

Habitability planetaria

Augusto Daminieli
IAGUSP

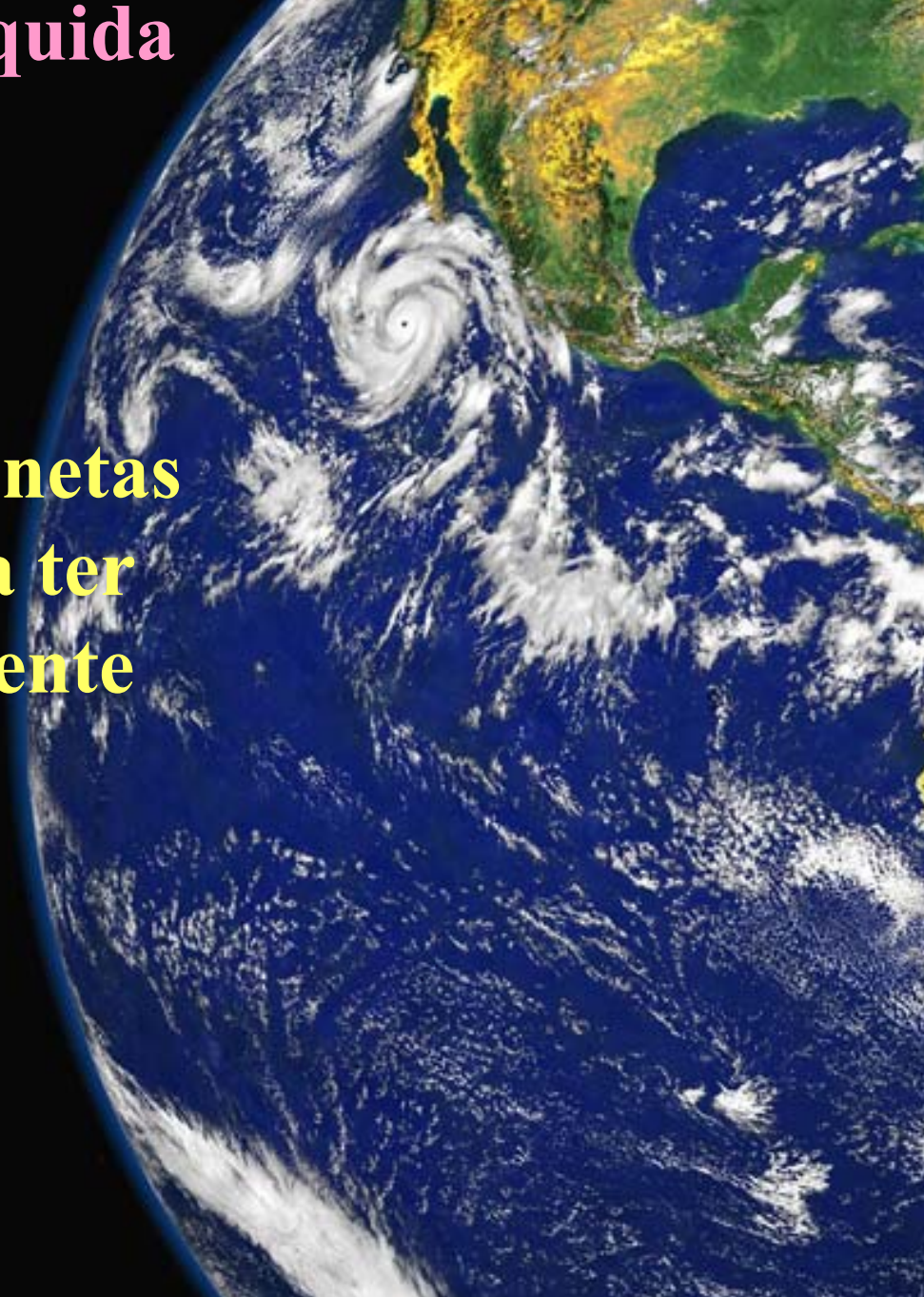


**A vida no Universo
se concentra nas
zonas de habitabilidade
em torno das estrelas**

BIOSFERA => água líquida

TERRA

**Único entre os ~250 planetas
do SSolar e fora dele a ter
água líquida em ambiente
aberto**



Planetas rochosos – receptivos para a vida



rochosos

gasosos

Zona habitável (água líquida)

Estado líquido – depende da temperatura (energia recebida da estrela central)

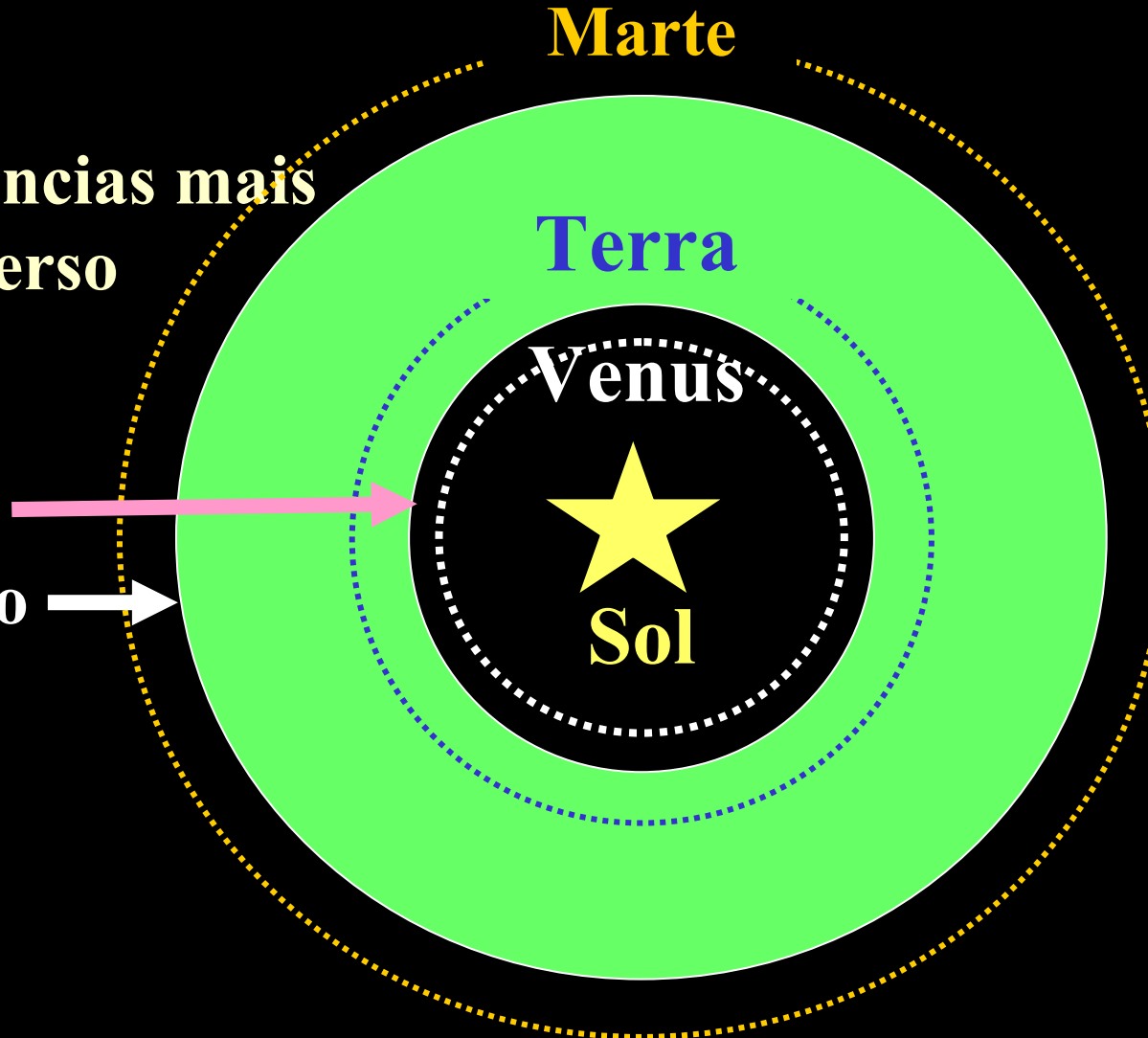
H₂O uma das substâncias mais abundantes no Universo

