

# Poluição do ar

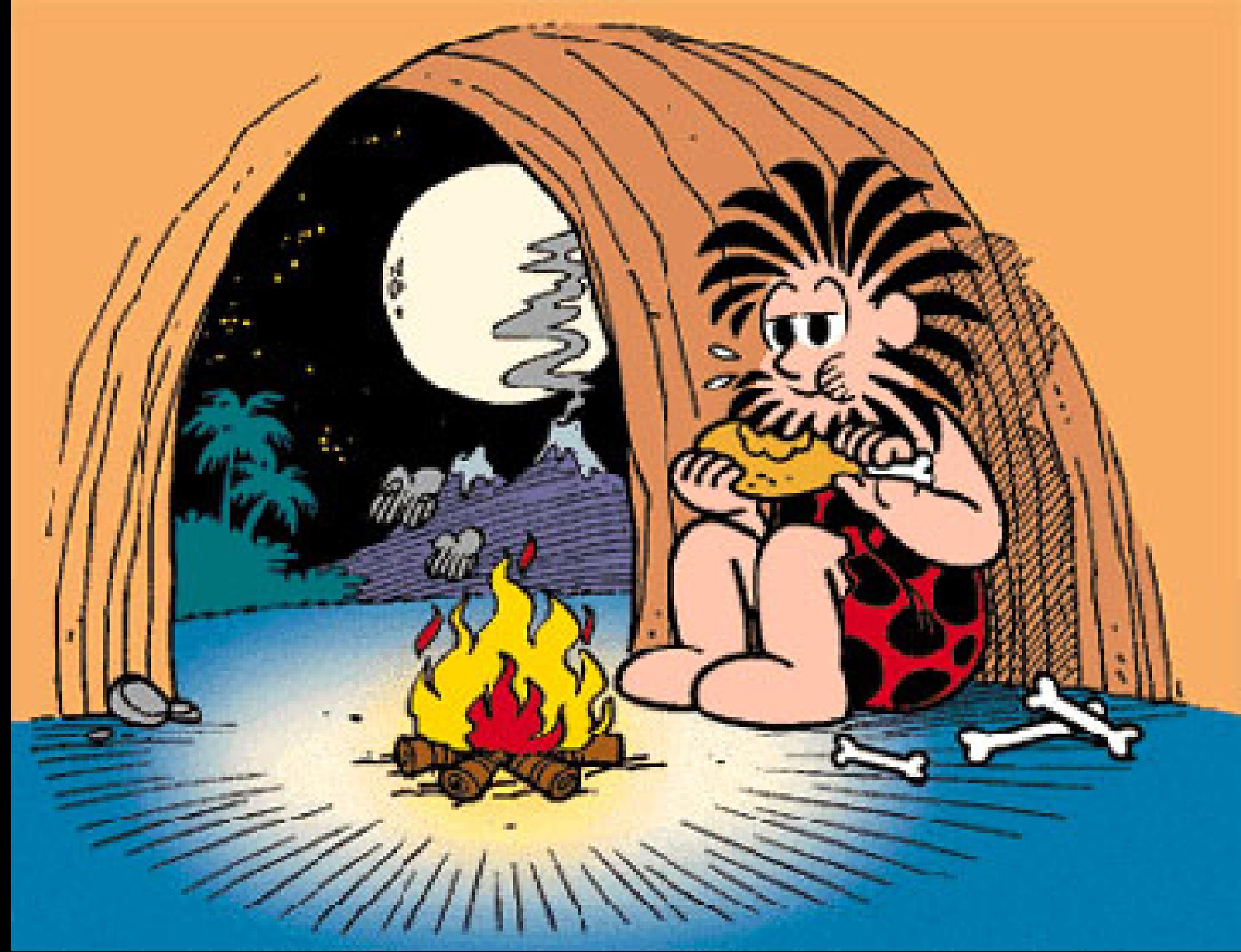
Demóstenes F. Silva Filho

Bruna Lara Arantes

Mestranda Recursos Florestais

# Históri CO

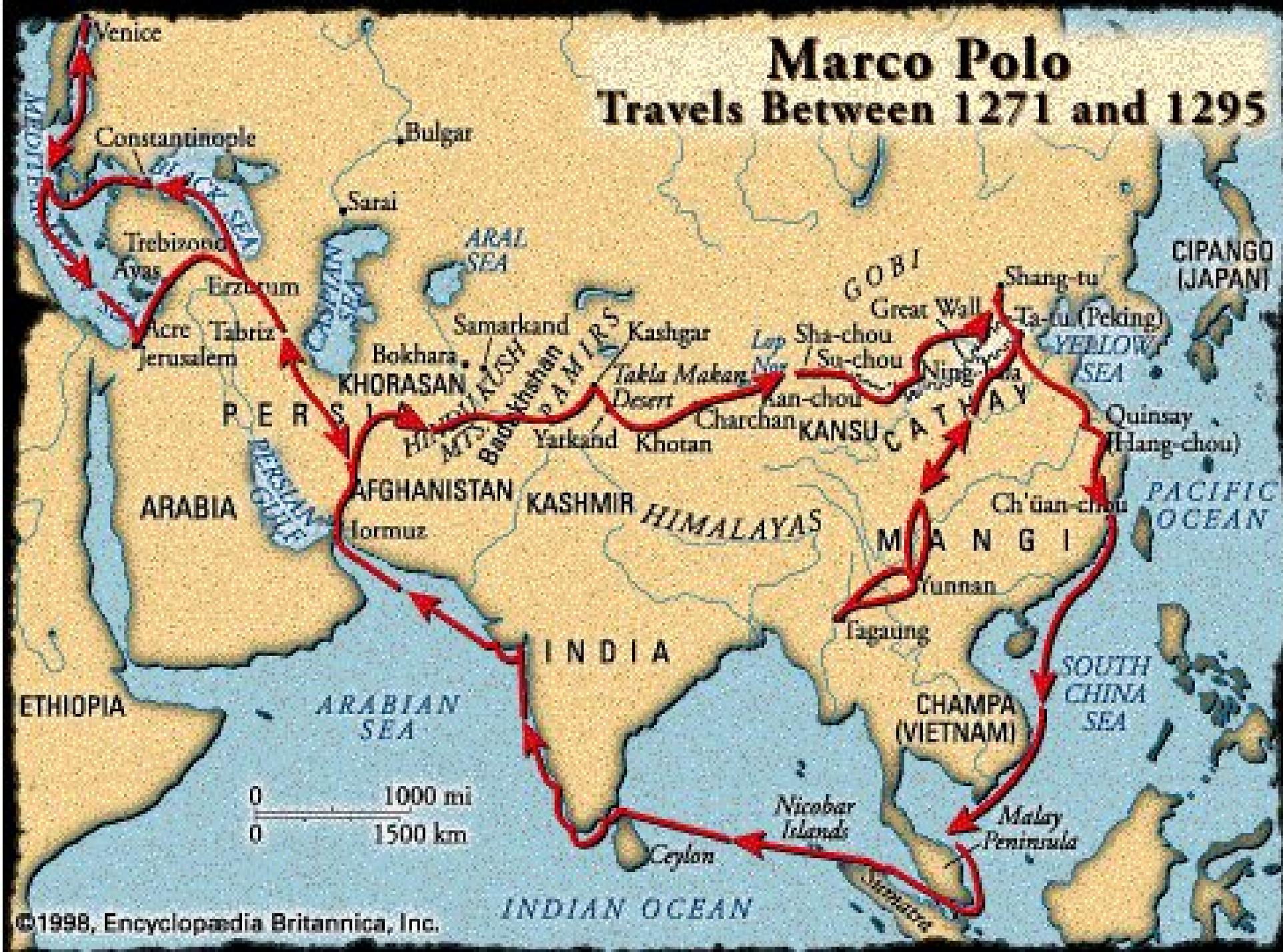
Uso da madeira  
como fonte  
de energia



