

Mudanças climáticas globais

Humberto Rocha

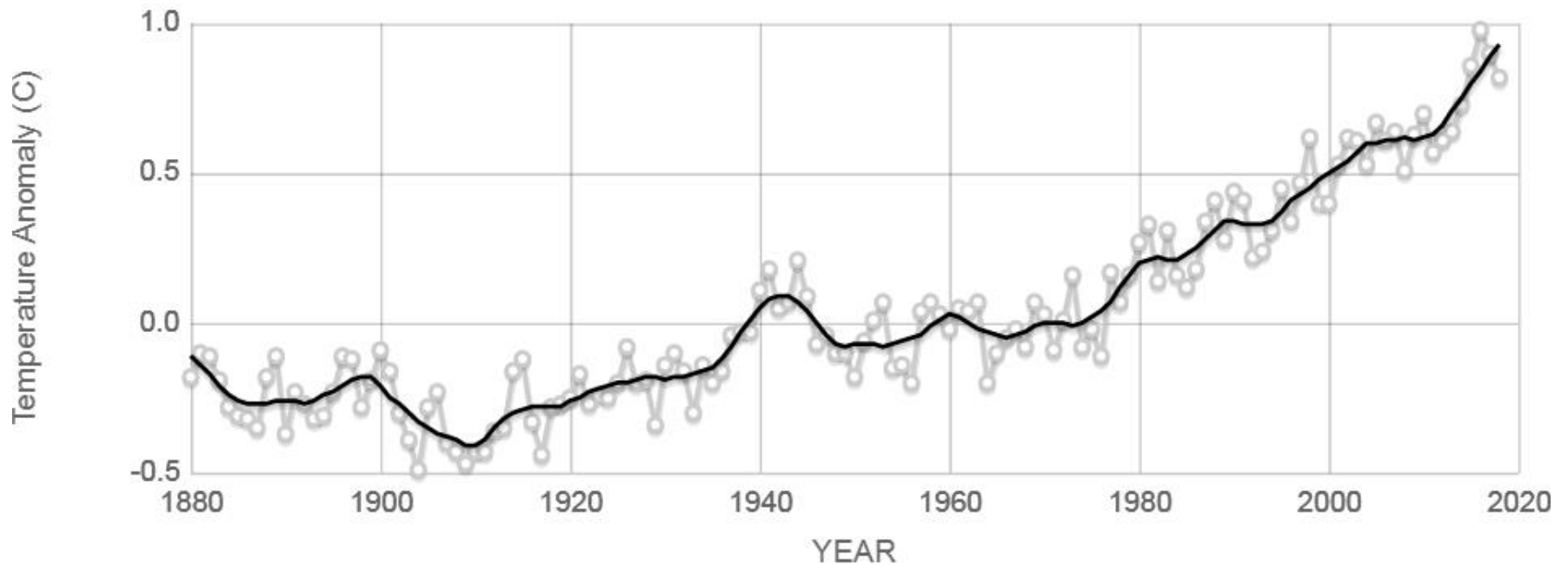
Professor Titular

humberto.rocha@iag.usp.br

**O que são as mudanças
climáticas globais ?**

Que são as mudanças climáticas globais ?