0.95 UA

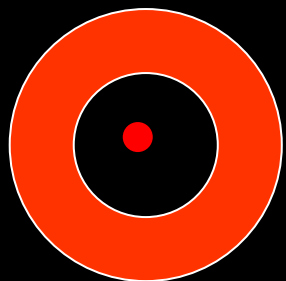
150 °C = ebulição

0 °C = congelamento

1.4 UA

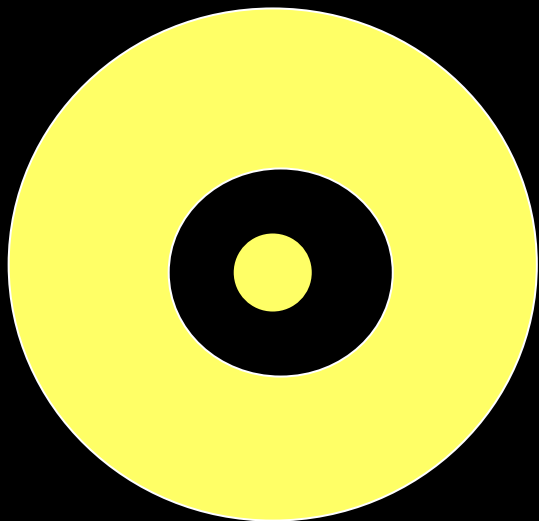


Zona habitável em outras estrelas



$t \sim$ trilhões de anos

Anã vermelha



Sol

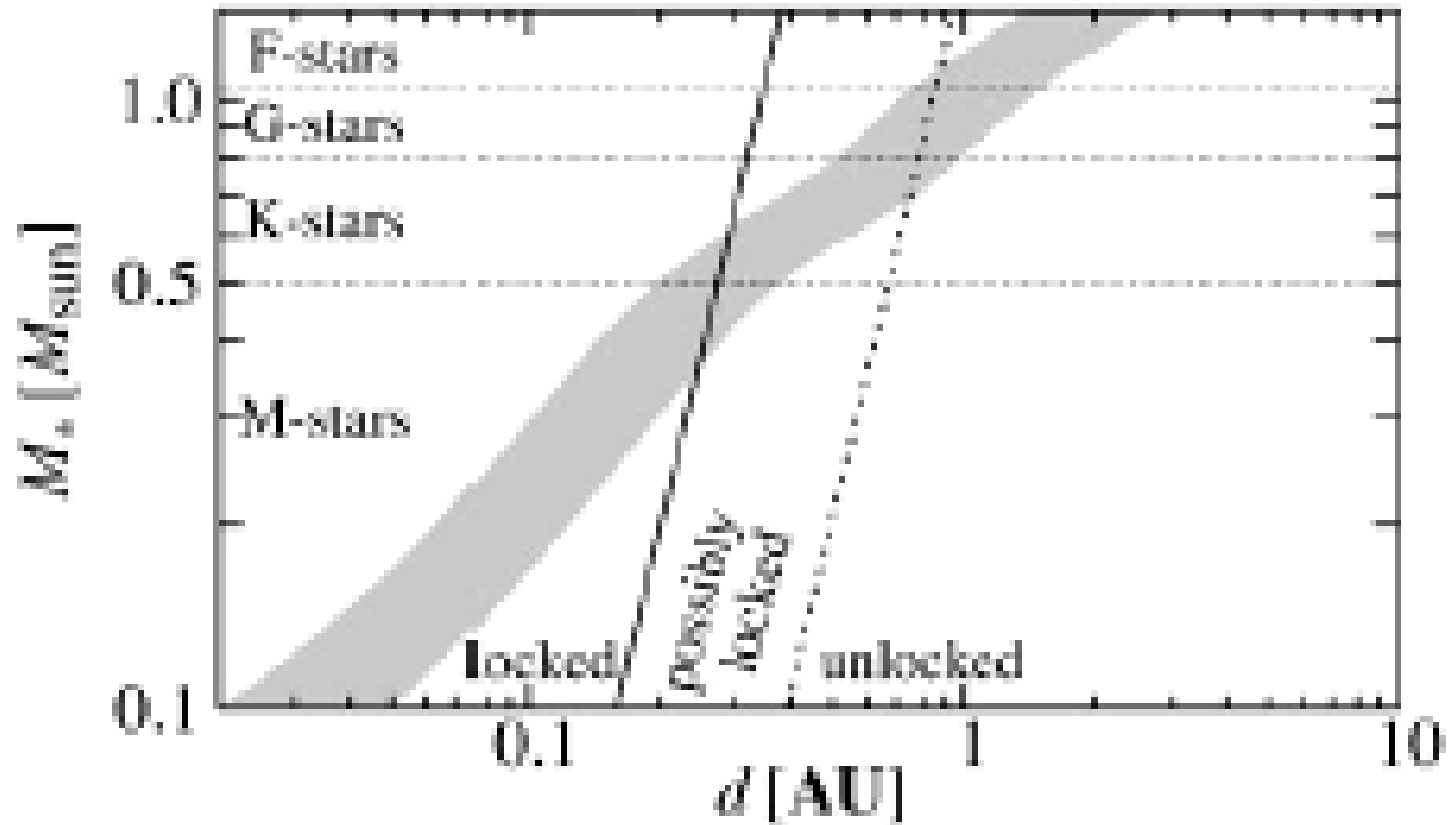
$t \sim 10$ bilhões de anos



Gigante azul

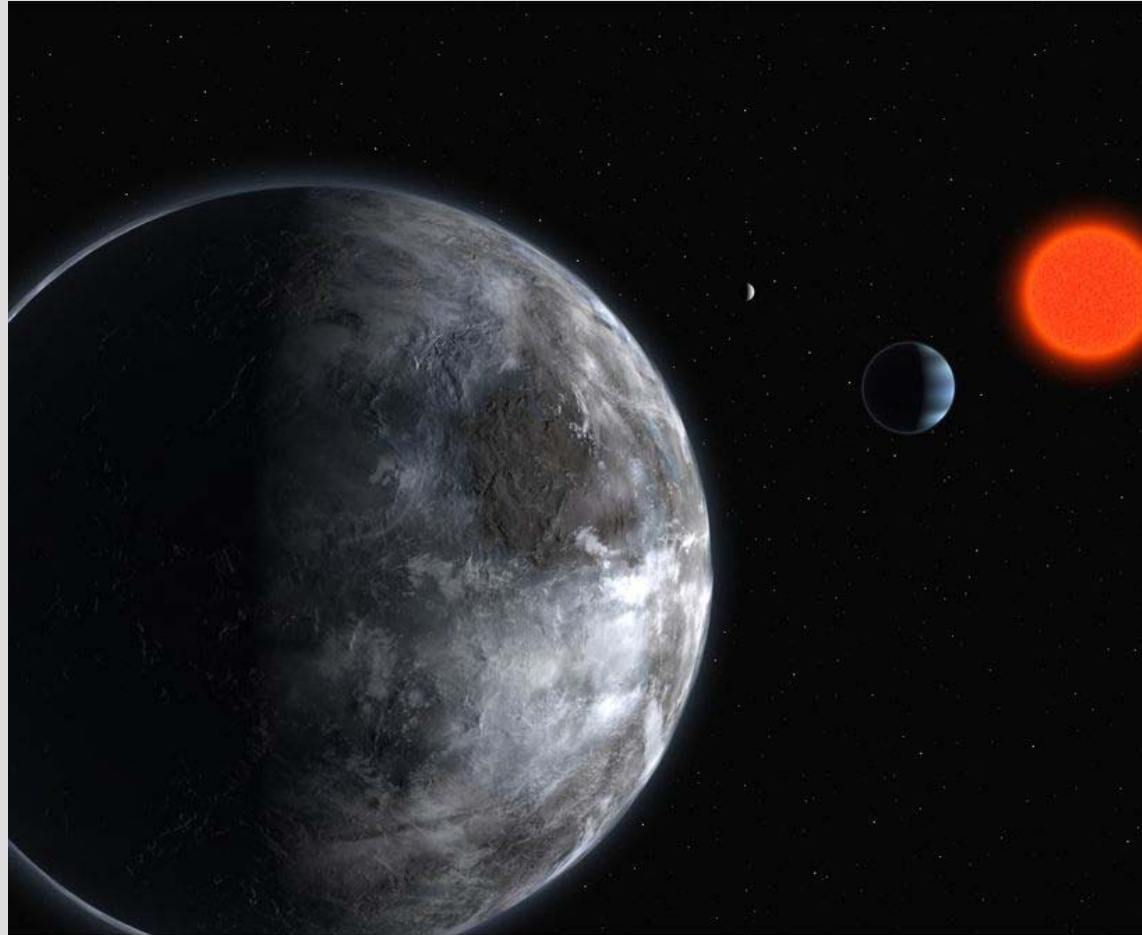
$t \sim 10$ milhões de anos

Zona habitável em estrelas pequenas



Gliese 581c: uma super Terra?

O planeta Gliese 581d, tem massa de $8,3M_{\text{Terra}}$, período orbital de 33,4 dias e semi-eixo maior em torno de $0,25U$. É o primeiro exoplaneta tipo Terra conhecido, dentro da zona de habitabilidade.



The Planetary System in Gliese 581

**A atmosfera
tem papel fundamental
interagindo com a
crosta e oceano**

ATMOSFERA

- **Captura e redistribui a energia solar**
- **Fornece gases para o oceano e solo**
- **Recicla H₂O**
- **Escudo contra radiação ionizante, raios cósmicos e micrometeoritos**

