



O homem e o clima

Aula para a disciplina de Física Atmosférica

André Araújo Bürger

09/04-2018

Grandes emissões antrópicas que influenciam no clima

- Uso de petróleo para transporte;
- Geração de energia através de termoelétricas;
- Mudança de uso do solo;
- Dentre outros;



que influenciam

na

transporte;

es de termoelétricas:

Aquecimento de ar

– Mudança de uso do



Superior: Emissão de escapamento (foto de Simone Ramella, 2005, CC)

Inferior: Avião levantando voo (fonte: <https://www.tiredearth.com/90148532767635>)

Grandes emissões antrópicas que influenciam no clima

- Uso de petróleo para transporte;
- Geração de energia através de termoelétricas;
- Aquecimento de alimentos;
- Mudança de uso do solo;

Grandes emissões antrópicas que



Emissões da termelétrica de Jänschwalde, Alemanha
(foto n-tv, CC)

Grandes emissões antrópicas que influenciam no clima

- Uso de petróleo para transporte;
- Geração de energia através de termoelétricas;
- Mudança de uso do solo;
- Dentre outros...



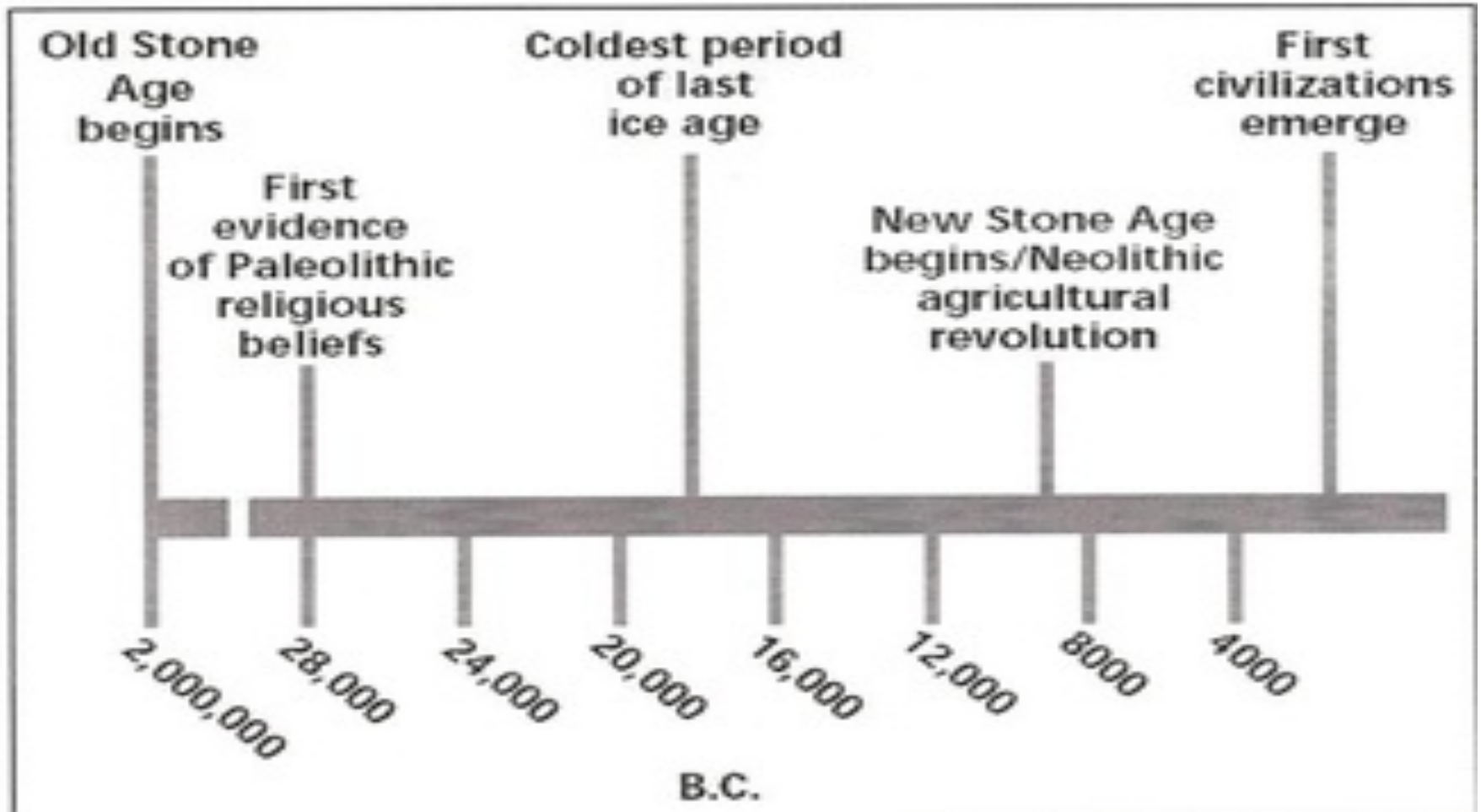
© Rogério Assis / Greenpeace

Queimada na Amazônia (foto de Rogério Assis, 2016)

Grandes emissões antrópicas que influenciam no clima

- Uso de petróleo para transporte;
- Geração de energia através de termoelétricas;
- Mudança de uso do solo;
- Dentre outros...

Mas quando foi que essas emissões tornaram-se influentes no clima??



Surge o homem: período paleolítico

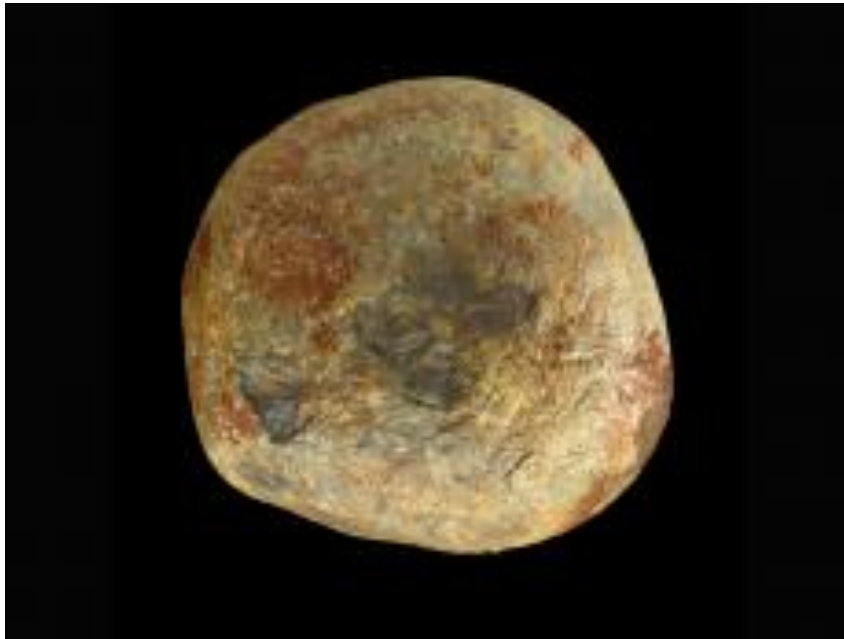
- Os registros mais antigos de seres humanos modernos datam de ~180mil anos atrás.



Fragmento de mandíbula encontrado na caverna Misliya tem tamanho compatível com a de humanos modernos | Foto: Israel Hershkovitz, Tel Aviv Uni
<http://www.bbc.com/portuguese/geral-42813116>

Surge o Homem

- Os fósseis mais antigos de seres humanos modernos datam de ~180mil anos atrás.



Artefato de pedra, supostamente um machado utilizado há 100mil anos atrás.



Machado de mão encontrado na Índia

<http://humanorigins.si.edu/evidence/behavior/stone-tools/early-stone-age-tools/handaxe-india>

O homem no período neolítico

- Compreende o período de ~10.000AC até ~4.500AC;
- Ocorre a “Revolução Neolítica”: mudança de um estilo de vida de caça para a **agricultura** em acampamentos fixos;
- Levou à formação de vilas, cidades e outras formas de comunidades;

O homem no período neolítico

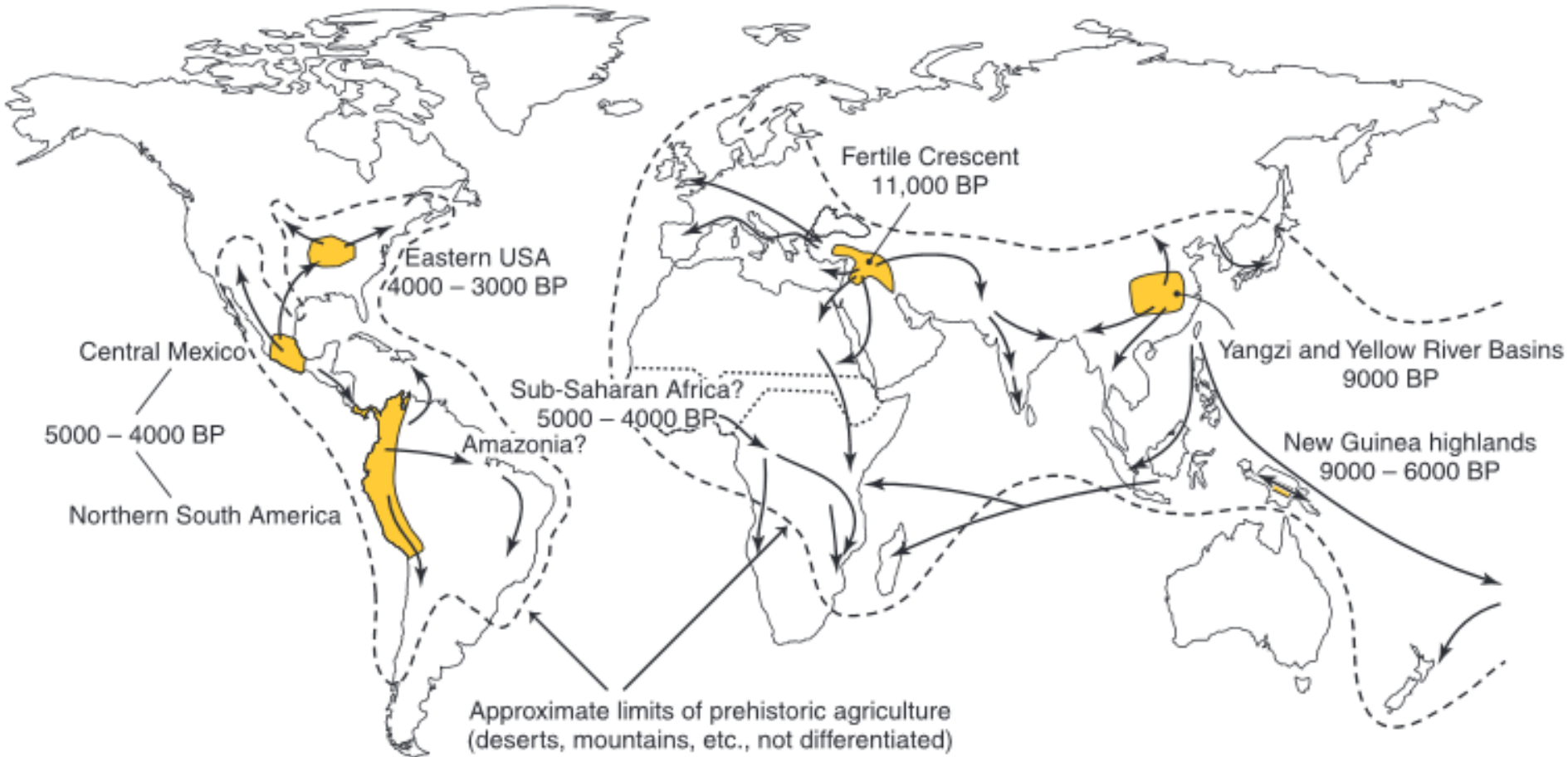


Fig. 1. Archaeological map of agricultural homelands and spreads of Neolithic/Formative cultures, with approximate radiocarbon dates.

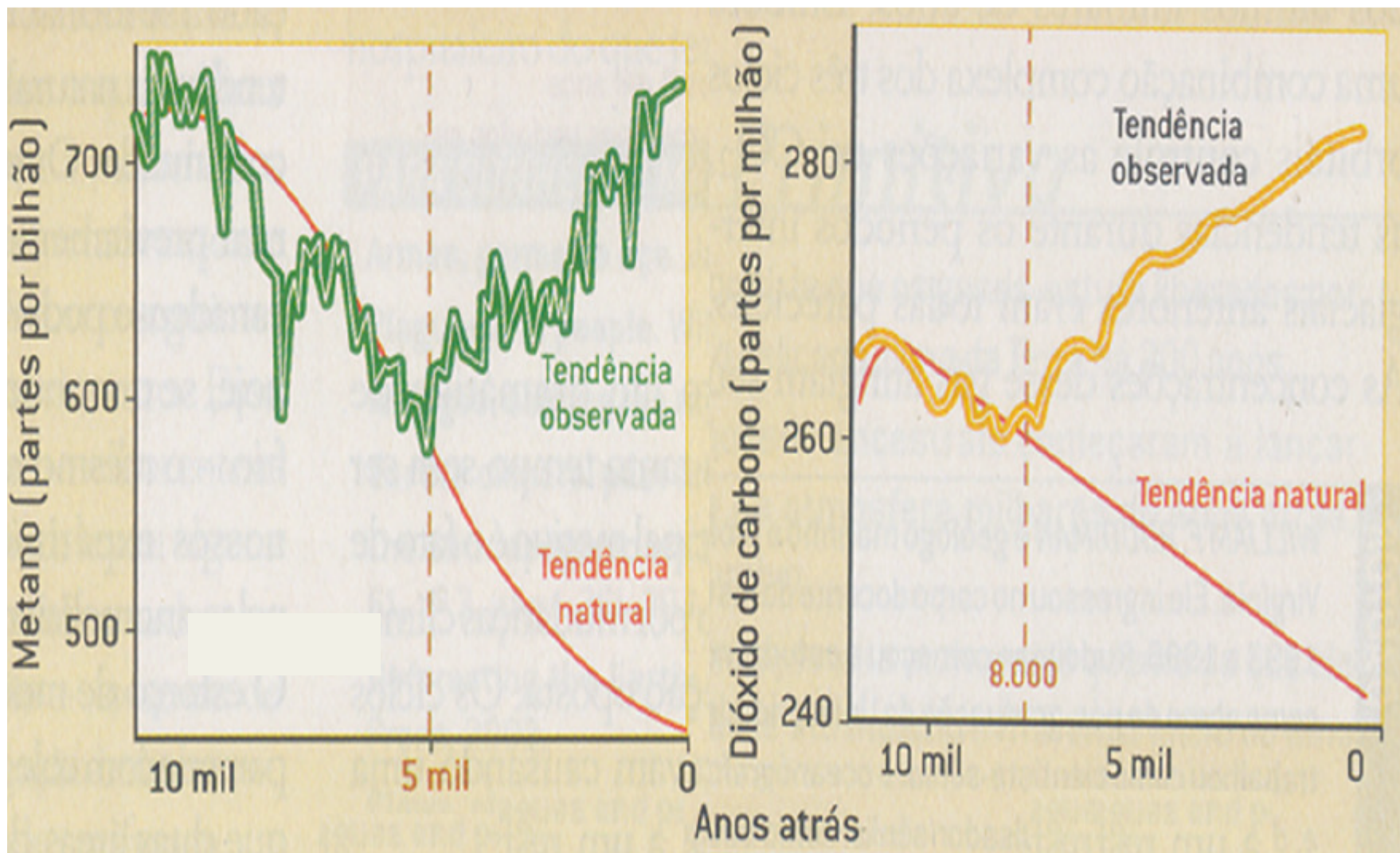
Farmers and Their Languages: The First Expansions