# Histórico

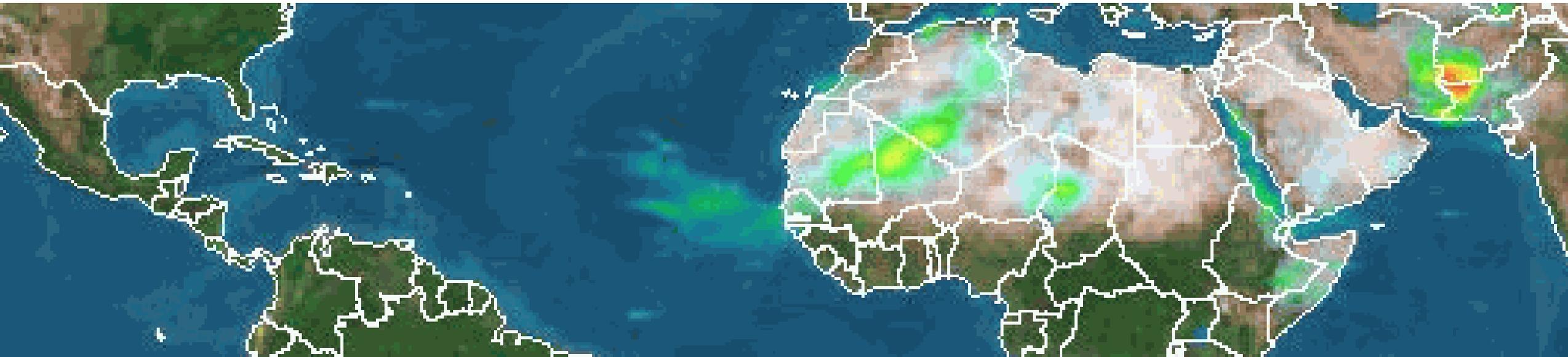
Substituição pelo  
Carvão mineral

1660 Londres



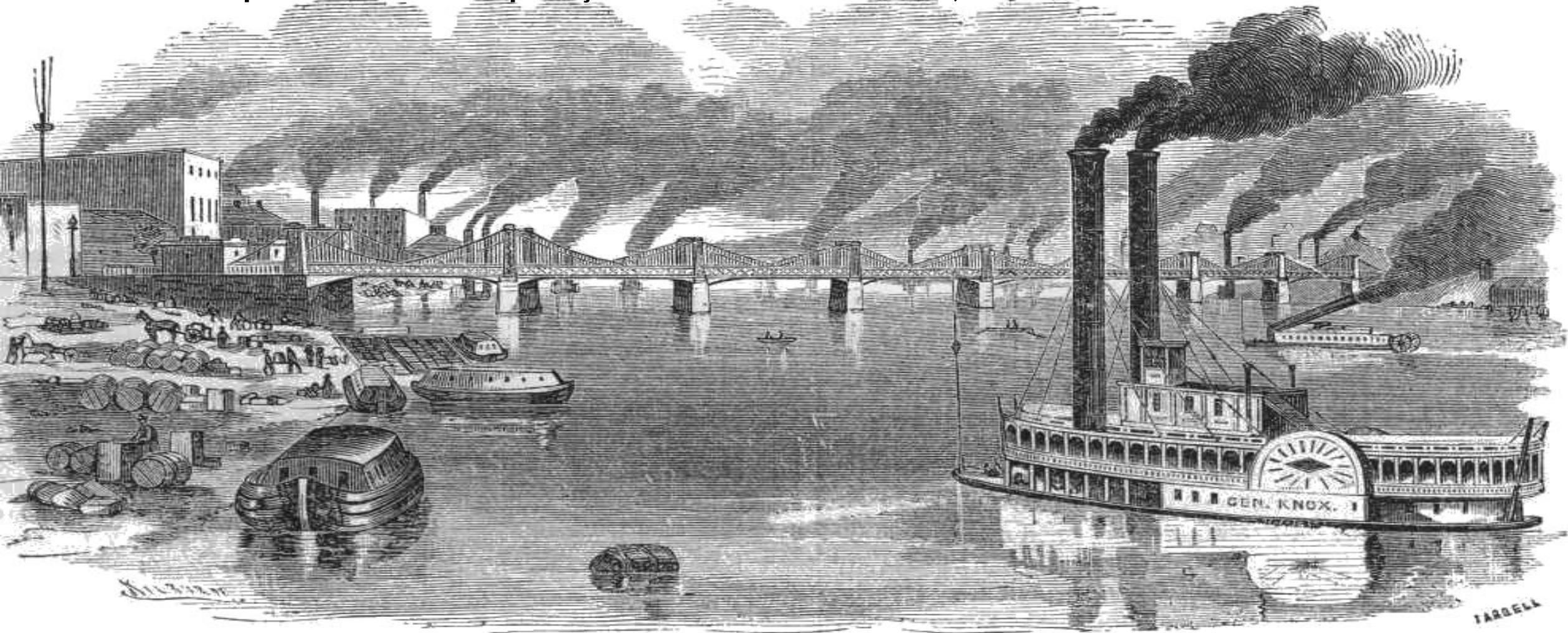
Por volta de 1661, cientistas da Grã-Bretanha descobriram que a poluição industrial podia afetar a saúde das pessoas e as plantas das redondezas. Com o crescimento industrial nos séculos XVIII e XIX, aumentaram os danos para a saúde das pessoas e para o meio ambiente.

Entretanto, ninguém pensava que a poluição pudesse ser transportada para muito longe.



De 1760 à 1840 ocorreu a Revolução Industrial, aumentando em 100 vezes a queima do carvão

Já no século XVIII, nos Estados Unidos surgem as primeiras leis municipais que visam reduzir a poluição atmosférica de fábricas, ferrovias e navios.



BRIDGE OVER THE MONONGAHELA RIVER, PITTSBURG, PENN.

THE  
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN  
PHILOSOPHICAL MAGAZINE  
AND  
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

APRIL 1896.

XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS\*.

I. *Introduction: Observations of Langley on Atmospheric Absorption.*

A GREAT deal has been written on the influence of the absorption of the atmosphere upon the climate. Tyndall† in particular has pointed out the enormous importance of this question. To him it was chiefly the diurnal and annual variations of the temperature that were lessened by this circumstance. Another side of the question, that has long attracted the attention of physicists, is this: Is the mean temperature of the ground in any way influenced by the presence of heat-absorbing gases in the atmosphere? Fourier‡ maintained that the atmosphere acts like the glass of a hot-house, because it lets through the light rays of the sun but retains the dark rays from the ground. This idea was elaborated by Pouillet§; and Langley was by some of his researches led to the view, that "the temperature of the earth under direct sunshine, even though our atmosphere were present as now, would probably fall to  $-200^{\circ}$  U., if that atmosphere did not possess the quality of selective

\* Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11th December, 1895. Communicated by the Author.

† 'Heat a Mode of Motion,' 2nd ed. p. 405 (Lond., 1865).

‡ *Mém. de l'Ac. R. d. Sci. de l'Inst. de France*, t. vii. 1827.

§ *Comptes rendus*, t. vii. p. 41 (1838).

*"On the Influence  
of Carbonic Acid  
in the Air upon  
the Temperature  
of the Ground"*

By Prof. Svante Arrhenius

April 1896

## O Nevoeiro de 1952, *The Big Smoke*.

1952 em Londres, após um episódio de inversão térmica, formaram-se nuvens de Material Particulado e Enxofre, que juntamente com a névoa produziram o fenômeno “smog”.

Aumentou a média de mortes em 4.000





Figura 2.8. Prédio da Agência de Correios, parcialmente limpo, em Saint Louis, Missouri, EUA, no ano de 1963 (Fonte: Stern, 1968).

Tabela 2.1. Espaçamento das linhas e espaços da escala de Ringelmann.

| <i>Escala de Ringelmann</i> | <i>Largura das linhas pretas (mm)</i> | <i>Largura dos espaços brancos (mm)</i> | <i>Porcentagem negro</i> |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|
| 0                           | Toda branca                           |   | 0                        |
| 1                           | 1                                     | 9                                       | 20                       |
| 2                           | 2,3                                   | 7,7                                     | 40                       |
| 3                           | 3,7                                   | 6,3                                     | 60                       |
| 4                           | 5,5                                   | 4,5                                     | 80                       |
| 5                           | Toda preta                            |   | 100                      |