o fenômeno do aquecimento global

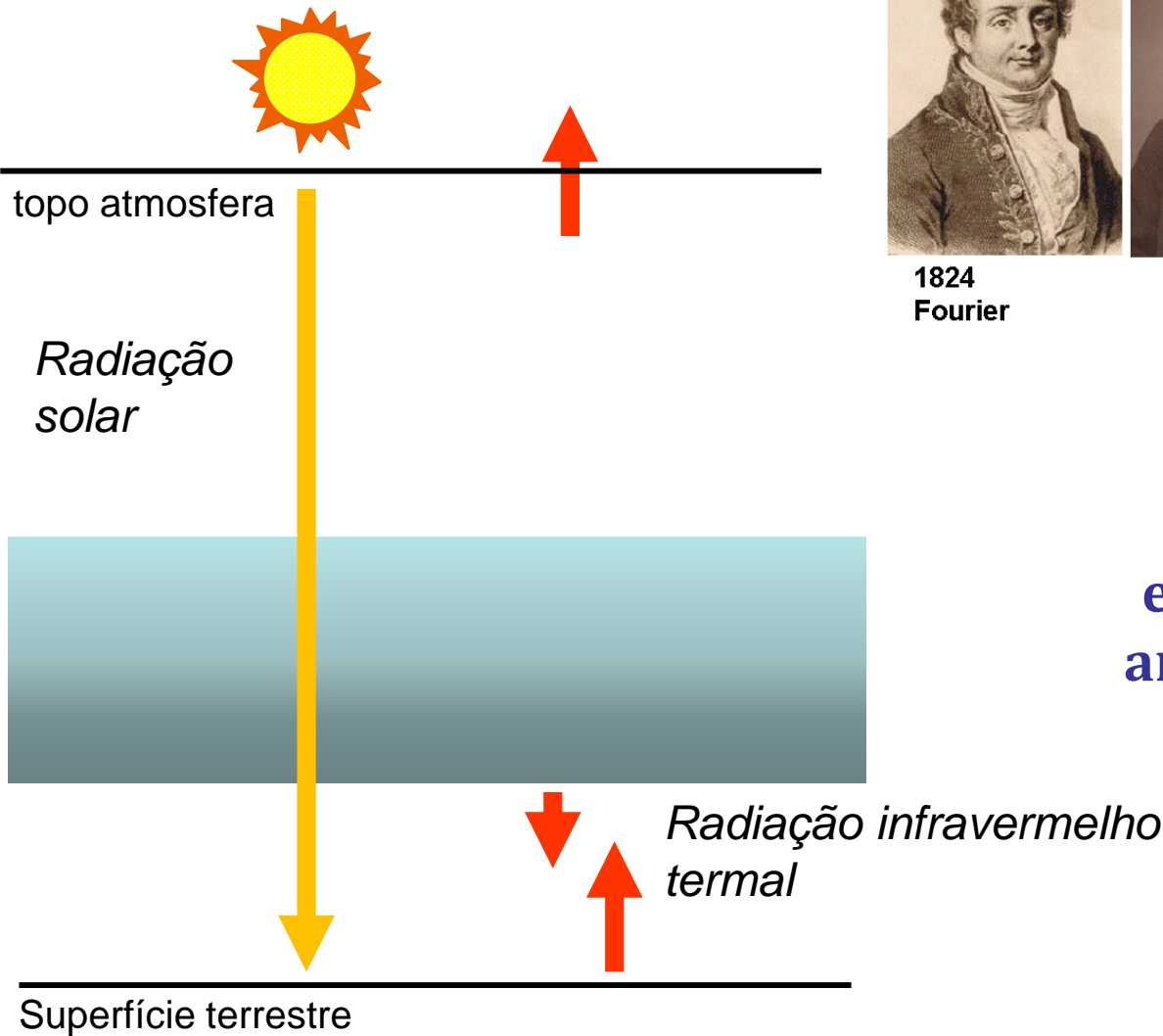


Source: climate.nasa.gov

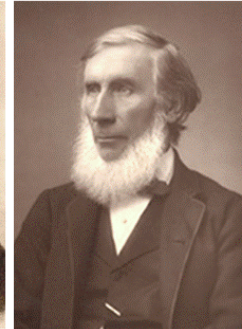
O derretimento do gelo do Ártico nos últimos 30 anos



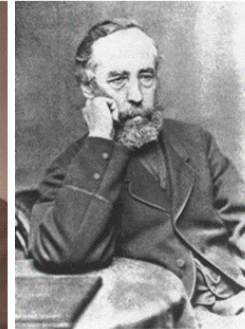
Atribuição de causas: o efeito estufa



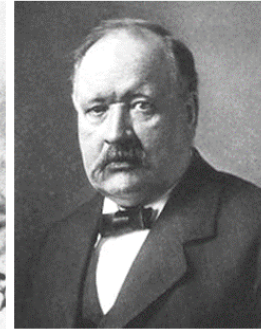
1824
Fourier



1854
Tyndall



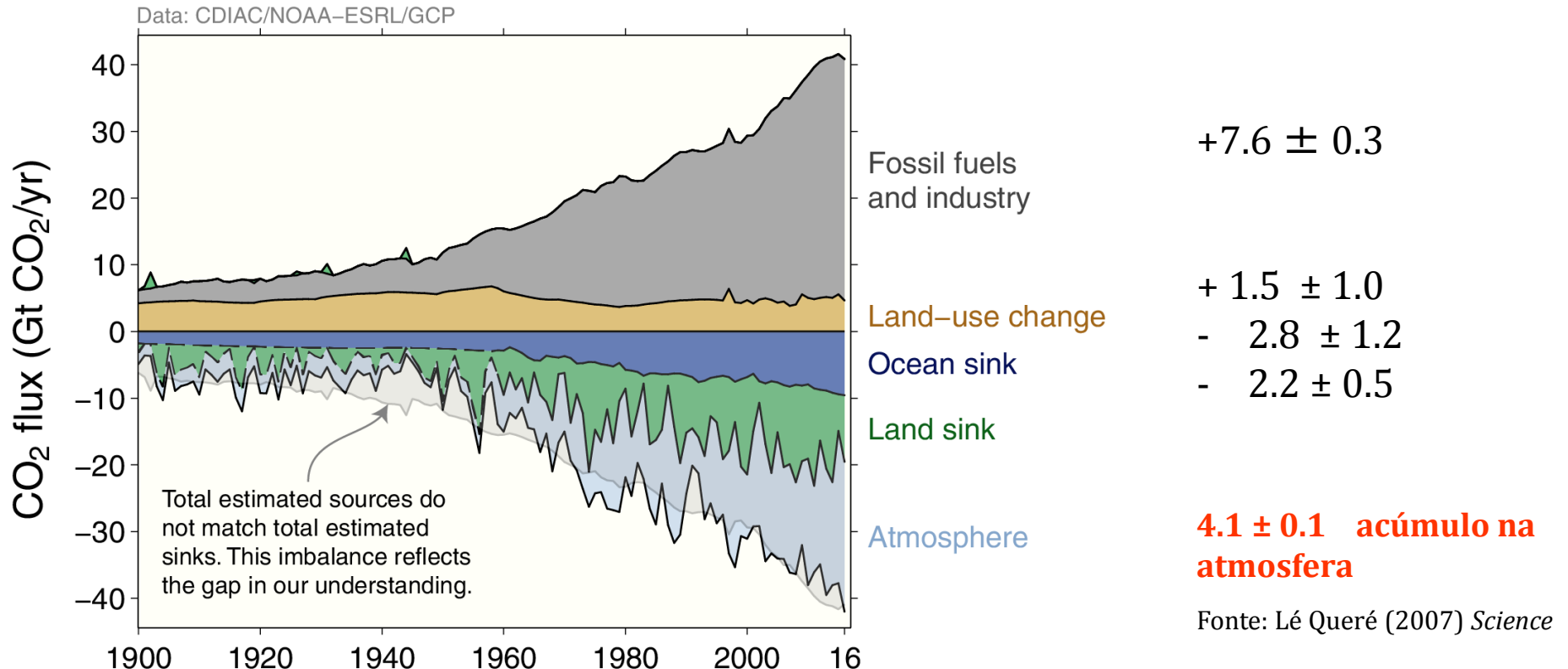
1864
Croll



1896
Arrhenius

**efeito estufa natural e
antrópico: duas origens
diferentes**

Fluxos naturais } -120 (photosynthesis)
 + 64 (plant respiration)
 + 56 (heterotrophic respiration)