By Jared Diamond, Peter Bellwood

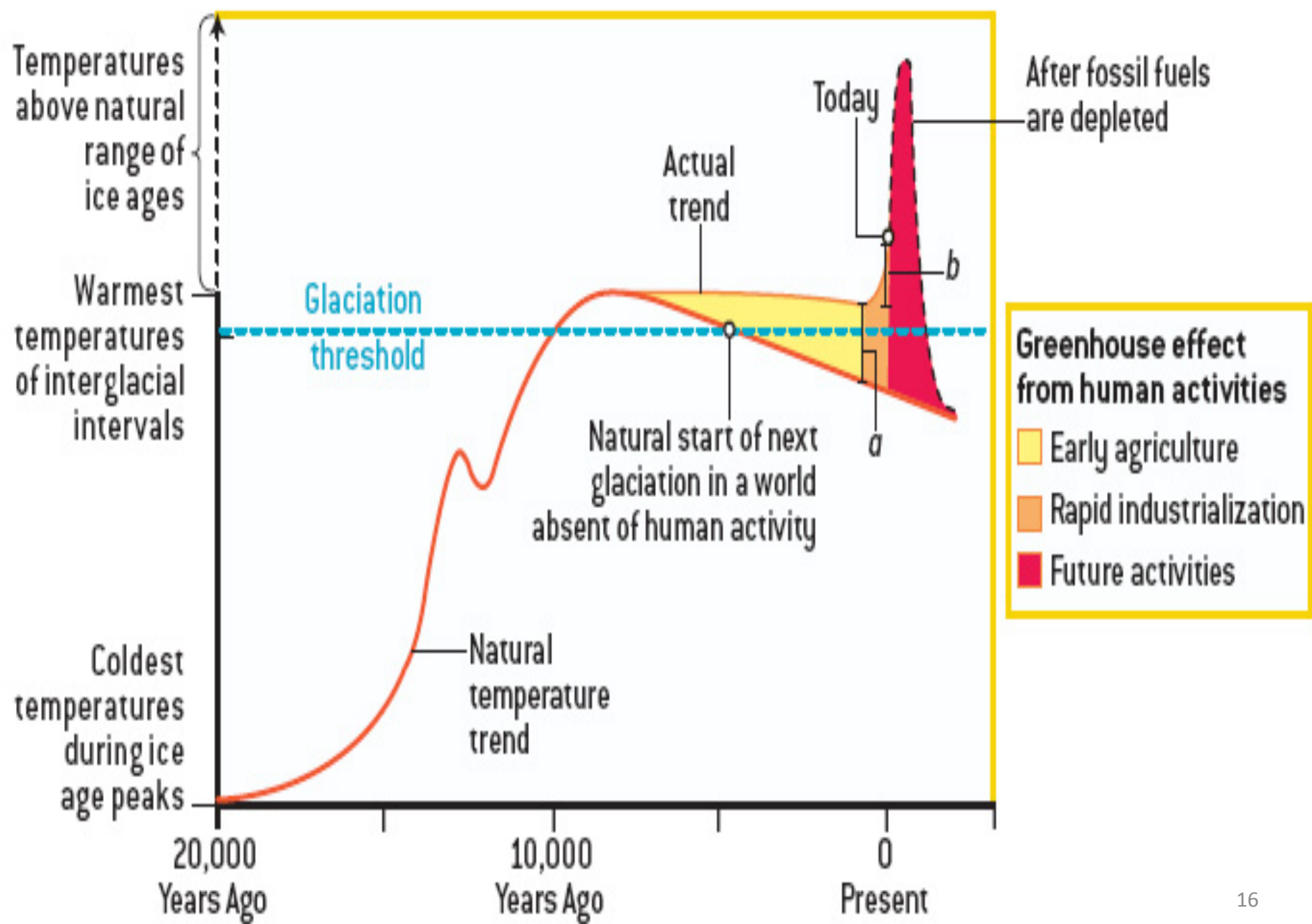
Science 25 Apr 2003 : 597-603

Estima-se que foi há 8000 anos atrás!

- Segundo William F Ruddiman, em artigo publicado em 2003, a influência humana nas mudanças climáticas inicia-se há aproximadamente **8.000 anos**;
- Ruddiman diz que as atividades humanas ligadas à agricultura – **desmatamento e irrigação de lavouras** – lançaram na atmosfera CO₂ e CH₄ extras na atmosfera;



Ruddiman, W.F. Quando os humanos começaram a alterar o clima; Scientific American Brasil, 2005



O homem pré-revolução industrial



- Produção limitada de itens;
- Maioria da população vivendo em vilas;
- Economia baseada na subsistência e na agricultura;



Os primeiros registros de poluição

- Em ~1.100, o médico Moses Maimonides já identificava a importância da qualidade do ar para a saúde:

Os primeiros registros de poluição

- Em ~1.100, o médico Moses Maimonides já identificava a importância da qualidade do ar para a saúde:

Tradução livre pelo autor: “Comparando o ar das cidades com o ar dos desertos e lugares áridos é como comparar água suja e turbida com água pura. Na cidade, por conta da altura dos prédios, ruas estreitas e seus fronteiras... O ar torna-se estagnado, escuro, esfumaçado... Se não há outra alternativa para nós, que nascemos e estamos acostumados a cidades,... Que selecionem-se cidades com horizontes amplos....”

Os primeiros registros de poluição

- Em ~1.100, o médico Moses Maimonides já identificava a importância da qualidade do ar para a saúde:

CONTINUAÇÃO

“...Se o ar é alterado, o estado psicológico (das pessoas) será notoriamente alterado. Então você encontrará homens com dificuldades em suas ações psíquicas, que tem falha na inteligência e defeitos de memória.”

Moses Maimonides (1135-1204)

1661 - Um dos primeiros trabalhos sobre poluição do ar por John Evelyn

FUMIFUGIUM:
OR
The Inconveniencie of the AER,
AND
SMOAK of LONDON
DISSIPATED.

TOGETHER
With some REMEDIES humbly
PROPOSED

By J. E. Esq;

To His Sacred MAJESTIE,
AND
To the PARLIAMENT now Assembled.

Published by His Majesties Command.

Lucret. l. 5.

*Carbonumque gravis vis, atque odor insinuat
Quam facile in cerebrum?*

LONDON,

Printed by W. Galle for Gabriel Bedel, and Thomas Collins,
and are to be sold at their Shop at the Middle Temple Gate
near Temple-Bar. M. D. C. L. X. I.

- Produção de “quicklime” para a construção realizado através da queima de limestone utilizando-se do carvalho como combustível;
- Este processo libera gases orgânicos, óxido nitroso, dióxido de carbono e material particulado orgânico no ar;
- John propõe que indústrias mais poluidoras sejam realocadas para fora das cidades;

1661 - Um dos primeiros trabalhos sobre poluição do ar por John Evelyn

FUMIFUGIUM:

OR

The Inconveniencie of the AER

- Produção de “quicklime” para a construção realizado através da queima de

“Smoake which obscures the Church and makes our Palaces look old, which fouls our Cloth and corrupts the Waters, so as the very Rain, and refreshing Dews wichi fall in the several Seasons, precipitate to impure vapour, which, with its black and tenacious quality, spots and contaminates whatever is exposed to it...”

- John propõe que indústrias mais poluidoras sejam

*Carbonumque gravis vis, atque odor insinuat
Quam facile in cerebrum?*

LONDON,

Printed by W. Galle for Gabriel Bedel, and Thomas C...
and are to be sold at their Shop at the Middle Temple
near Temple-Bar. M. D. C. L. X. I.

Andrade, M.F. Poluição Atmosférica

http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_poluicao_atmosferica.pdf

1661 - Um dos primeiros trabalhos sobre poluição do ar por John Evelyn

FUMIFUGIUM:

OR

The Inconveniencie of the AER

- Produção de “quicklime” para a construção realizado através da queima de

“...Some have attributed this amazing destruction to luxury and the abuse of Spirituous Liquors: These, no doubt, are powerful assistants; but the constant and unremitting Poison is communicated by the foul Air, wich, as the Town still grows larger, has made regular and steady advances in its fatal influence.”

John Evelyn (1620-1706)

- John propõe que indústrias mais poluidoras sejam relocadas fora das cidades;

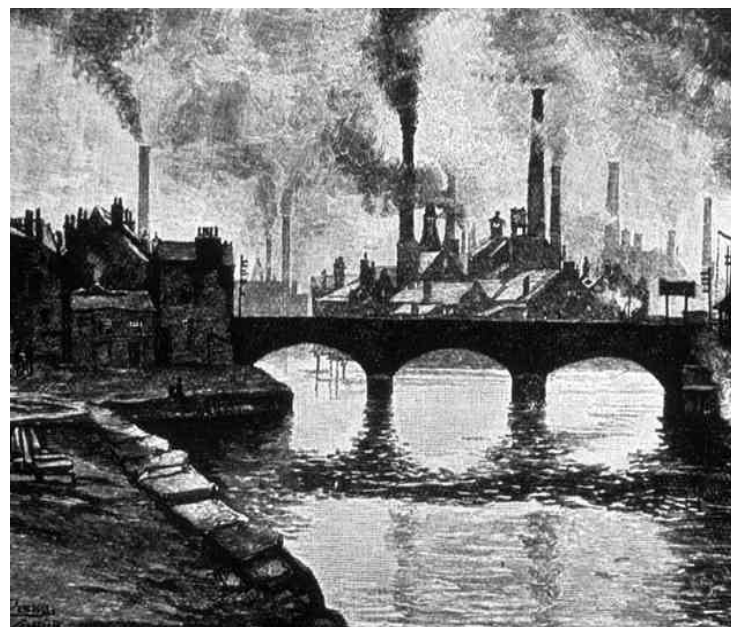
*Carbonumque gravis vis, atque odor insinuat
Quam facile in cerebrum?*

LONDON,

Printed by W. Galle for Gabriel Bedel, and Thomas Collins, and are to be sold at their Shop at the Middle Temple Gate near Temple-Bar. M. D. C. L. X. I.

A revolução industrial

- Possibilitou o crescimento de cidades;
- Método Artesanal -> produção por máquinas;
- Substituição da madeira e outros biocombustíveis por carvão;
- Criação do motor a vapor.



Consequências da Revolução Industrial

- Criação de grandes empresas;
- Aumento da produção de mercadorias em menos tempo;
- Avanços nos sistemas de transportes a vapor;
- Êxodo rural devido à criação de empregos em cidades;
- O ar foi se tornando cada vez mais poluído e a influência do homem no clima foi se tornando cada vez mais intensa.