Fonte: STERN, 1968

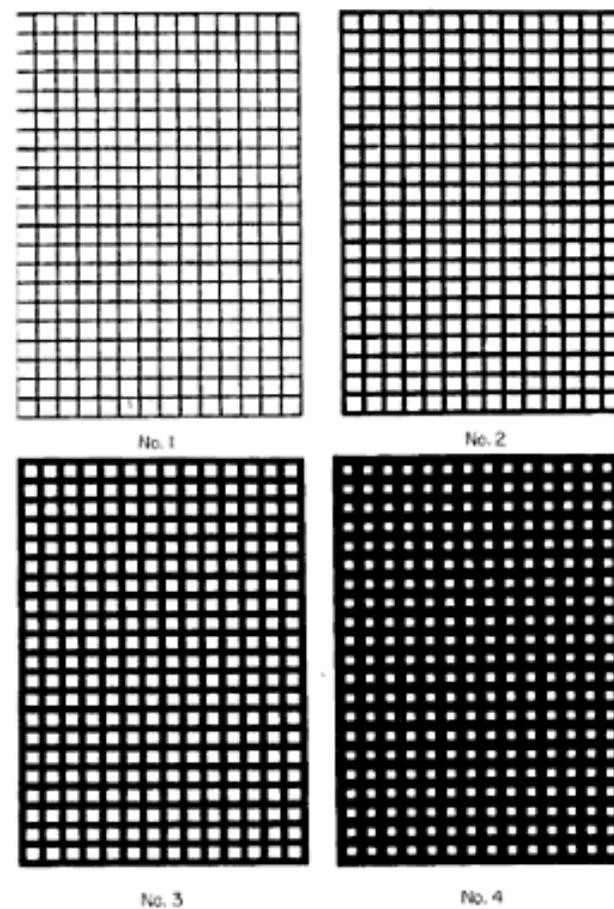


Figura 2.9. Escala de fumaça de Ringelmann (Fonte: Stern, 1968).



*Calbuco Volcano*

Plume

Puerto Montt

San Carlos  
de Bariloche



25 km

April 24, 2015

**Atualmente várias cidades pelo mundo tem tomado medidas para reduzir a produção de poluentes, como Paris que diminuiu pela metade o número de carros em circulação.**

**No dia 18/março ela ganhou, por alguns dias, o posto de um de ar mais sujo do mundo: “O ar estava tão poluído que a Torre Eiffel estava envolta em uma névoa esfumaçada” (*The New York Times*, 2015).**





**World Health  
Organization**

A Índia, segundo a *World Health Organization* (WHO), é a 13º cidade mais poluída do mundo, sofrendo com problemas de neblina e com sérios problemas de saúde pública, tendo uma das taxas de mortalidade mais alta do mundo por doenças respiratórias crônicas, que matam cerca de 1,5 milhões de indianos a cada ano, principalmente devido ao uso de fontes de energias não limpas (*The New York Times, 2015*); nessa mesmo ranking, o Brasil ocupa a 45º dos países com o ar mais poluído, contando com um PM 2.5 de 22 ug/m3.

**RMSP a partir da 2ª Guerra Mundial, levou à instalação de indústrias de grande porte.**

**1960 criação da Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar – CICIPAA, que em 1975 foram transferidas à CETESB.**

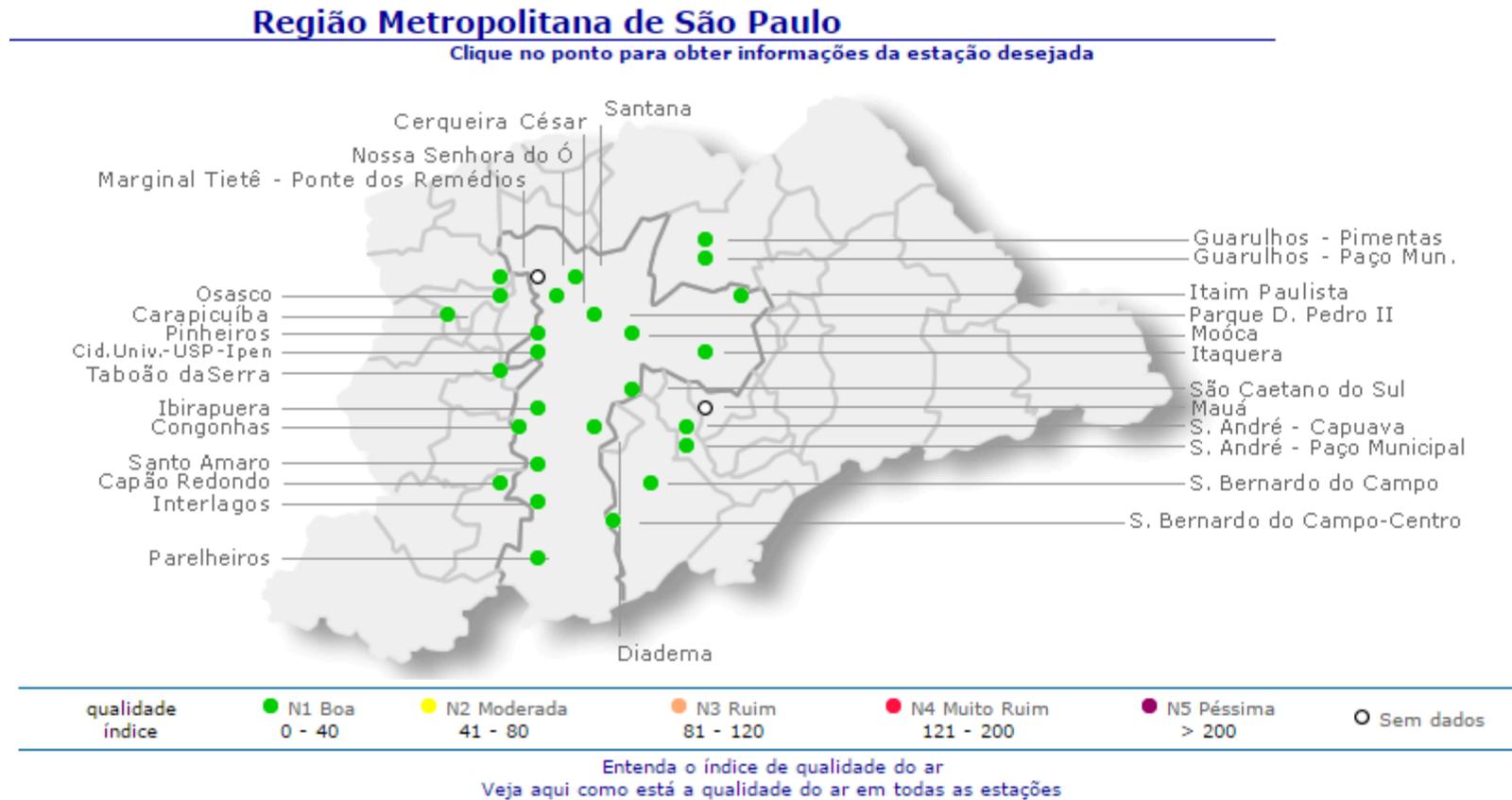
**Em 1972: instalação de 14 estações para medição diária dos níveis de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e fumaça preta. Nessa época, a qualidade do ar passou a ser divulgada diariamente à população por meio de boletins encaminhados à imprensa.**



