

Introdução à Física Atmosférica, PGF5321

Efeito estufa.

Willian Fernandes dos Santos

IFUSP - 2018

Objetivo do grupo:

- Efeito estufa natural. Gases intensificadores do efeito estufa. Aquecimento global e mudanças climáticas.
- Reconstruções paleoclimáticas. Registros instrumentais de temperatura no globo. Influência da variabilidade solar, vulcões e oceanos sobre o clima.
- Influência humana sobre o clima.

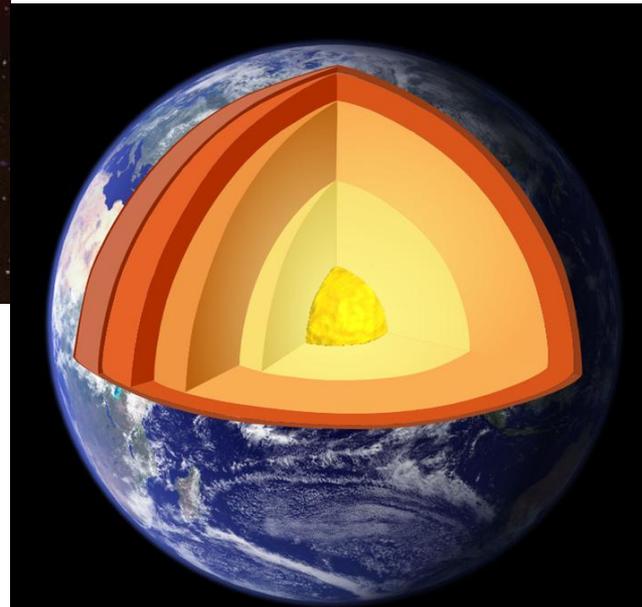
Objetivo da apresentação de hoje:

- Efeito estufa natural. Gases intensificadores do efeito estufa. Aquecimento global e mudanças climáticas.
 - Uma abordagem histórica.

Quais são as fontes que oferece energia na forma de calor para planeta Terra?



Energia que chega do Sol em média 1367 W/ m^2 .



Energia do centro da Terra em média $0,1 \text{ W/ m}^2$.

Termodinâmica e temperatura do planeta.

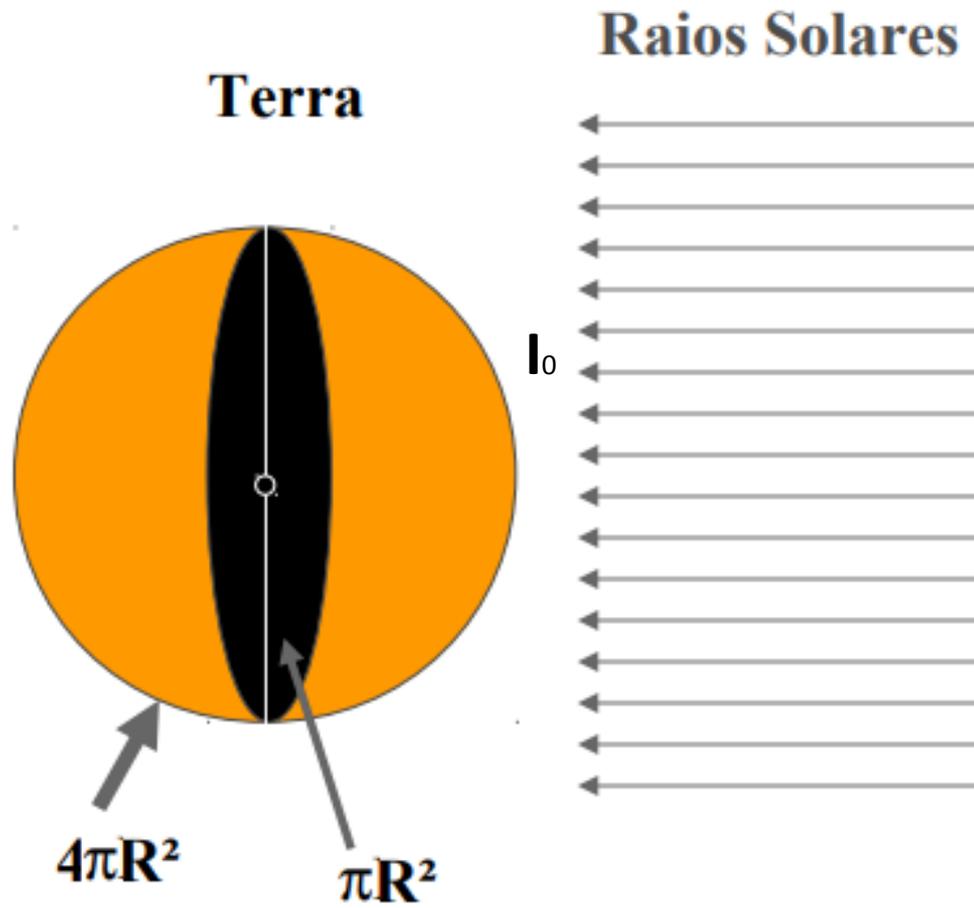
- Como realizar a medida da temperatura da média do planeta (século XIX)?
- Modelo de equilíbrio termodinâmico.
Lei de Stefan-Boltzmann.