...e o nosso mundo atual

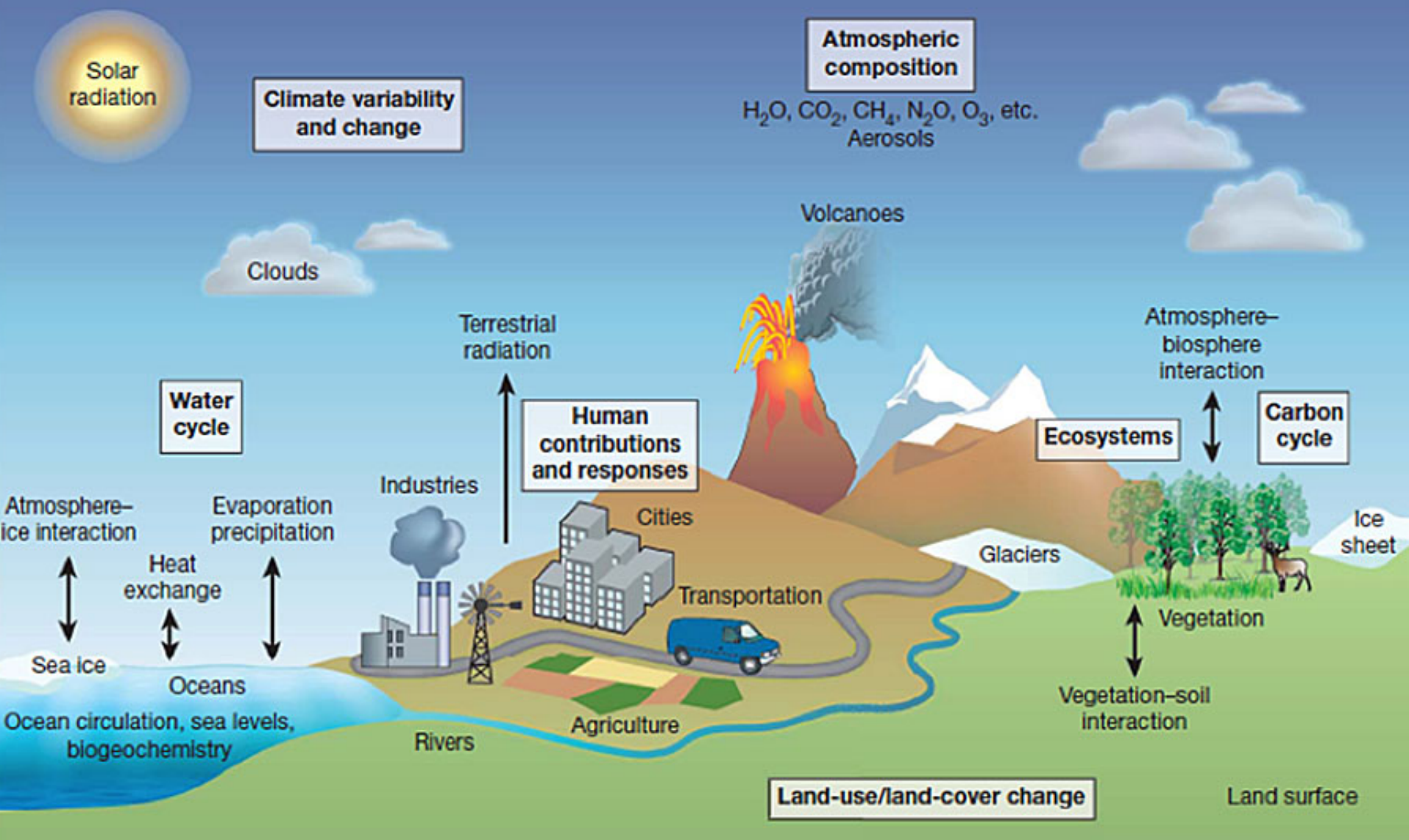
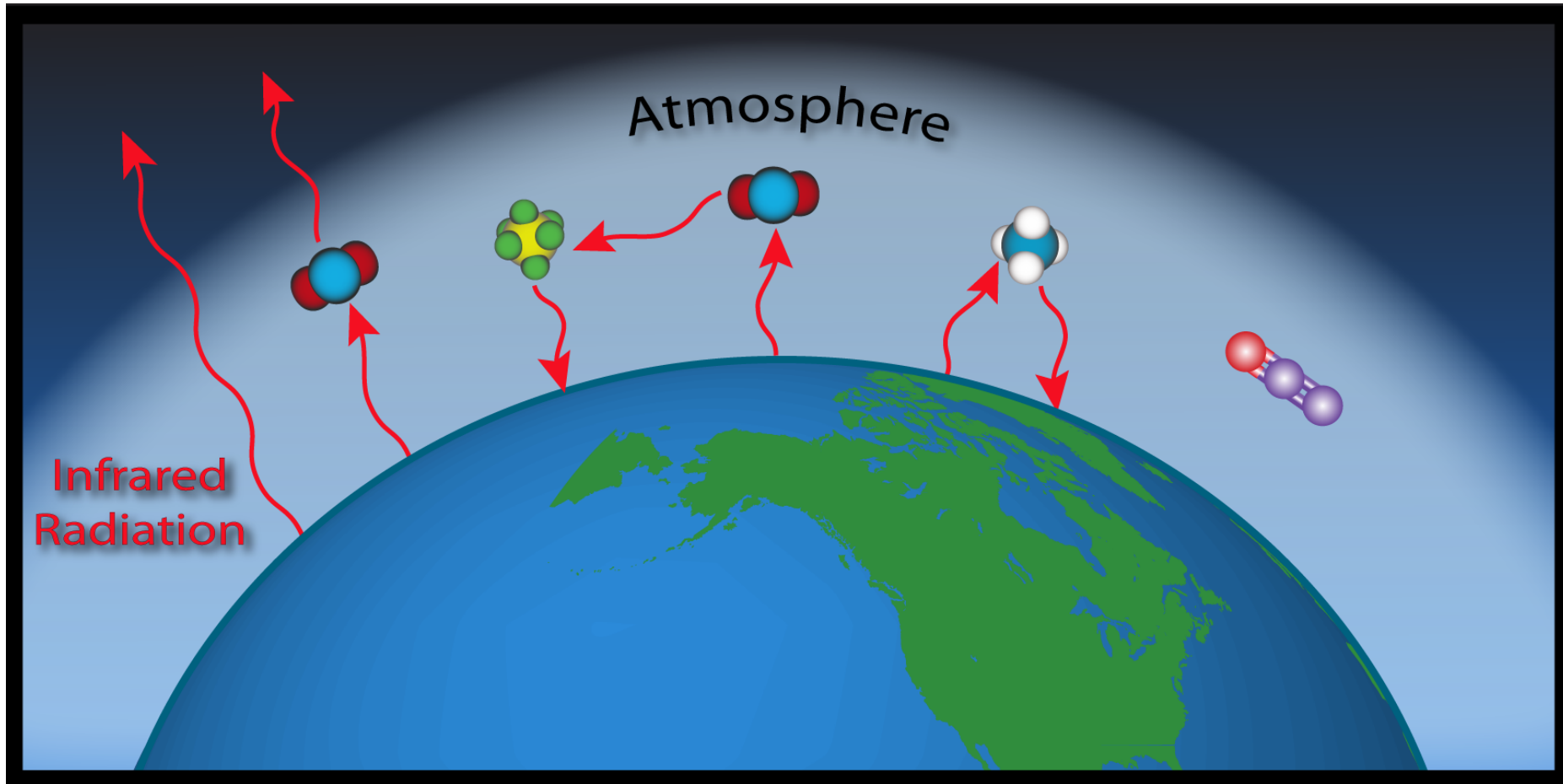


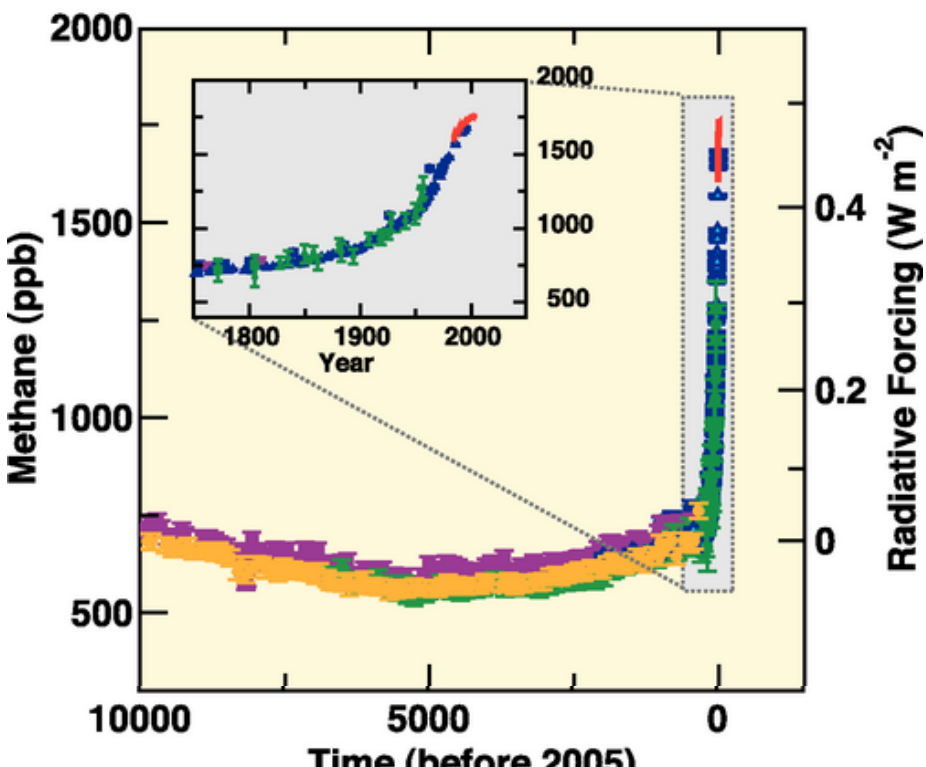
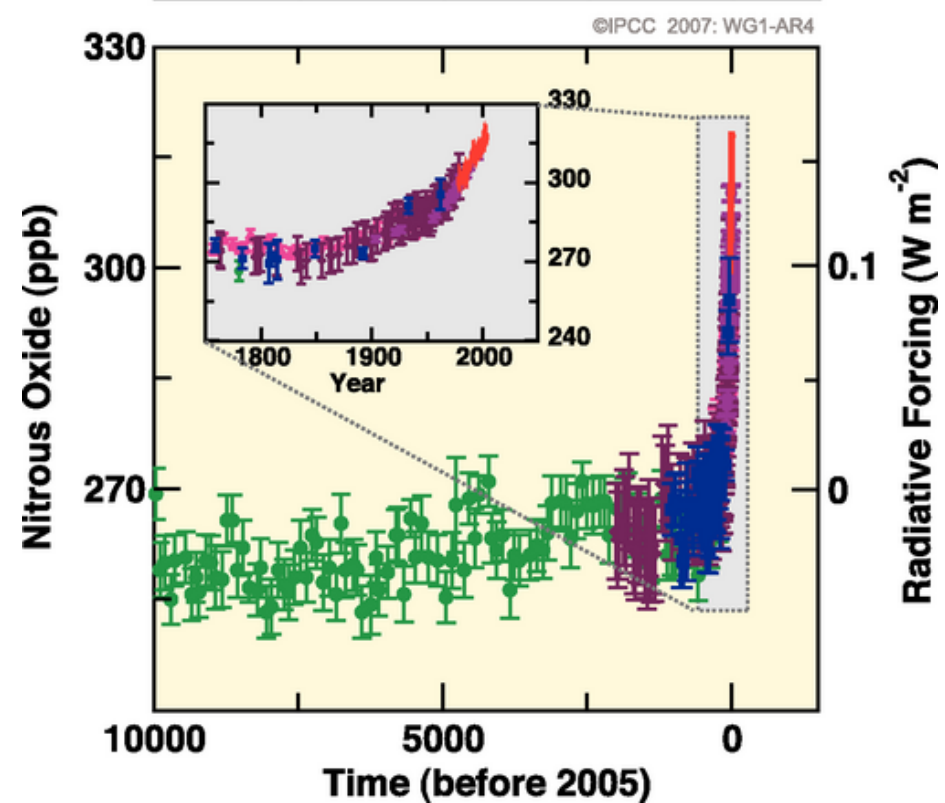
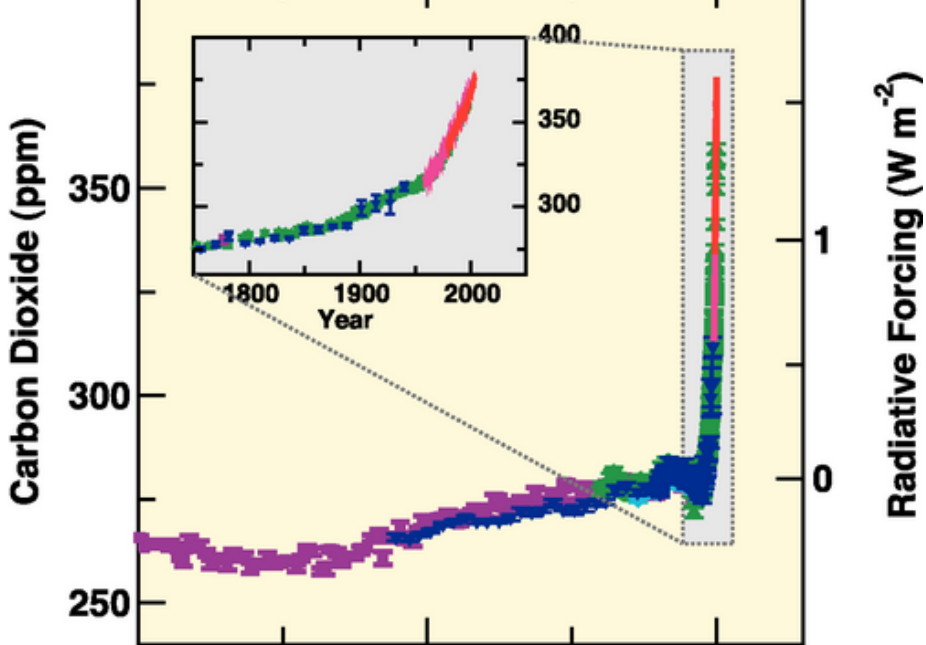
Figure: Major natural and anthropogenic processes and influences on the climate system addressed in scenarios.

<https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>

Os gases de efeito estufa (GEE)



Barb Deluisi, NOAA

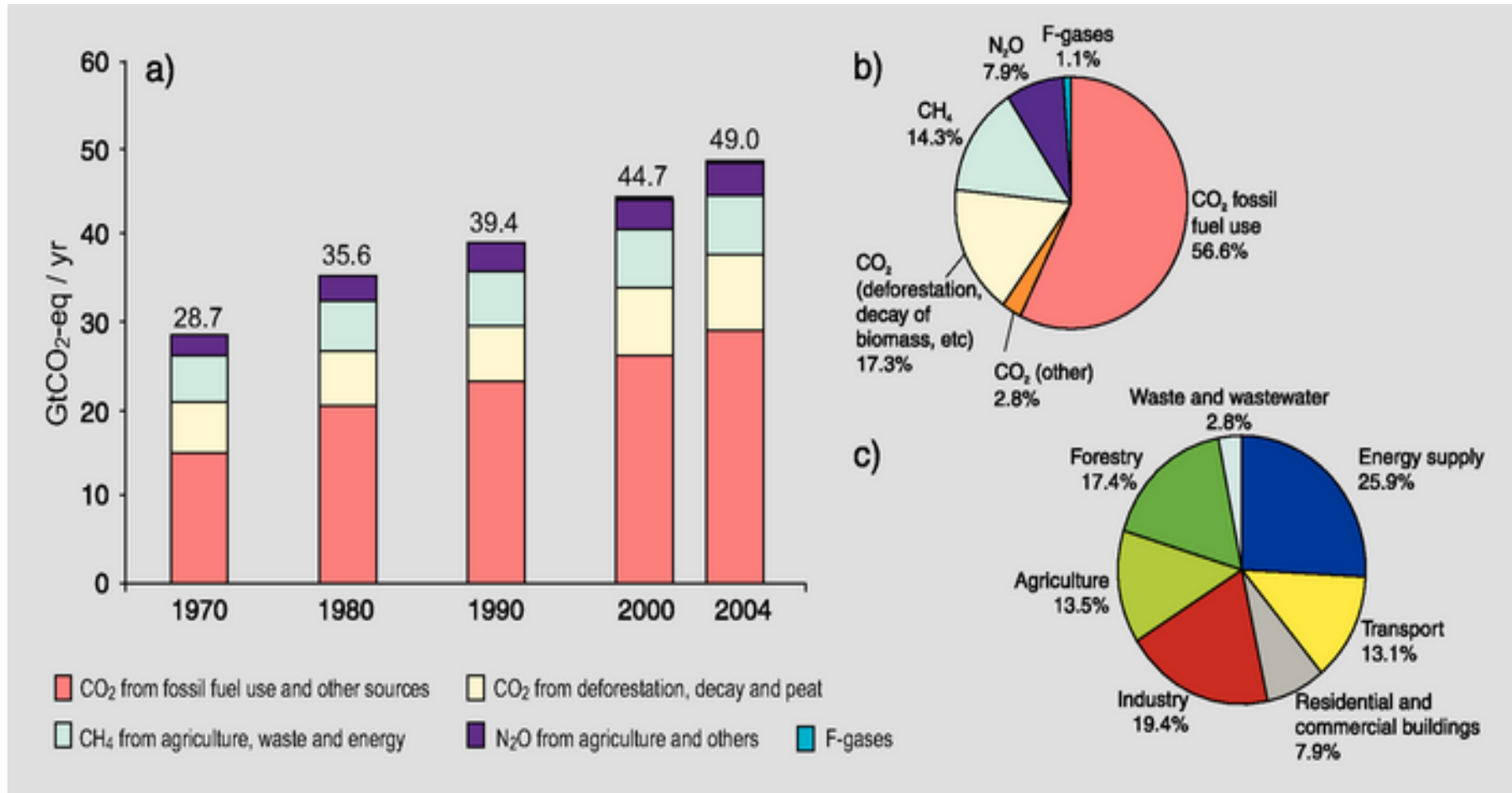


Atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide over the last 10,000 years (large panels) and since 1750 (inset panels). Measurements are shown from ice cores (symbols with different colours for different studies) and atmospheric samples (red lines). The corresponding radiative forcings are shown on the right hand axes of the large panels