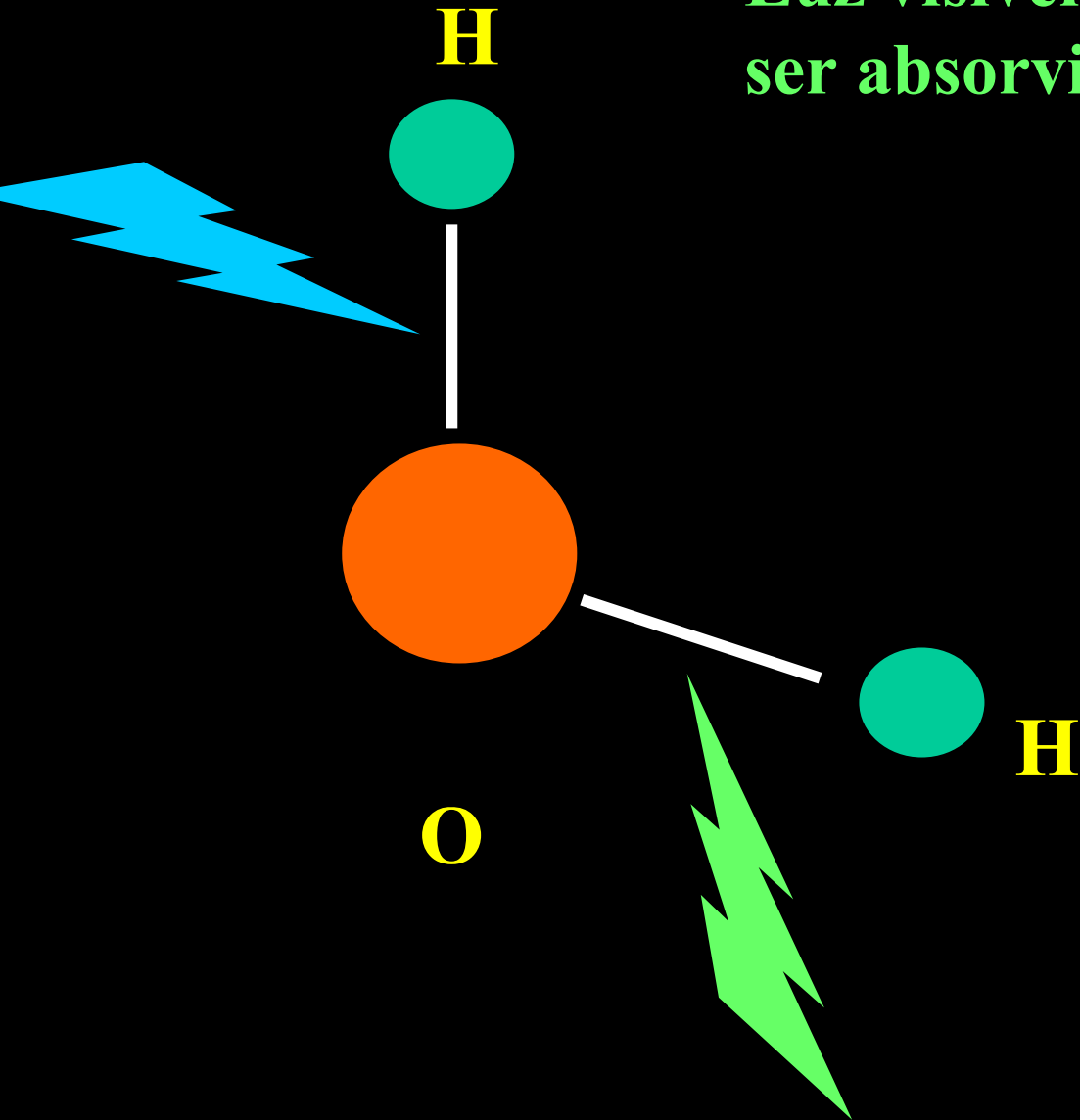
Atmosfera: equilíbrio energético

Energia recebida = Energia emitida

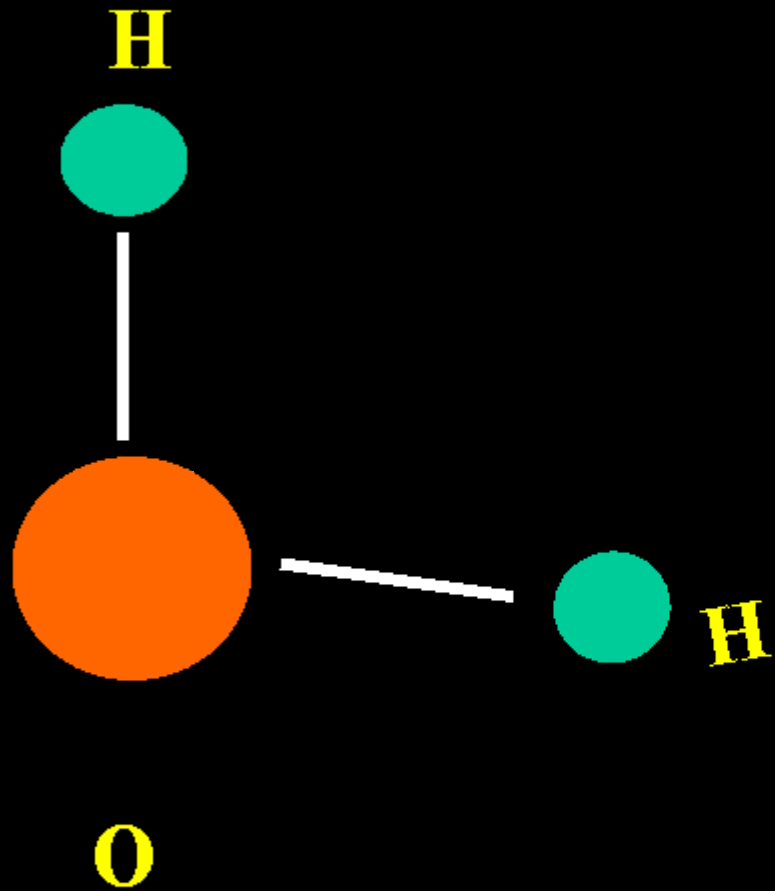


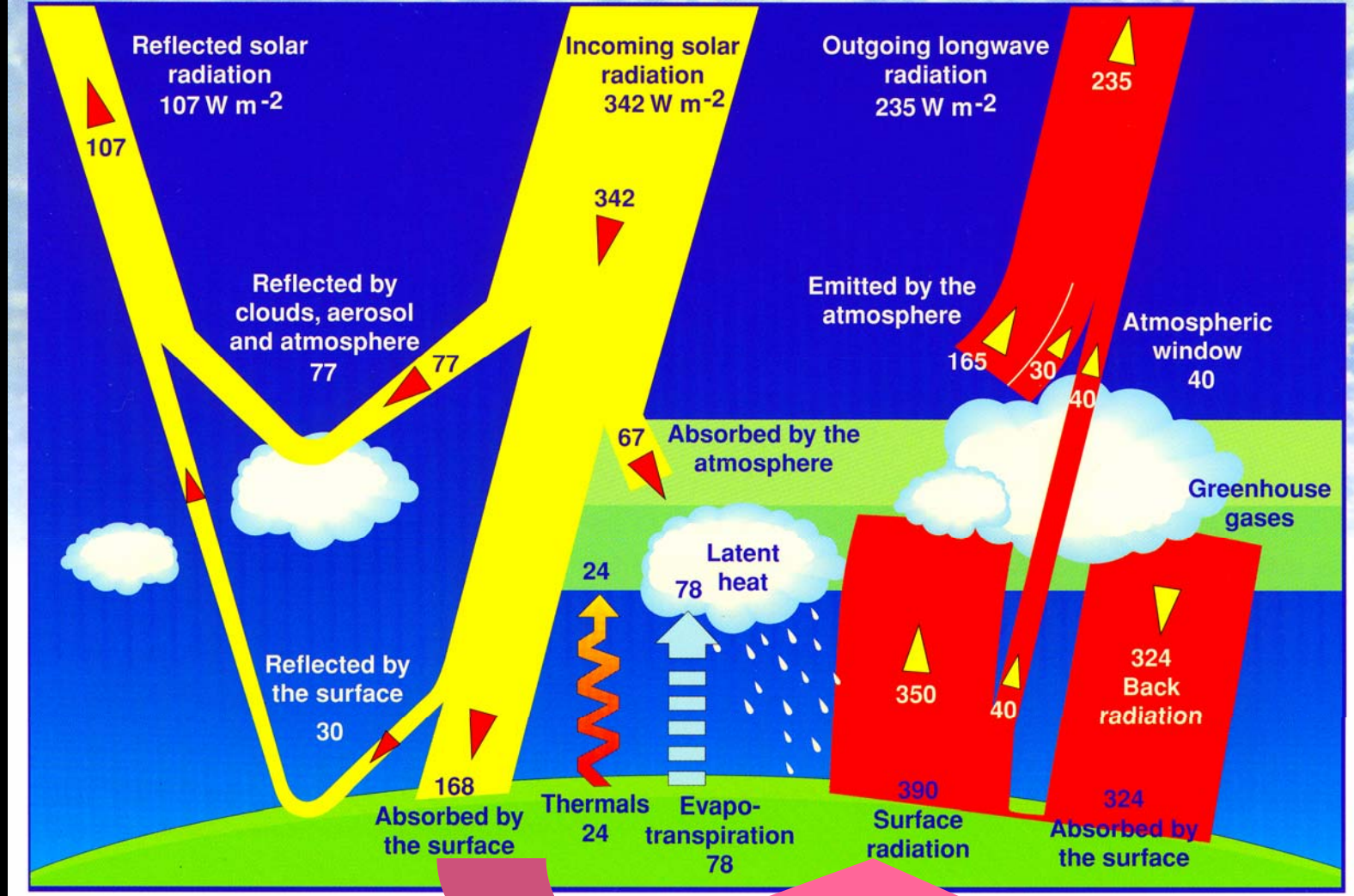
Aquecimento por fofons de luz ondas ELM

Luz visível: λ muito curto para ser absorvido pelas moléculas



micro-ondas

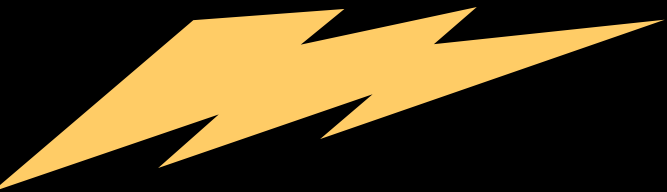




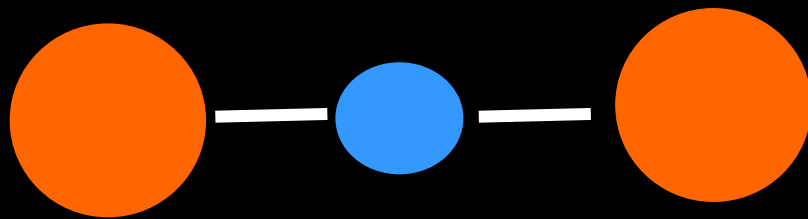
Absorvida pelo solo
re-emitida em $\lambda \sim 10 \mu\text{m}$

**Efeito estufa
define
a temperatura
da atmosfera**

O efeito estufa: moléculas c/ 3 átomos



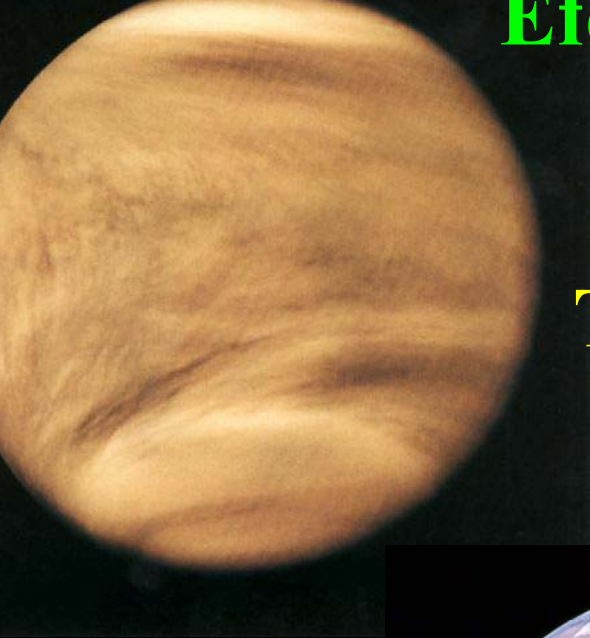
Fóton infravermelho



Molécula de CO₂

Temperatura \propto N° de fótons \times N° moléculas

Efeito estufa nos planetas "irmãos"



Venus
T = 470°C

excessivo



Terra
T = 15°C

s/ estufa
T = -15°C

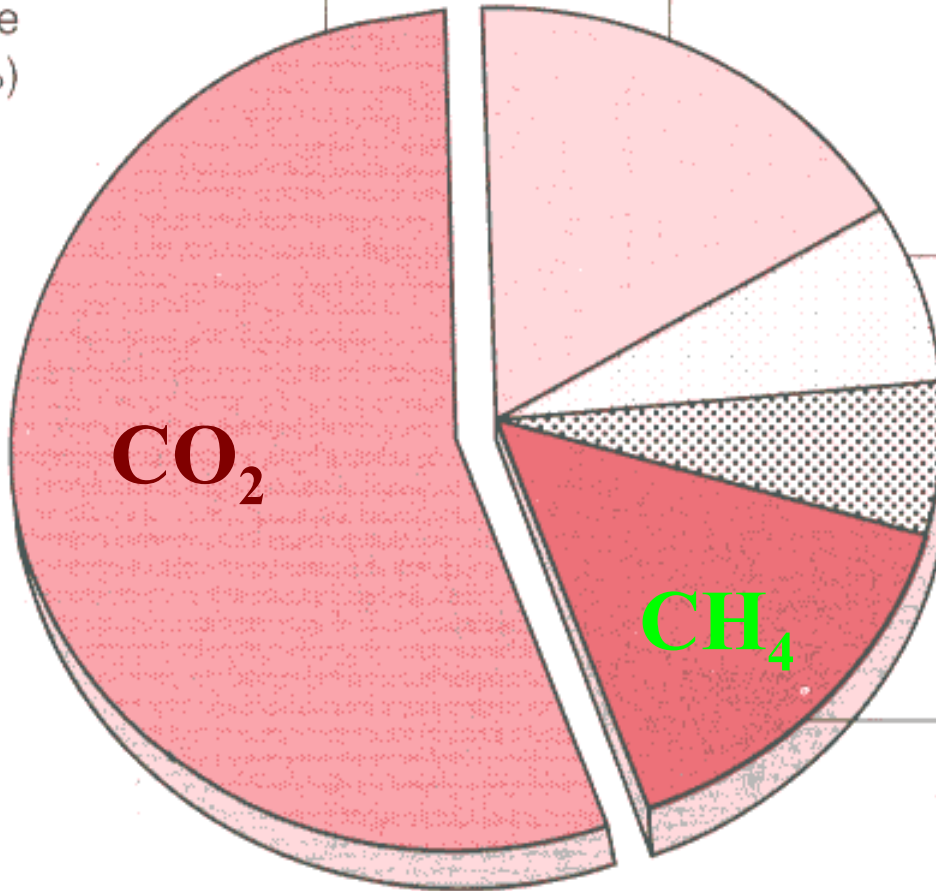
insuficiente

Marte
T = -50°C



Gases de Estufa

Carbon
Dioxide
(55%)