Lei de Stefan-Boltzmann

$$E = \sigma T^4$$

onde E é o fluxo de radiação em W/m^2 , σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$) e T é a temperatura em Kelvin.

Modelo:



Considerando que a radiação absorvida pela Terra, é:

$$E_A = S(1-a)/4$$

Mais a Lei de Stefan-Boltzmann

Considerando que o sistema está em equilíbrio dinâmico.

$$\sigma \cdot T^4 = S(1-a)/4 \Rightarrow T^4 = S(1-a)/(4 \cdot \sigma)$$

$$T^4 = 1368,5 \times (1 - 0,3) / (4 \times 5,67 \times 10^{-8})$$

$$T = 255 \text{ K ou } T = -18^\circ\text{C}$$



O que estaria faltando considerar?

Na concepção de Fourier, dois cenários poderiam estar acontecendo: ou pouco calor estava chegando a Terra, ou muito calor estava sendo emitido de volta ao espaço. Após estudar as variáveis de seus cálculos notou o papel dos gases da atmosfera como isolante térmico e considerou-os em seus novos cálculos.

François Marie Charles Fourier



1772 - 1837

Propõem que, parte da energia que é refletida é absorvida pela atmosfera.
Criando assim um cobertor. (Efeito Estufa)

Fourier descobriu que uma maior parte da energia que a Terra irradia é dissipada para o espaço, mas outra parte fica retida nos gases da atmosfera. Fourier então foi o primeiro a constatar o efeito estufa, e caracterizá-lo como um potencial agente ligado a manutenção da temperatura média do planeta.