As emissões antrópicas de GEE

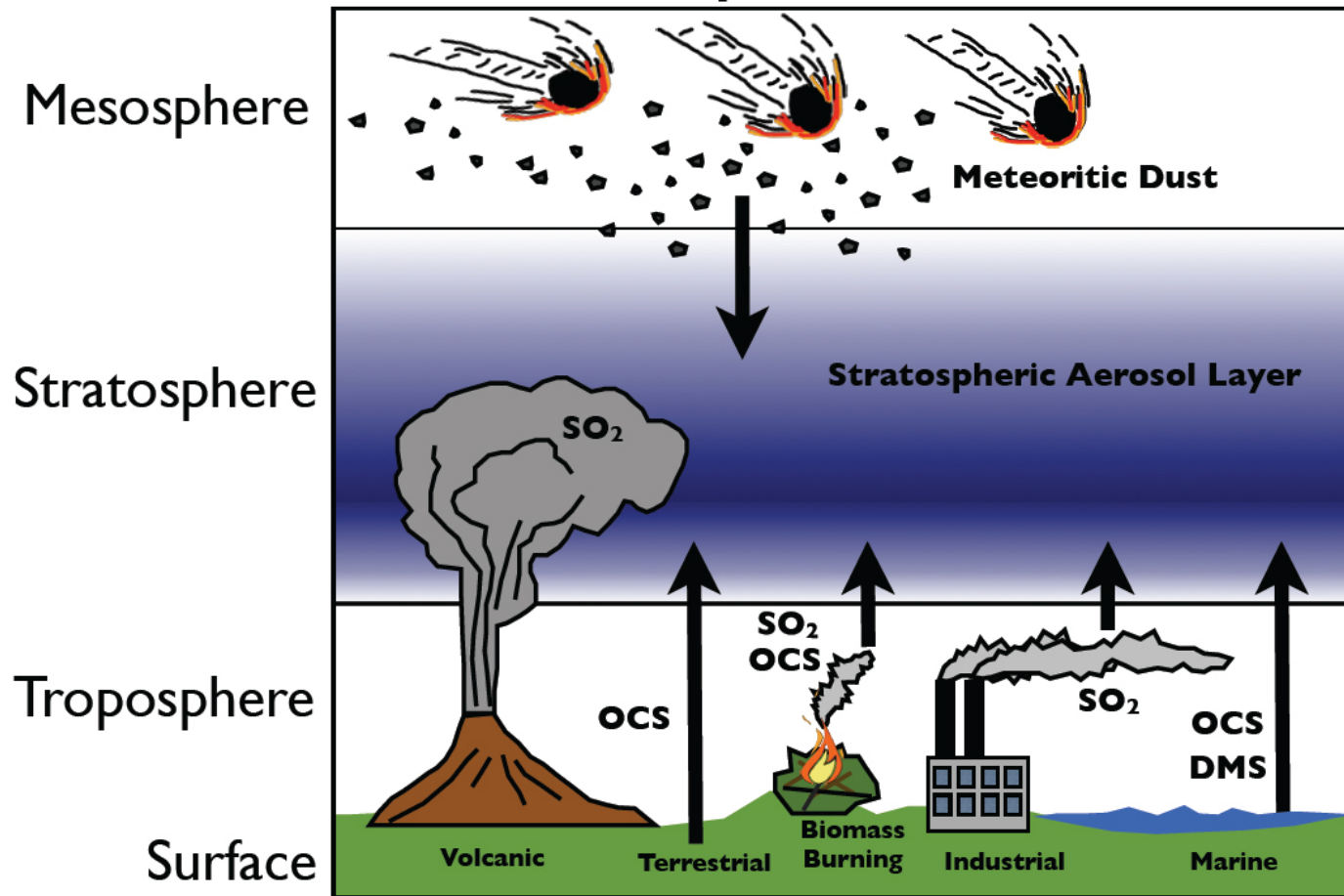
- CO_2 : emitido por queima de combustível fóssil e desmatamento; ~75% do aquecimento antrópico devido a gases de efeito estufa;
- CH_4 : relacionado com emissões da agricultura, extração de combustível fóssil, decaimento de matéria orgânica; ~14% do impacto no aquecimento;
- N_2O : emitido pela agricultura e processos industriais; ~8% do impacto no aquecimento;
- Gases Fluorados: emitido por processos industriais; ~1% do aquecimento antrópico. Substâncias impactantes para a camada de ozônio.

Global anthropogenic GHG emissions



(a) Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004. (b) Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (c) Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (Forestry includes deforestation.)

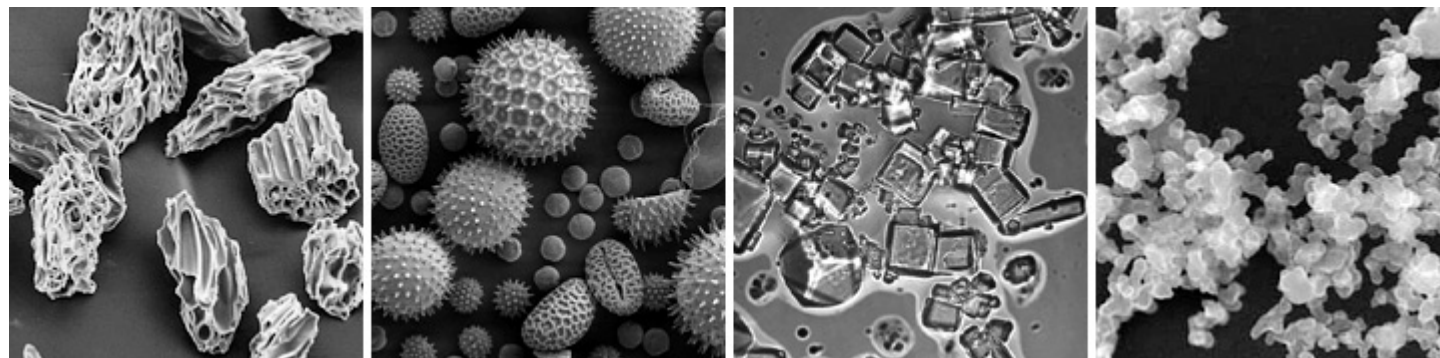
Os aerossóis



https://www.pnnl.gov/atmospheric/research/aci/aci_aerosol_formation.stm

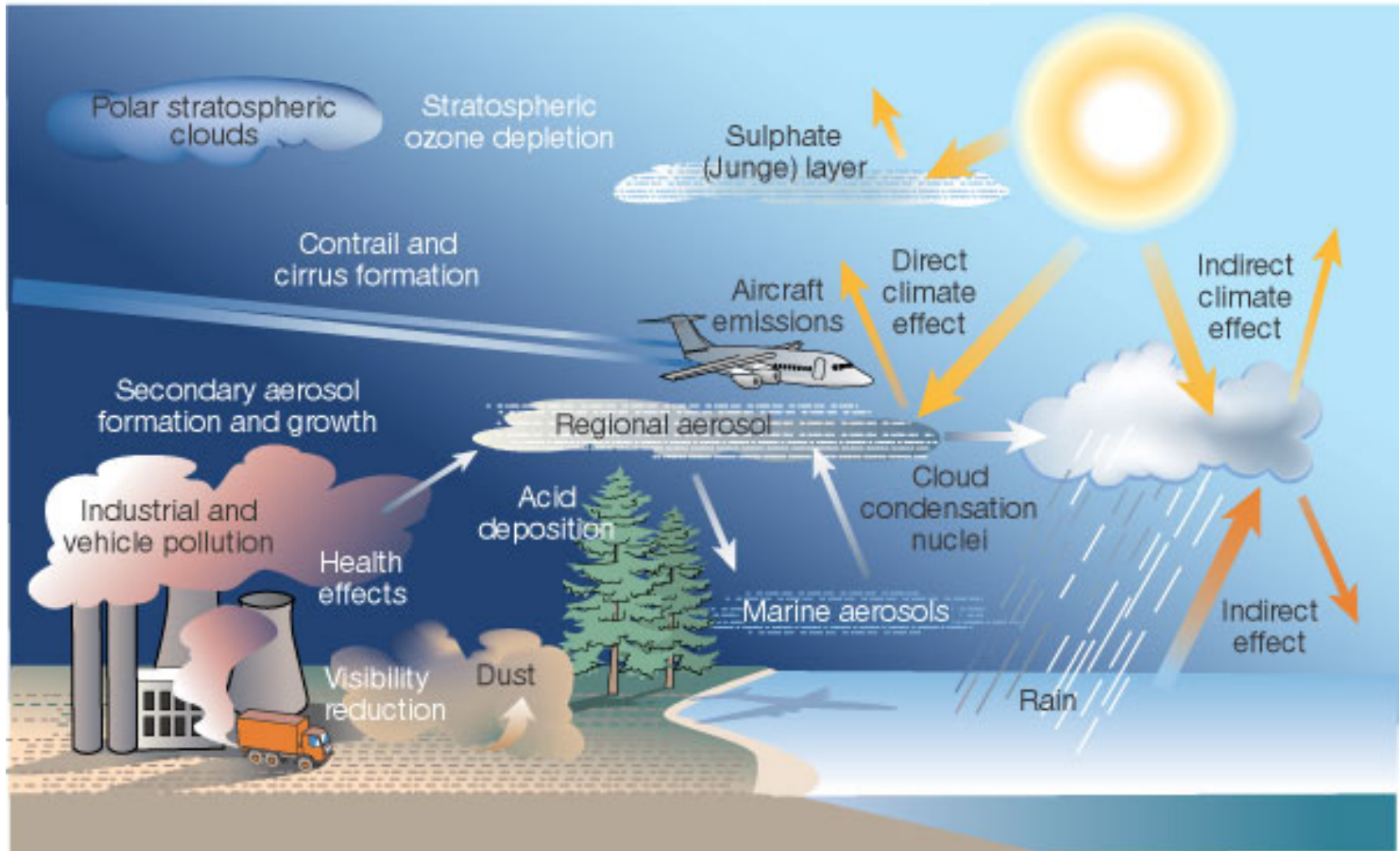
Emissões de aerossol

- Aerossóis relacionados com emissões marinhas e poeira são os tipos de aerossol mais abundantes. Partículas grandes;
- Estima-se que 10% do aerossóis sejam relacionados com emissões antropogênicas;
 - Dominam o ar vento abaixo de áreas urbanas e industriais;



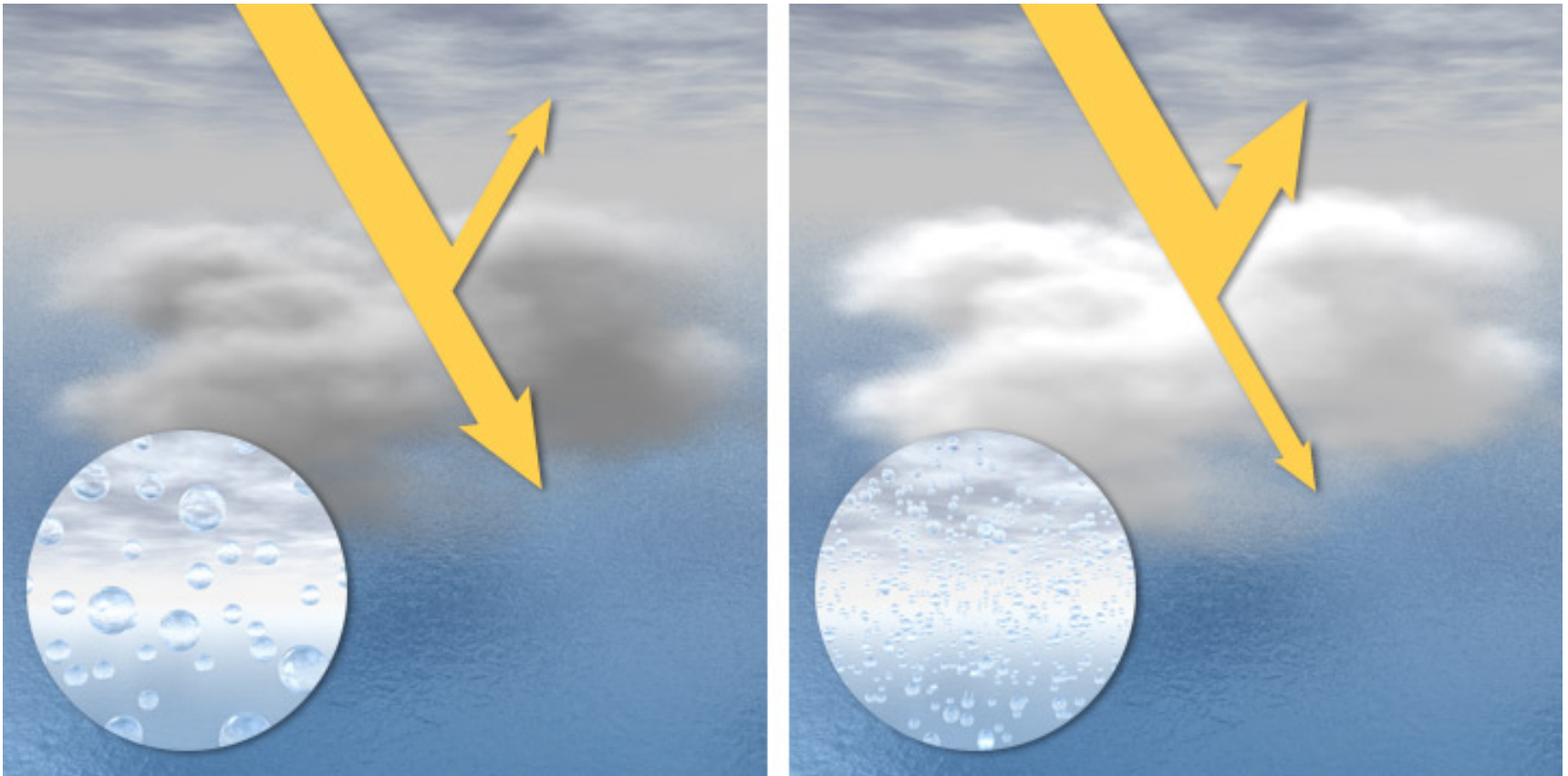
These scanning electron microscope images (not at the same scale) show the wide variety of aerosol shapes. From left to right: volcanic ash, pollen, sea salt, and soot. [Micrographs courtesy USGS, UMBC (Chere Petty), and Arizona State University (Peter Buseck).]

