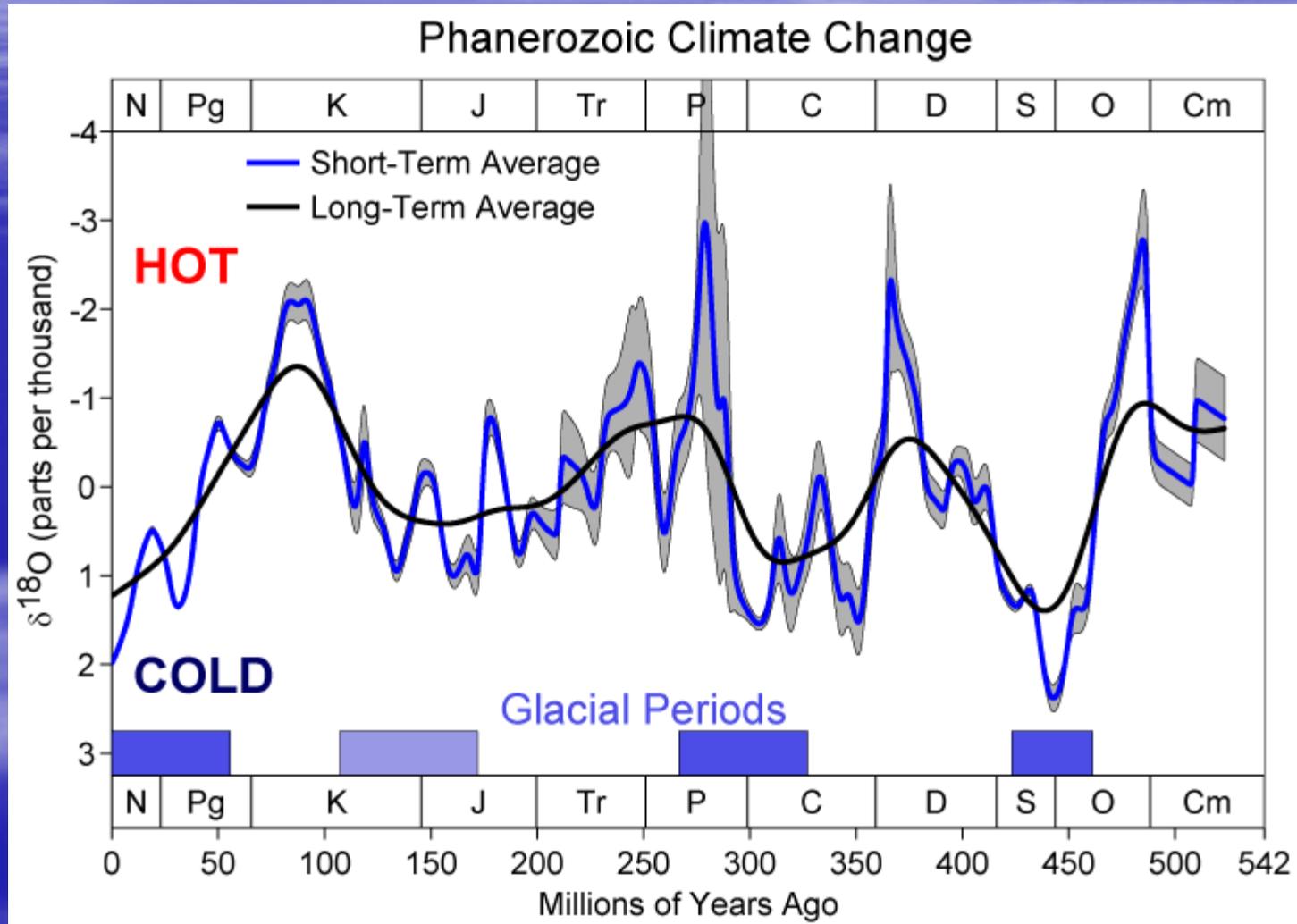
Temperaturas na Inglaterra Central, desde 1659 até à actualidade.

# Aquecimento Global



*Tema: O que é que se pode concluir destes dados?*

# Trezentos e cinquenta anos é muito tempo?



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phanerozoic\\_Climate\\_Change.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phanerozoic_Climate_Change.png)

*Tema: Que conclusões?...*