



FCHg!

Discover
the energy
of hydrogen

Grzegorz Karwasz
Anna Kamińska

Universidade de Nicolau Copérnico

Material didático: Ensino secundário

Parte I: Mudanças de clima

Do mundo inteiro chegam as notícias alarmantes



Focus (Itália), 2002:

O clima fica louco
A culpa é de Atlântico

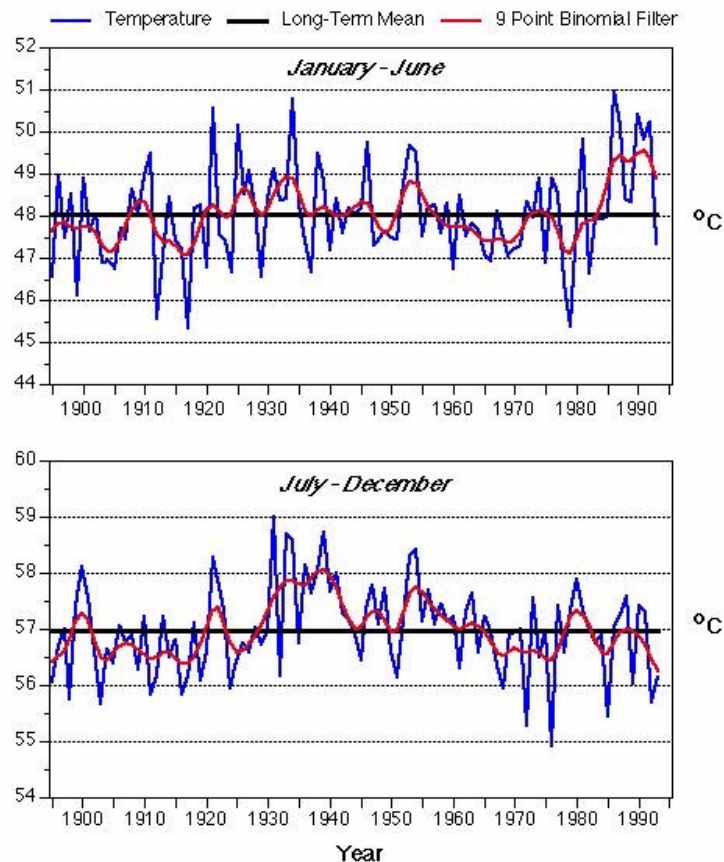
Em 10 anos a queda da salinidade das águas freia a Corrente do Golfo o qual vai congelar a Europa

Hoje: inundações na Europa do Norte, secas no Sul

Devemos reexaminar?

Há algumas mudanças de clima?

U.S. NATIONAL TEMPERATURE
1895 - 1993



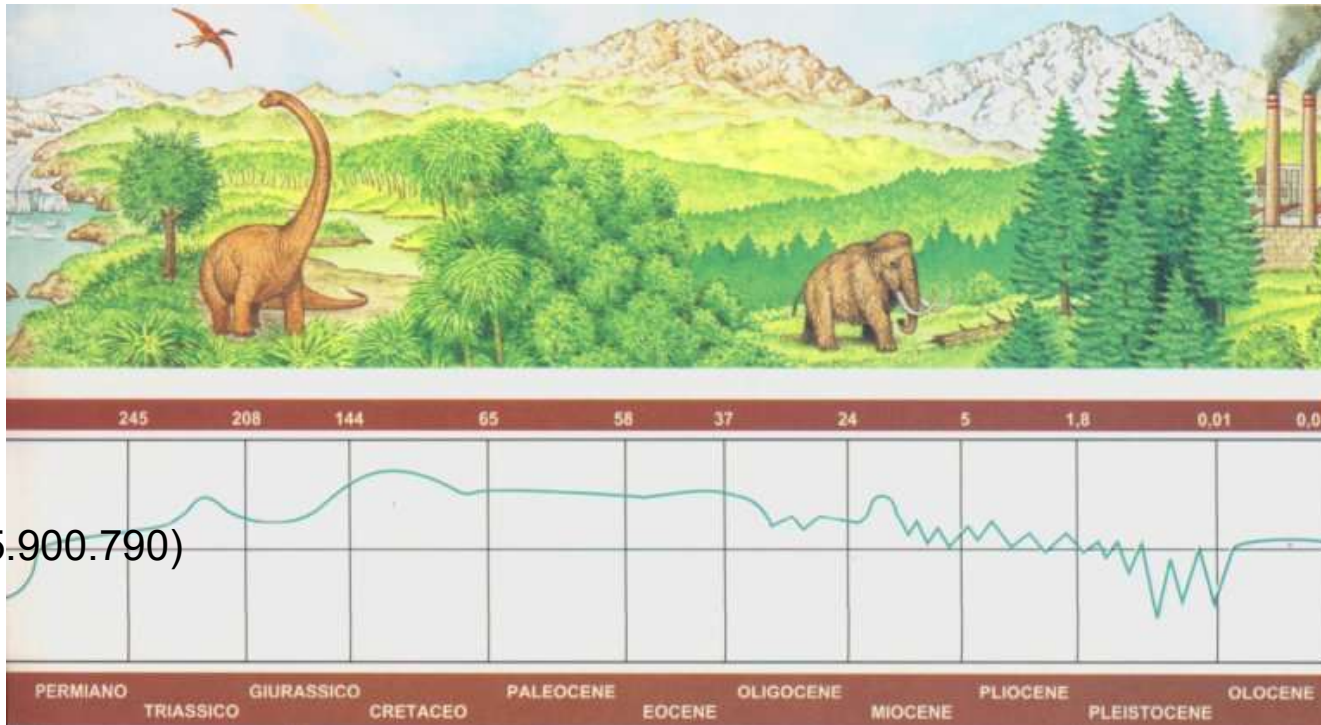
Essa pergunta sobre as mudanças de clima tem sentido básico para os conceitos de utilização das novas tecnologias, as pilhas de hidrogénio inclusive. Nos últimos anos houve mudanças de clima?