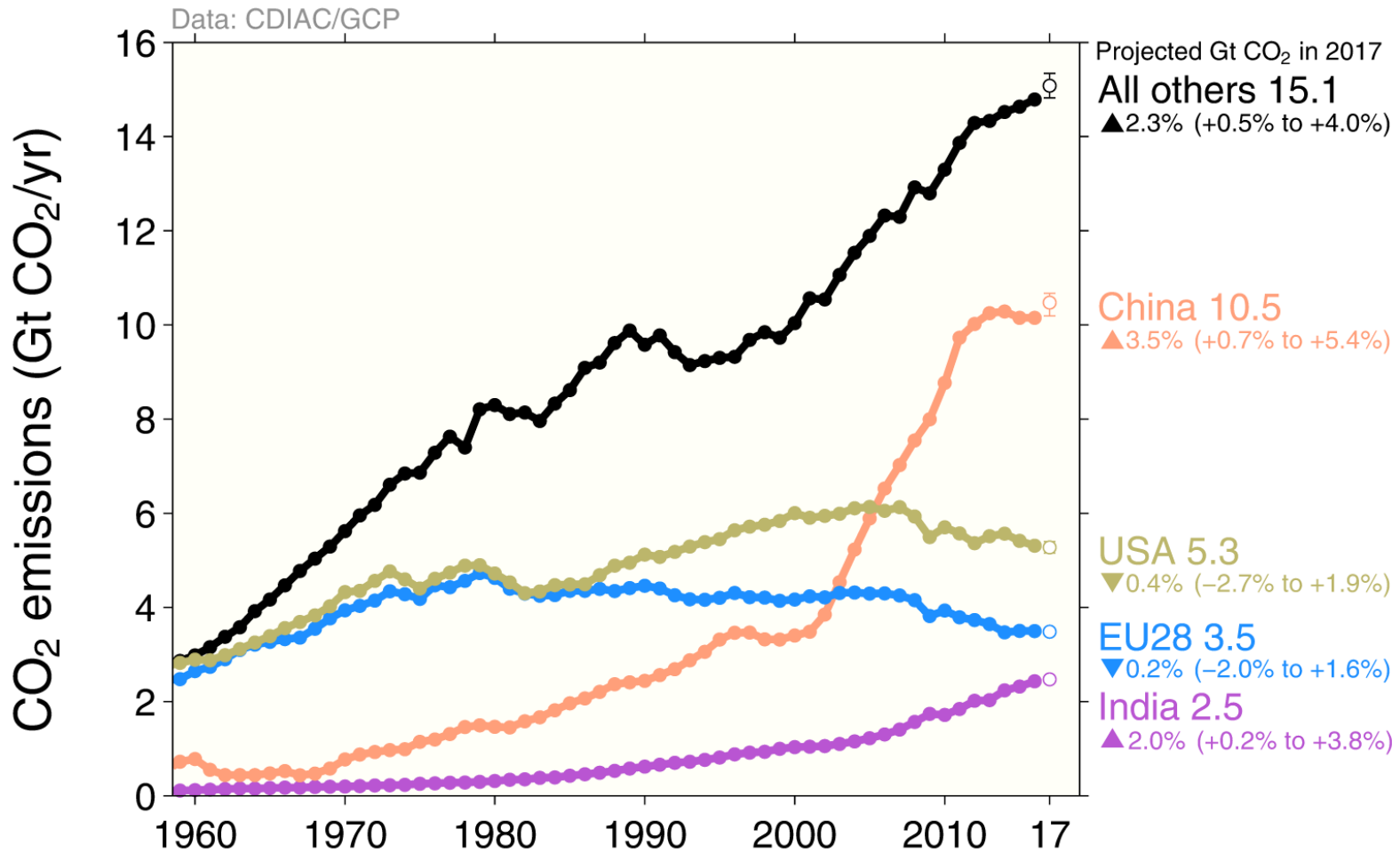
Fonte: Lé Queré (2007) *Science*

Consumo de energia médio per capita global

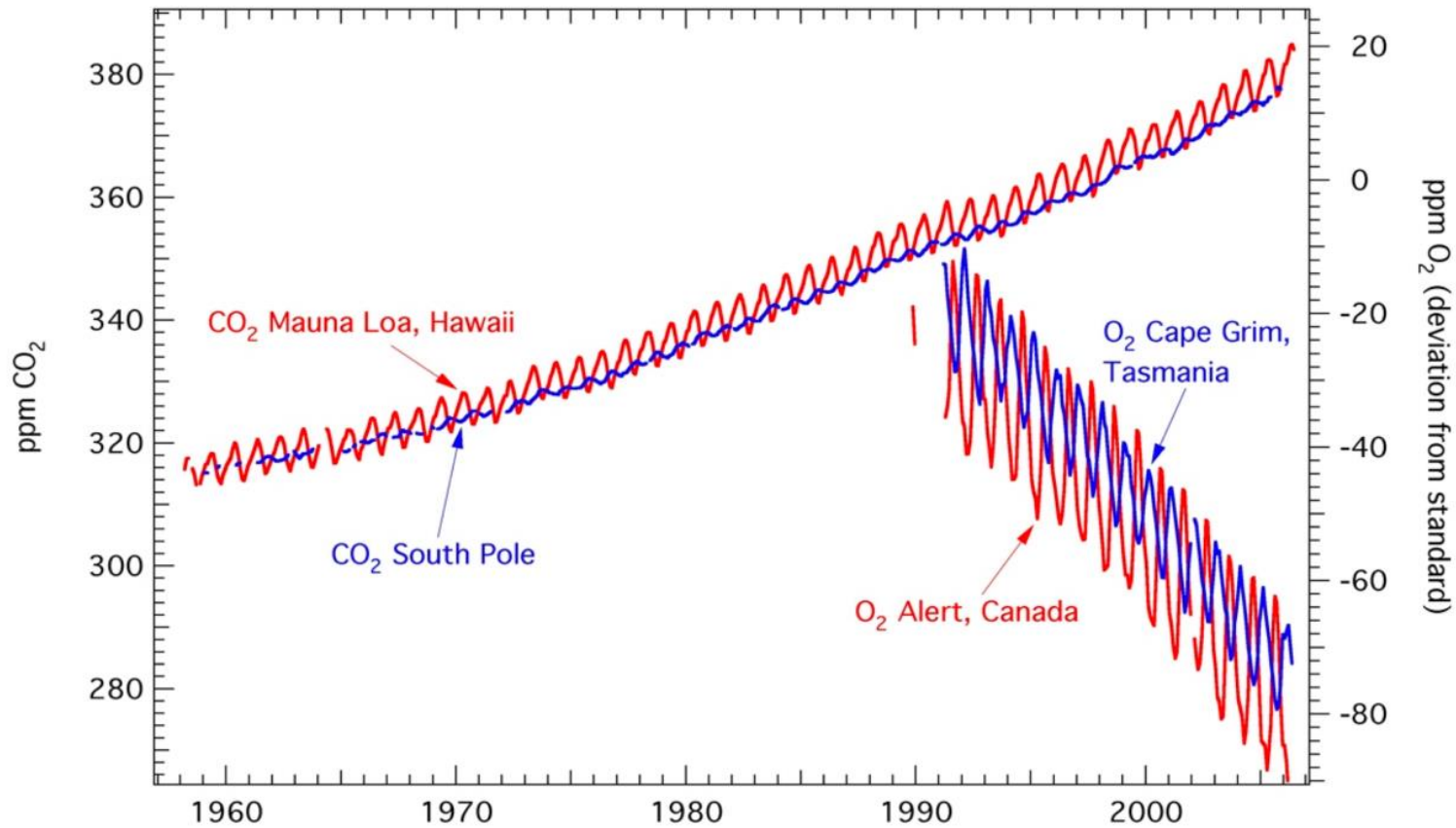
sec19: 10 GJ (renováveis)

sec 21: 100 GJ (não renováveis)