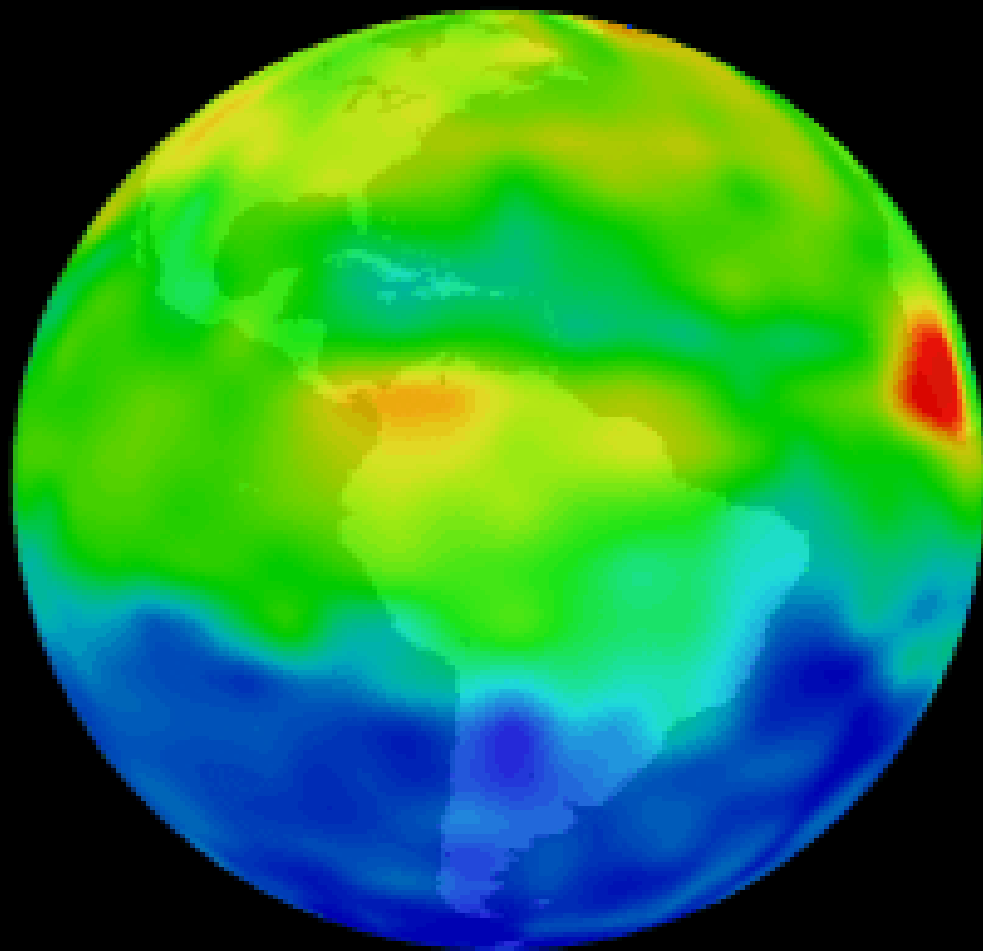
CFCs
11 and 12
(17%)

Other CFCs
(7%)

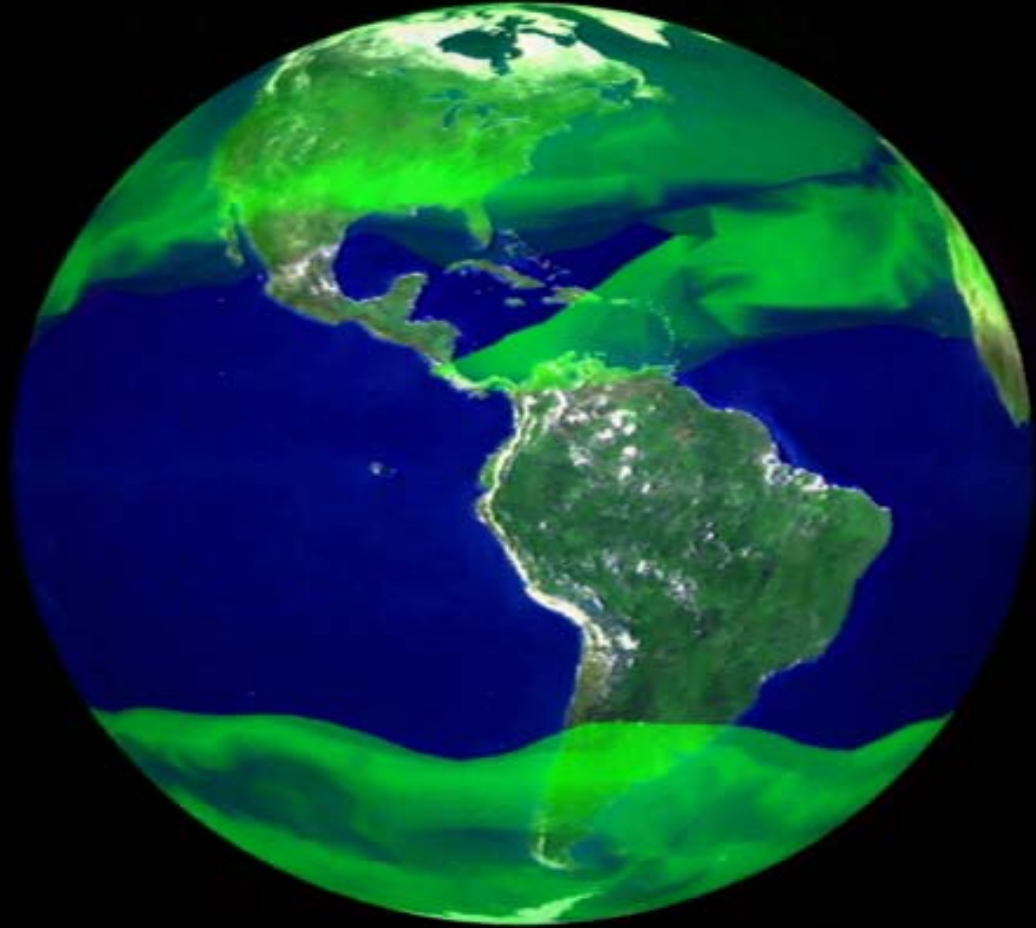
Nitrous
Oxide
(6%)

Methane
(15%)

Dióxido de carbono CO_2



Metano CH_4



**Ciclo silicato-carbonato:
o termostato que
mantém a biosfera
terrestre**

Ciclo do Carbono equilíbrio

respiração
animal: CO_2

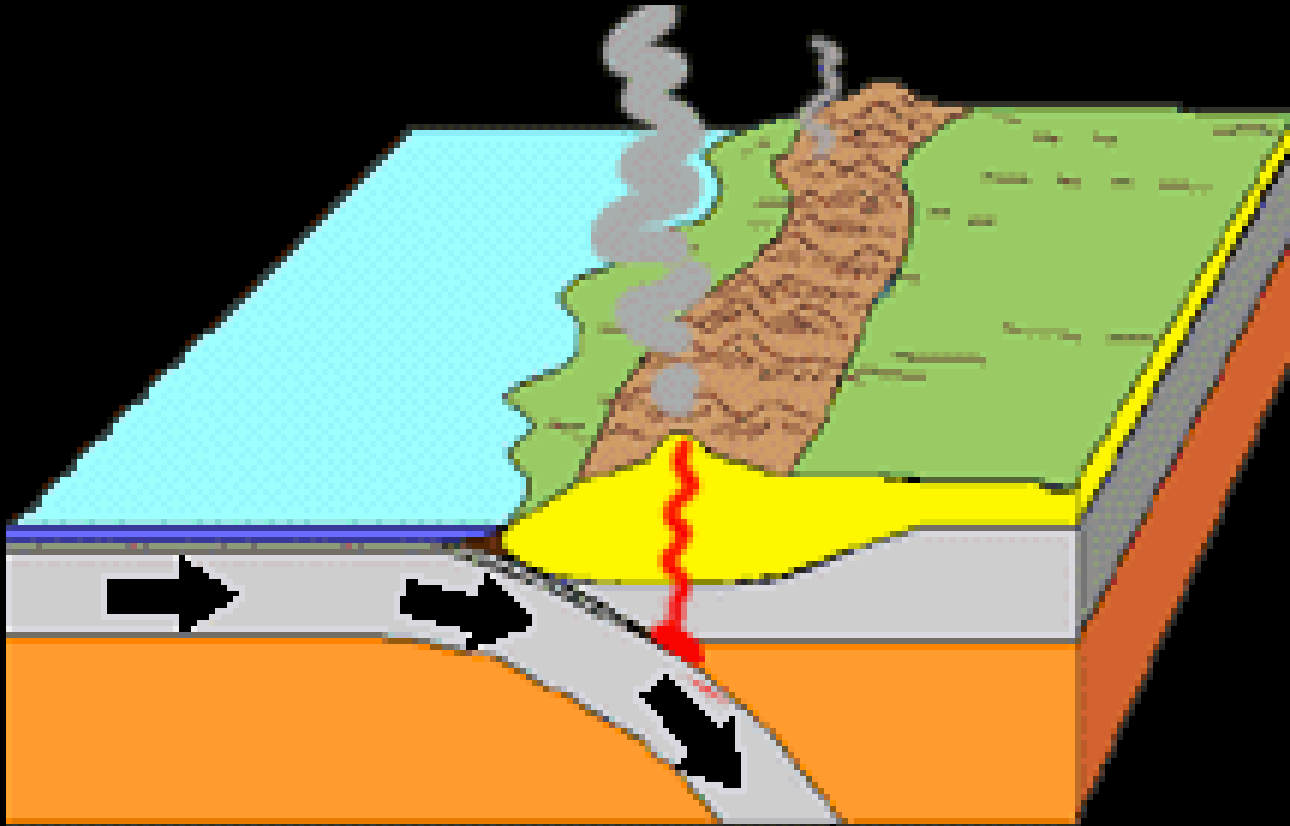
fotossíntese: O_2



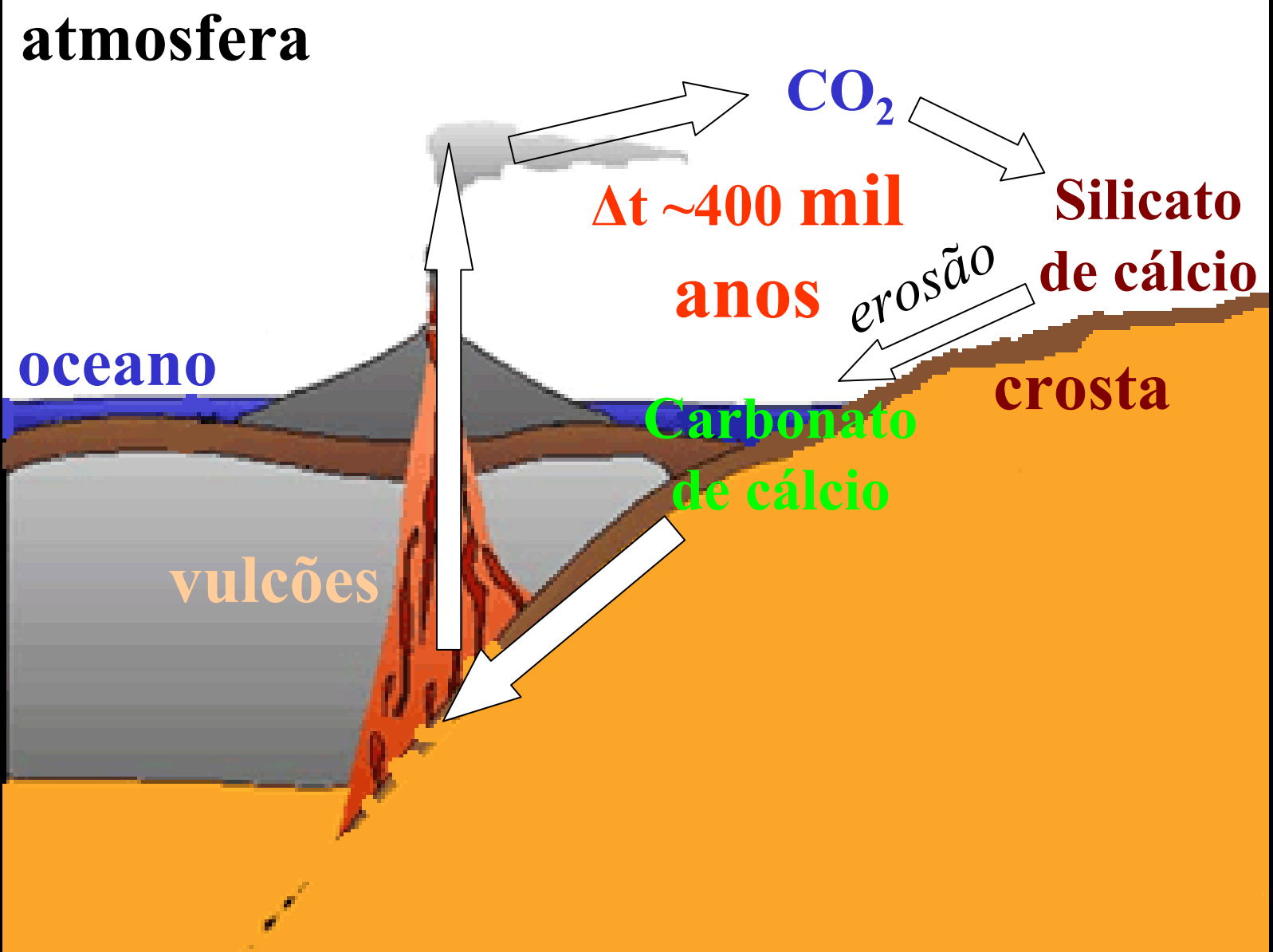
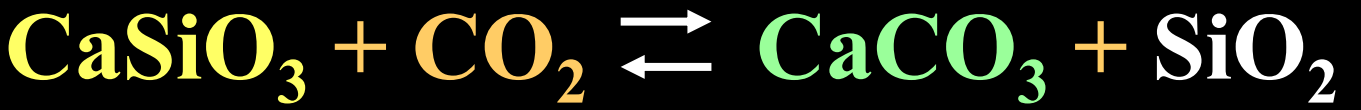
Vulcanismo: principal fonte de CO₂