Na ilustração ao lado, copiada no ano 1996 por GK do relatório de US National Ocean and Atmosphere Agency, resulta que não!

Alguma oscilação de temperatura foi observada entre o ano 1900 e 1990, talvez o seu aumento no hemisfério norte mas equilibrado pela queda no hemisfério sul.

Um momento! Que é o que significa estações de ano janeiro - junho e julho - dezembro? InvernoPrimavera e VerãoOutono?

Alguém disse que as mudanças do clima na Terra aconteceram muitas vezes na história



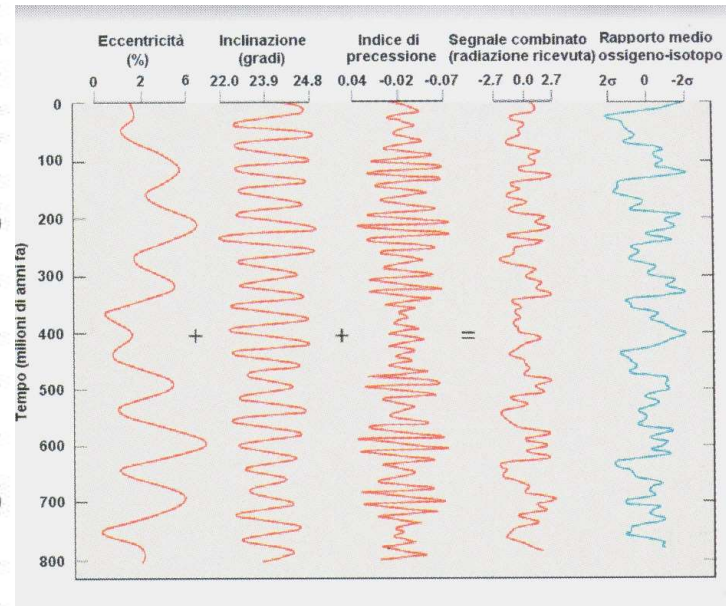
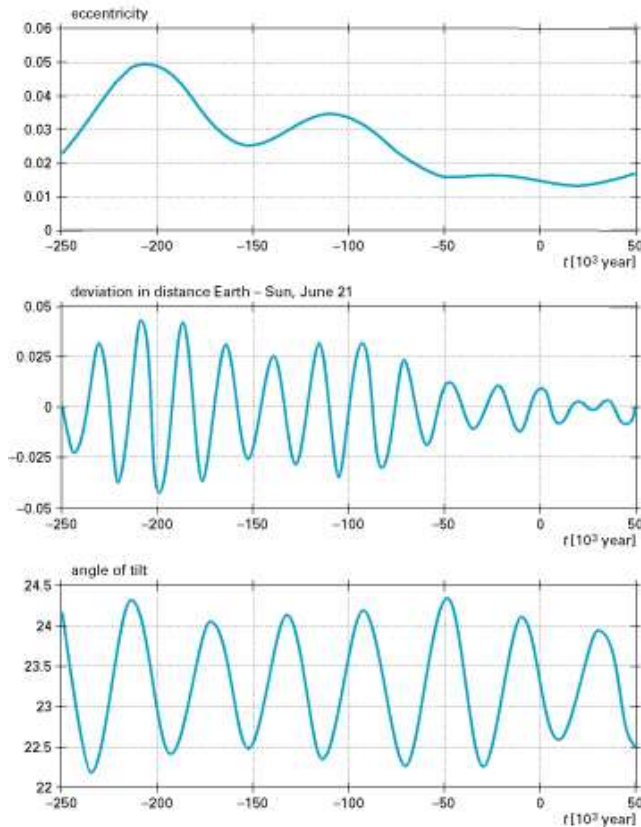
Scienze, edição italiana de Scientific American, ~2002

Essa ilustração amostra não somente que as mudanças de clima aconteciam muitas vezes mas que o clima há 100-200 milhões anos (na época de dinossauros) era muito mais quente.

As oscilações "aceleraram" durante o último milhão de anos, houve rápidos passos das épocas de glaciares aos períodos mais quentes entre elas.

(Olha que a escala de tempo é logarítmica.)

Sim! O clima sempre mudava. São conhecidos, por exemplo, os ciclos astronômicos (Milankovica)



"O motor" para o clima na Terra é a radiação solar: 1340 W/m². É a constante solar que oscila entre 0.1%.

A fonte de algumas mudanças são, entre outros, as perturbações periódicas dos parâmetros da órbita terrestre:

- "achatamentos" do elipse
- inclinação do eixo de revolução terrestre
- distância do sol

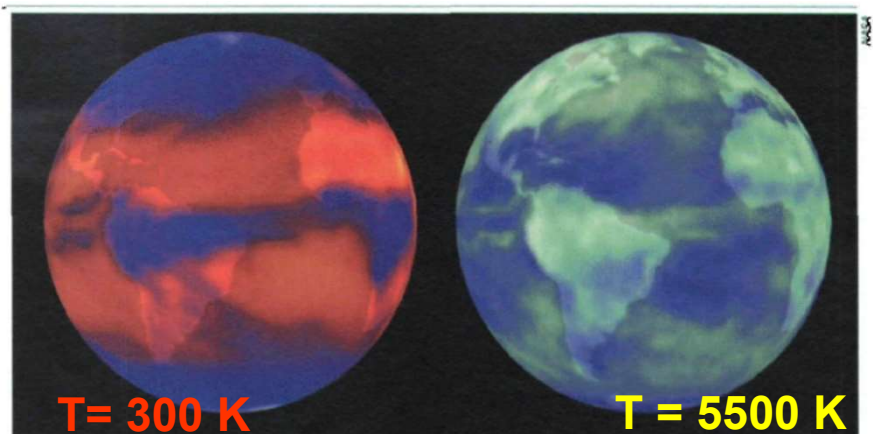
Cada uma dessas mudanças tem o seu período característico, medido em milhares (e até em dezenas e centenas de milhares) de anos. No total cobre com a variabilidade das épocas glaciares e é visível nas mudanças de temperatura (medição ¹⁸O).