Emissões anuais de CO₂ por país



Atribuição de causas: do homem moderno



Concentração de CO₂ e O₂ (desvio de 21%). Fonte: Canadell (2007), PNAS

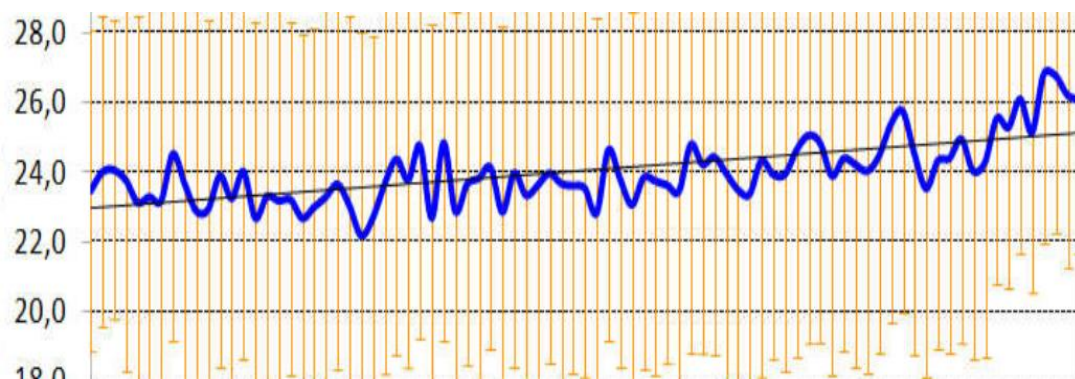
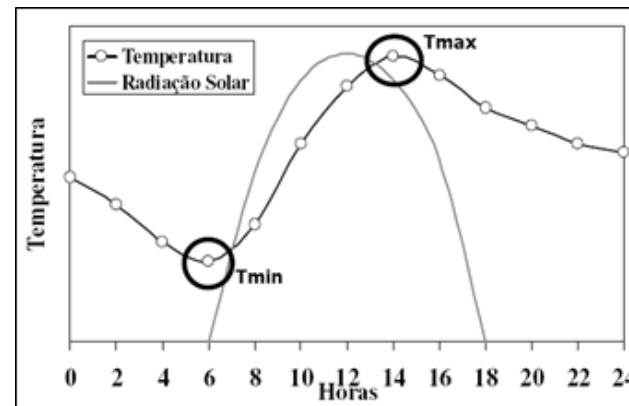
**O que está ocorrendo na
cidade de São Paulo ?**

A temperatura está aumentando em São Paulo ?

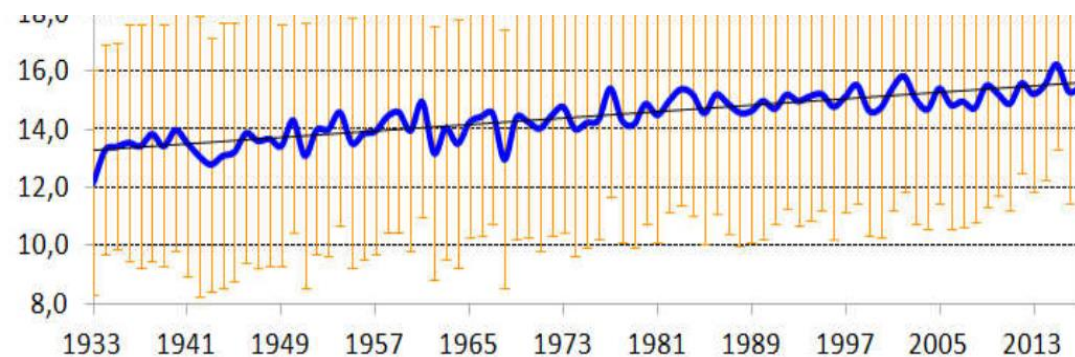


Source: Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP/ Seção Técnica de Serviços Meteorológicos – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo , v18, 2015, São Paulo IAG/USP, 2015