A tectônica de placas enterra o Carbono em forma de rochas calcáreas



Termostato. Ciclo silicato-carbonato



CO₂ na atmosfera



Venus
96%

oceano 0.2%
solo > 99%

Terra
0.03%



Marte
95%

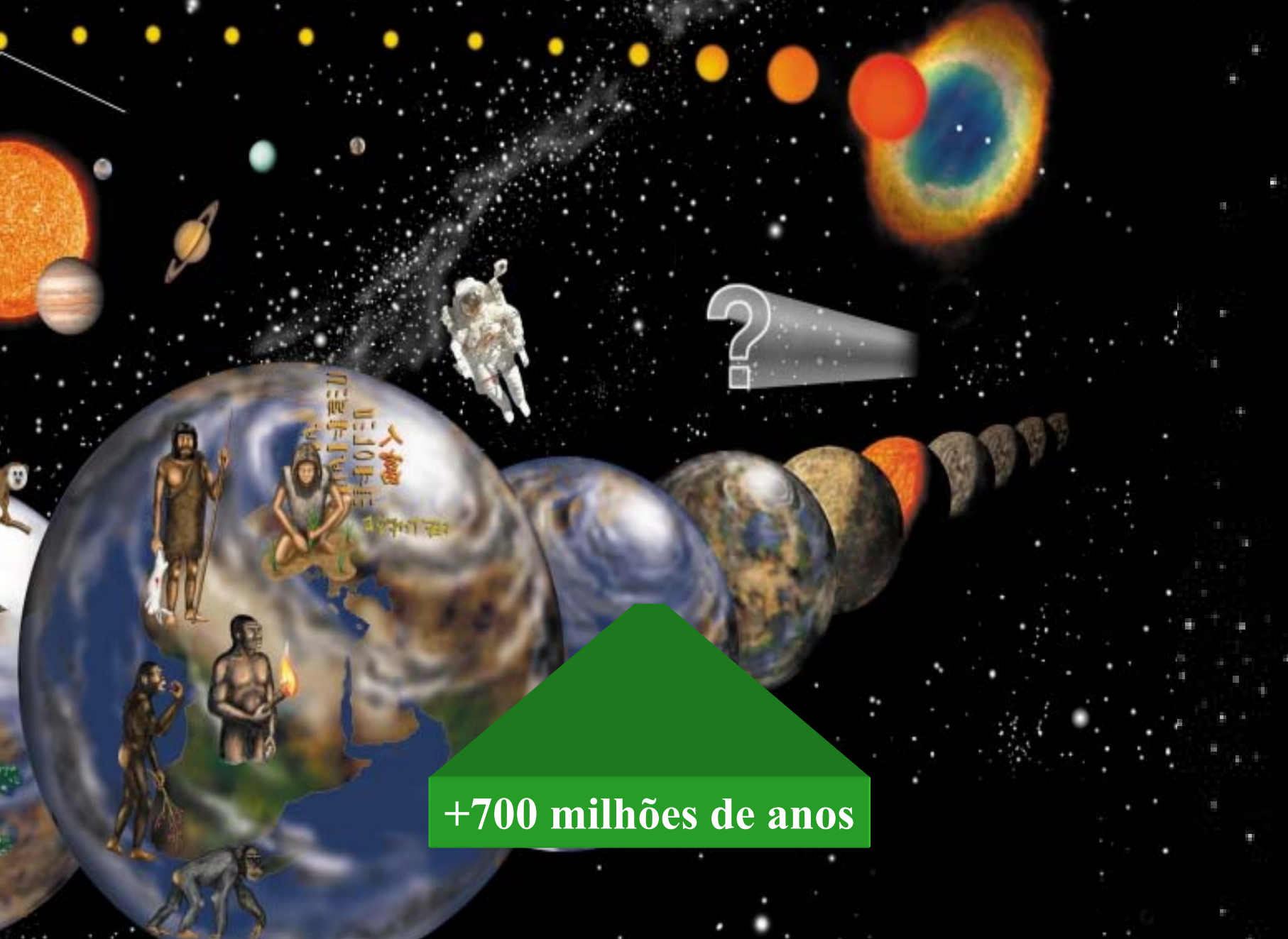


A morte (natural)