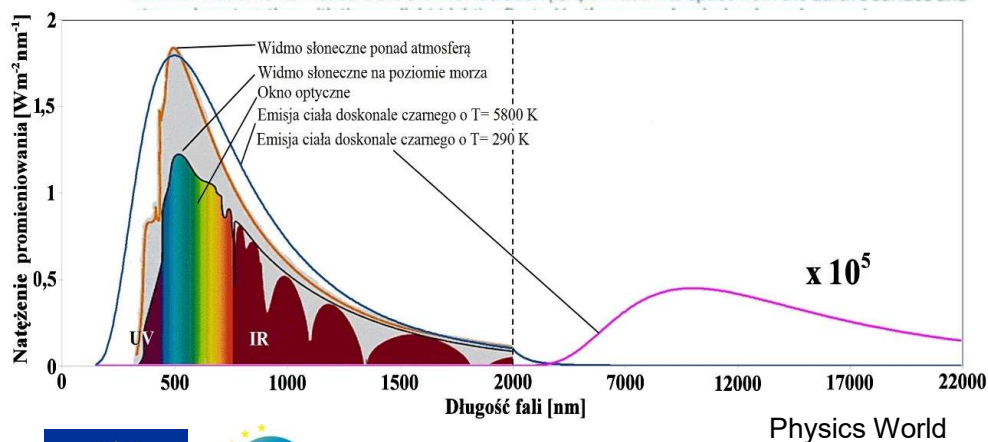
Fonte: Scienze

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Então a atividade humana não afeita? Primeiro, temos de perceber o mecanismo...



Satellite instruments measure the thermal radiation (left) emitted into space from the Earth's surface and



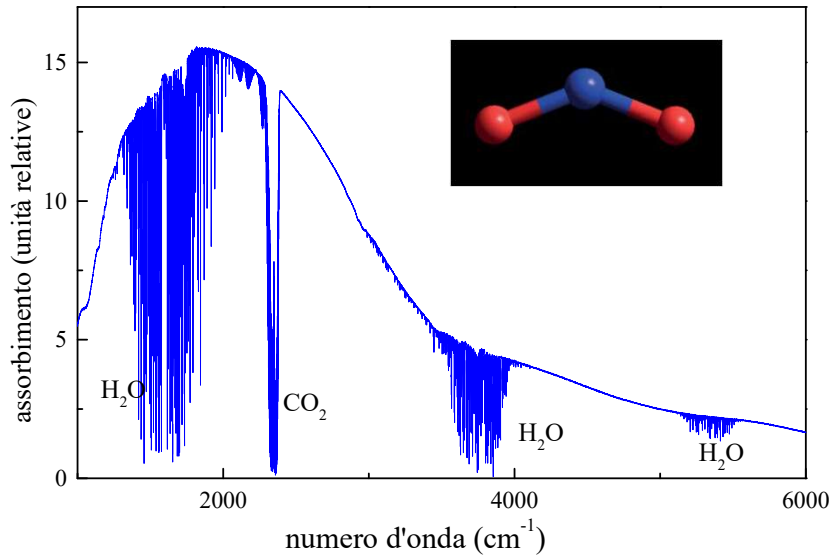
A terra fica na condição de equilíbrio *termodinâmico*, então, a mesma quantidade da energia que procede do Sol deve ser emitida. Há uma diferença.

Consideramos o sol como o corpo perfeitamente preto com a temperatura de 5500 K (quer dizer que emite a luz visível, ver a curva à esquerda, no painel inferior). A temperatura média da Terra são 300 K o qual corresponde à emissão infravermelha.

O painel superior amostra a reflexão da luz visível (à direita) e a emissão no infravermelho: o mais quente, em média, é a Sahara e as zonas intertropicais.

O painel inferior amostra também que na luz visível a atmosfera é quase transparente. Não é assim no infravermelho. Afeita muito no equilíbrio de energia.

A atmosfera terrestre *não* é transparente no infravermelho. A causa são as quantidades residuais dos gases poliatômicos



Os gases poliatômicos, contrariamente a N₂, O₂ e Ar (são componentes principais da atmosfera terrestre) absorvem a radiação infravermelha (IR). Isto acontece porque podem vibrar (quer dizer: a radiação infravermelha suscita as vibrações). A partícula especialmente eficaz que absorve a radiação infravermelha IR é a molécula H₂O: demais da vibração também pode virar. O sintoma disso são os "pentes" no espectro da absorção.

CO₂ não é tão eficaz na absorção da radiação IR, mas como podemos ver no espectro, "fecha" a janela aberta por H₂O. Então, o gás principal de efeito invernadero é o H₂O, mas o CO₂ atua como regulador de temperatura.