**1981:** Início do monitoramento automático e a instalação de novas estações, para a avaliação de SO<sub>2</sub>, MP<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, CO e NMHC, além dos parâmetros meteorológicos.

**2000:** monitoramento automático foi ampliado para algumas cidades do interior do Estado SP

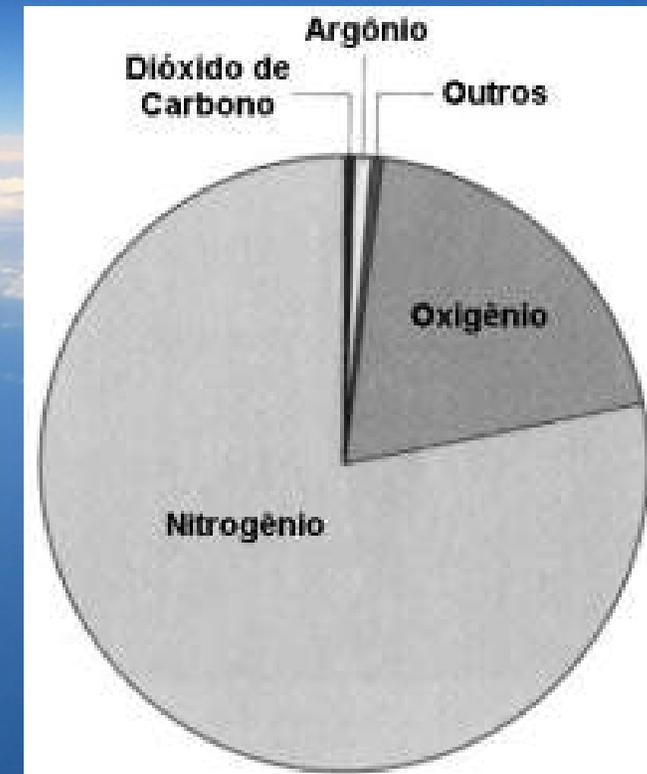
**2008 e 2012** a rede sofreu nova expansão.