A influência do aerossol antropogênico no clima





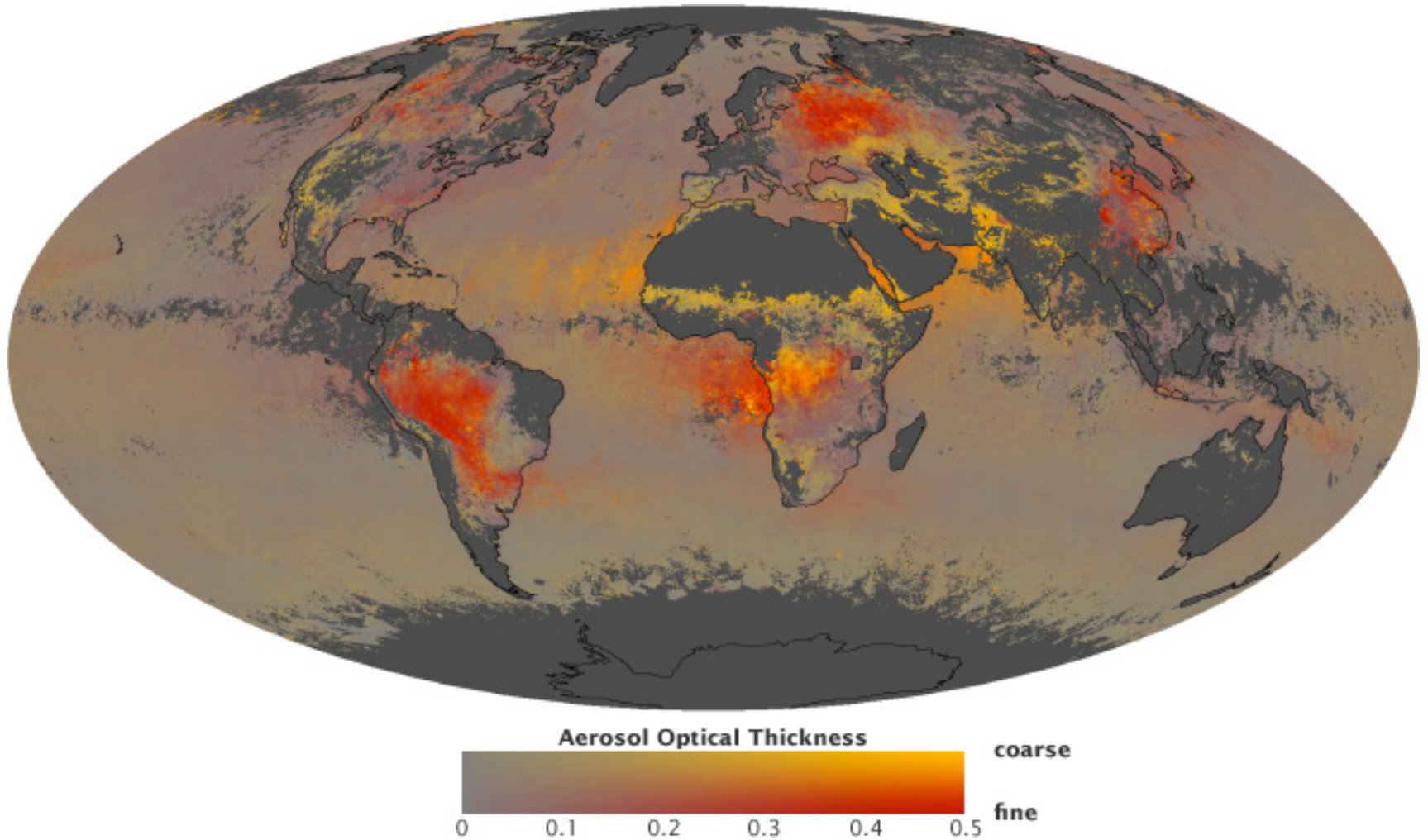
Dark aerosols dramatically change the reflectivity of the Earth's surface when they land on snow. Black ash covered the summit of New Zealand's Mount Ruapehu after an eruption in 2007, but was soon covered by fresh snow. Long-term accumulation of black carbon aerosols in the Arctic and Himalaya is leading to increased melting of snow. ([Photograph](#) ©2007, New Zealand [GeoNet.](#))



Clouds in clean air are composed of a relatively small number of large droplets (left). As a consequence, the clouds are somewhat dark and translucent. In air with high concentrations of aerosols, water can easily condense on the particles, creating a large number of small droplets (right). These clouds are dense, very reflective, and bright white. This influence of aerosols on clouds is called the “indirect effect,” and is a large source of uncertainty in projections of climate change. (NASA image by Robert Simmon.)

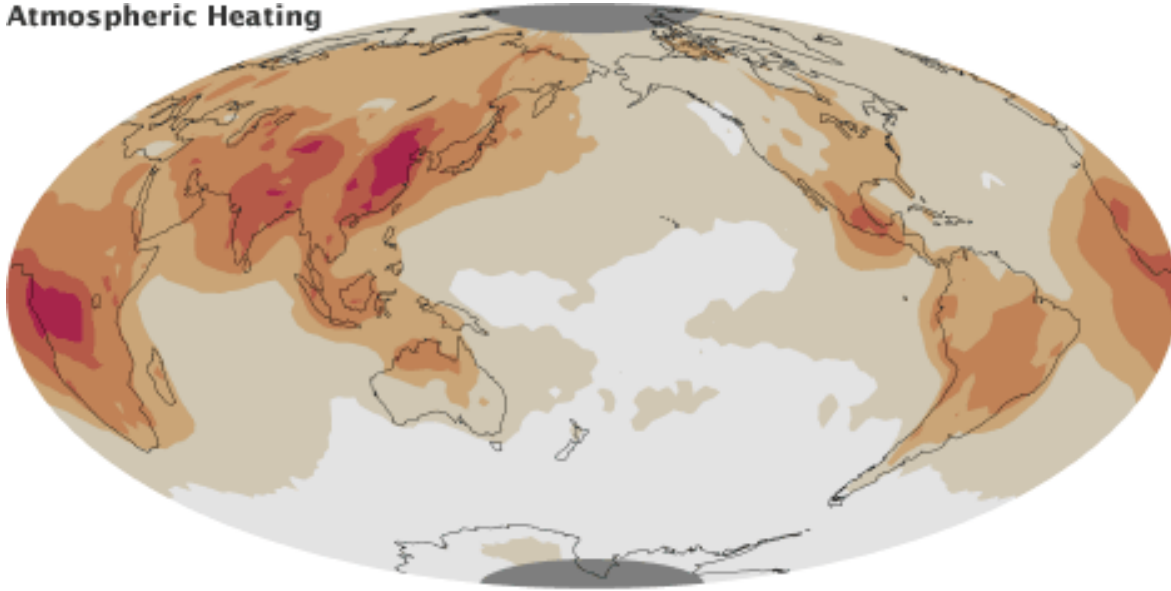


Interactions between smoke and clouds are complex. In some cases, smoke and other aerosols help cloud formation. In others, smoke suppresses clouds. Both effects are apparent in this natural-color satellite image of the Brazilian Amazon, acquired on August 31, 2010. (NASA image by Jeff Schmaltz, MODIS [Rapid Response](#).)

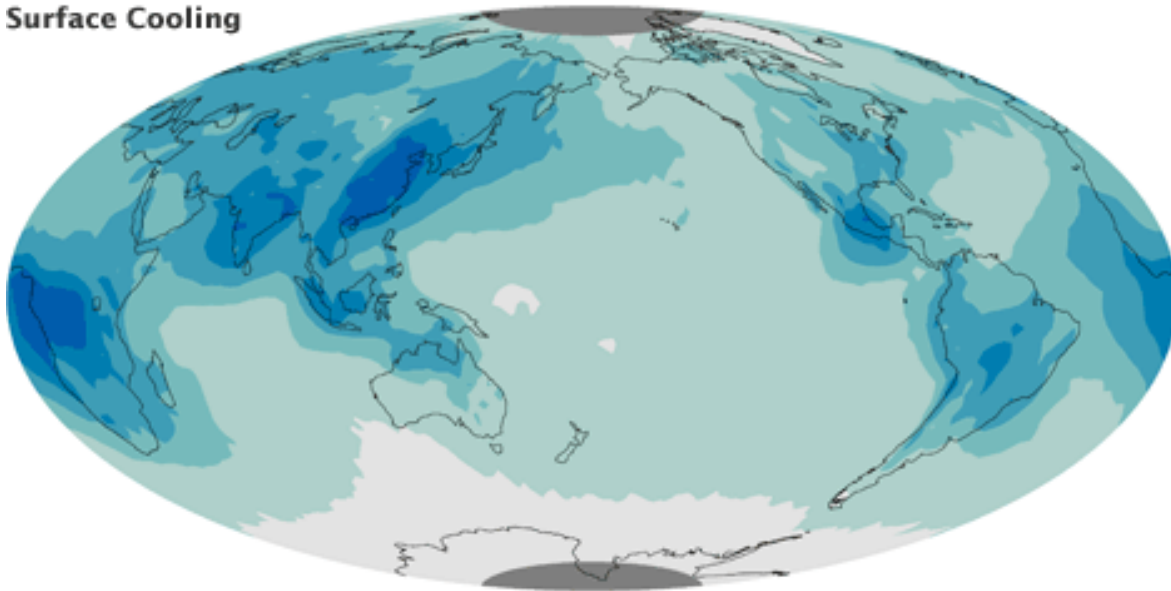


This map shows the global distribution of aerosols and the proportion of those aerosols that are large or small. Intense colors indicate a thick layer of aerosols. Yellow areas are predominantly coarse particles, like dust, and red areas are mainly fine aerosols, like smoke or pollution. Gray indicates areas with no data. (NASA map by Robert Simmon, based on MODIS data from [NASA Earth Observations](https://www.nasa.gov/earth-observations).)

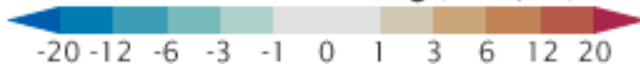
Atmospheric Heating



Surface Cooling

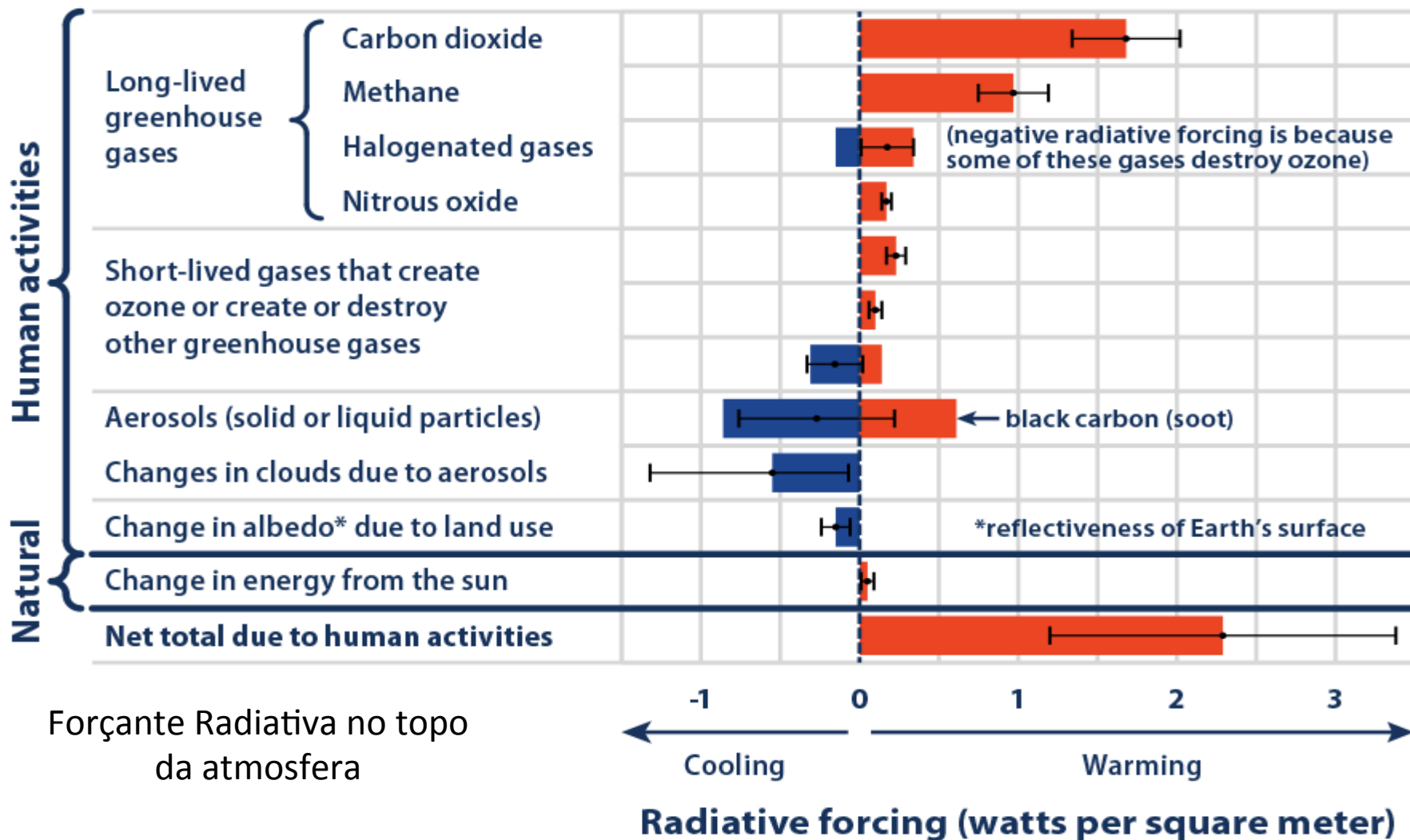


Black Carbon Forcing (Watts/m²)



Black carbon aerosols, similar to the soot in a chimney, absorb sunlight rather than reflecting it. This warms the layer of the atmosphere carrying the black carbon, but also shades and cools the surface below. (Maps adapted from [Chung, 2005](#))