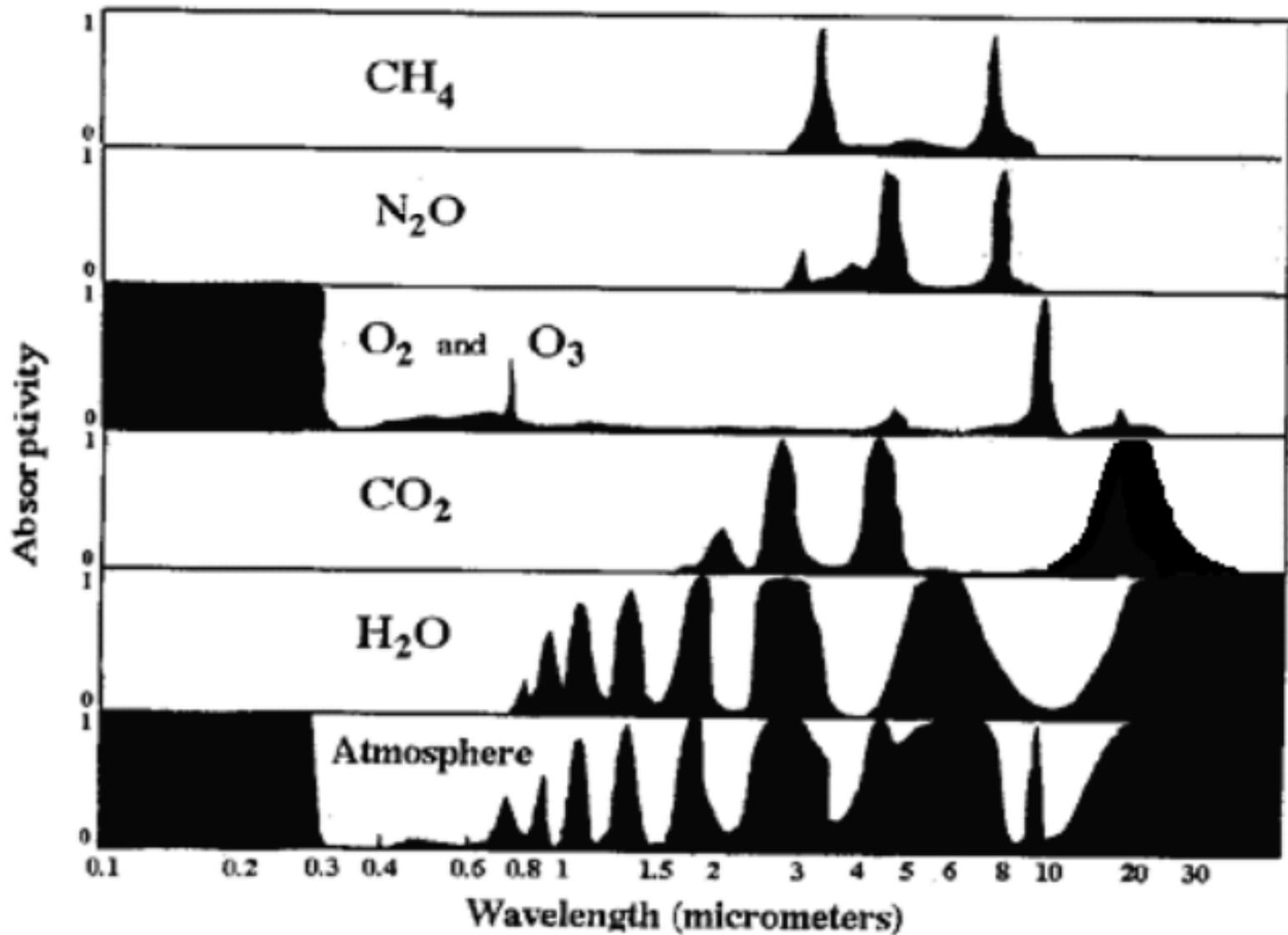
Na correção da equação, insere-se então o elemento “G” que representa o quanto o planeta Terra irradia de calor, e o elemento $1-G$ que representa quanto desta irradiação é retida pelos gases da atmosfera – que, evidentemente, é menor que a total irradiada

Como o elemento G é igual a 0.4 (ou 40%) resulta em uma temperatura média do planeta de 288°K, ou 16°C. Esta foi a primeira modelagem de temperatura média global, e obviamente, passou por refinamentos conforme os instrumentos de medição ficaram mais precisos chegando a 14°C adicionando o que houve de aquecimento desde 1880.

Quais as moléculas que causam o efeito estufa e quais as suas concentrações(século XX)?

Svante August Arrhenius (1859 - 1927)





Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço.

Fontes: MITCHELL, 1989; IPCC, 2007

Gás	Concentração (ppm)	Aquecimento Estufa ($W.m^{-2}$)	Variación desde o ano 1750 até ~2005 ($W.m^{-2}$)
vapor de água (H_2O)	~3000	~100	
dióxido de Carbono (CO_2)	345 (379)	~50	1.66
metano (CH_4)	1.7 (1.774)	1.7	0.48
óxido nitroso (N_2O)	0.30	1.3	0.16
ozônio (O_3) na Troposfera	$10-100 \times 10^{-3}$	1.3	0.35
CFC 11	0.22×10^{-3}	0.06	0.06
CFC 12	0.38×10^{-3}	0.12	0.12
Todos Halocarbonos		0.34	0.34

Gases atmosféricos.

Gás	Porcentagem	Partes por Milhão
Nitrogênio	78,08	780.000,0
Oxigênio	20,95	209.460,0
Argônio	0,93	9.340,0
Dióxido de carbono	0,035	350,0
Neônio	0,0018	18,0
Hélio	0,00052	5,2
Metano	0,00014	1,4
Kriptônio	0,00010	1,0
Óxido nitroso	0,00005	0,5
Hidrogênio	0,00005	0,5
Ozônio	0,000007	0,07
Xenônio	0,000009	0,09

O Papel da Atmosfera

Gases Estufa: absorvem pouca radiação solar e retêm na atmosfera a radiação emitida pela Terra

* **Vapor de água.** É o principal gás estufa. Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 3000ppm. É gerado principalmente através da evaporação das águas dos oceanos, rios e lagos.