1933-2017
Tmedia : 18,7 °C

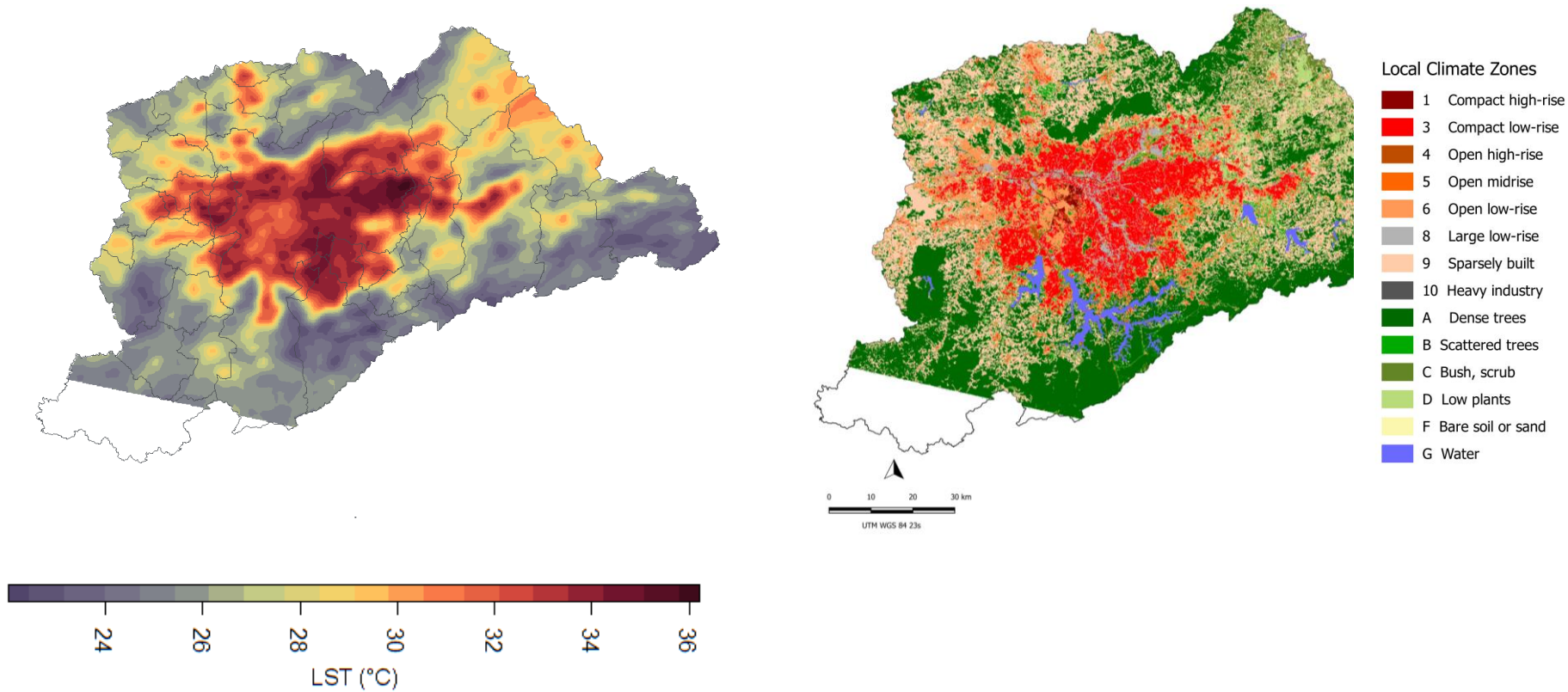


Tmax Média : 24,8 °C
aumento: ≈ 3 °C



Tmin Média : 14,5 °C
aumento: ≈ 3 °C

Áreas verdes e temperatura da superfície em São Paulo



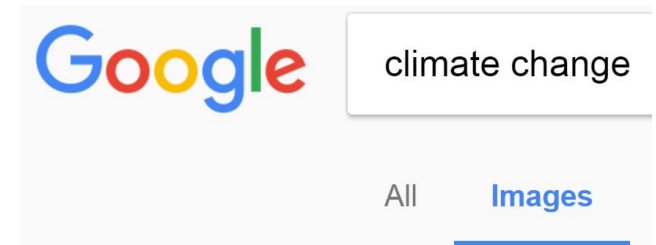
Yearly average Land surface temperatura with Aqua MODIS (at 13h30 local time) (left) show substantial cooling at areas with increasing green spaces (right).

**Mudanças do clima
já ocorreram no passado ?!**

e agora ?

Mudanças climáticas é um assunto quente.

1. Grande exposição na mídia

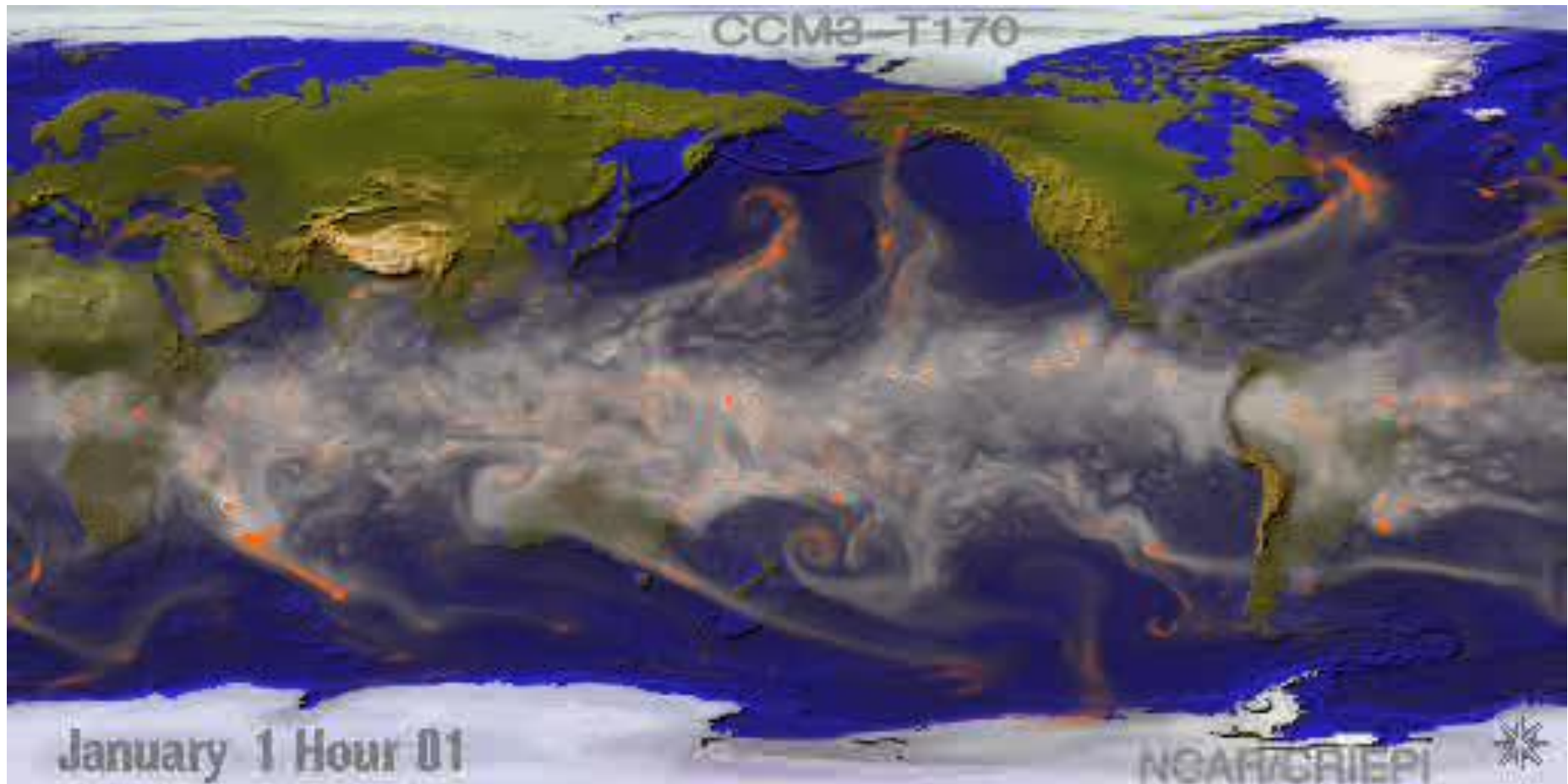


2. negacionismo (*s.m.*)