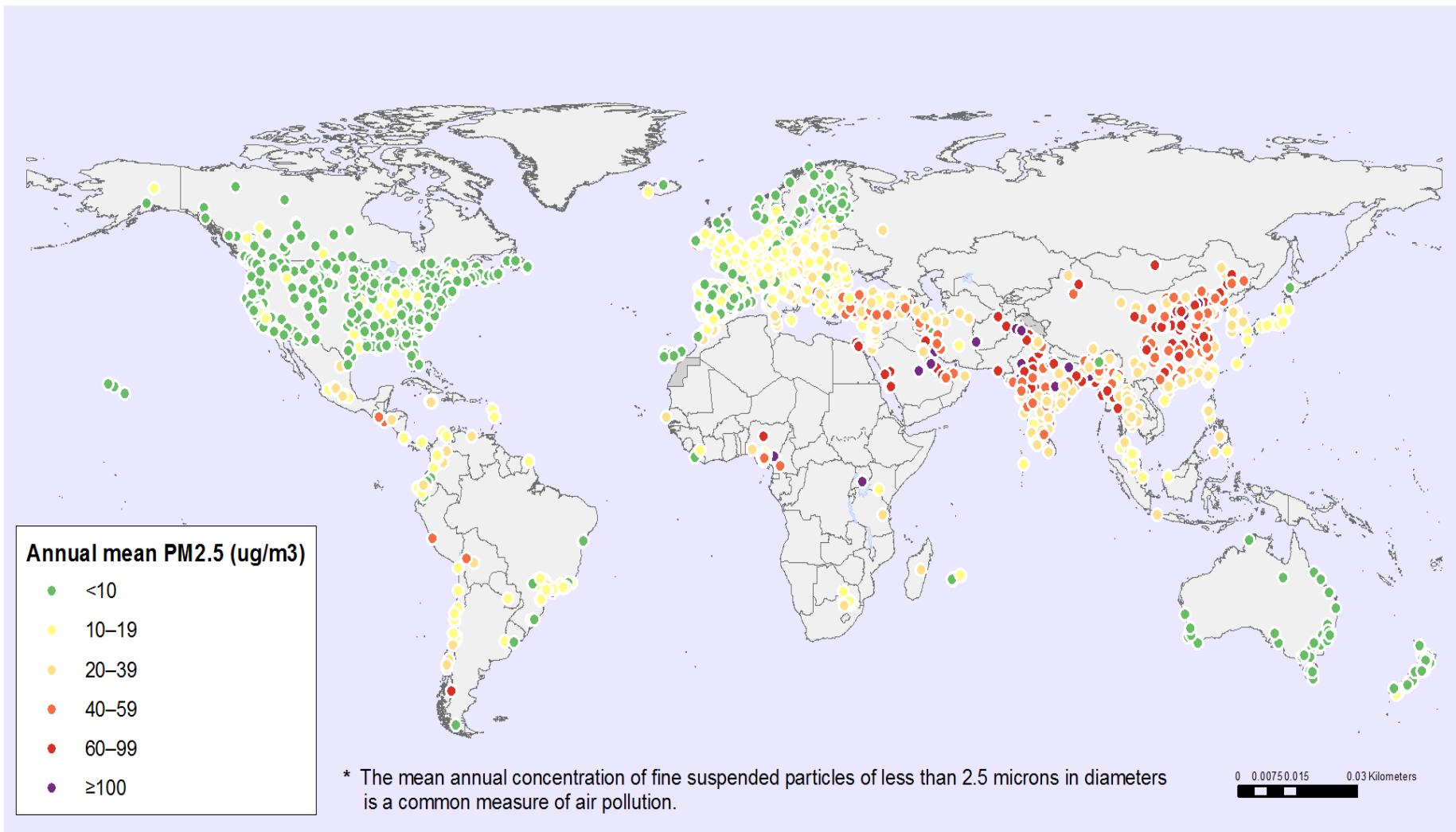
Radiative Forcing Caused by Human Activities Since 1750



Data source: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. www.ipcc.ch/report/ar5/wg1.

For more information, visit U.S. EPA's "Climate Change Indicators in the United States" at www.epa.gov/climate-indicators.

Concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 μm or less (PM_{2.5}) in nearly 3000 urban areas*, 2008–2015



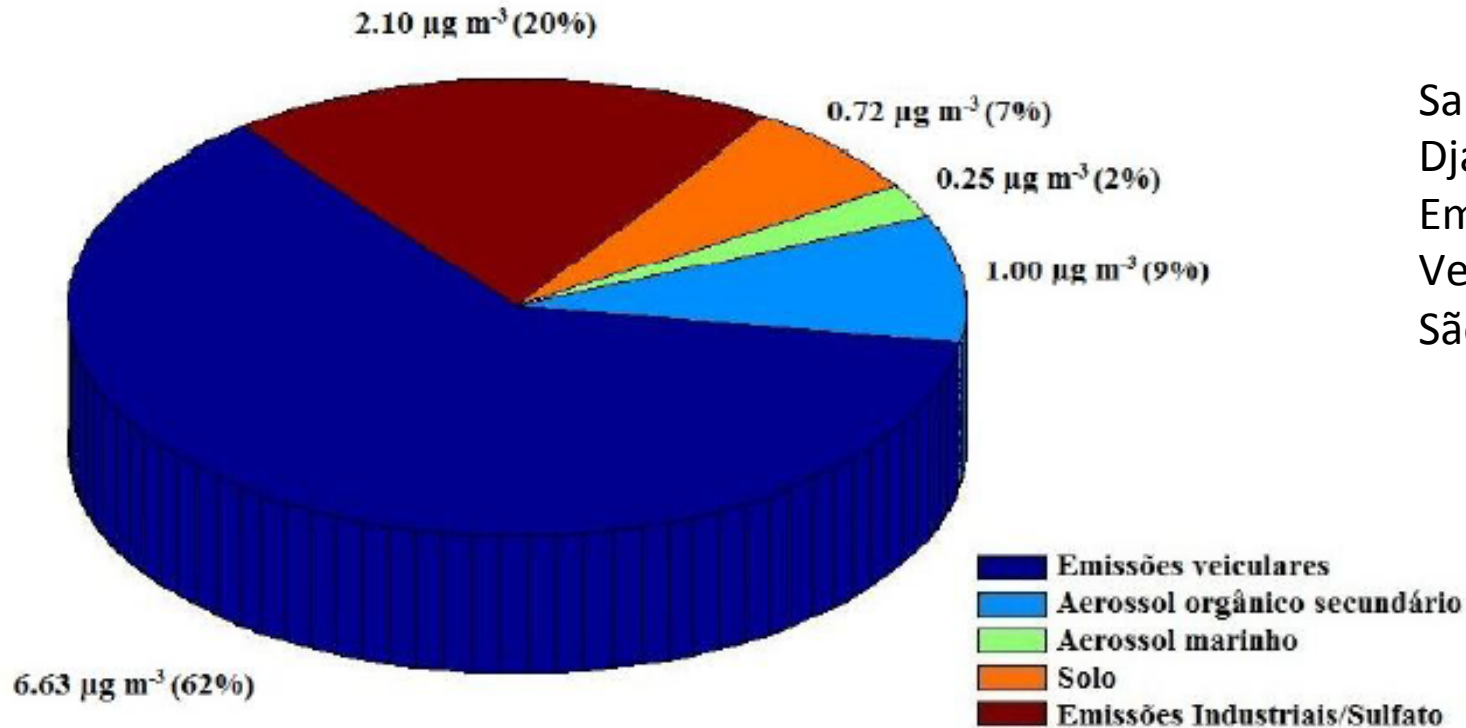
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
 Map Production: Information Evidence and Research (IER)
 World Health Organization



© WHO 2016. All rights reserved.

Estudo realizado em São Paulo



Santos Junior,
Djacinto,
Emissões
Veiculares em
São Paulo, 2015

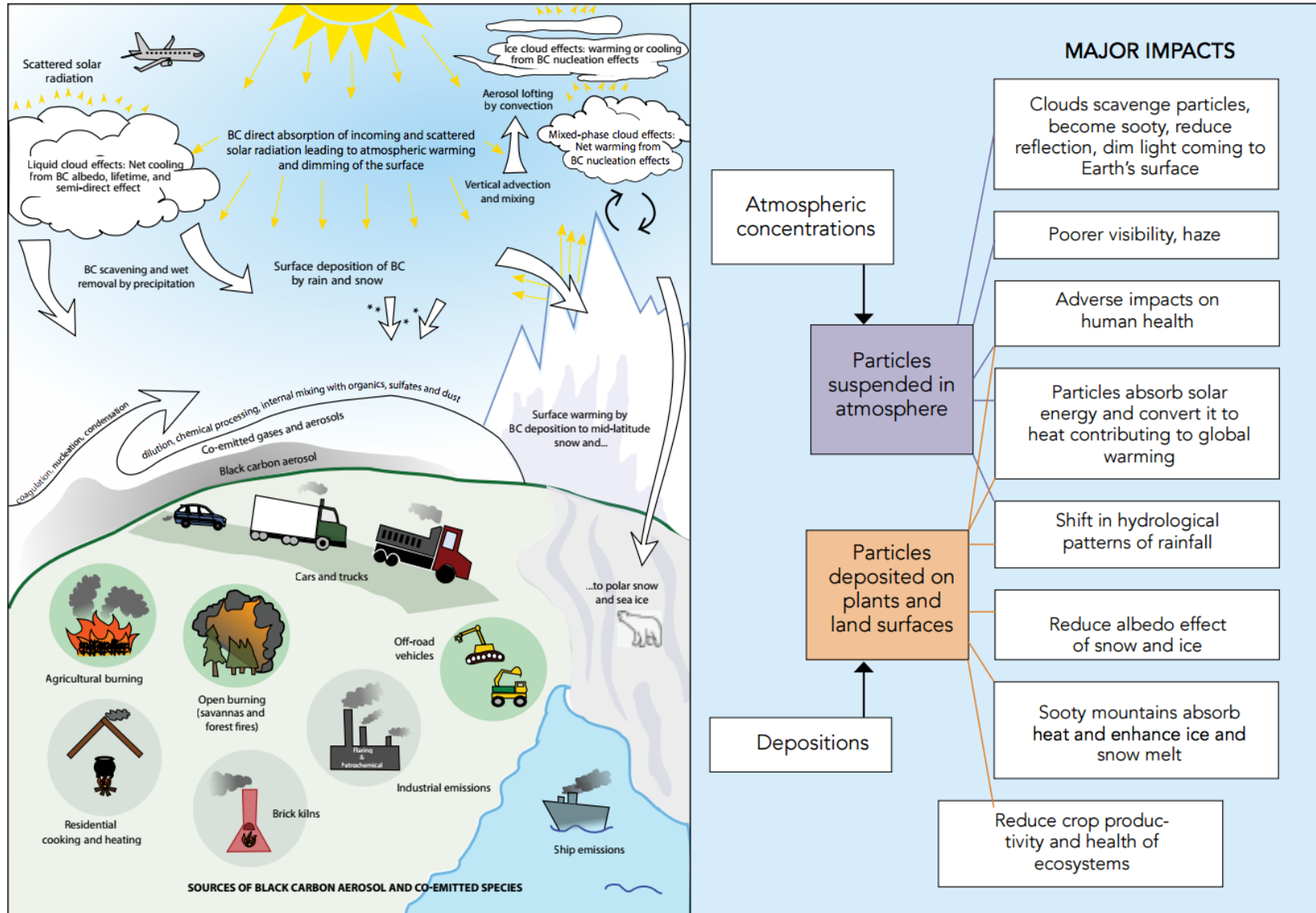
Figura 5-4 Atribuição final de fontes do material particulado fino para o conjunto de dados das estações IFUSP, Cerqueira César e Ibirapuera.

- Grande centro com $\sim 12\text{mi}$ de habitantes;
- Concentração média de Material Particulado de $\sim 11\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - $\sim 80\%$ de fontes diretamente antrópicas: emissões industriais e emissões veiculares.

Algumas evidências da influência humana

FIGURE 1

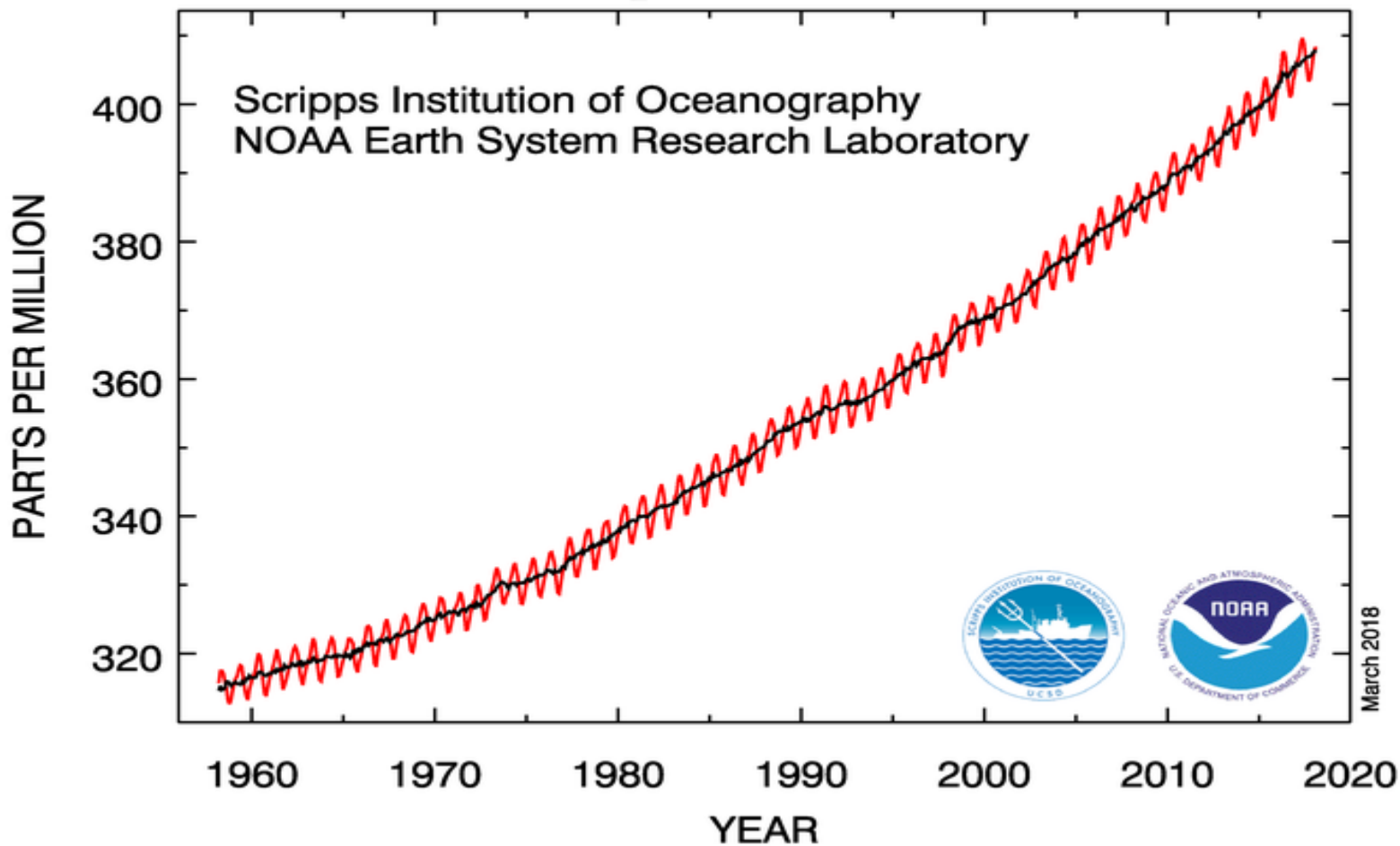
Primary sources of BC emissions and the processes that control the distribution of BC in the atmosphere and its role in the climate system.



Source: Based on U.S. EPA, 2012 and Bond *et al.*, 2013.