* **CO₂** . Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 345 ppm e um tempo de residência de 7 anos (Ramanathan, 1985). É gerado através da queima de combustíveis, nas emissões dos carros, queimadas e também, por formas naturais, como, por exemplo, a respiração e a decomposição de matéria orgânica por bactérias.

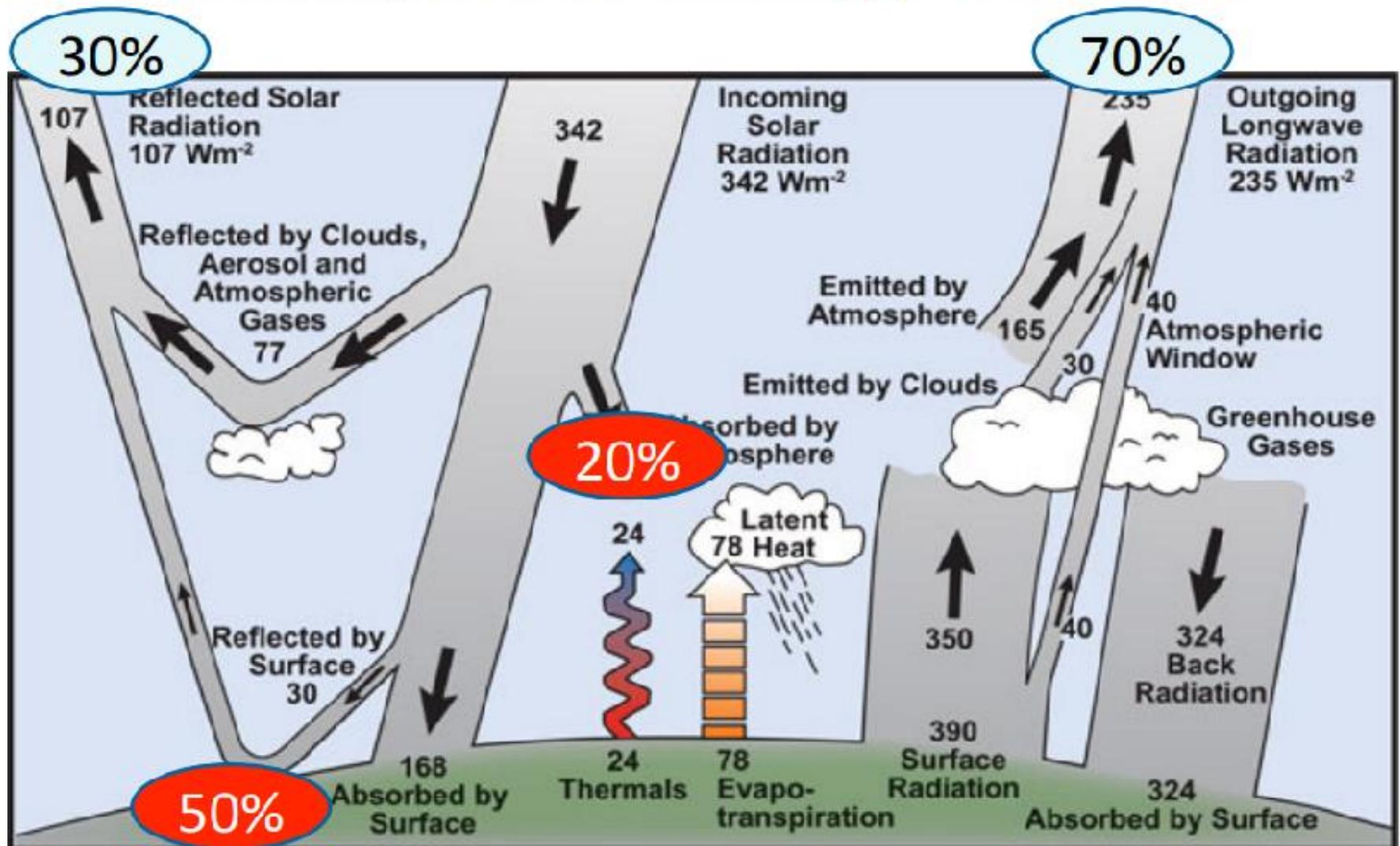
* **CH₄** : Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 1,7 ppm e um tempo de residência de 10 anos (Ramanathan, 1985). É obtido através de atividade micro-orgânica, queima incompleta de biomassa e gás natural.