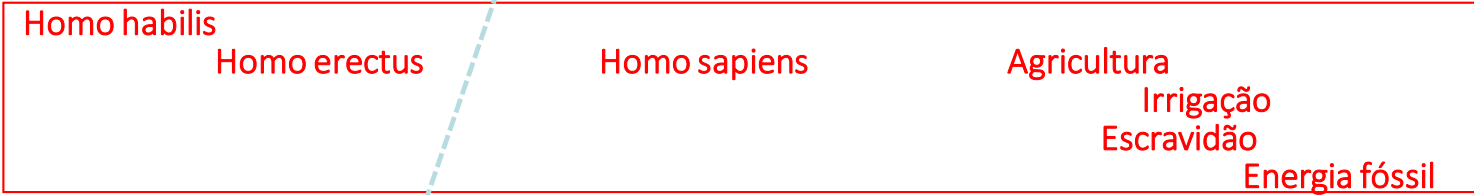
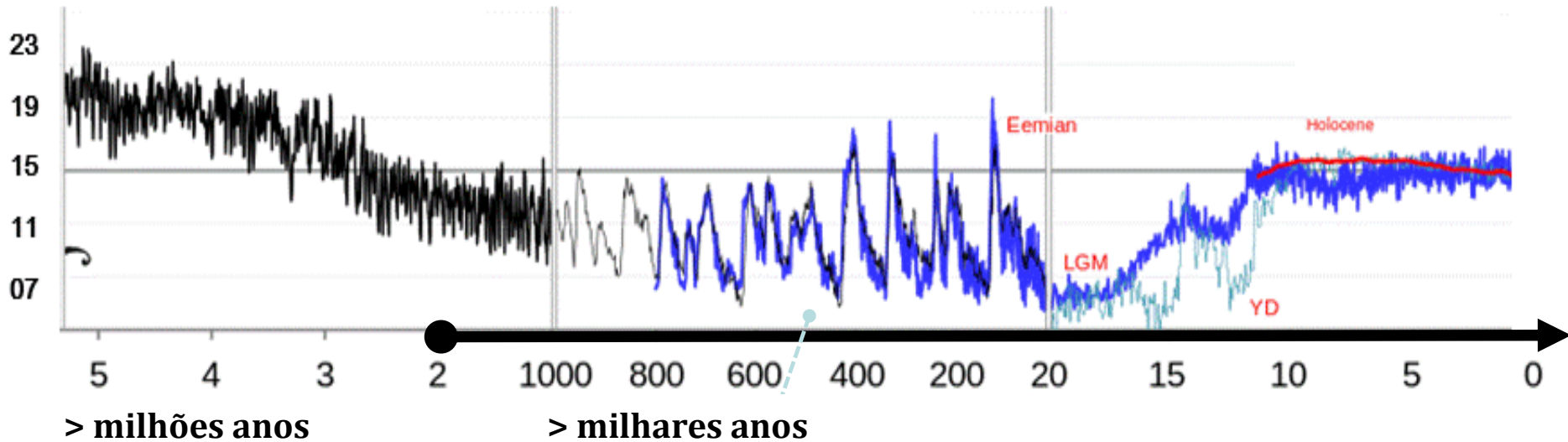
negar como verdadeiro um fato que pode ser verificado empiricamente (ex.: negacionismo científico, negacionismo histórico)

3. alarmismo (*s.m.*) disseminar notícias de conteúdo alarmante, causando medo e inquietação

Qualquer um entende de clima !

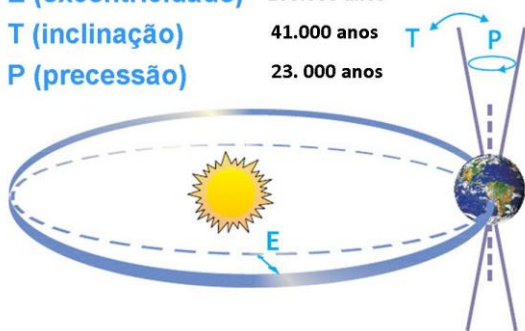


Temperatura da Terra e evolução humana



regime de Glaciais e Interglaciais (ciclos de Croll-Milankovitch)

- E (excentricidade) ~ 100.000 anos
- T (inclinação) 41.000 anos
- P (precessão) 23.000 anos



1864
Croll

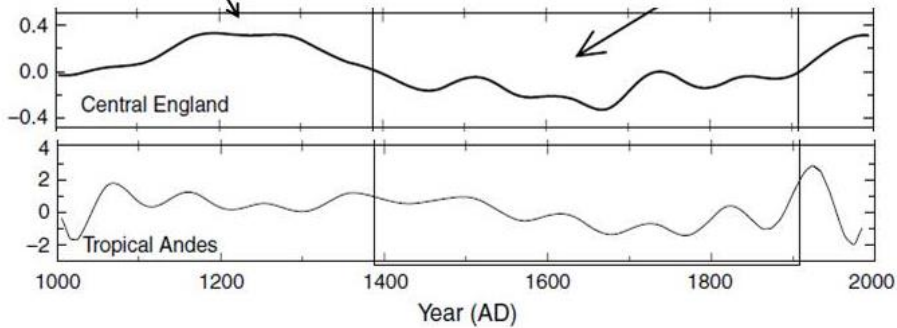
Variabilidade natural das causas do clima

Variabilidade solar e vulcanismo

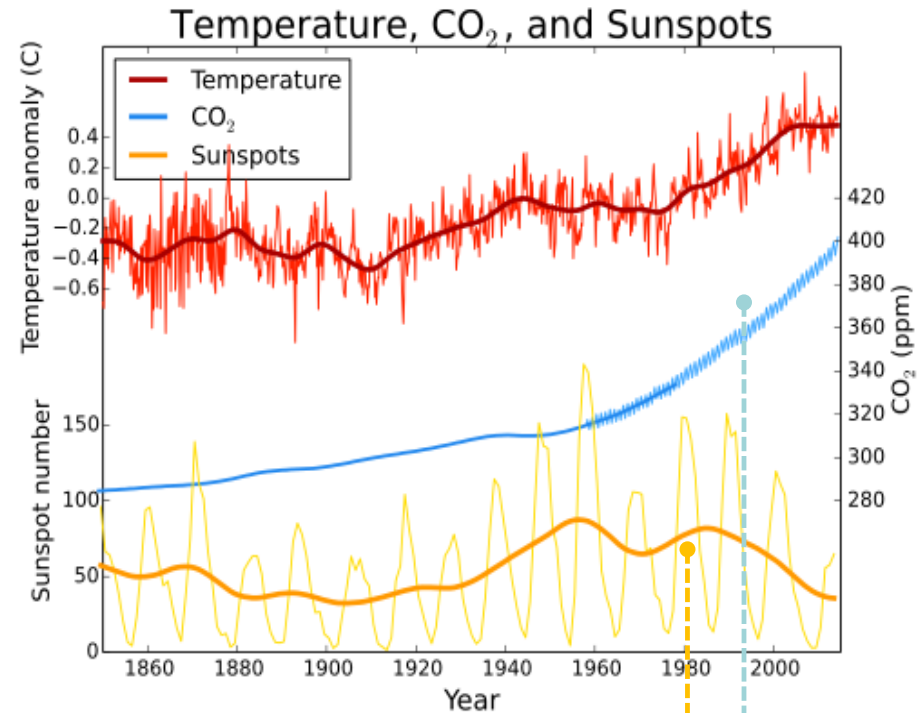
Período quente medieval

Pequena idade do gelo

Mann (2002)