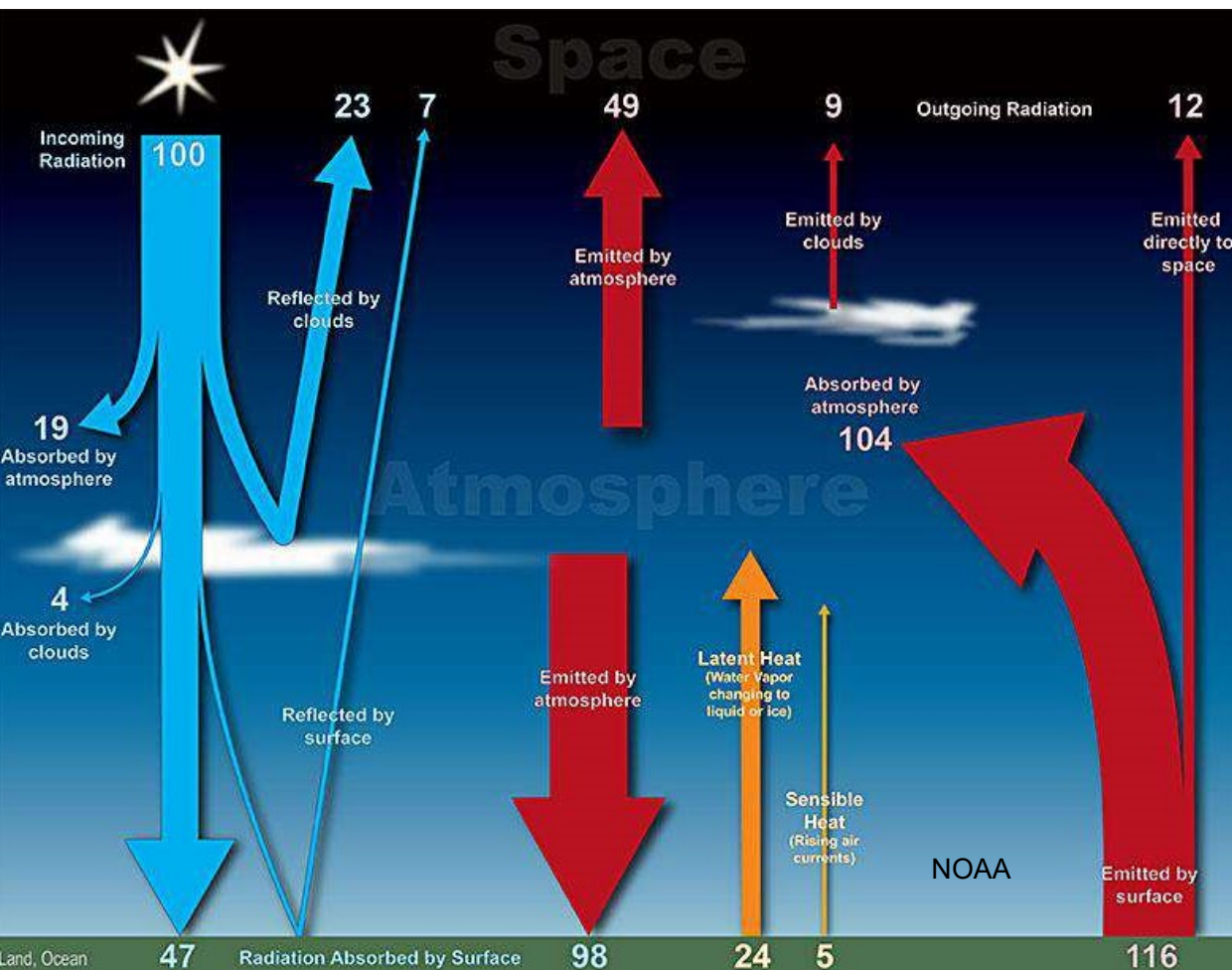
A feather blanket above Earth



H₂O: -18°C → +15°C **CO₂: +15°C → ?**



Por causa da presença da atmosfera, o balanço energético da Terra é complicado...



O equilíbrio energético da Terra baseia-se na energia que procede do Sol (100%), energia reflectida pelas nuvens (23%) e a superfície (7%): somente o 47% da energia que cai é absorvida pela Terra.

A maioria da energia absorvida é enviada para o espaço como a radiação IR (seta vermelha). Nesse momento é importante a interação com a atmosfera: IR é absorvido e uma parte dessa energia volta para a superfície.

Isto faz que a quantidade total da energia que a Terra *utiliza* é 116%.

É como no caso dos jogadores de ténis de mesa com experiência: parece que jogam com mais de uma bola.