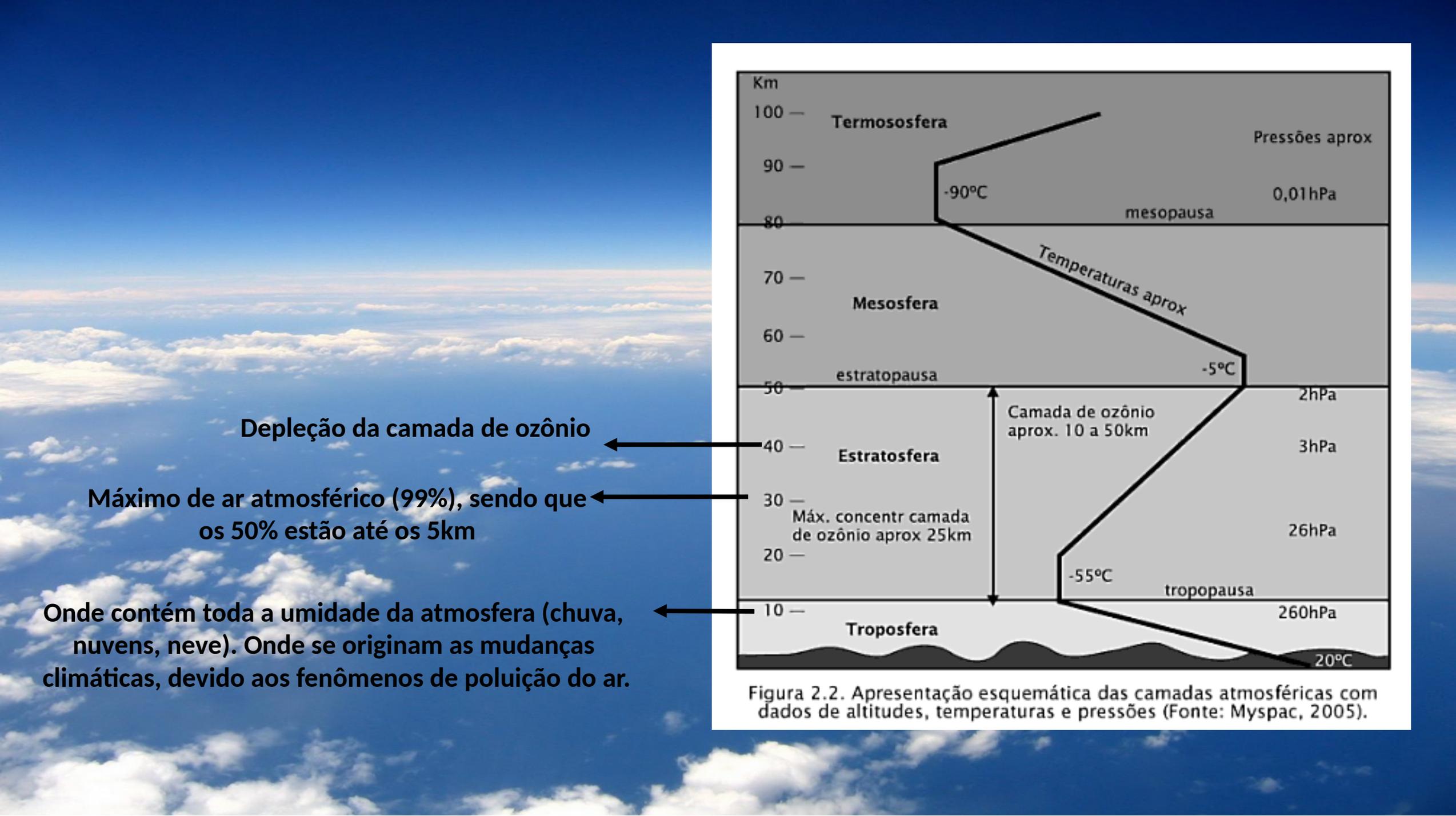


# Importante lembrar: Atmosfera

Cada indivíduo respira 22 mil vezes por dia, mas não sobrevive mais do que cinco minutos sem ar.

Gases nobres (hélio, neônio, criptônio e xerônio), hidrogênio, Metano e NO<sub>2</sub>; vapor de água, sais de cloreto de sódio, MPs orgânicos (pólen, bactéria, micróbios) e inorgânico (sílica e subprodutos de combustão).