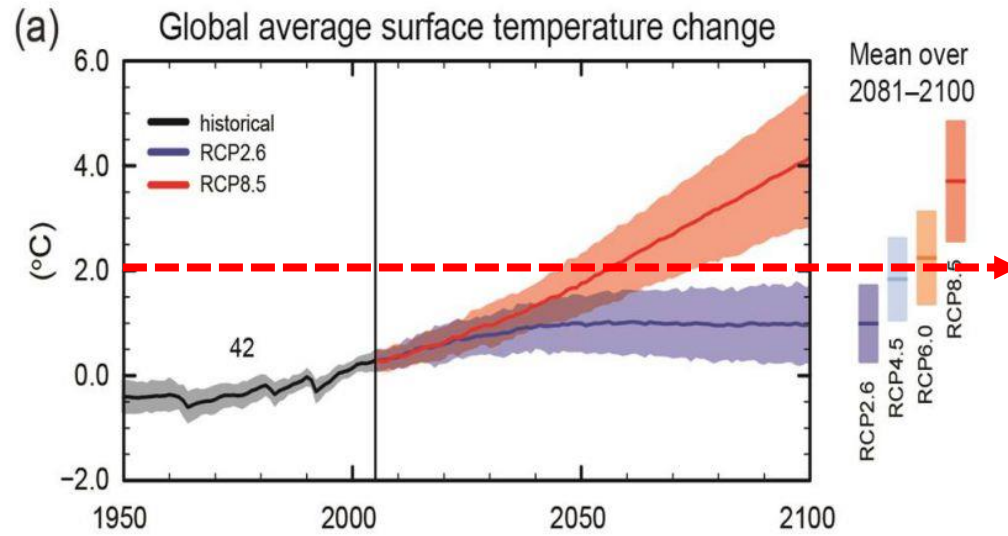
The Frozen Thames, 1677



Explicação do aquecimento:
Controle solar insuficiente
CO₂ candidato

Incerteza de projeções

- cenários de hipótese
 - baixa e alta emissão de carbono (RCP representative concentration pathway)



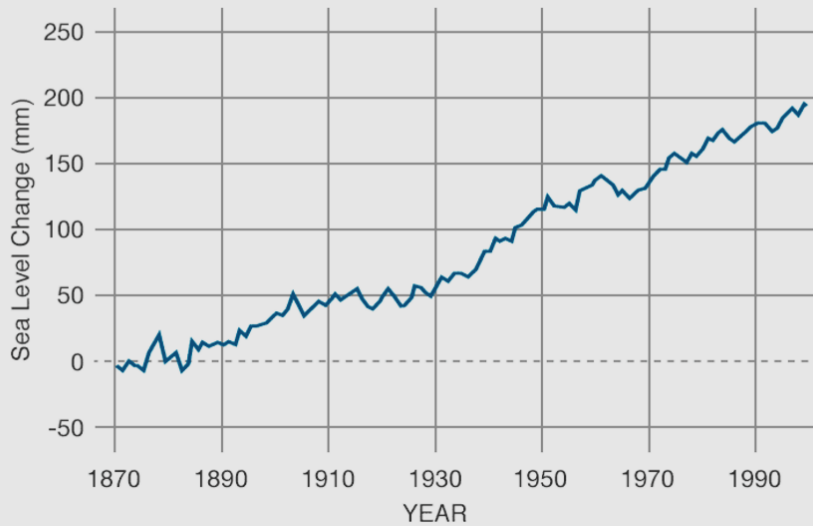
limiar *perigoso* de 2°C

Fonte: IPCC AR5

O aumento do nível do mar

GROUND DATA: 1870-2000

Data source: Coastal tide gauge records.
Credit: CSIRO

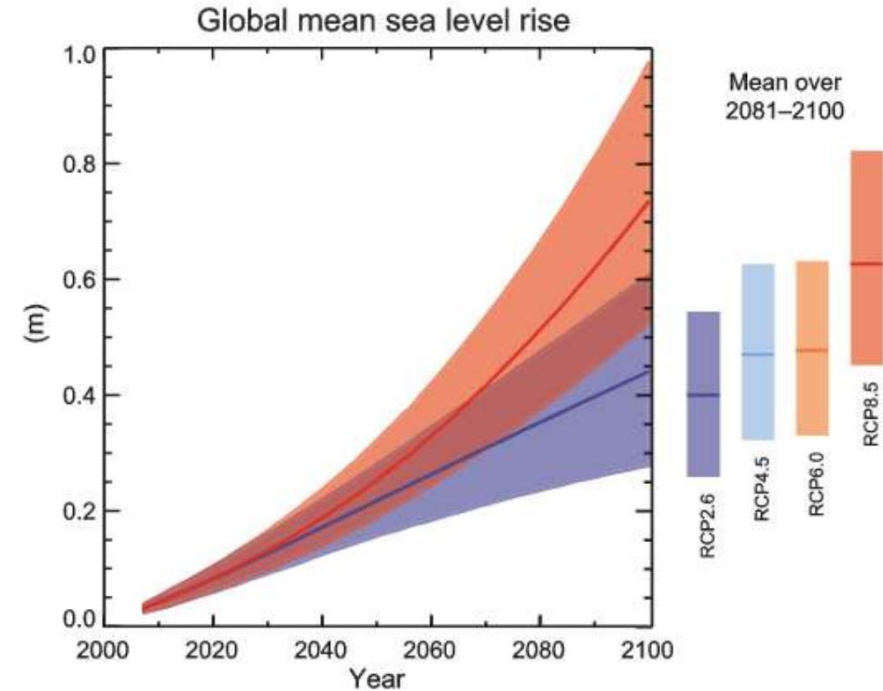


Medidas históricas

Fonte: <https://sealevel.nasa.gov/>

Causas do aumento: derretimento do gelo

e expansão térmica da água



Projections of global mean sea level rise over the 21st century relative to 1986–2005.