I

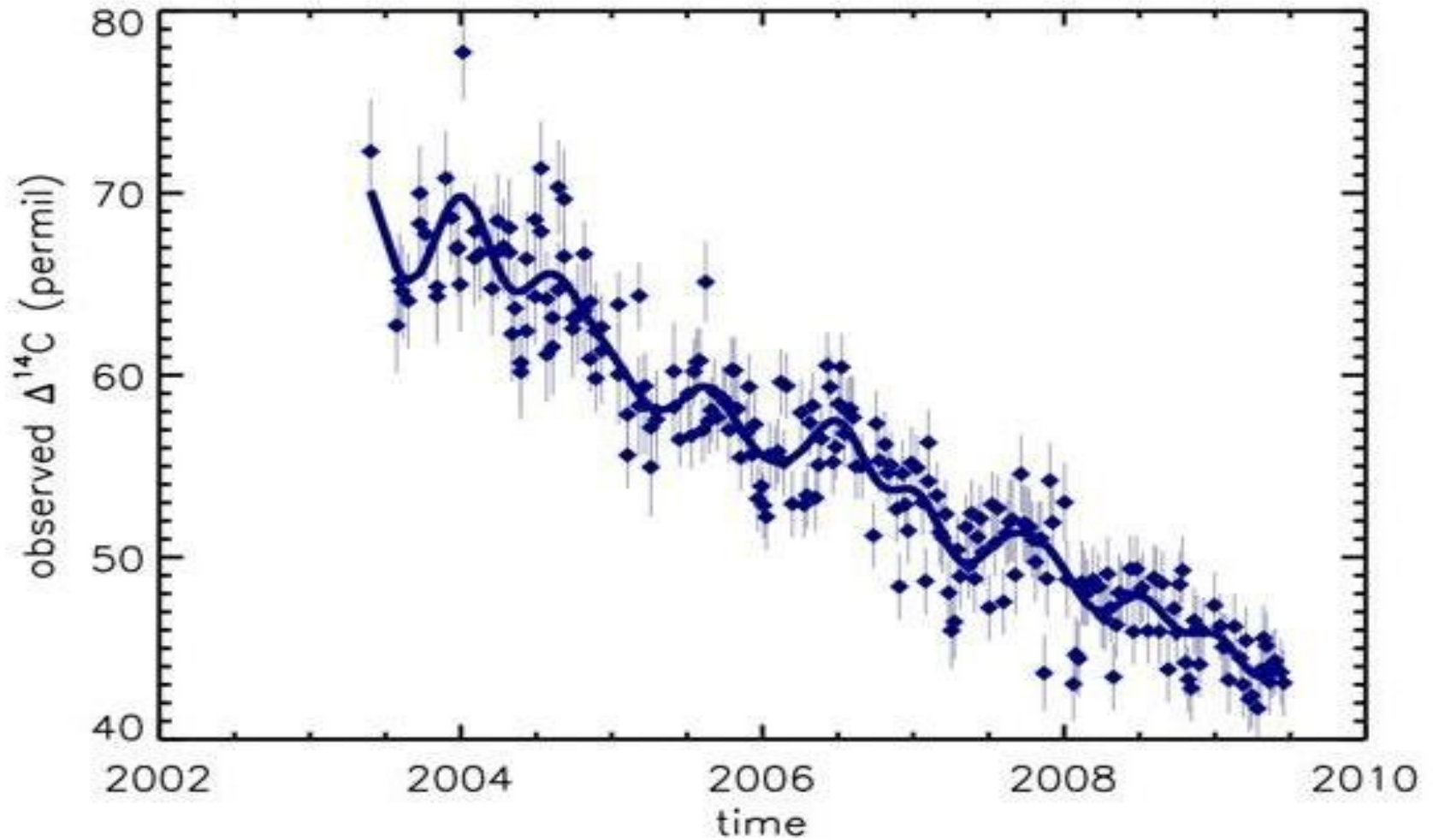
Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

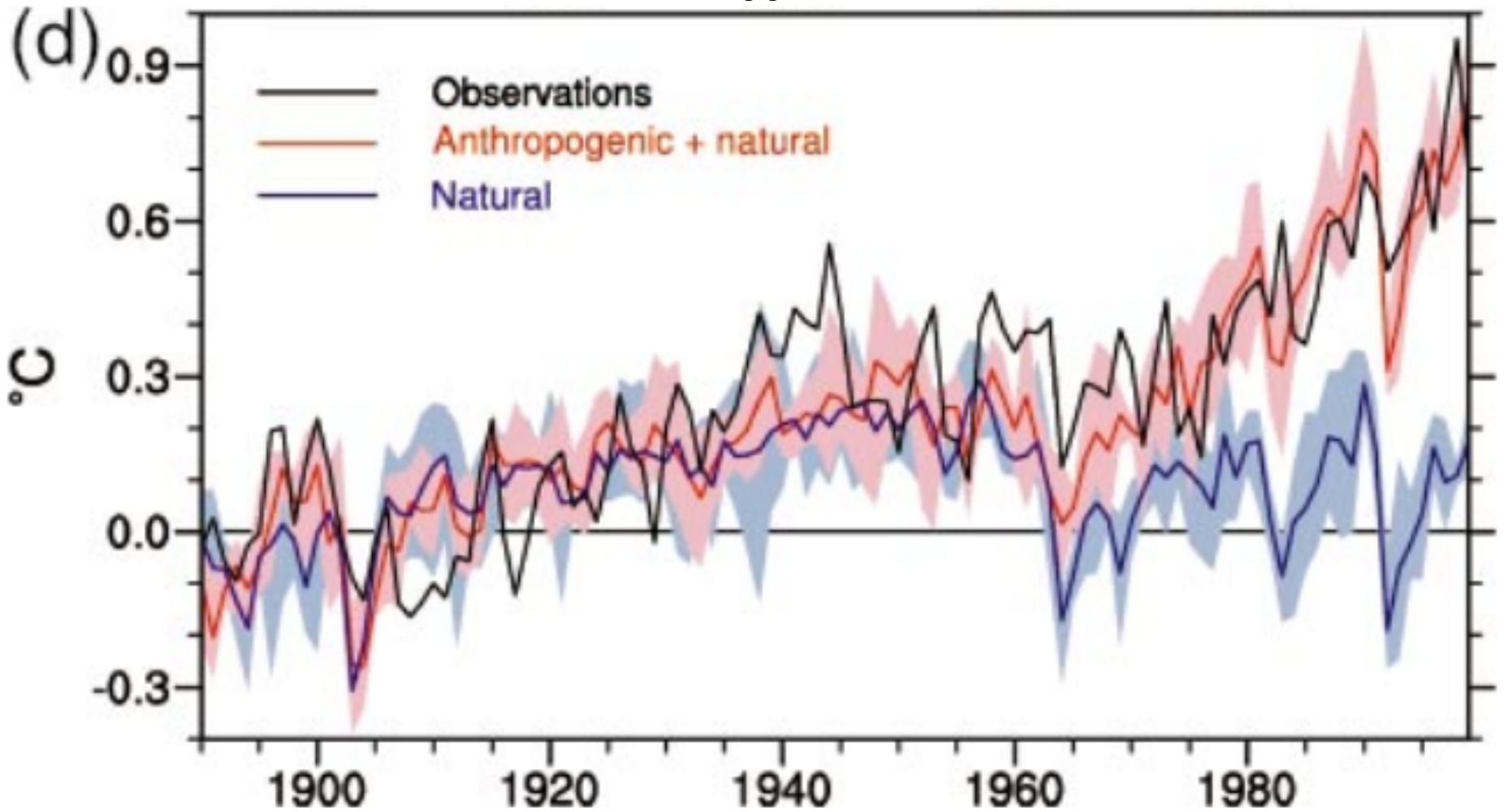
I

Clean Air Measurements at Niwot Ridge, Colorado



<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

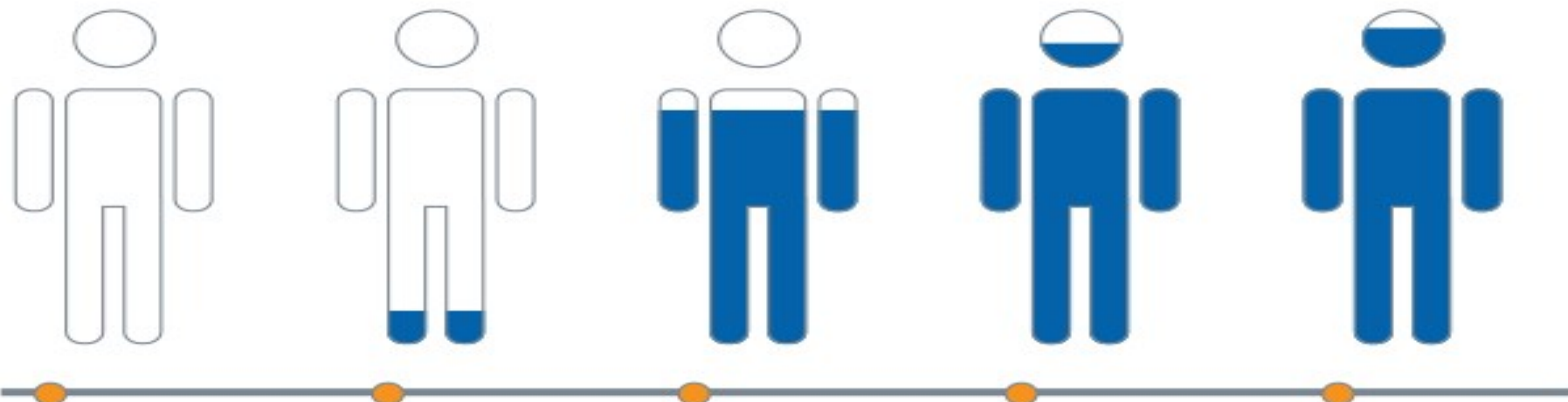
II



Meehl., G.A. Combinations of Natural and Anthropogenic Forcings in Twentieth-Century Climate, 2004

Q: How have the IPCC reports changed through time? (1990-2013)

■ Amount of Human-caused Warming



1990

The report did not quantify the human contribution to global warming.

1995

"The balance of evidence suggests a **discernible** human influence on climate."

2001

Human-emitted greenhouse gases are **likely** (67-90% chance) responsible for more than half of Earth's temperature increase since 1951.

2007

Human-emitted greenhouse gases are **very likely** (at least 90% chance) responsible for more than half of Earth's temperature increase since 1951.

2013

Human-emitted greenhouse gases are **extremely likely** (at least 95% chance) responsible for more than half of Earth's temperature increase since 1951.

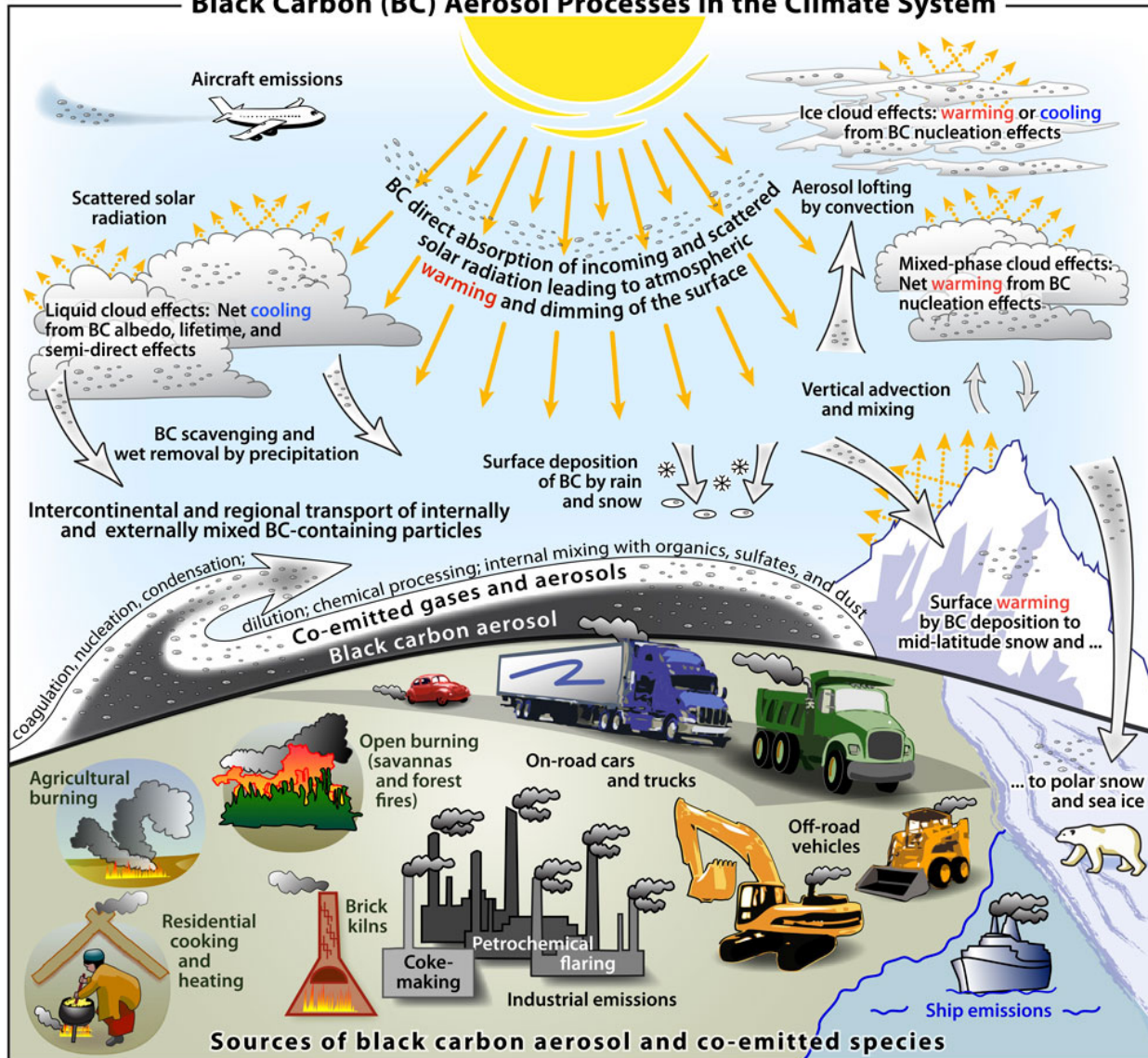


Nobel Peace Prize
Winner, 2007

Obrigado!!!!