da biosfera

terrestre

Longo prazo: evolução do Sol extintivara a biosfera

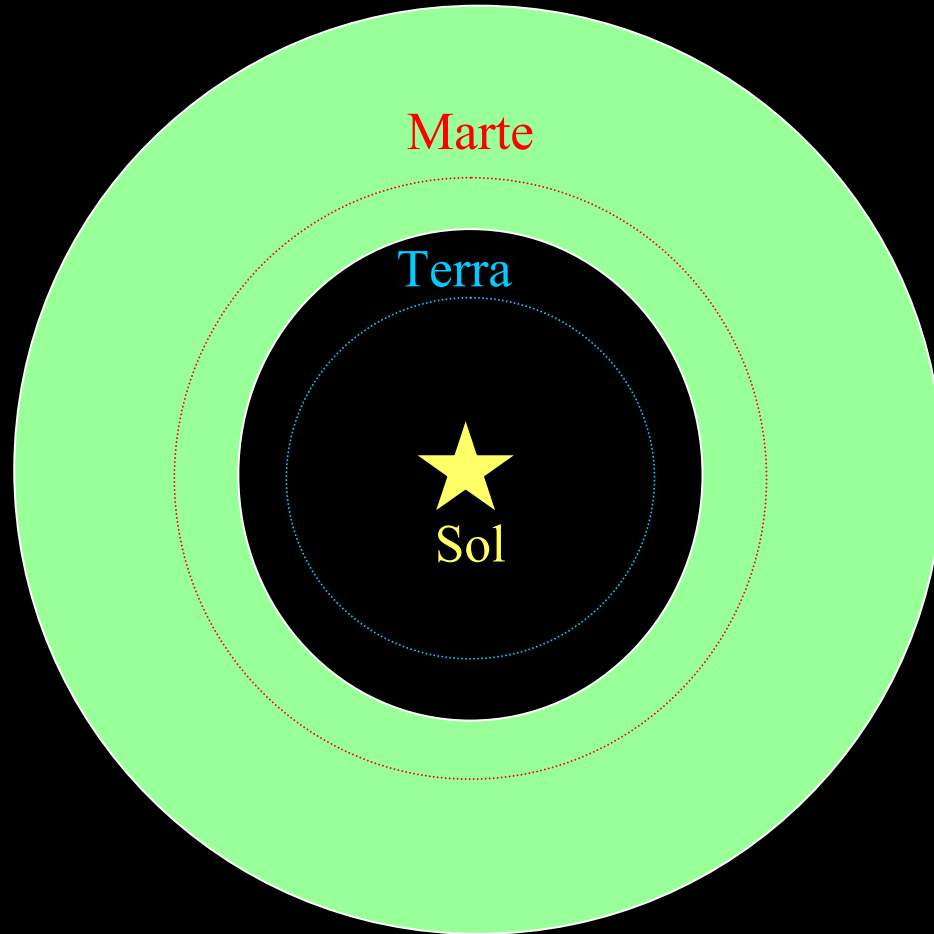


+700 milhões de anos

Evolução da zona habitável

~700 milhões anos

$$\text{Dist} = \sqrt{L_*/L_\odot}$$



Aumento da temperatura

Temperatura

25 °C

100 °C

bilhões de anos

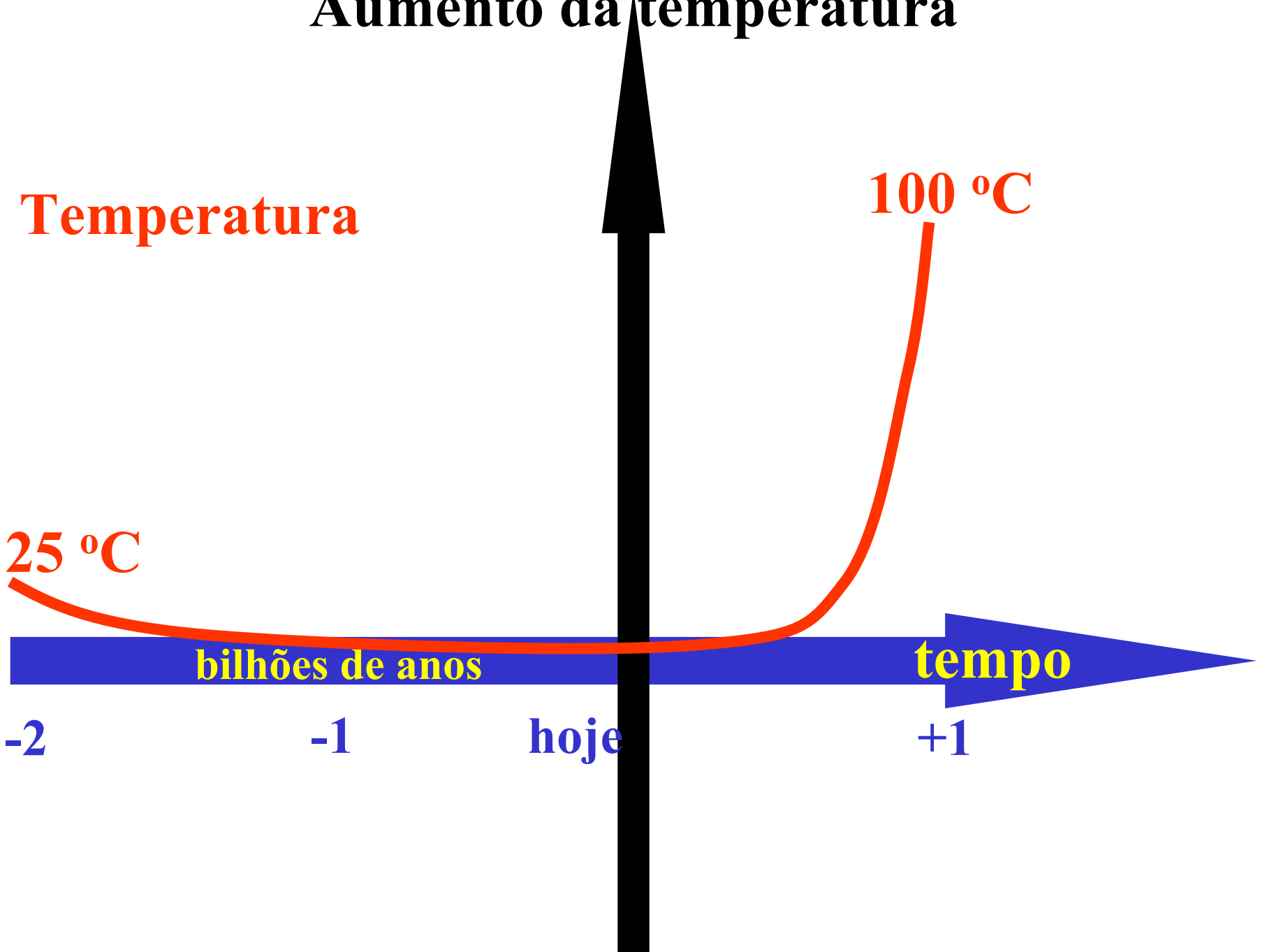
tempo

-2

-1

hoje

+1



Queda da concentração de CO₂

Pressão CO₂

10 mbar

1 mbar



-2

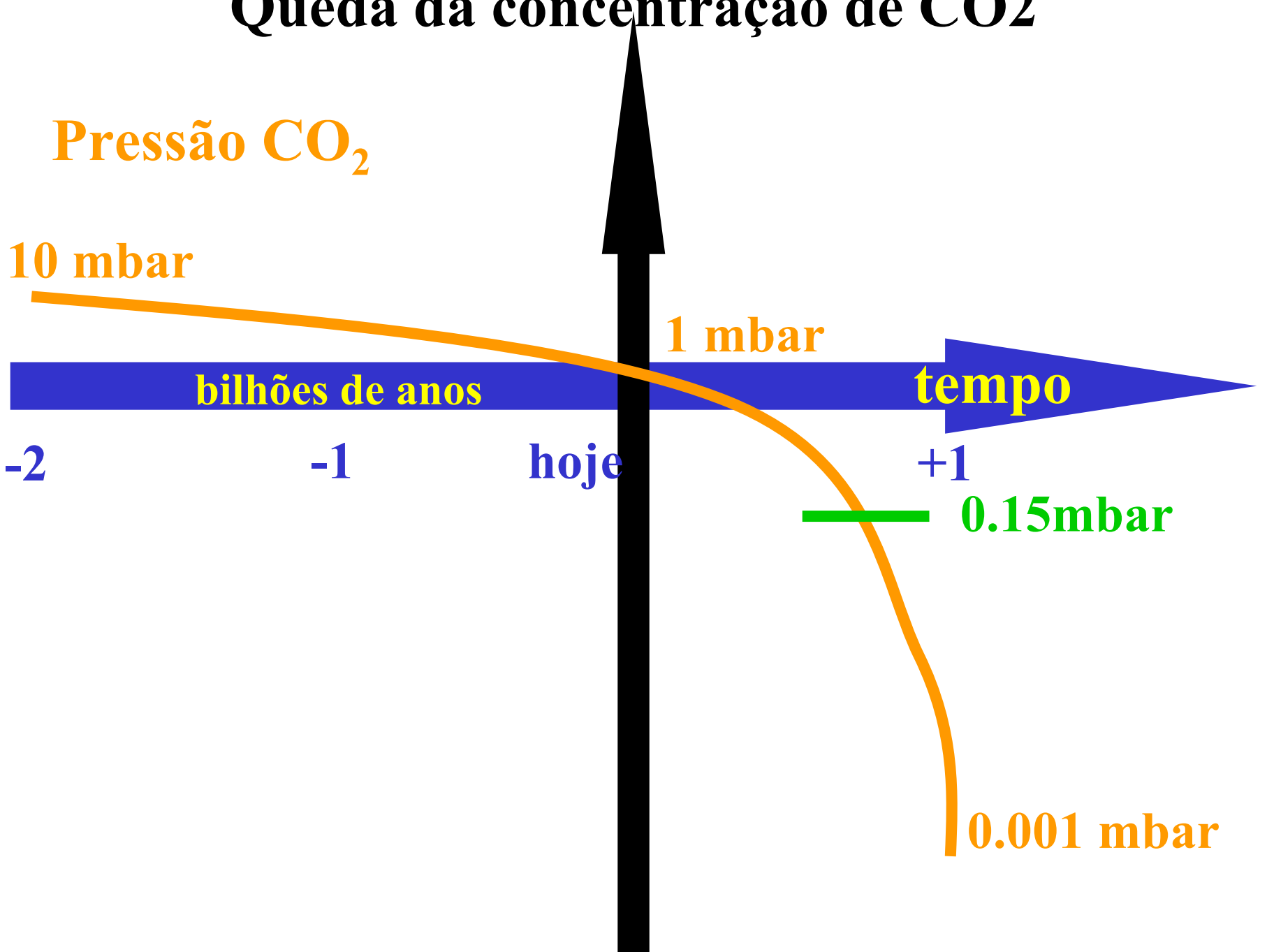
-1

hoje

+1

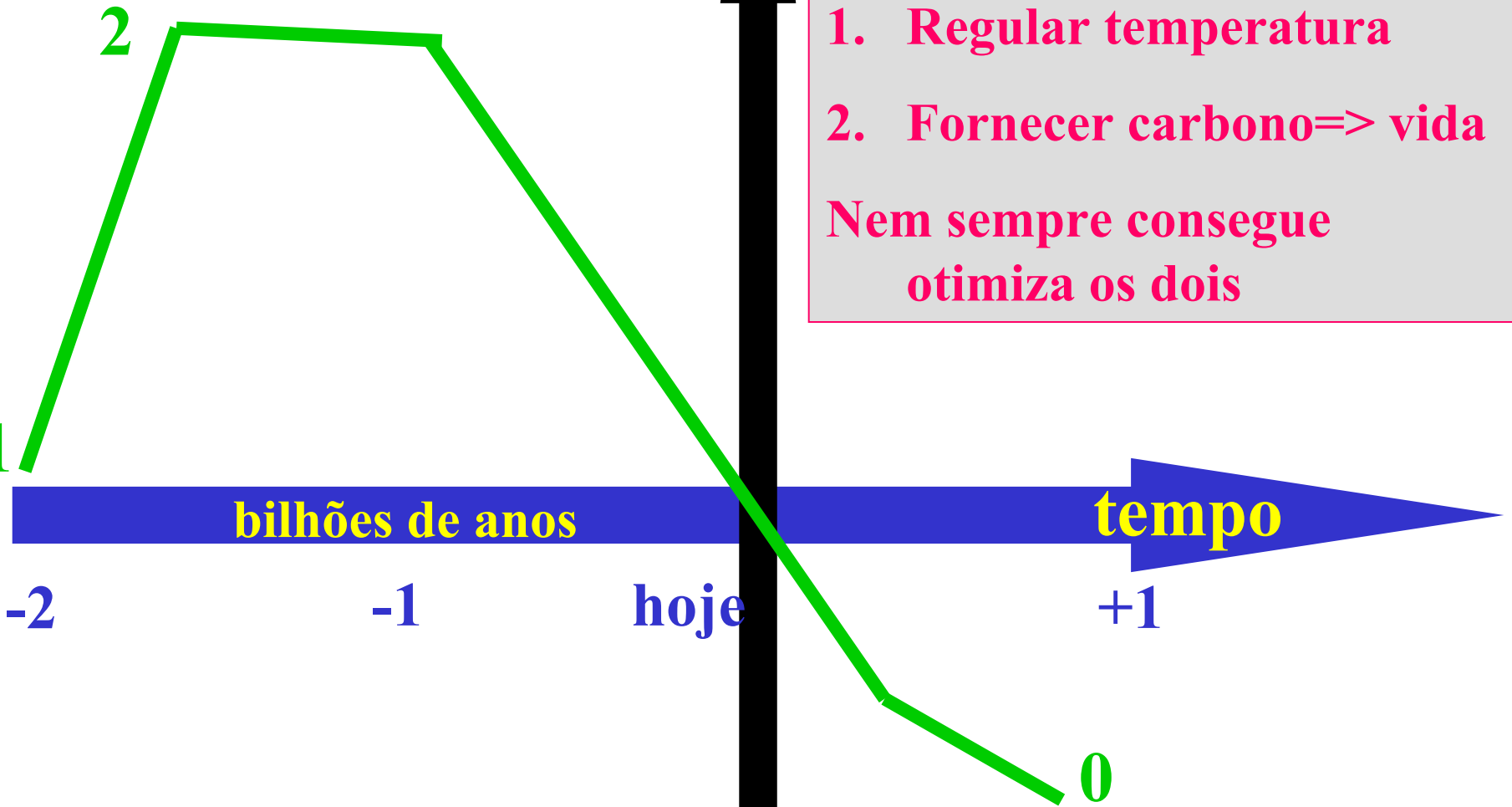
0.15 mbar

0.001 mbar



Queda da produtividade biológica (biomassa)