Fonte: IPCC AR5

Ondas de calor e atividade laboral

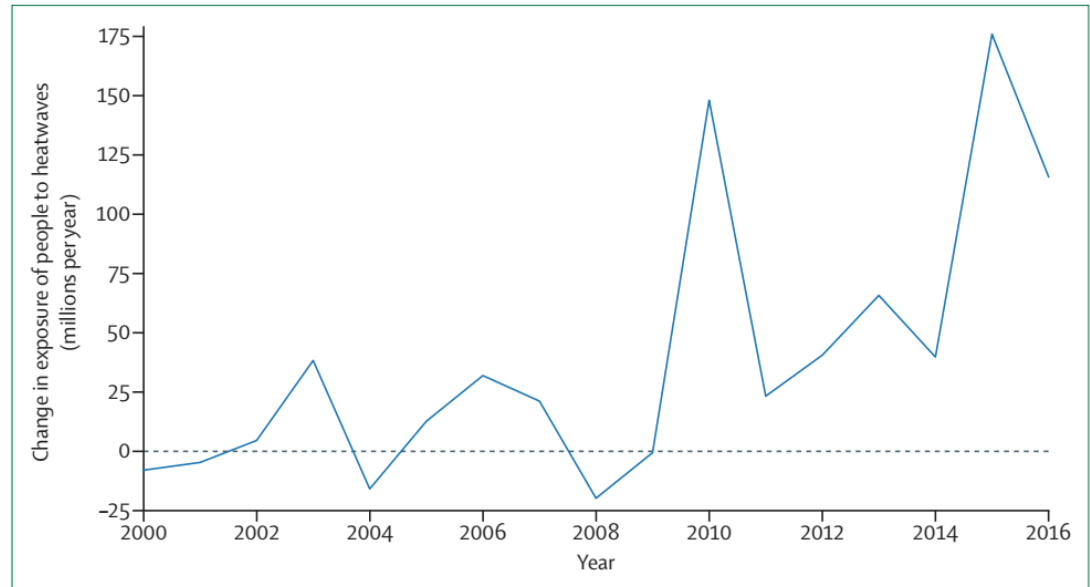


Figure 2: The change in heatwave exposure (in people older than 65 years), relative to the 1986–2008 average

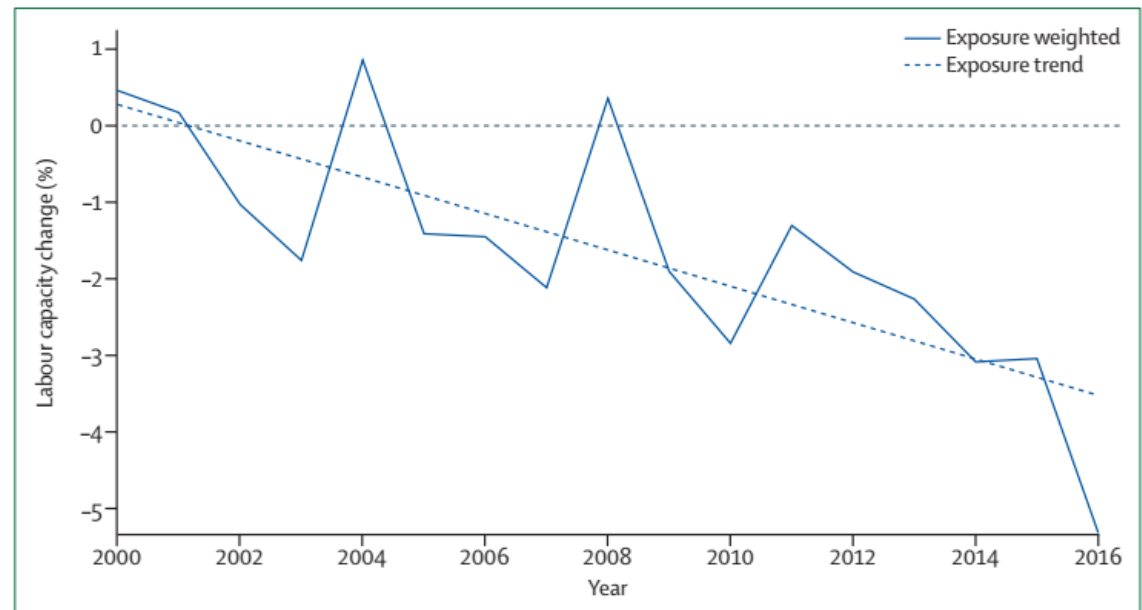


Figure 4: Labour capacity change worldwide, relative to the 1986–2008 average

The *Lancet* Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health

Nick Watts, Markus Amann, Sonja Ayeb-Karlsson, Kristine Belesova, Timothy Bouley, Maxwell Boykoff, Peter Byass, Wenjia Cai

**Para cada problema complexo, sempre há uma
solução simples, clara e errada.**

H. Mencken (1880-1956)

O experimento da prosperidade e as intercorrências

Revolução industrial

**Revolução verde
Antibióticos**

Costumes

Globalização

1850

1940

**Chuva ácida
Buraco do ozônio**

1960

1990

**Ilha de calor urbana
Escassez hídrica**

**Inverno nuclear
Poluição do ar e águas**

**Inundações
Aquecimento global**

Depressão

11% a 15% hab's países baixa/média a alta renda
cidade de São Paulo : 30% da população afetada

Fonte: Harvard Univ & 18 countries interviews with 89,000 people, *Kessler et al (2011) BMC Medicine, 9:90; Andrade LH et al. PLoS ONE 7(2)*

Mudanças climáticas : *a wicked problem*

tradução livre: *cruel*

problema incompleto, contraditório.

de soluções difíceis devido à interdependência de atores.

Soluções não são do tipo certo ou errado, mas pior ou melhor (custos, incerteza)

Não há uma autoridade central de solução (problema de todos)

Os que procuram resolver também o causam (circularidade, contradição)

Não há um tempo exato para finalizar (incerteza).

Postura dos governos, empresas e cidadãos

deferência à ciência consolidada

ao Princípio da Precaução (conceito dos princípios de Sustentabilidade)