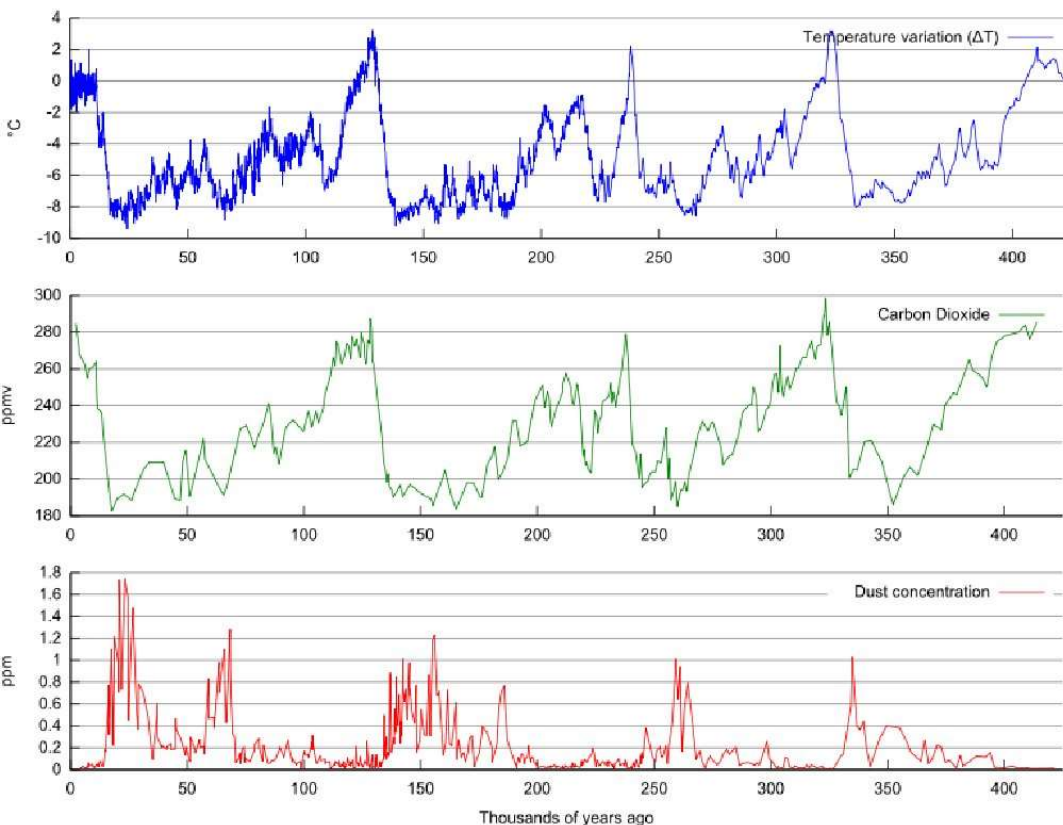
Existe a correlação entre o conteúdo de CO₂ e de temperatura da Terra?

Percebemos já o mecanismo de absorção da luz infravermelha na atmosfera e o balanço de energia. Podemos verificar com base nos dados paleontológicos a existência da relação entre o conteúdo do CO₂ e da temperatura média da Terra?

Com base nas investigações dos gelos antárticos podemos determinar a T e o conteúdo do CO₂ até o período de há 400 mil anos (T é determinado pelo conteúdo do ¹⁸O que é menor com a menor T^*).

Uma forte relação da **temperatura** (curva superior) com o conteúdo do **CO₂** (curva central) **não é discutida**.

A poeira na atmosfera (por exemplo, volcanica) reduz a T (curva inferior)



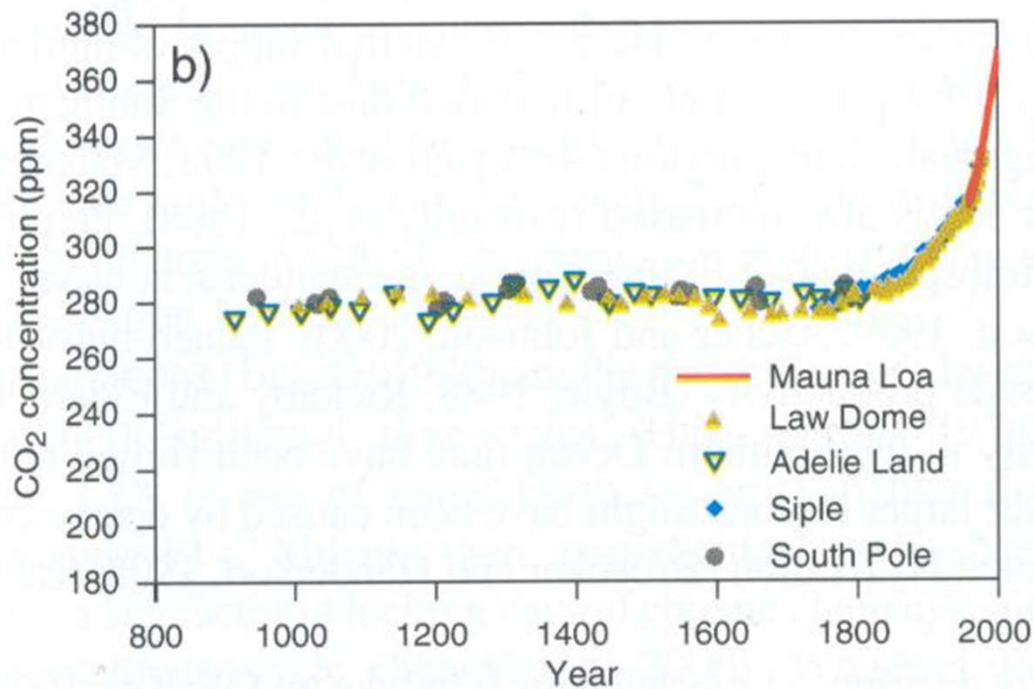
NOAA

* https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_isotope_ratio_cycle



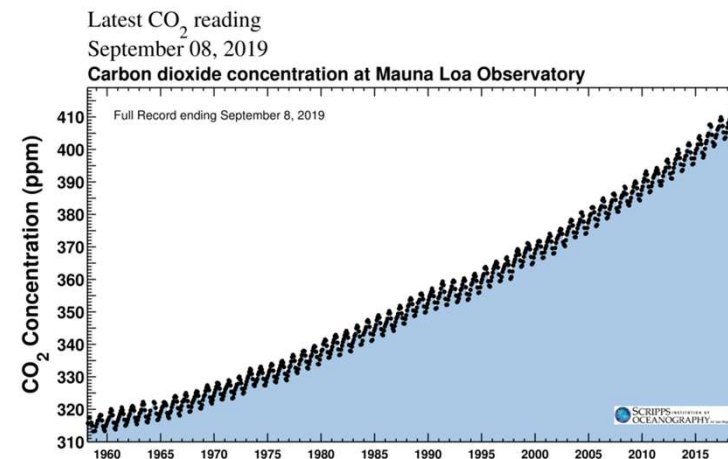
This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Agora vamos verificar os registos históricos do conteúdo do CO₂ na atmosfera



O nível de conteúdo do CO₂ durante os últimos mil anos era estável: **280 ppm**.