<v8>

Black Carbon (BC) Aerosol Processes in the Climate System



Poluentes e fontes

- Emissão de diferentes tipos de aerossóis de acordo com a fonte:

Componente/Elemento		Combustível Fóssil para transporte e energia	Combustível fóssil e combustão de metal para processos industriais
Black Carbon	C	x	x
Organic Matter	C, O, H, N	x	x
Amonia	NH ₄	x	x
Sódio	Na		x
Cálcio	Ca		x
Magnésio	Mg		x
Potássio	K		x
Sulfato	SO ₄	x	x
Nitrato	NO ₃		x
Clóro	Cl		x
Silício	Si	x	x
Alumínio	Al	x	x
Ferro	Fe	x	x
Óxidos de Nitrogênio	NO _x	x	x
Compostos Orgânicos Voláteis	COV	x	x
"Persistent Organic Pollutants"	POP	x	

- O CO₂ contribuiu para a mudança climática mais que qualquer outro agente entre 1750 e 2011;
- Apesar de existirem outros gases com maior potencial de reter calor, eles estão em concentrações bem menores;
- Ao inserir CO₂ na atmosfera 40% das emissões permanecerão na atmosfera por 100 anos, 20% após 1.000 anos e 10% após 10.000 anos;

A busca pela regulamentação de emissões

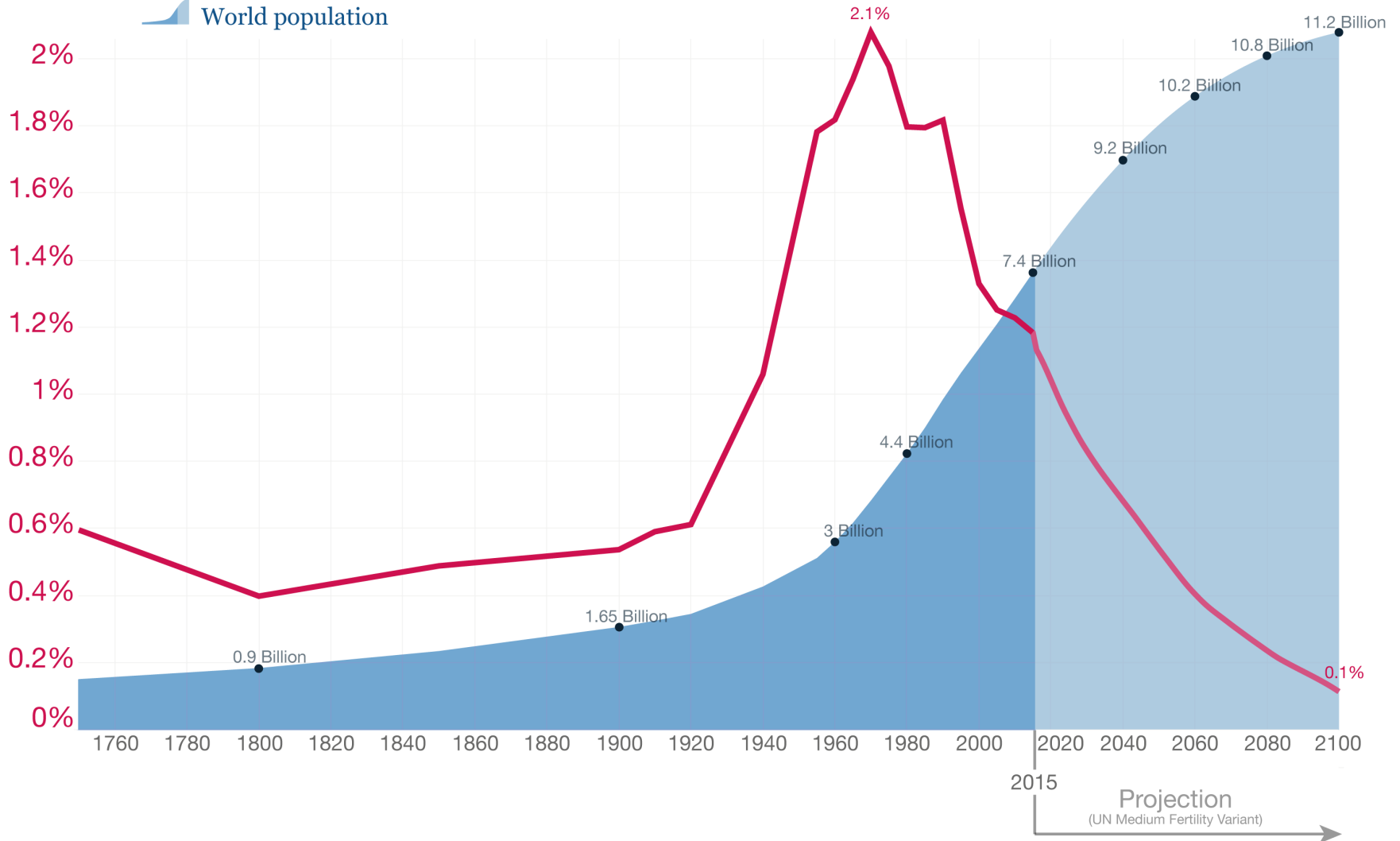
- Até 1940 poucas leis controlavam a emissão de poluentes;
- Dificuldades para relacionar poluição e problemas de saúde;
- Entre 1940 e 1960, após eventos de fog com mortes é que os governos do EUA e Inglaterra resolveram instituir a regulação de emissão;

As cidades

- Consideradas como os motores do crescimento econômico no mundo (Storper, 2013);
- Cobrem apenas 2% da superfície terrestre e consomem 75% das fontes materiais (UNEP, 2013);
- Em 2014 54% da população se encontrava em cidades (WHO);
- Crescimento populacional é suportado pela energia de combustíveis fósseis que fornece força e tecnologia para que as pessoas tenham comida, casa, e vestimentas (Zalesiwick, 2011);

World population growth, 1750-2100

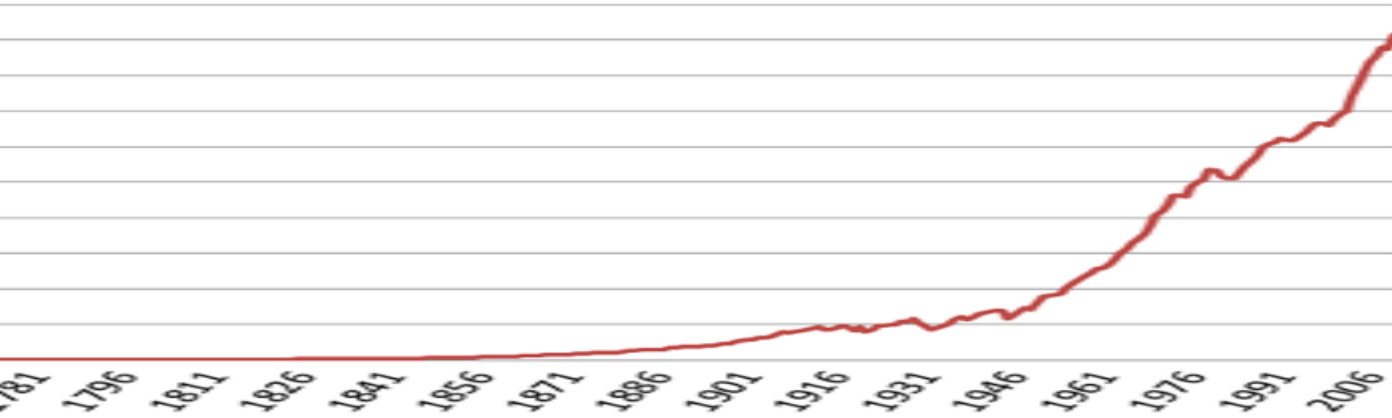
 Annual growth rate of the world population
 World population



Data sources: Up to 2015 OurWorldInData series based on UN and HYDE. Projections for 2015 to 2100: UN Population Division (2015) – Medium Variant. The data visualization is taken from [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org). There you find the raw data and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

CO₂ emissions 1751 - 2010

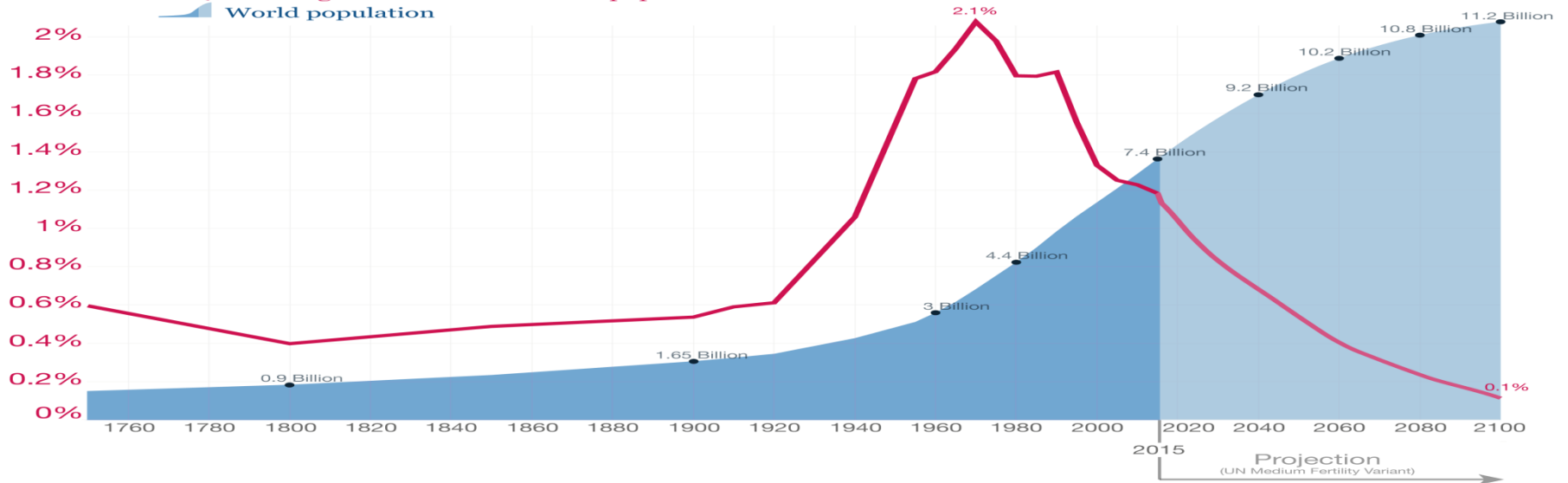


Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), 2013, http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/overview_2010.html

Our World in Data

World population growth, 1750-2100

Annual growth rate of the world population
World population



Data sources: Up to 2015 OurWorldInData series based on UN and HYDE. Projections for 2015 to 2100: UN Population Division (2015) – Medium Variant. The data visualization is taken from OurWorldInData.org. There you find the raw data and more visualizations on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

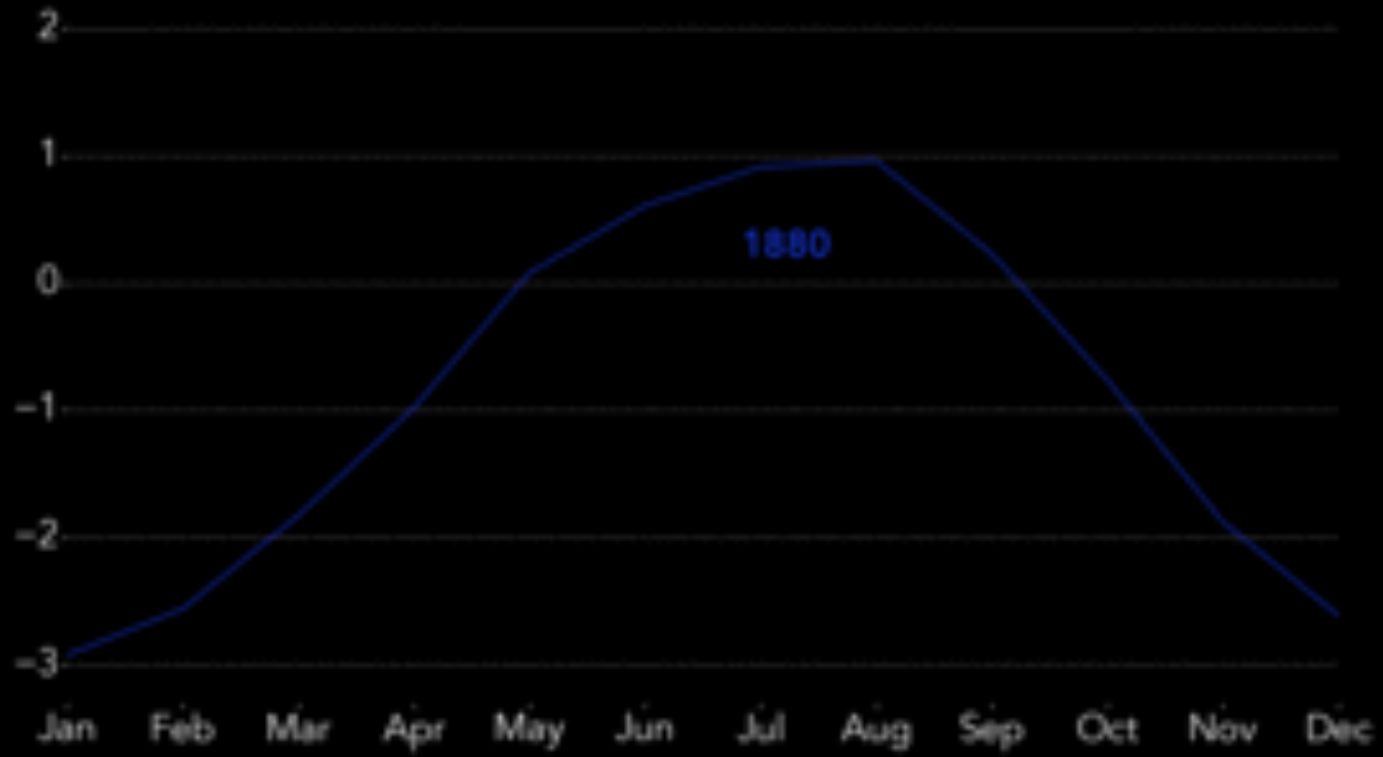
A necessidade de regulamentação de emissões

- Fornos e caldeiras que utilizavam carvão se espalham para EUA, Bélgica, Alemanha, Rússia, Japão, Índia, África do Sul dentre outros países:
 - A utilização do carvão aumenta em 100x neste período;
- Em 1843 é criado um comitê em Londres para obter informações sobre a poluição gerada por fornos e caldeiras;
- Após rejeitas alguns projetos de lei, em 1845 é criada uma regulamentação para a redução ‘smoke emissions’ de fornos e caldeiras;

Temperature Anomaly (°C)

(Difference from 1980-2015 annual mean)

Record Years



Os smogs londrinos

- Em 1905 o termo 'smog' é introduzido por Harold Antoine Des Voeux, membro da "Coal Smoke Abatement Society in London";
- Na época os smogs eram gerados através da queima de carvão e outros materiais brutos;
- Atualmente o termo Smog Londrino é utilizado para a fumaça resultante da combustão na presença de fog ou LOW LIYNG TEMPRATURE INVERSION

- Nas primeiras cidades, a poluição era sentida pelo cheiro;
 - Aristóteles sugere que ‘mature’ devem estar localizados fora da cidade;

ACTA CLIMATOLOGICA ET CHOROLOGICA
Universitatis Szegediensis, Tom. 36-37, 2003, 5-15.

ANTHROPOGENIC AIR POLLUTION IN THE ANCIENT TIMES

E. BORSOS¹, L. MAKRA¹, R. BÉCZI¹, B. VITÁNYI² and M. SZENTPÉTERI³

*¹Department of Climatology and Landscape Ecology, University of Szeged, P.O.Box 653, 6701 Szeged, Hungary
E-mail: borsosemoke@kolozsvar.ro*

²Bocskai István Secondary and Technical School, Ondi út 1, 3900 Szerencs, Hungary

*³Teachers' Training Institute, Juhász Gyula Teachers' Training Faculty,
University of Szeged; Hungary*