* **N₂O** : Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 0,3 ppm e um tempo de residência de 170 anos (Ramanathan, 1985). É gerado pela ação bactericida nos solos, fertilizantes.

* **CFC:** Existem vários tipos. Em média possuem uma concentração de aproximadamente 0,0002 ppm. O tempo de residência varia com o tipo. O CF₂ClCF₂Cl (CFC – 114), por exemplo, possui um tempo de residência de 300 anos (Ramanathan, 1985). São muito utilizados em sprays, motores de aviões, plásticos e solventes utilizados na indústria eletrônica.

* **Ozônio:** é resultado de reações fotoquímicas. Próximo à superfície terrestre é gerado especialmente por gases emitidos pelos veículos.

Atmospheric Energy Balance



CO₂

Quanto de gás Carbono tem na
atmosfera?

Quanto de gás Carbono tem na
atmosfera?

Charles Keeling

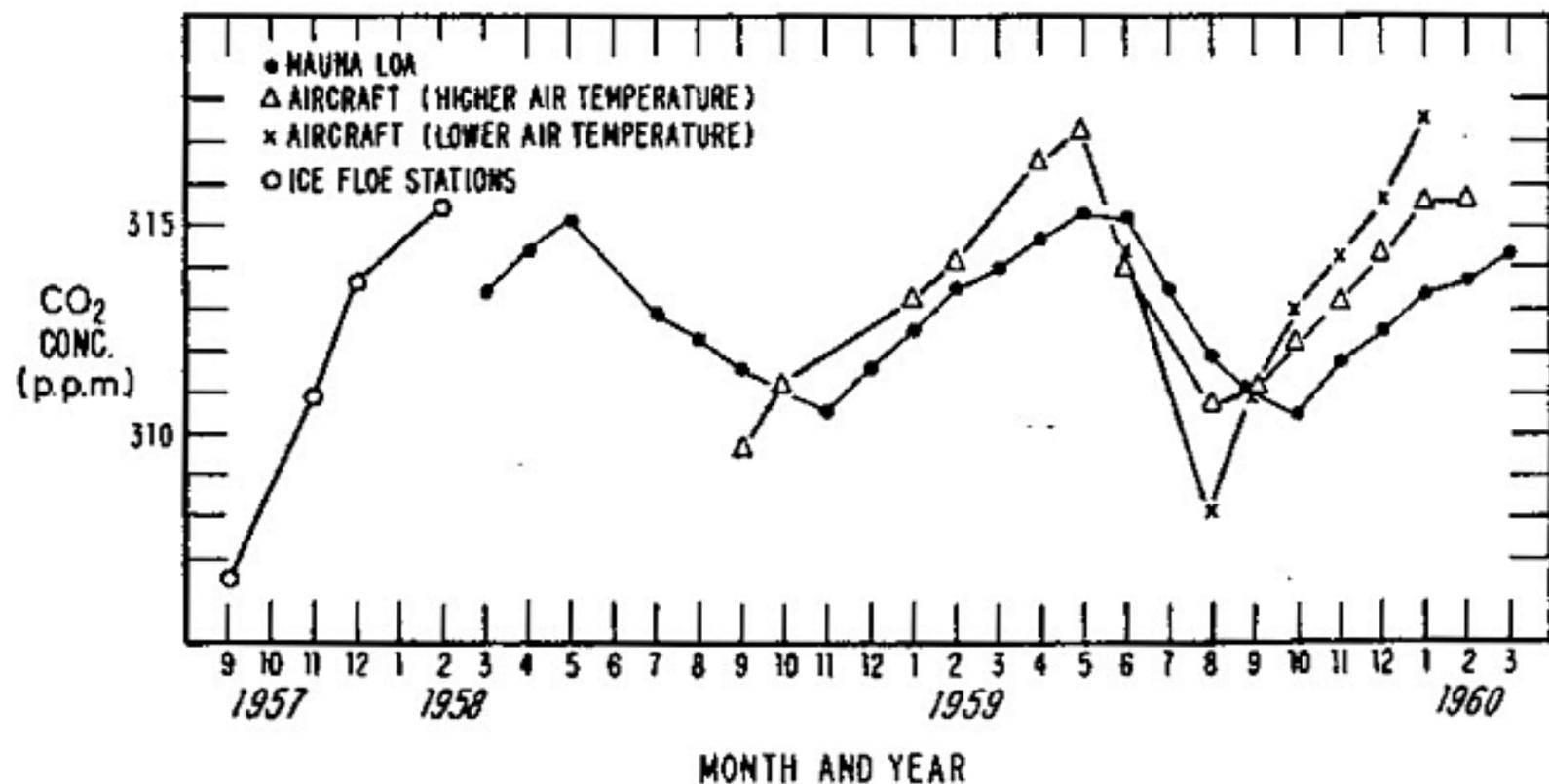
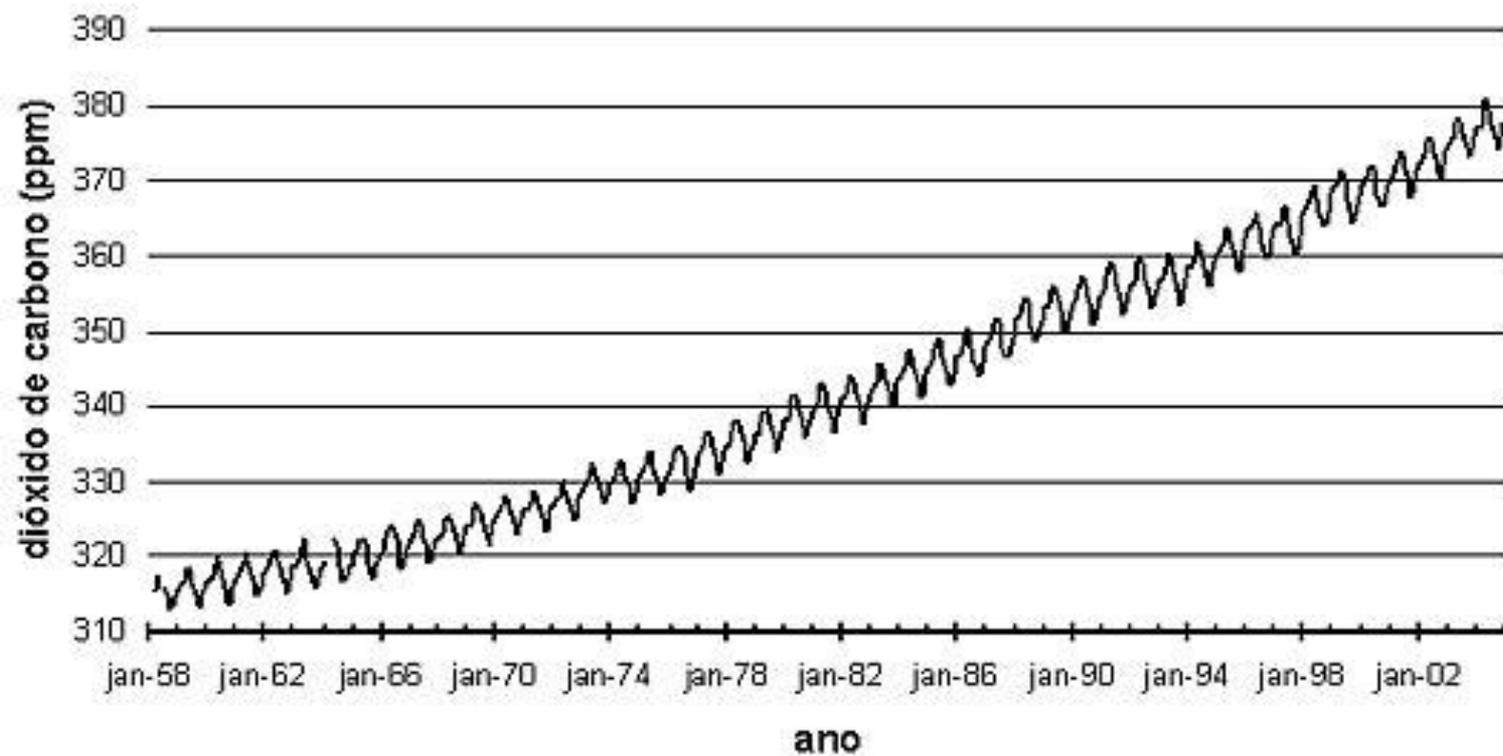