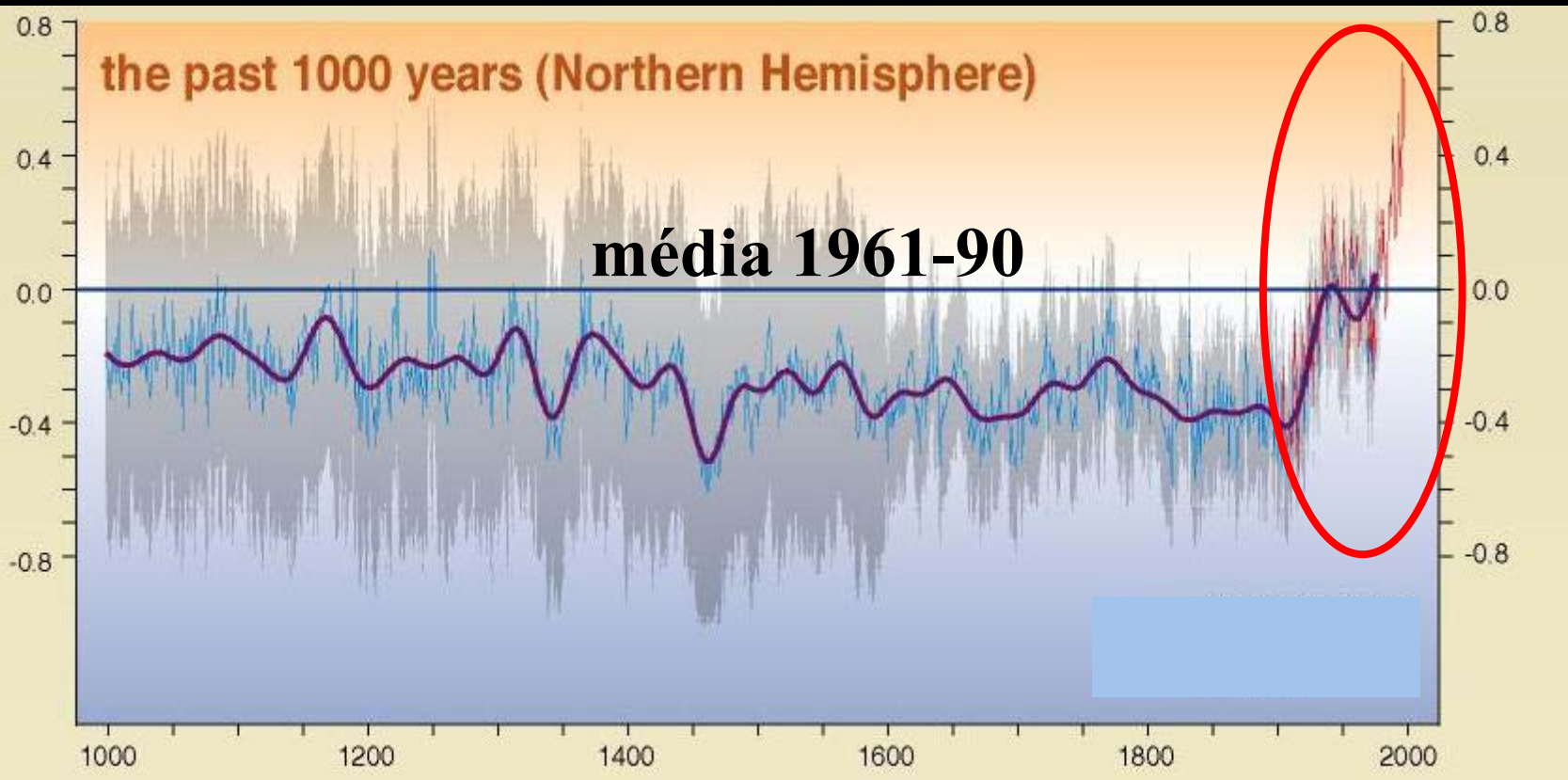
biomassa



**A atividade humana
está alterando o clima:**

**1) injetando mais CO₂ na
atmosfera**

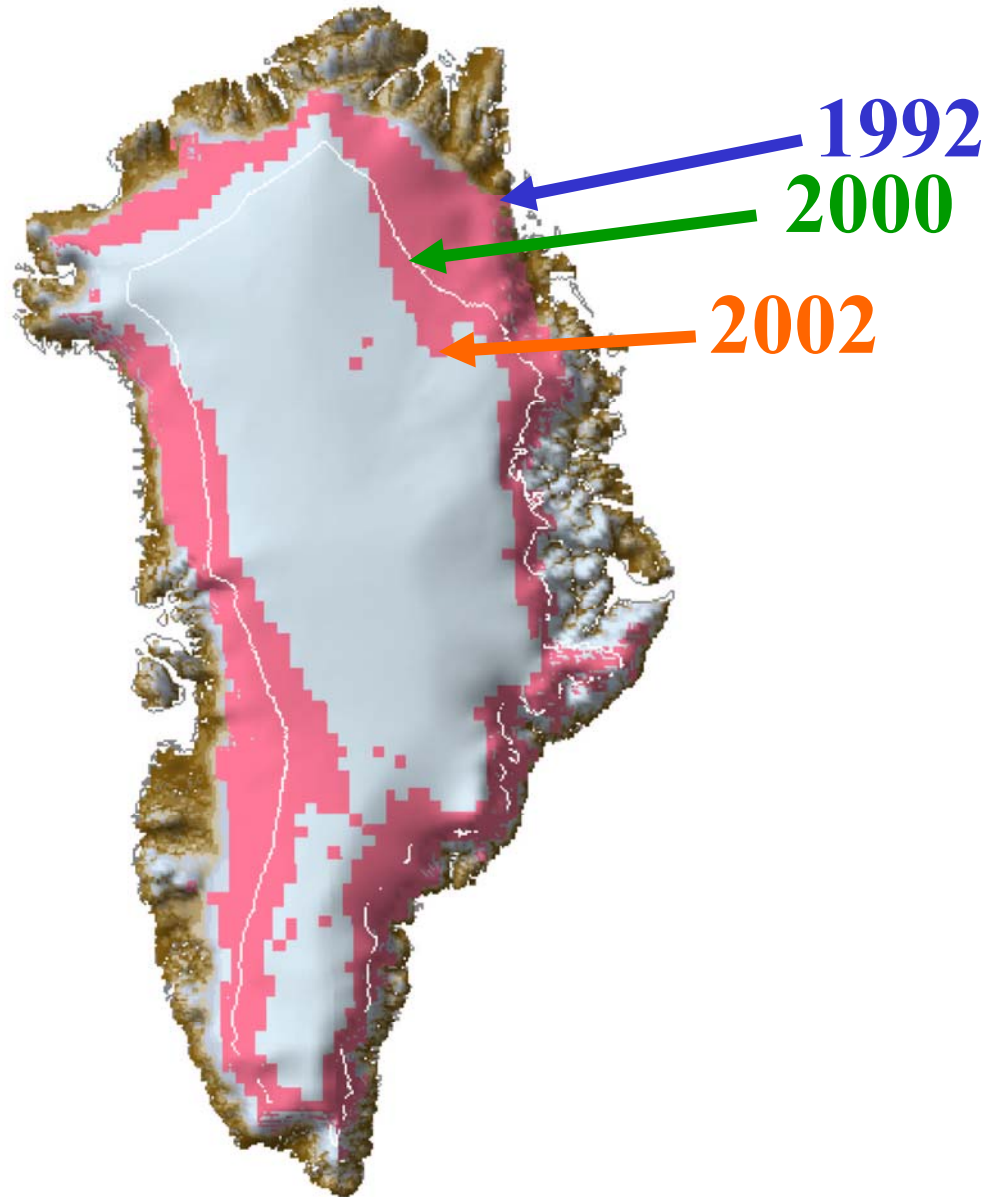
A temperatura global está aumentando!



Ano

ΔT

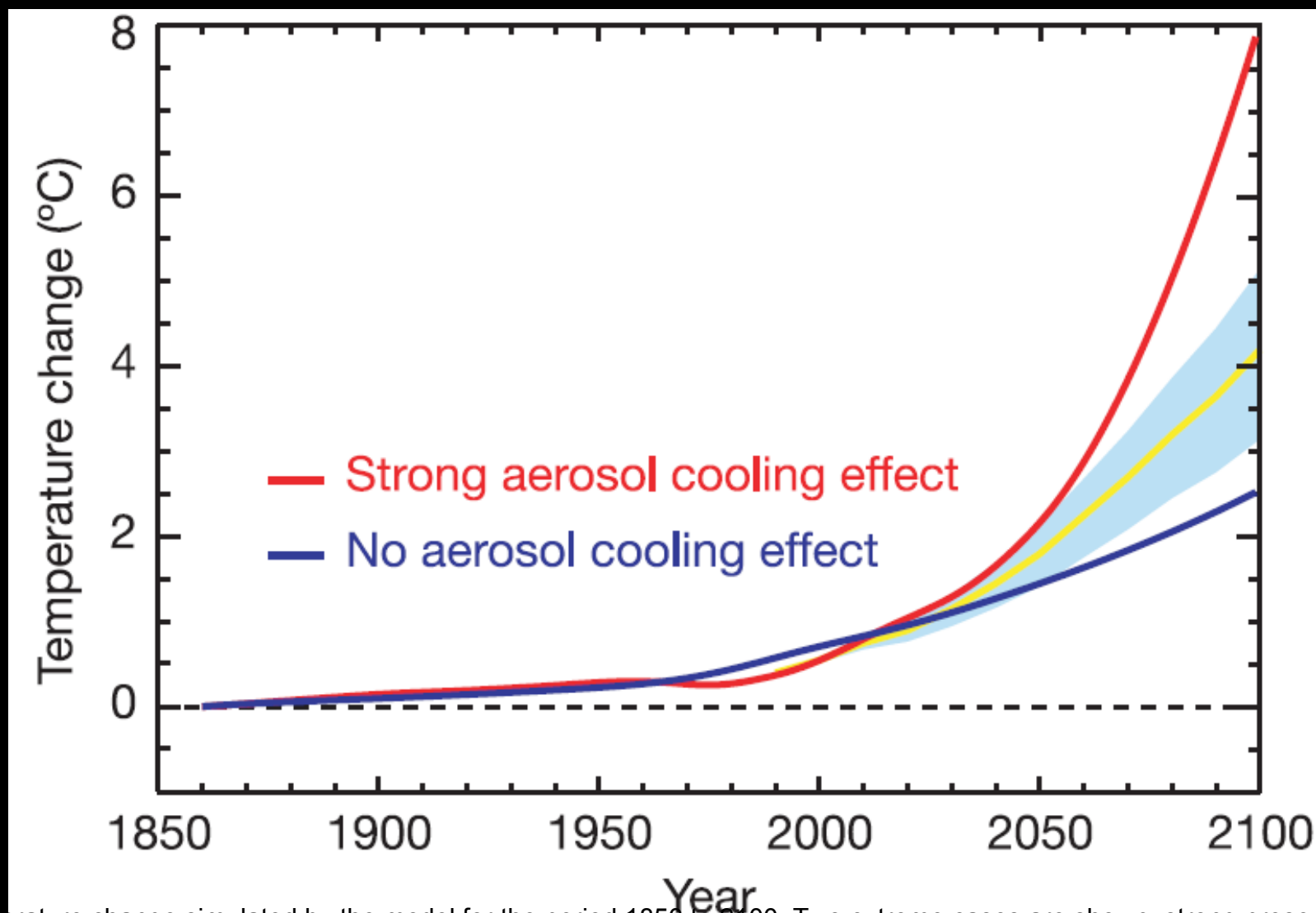
Efeitos observados: degelo na Groenlandia