O crescimento começou sobre o ano 1850, no início da era industrial.



Fonte: Scripps Institution of Oceanography.

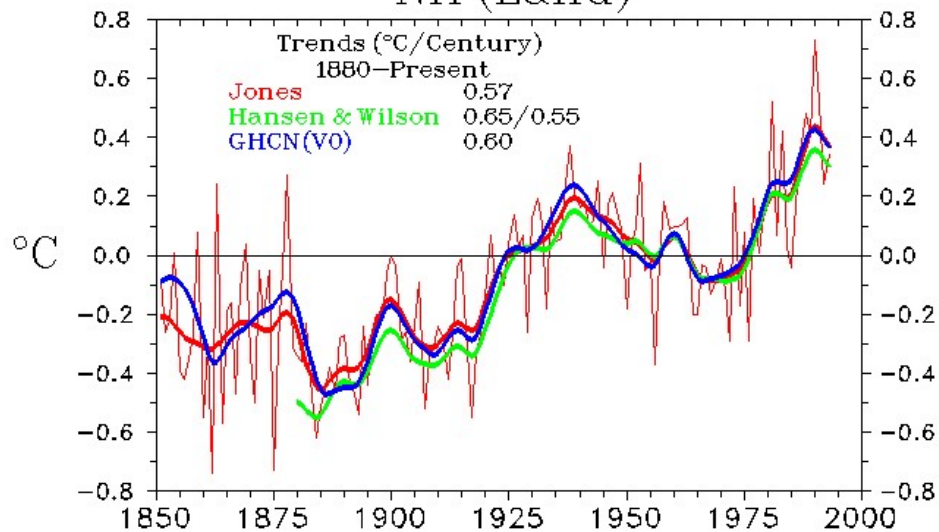
Agora supera os 415 ppm: são quase **50% mais!**



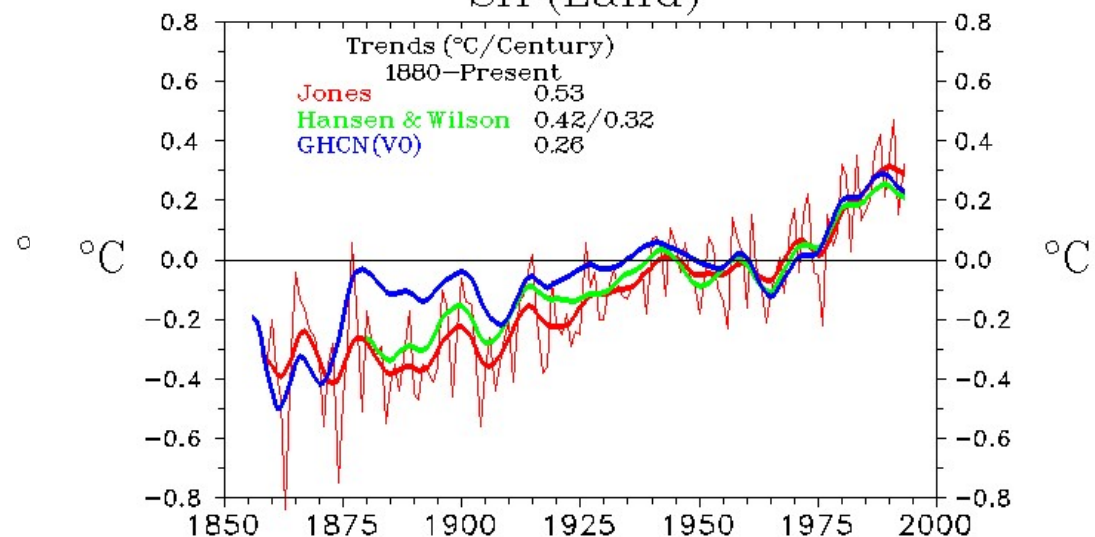
This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Somos prontos para verificar de novo que la temperatura global está a crescer

NH (Land)



SH (Land)



Agora vamos fazê-lo melhor: vamos apresentar os resultados separados para o hemisfério norte (mais terra, quer dizer, mais poeiras) e para o hemisfério sul (mais oceanos).