Fig. 1. Variation in concentration of atmospheric carbon dioxide in the Northern Hemisphere.

https://www.youtube.com/watch?v=Her9H-no1_4&t=4s

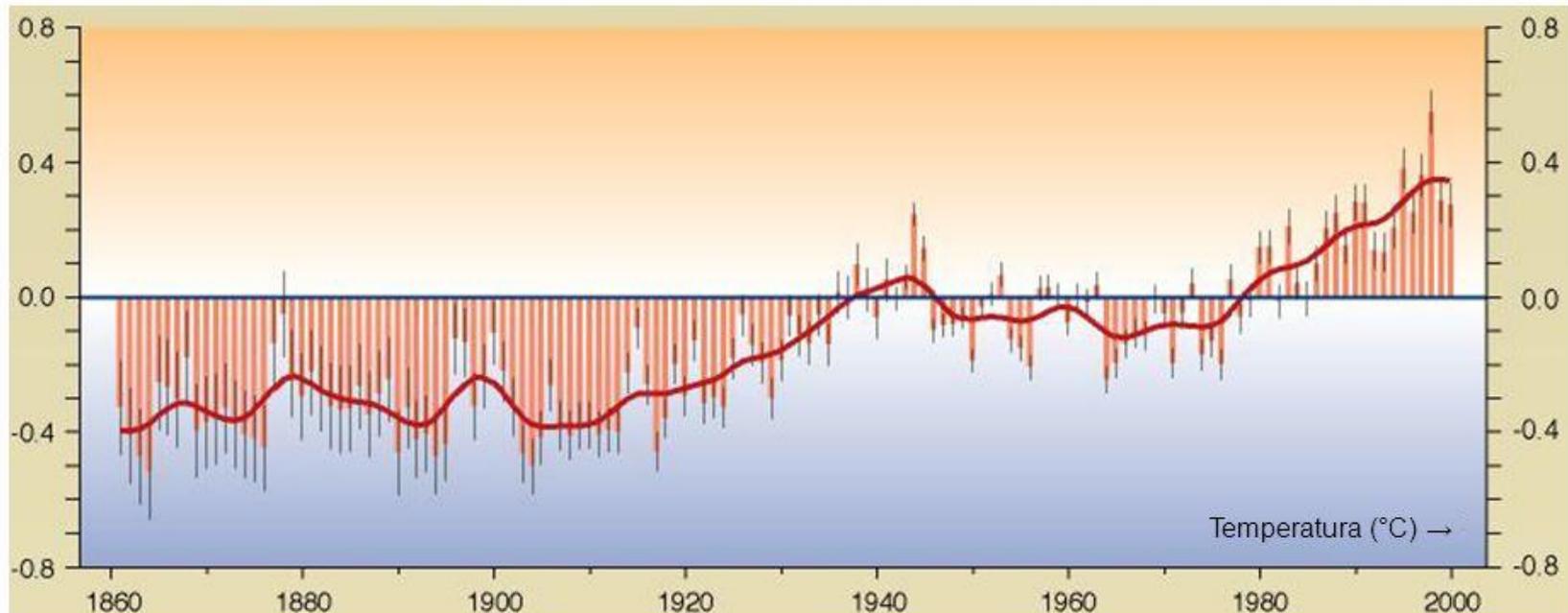
A curva de Keeling



O clima.

- O clima é um conceito abstrato e complexo que envolve dados de temperatura, umidade, tipos e quantidade de precipitação, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, radiação solar, tipo de nuvens e a área que cobrem, bem como outros fenômenos do tempo como nevoeiro, tempestades, geadas e as relações entre eles (Britannica, 2001)

Mudança na temperatura da terra nos últimos 140 anos



- As diferenças anuais são apresentadas com relação à média do período 1961-1990
- Os dados representam os desvios da temperatura média de 1860 até o ano 2000

Bibliografia:

- Notas de aulas Professor: Henrique de Melo Jorge Barbosa
http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap4_monitoramento_poluentes_2007.pdf
- J.H. Seinfeld e S. N. Pandis, "Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change", John Wiley & Sons, New York, 1998.
- Daniel Jacob, Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 1999.
- Brasseur, G.P., Orlando, J.J., Tyndall, G.S., - Atmospheric Chemistry and Global Change, Oxford University Press, New York, 1999.
- Wallace, J.M. e Hobbs, P.V. - Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press, New York, 2006