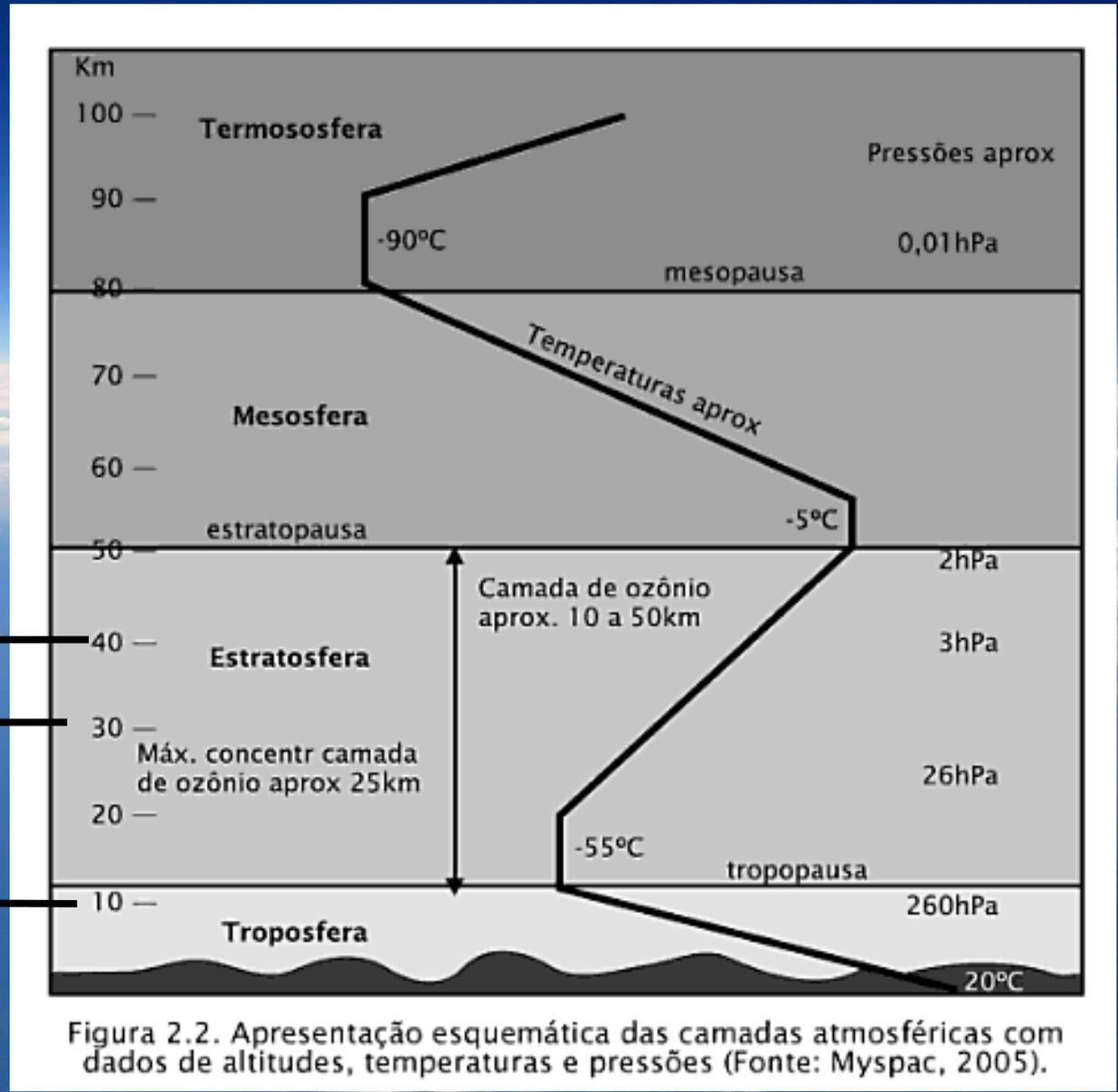




**Depleção da camada de ozônio**

**Máximo de ar atmosférico (99%), sendo que os 50% estão até os 5km**

**Onde contém toda a umidade da atmosfera (chuva, nuvens, neve). Onde se originam as mudanças climáticas, devido aos fenômenos de poluição do ar.**





Efeito estufa, destruição da camada de ozônio, de natureza acumulativa em milhões de anos.