Sem dúvida: temperatura global (até o ano 1996) cresceu +0.4-0.6°C

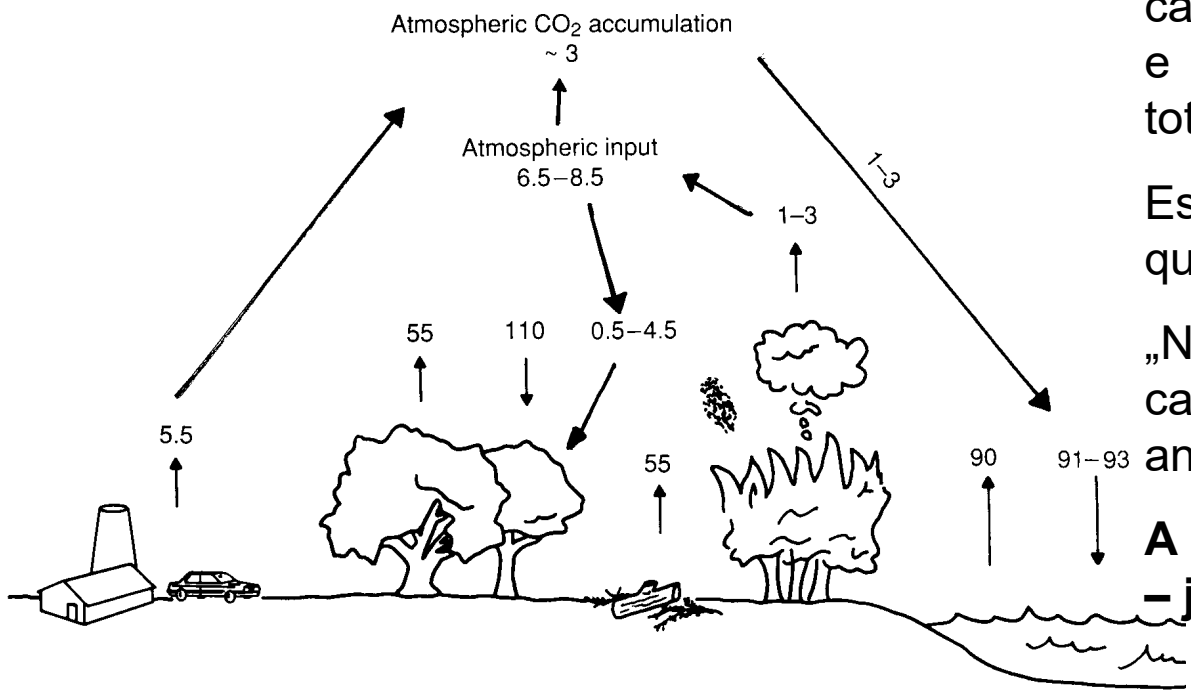


Fonte: NOAA, dados consultados (GK) no 1997.

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

De onde procede tanto carbono no ar?

Equilíbrio global de carbono

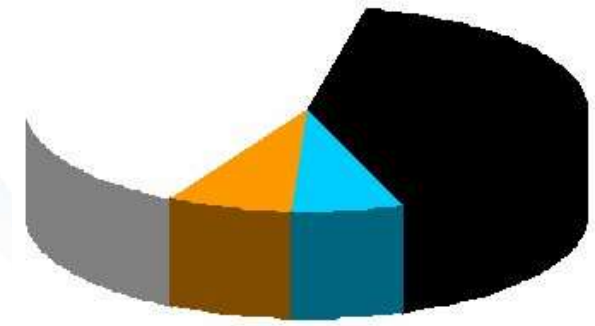


50% da emissão de carbono para a atmosfera de cada ano é transformada pelas plantas. A indústria e o transporte adicionam um 5% da quantidade total de CO₂: a maioria é absorvida pelas plantas.

Essa quantidade - 5% - é conforme com a quantidade dos combustíveis fósseis.

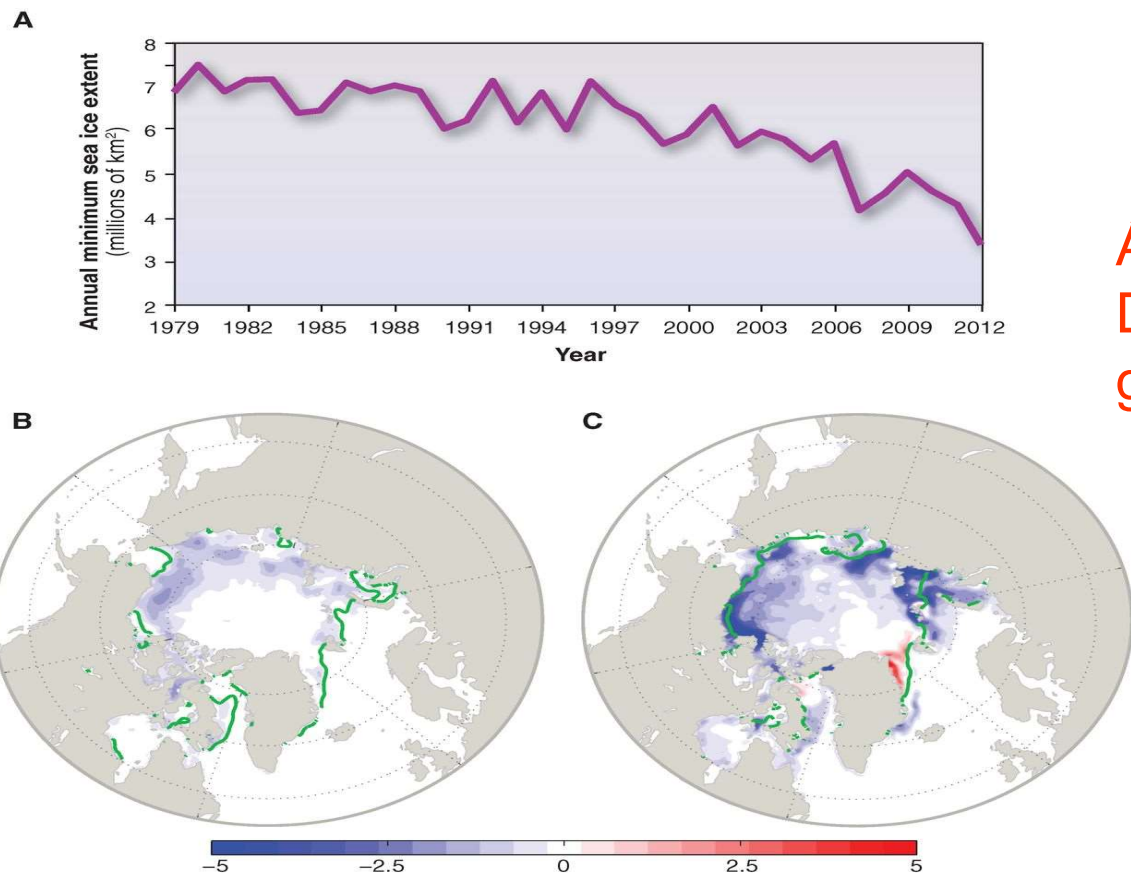
„Nature” (2002) estima as demais reservas: o carbono é suficiente para 202 nos, gás para os 55 anos, petróleo para 37 anos.