**Furacões, inundações, secas
= prejuízos econômicos**



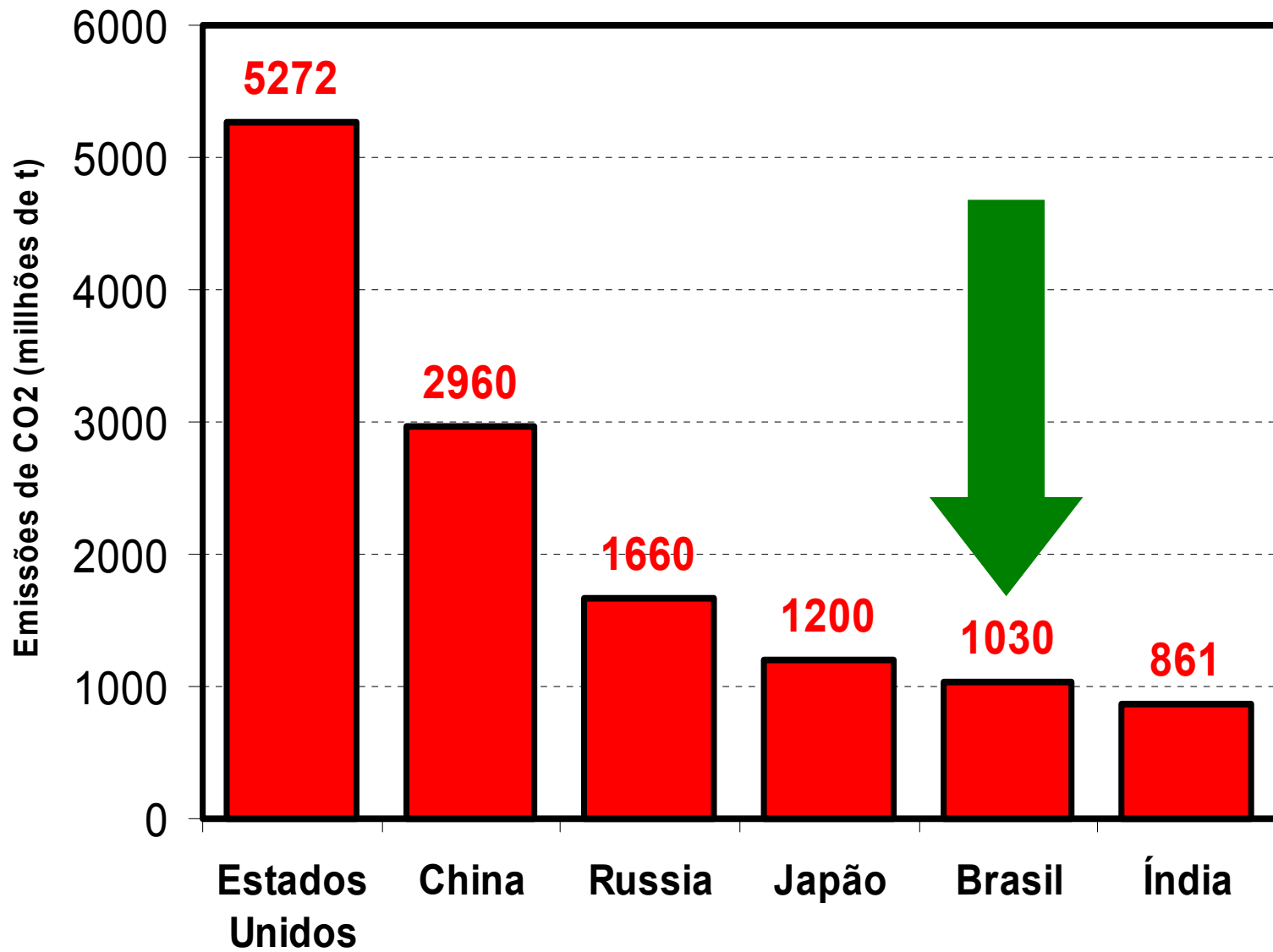
Previsão: aquecimento de >4 °C em 2100



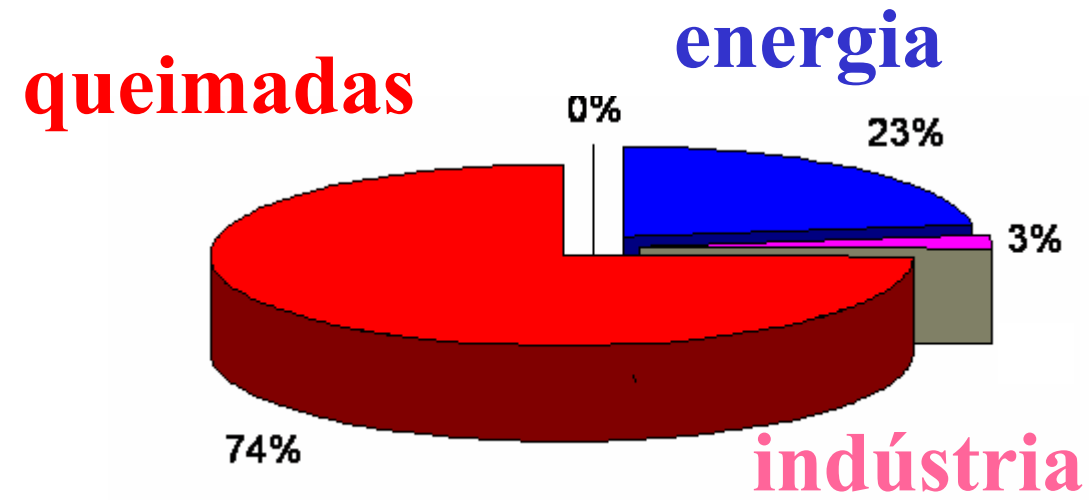
Temperature change simulated by the model for the period 1850 to 2100. Two extreme cases are shown: strong preser

Brasil: 5º maior poluidor mundial!

Maiores emissores globais de CO₂ em 1994



Amazônia polui mais que São Paulo



**A atividade humana
está alterando o clima:**

**2) diminuindo a camada
de ozônio**

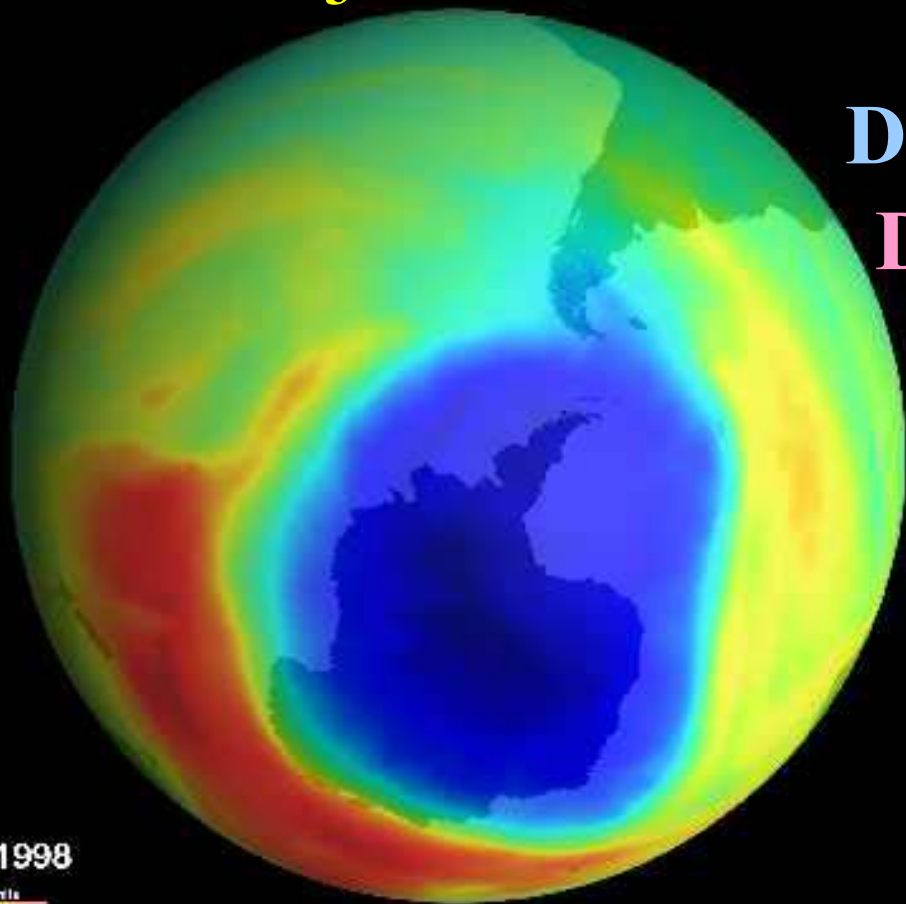
Camada de Ozônio: escudo contra ultravioleta

O_3

Produzida pela fotossíntese

Destruída pelo UV solar

Destruída pelos CFCs

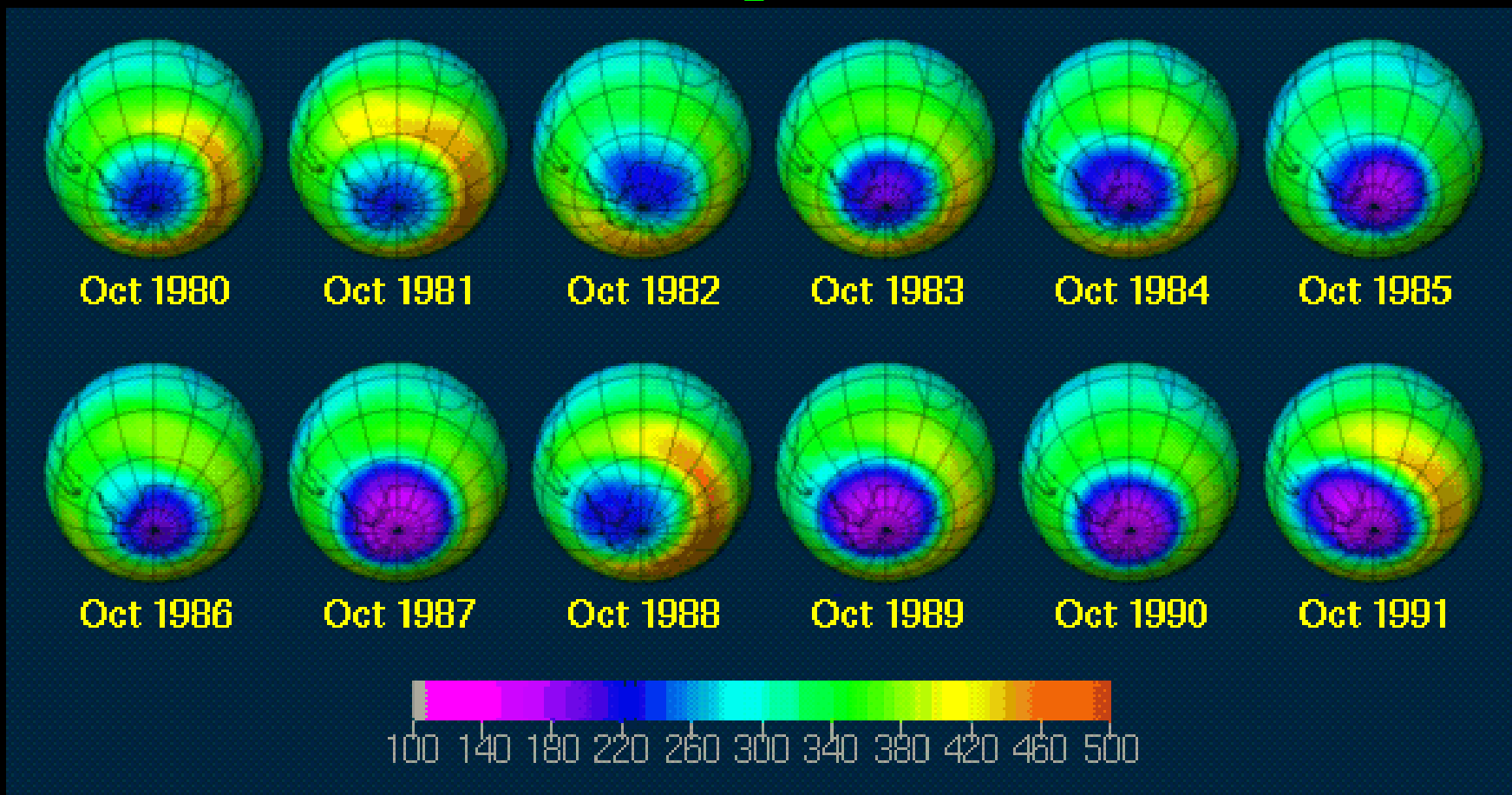


Oct 1, 1998

Dobson Units



O Buraco de Ozônio na Antártida: está aumentando com o tempo, mas...



Banimento dos CFCs => camada de ozônio voltará ao normal em 2045 (?)

pensar global

Recycle

agir local



Reduza

Reuse

www.astro.iag.usp.br/~daminelis