Danos à saúde pública, aumento de doenças respiratórias, danos materiais as edificações, obras de arte, fauna e flora devido as emissões

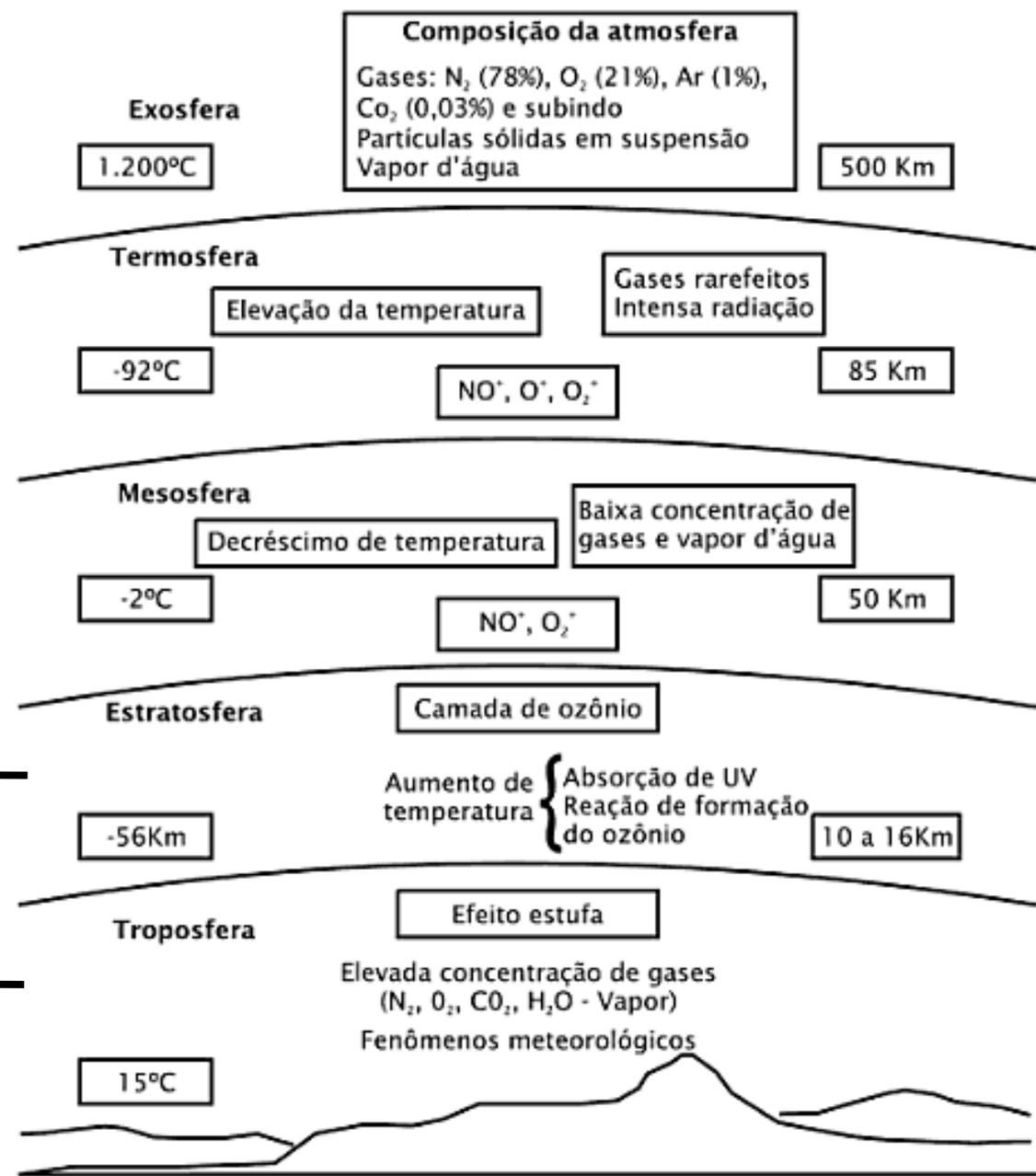


Figura 2.4. Camadas da atmosfera e os poluentes do ar (Fonte: Ribeiro, 2000).

**Efeito estufa:** acúmulo de gases e nuvens na atmosfera provocando o aquecimento da superfície do planeta pelo bloqueio de parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre.