A parte do bolo que falha no diagrama a seguir – já consumimos!



Peixoto, Physics and Chemistry of Atmosphere

Fig. 2 Tendências relativas ao gelo do Mar Ártico. A superfície anual mínima do gelo (A) foi reduzida drasticamente nos anos 1979 - 2012.



Ártica:
Desapareceu já a metade do manto de gelo

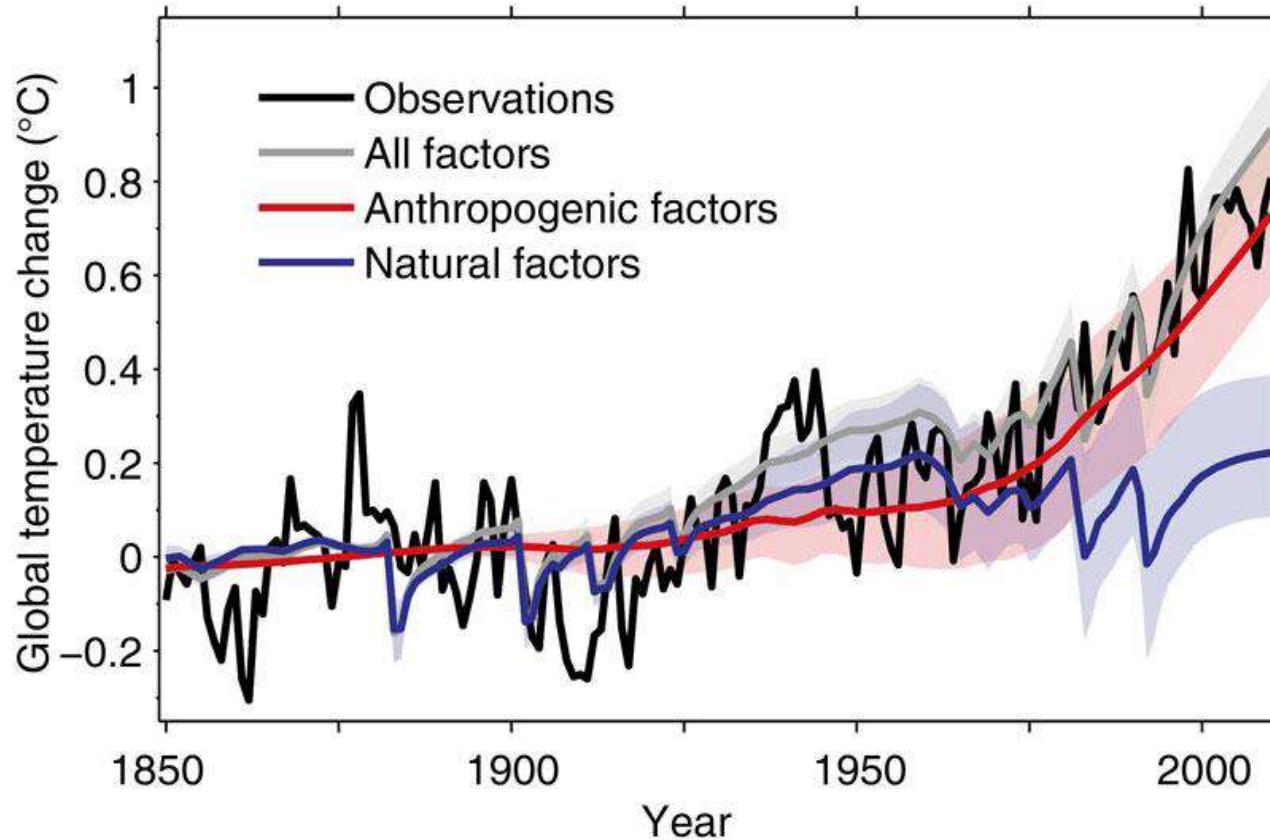
E Post et al. Science 2013;341:519-524



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.



Os físicos recumem (2012)



Physics World, 2012

O processo do aquecimento global está a acelerar.

Na seguinte etapa, o que sabemos dos registos paleológicos, o clima pode amostrar a instabilidade: a energia adicional "bombeada" no sistema pode reforçar essas perturbações.

A causa das mudanças do clima é a queima das reservas naturais com base no carbono.

As tecnologias de **hidrogénio** não utilizam o carbono.

Sem dúvidas, podem gozar do crescimento do conteúdo do CO₂ as plantas; esse crescimento é nocivo para humanos.

O futuro é muito perto...



Proposta do debate de alunos



- Preparem para a seguinte lição, os argumentos a favor ou contra a argumentação sobre o aquecimento global.
- Tentem de encontrar os diferentes aspetos do problema
- Quais são os mais perigosos?
- Existem algumas vantagens potenciais?
- Discute também o possível custo da atenuação das mudanças do clima, quem deve suportar o custo?



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246.
The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.



Finalizamos com outra
capa da revista "Focus":

**Chega a era de
hidrogénio**

O novo combustível vai
fazer o mundo mais justo,
pacífico e limpo



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246.
The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.