Alguns gases são produzidos naturalmente, o que mantém a temperatura da Terra apta a vida (-18°C)

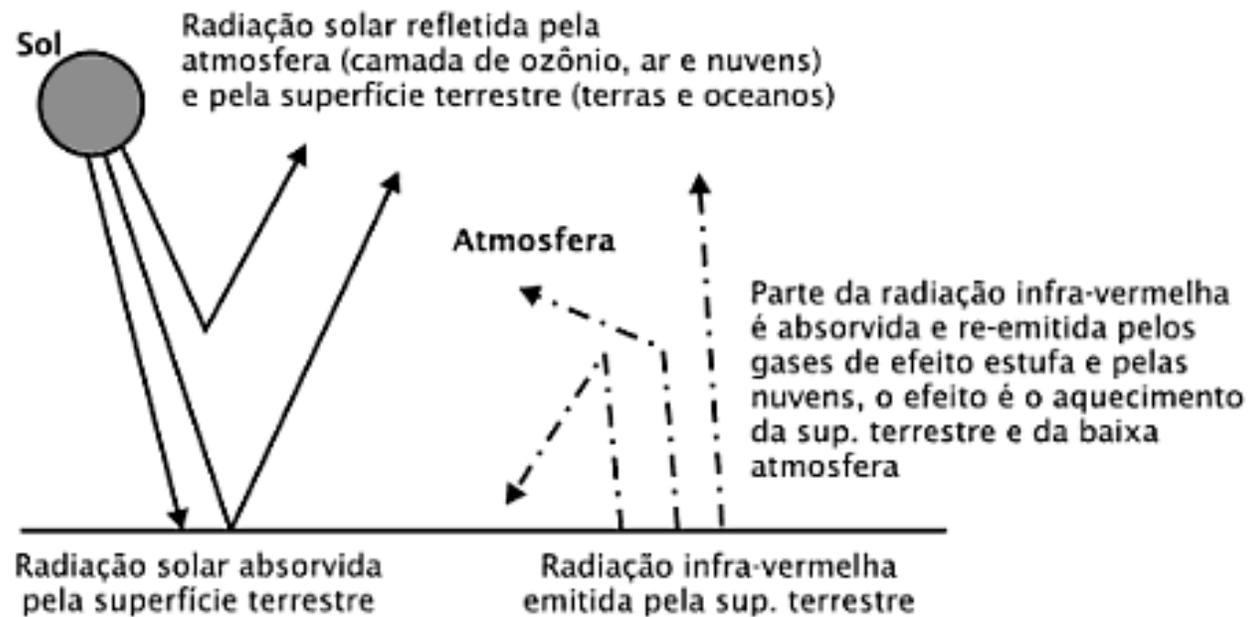
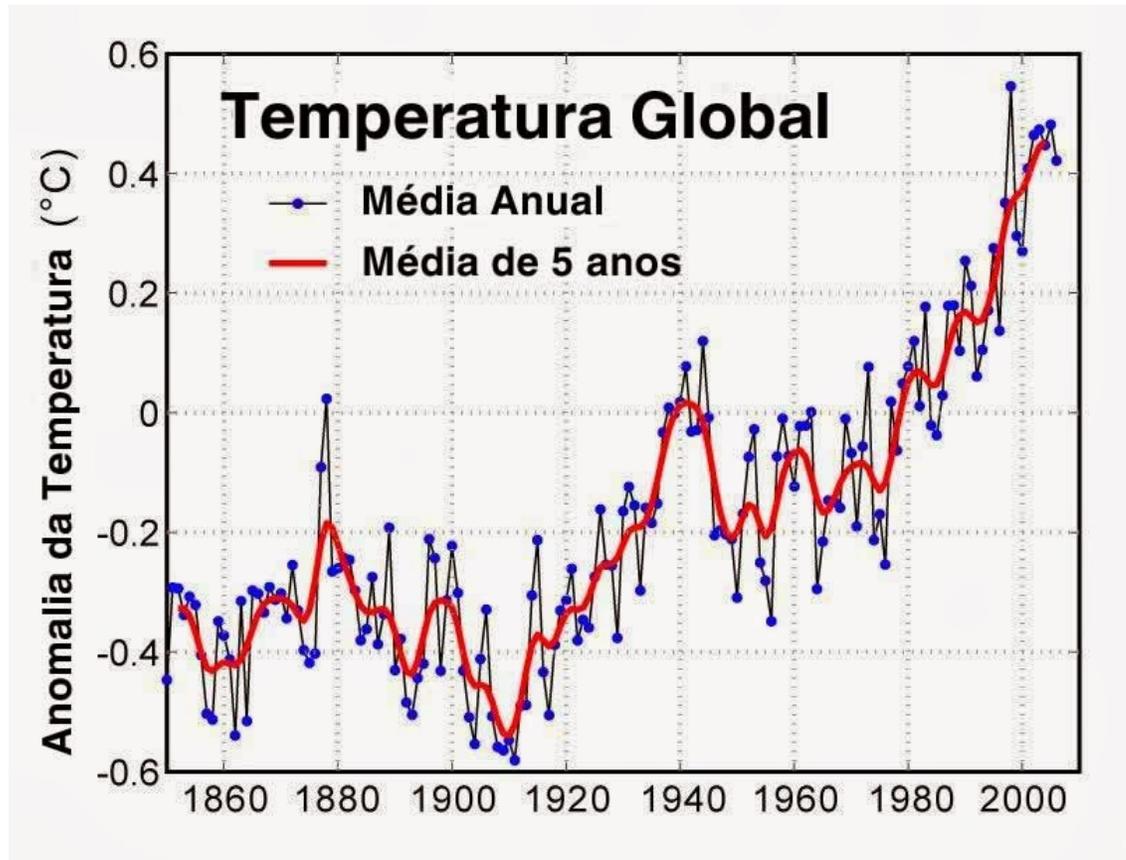


Figura 2.5. Esquema simplificado do efeito estufa (Fonte: Unep, 1997. In: Dos Santos, 2000).

## AR5 (Fifth Assessment Report):

As emissões anuais de GHG, tem crescido desde 2010, onde já havia alcançado 49.5 bilhões de toneladas de carbono equivalente, uma taxa maior do que os limites ideais pré-estabelecidos.

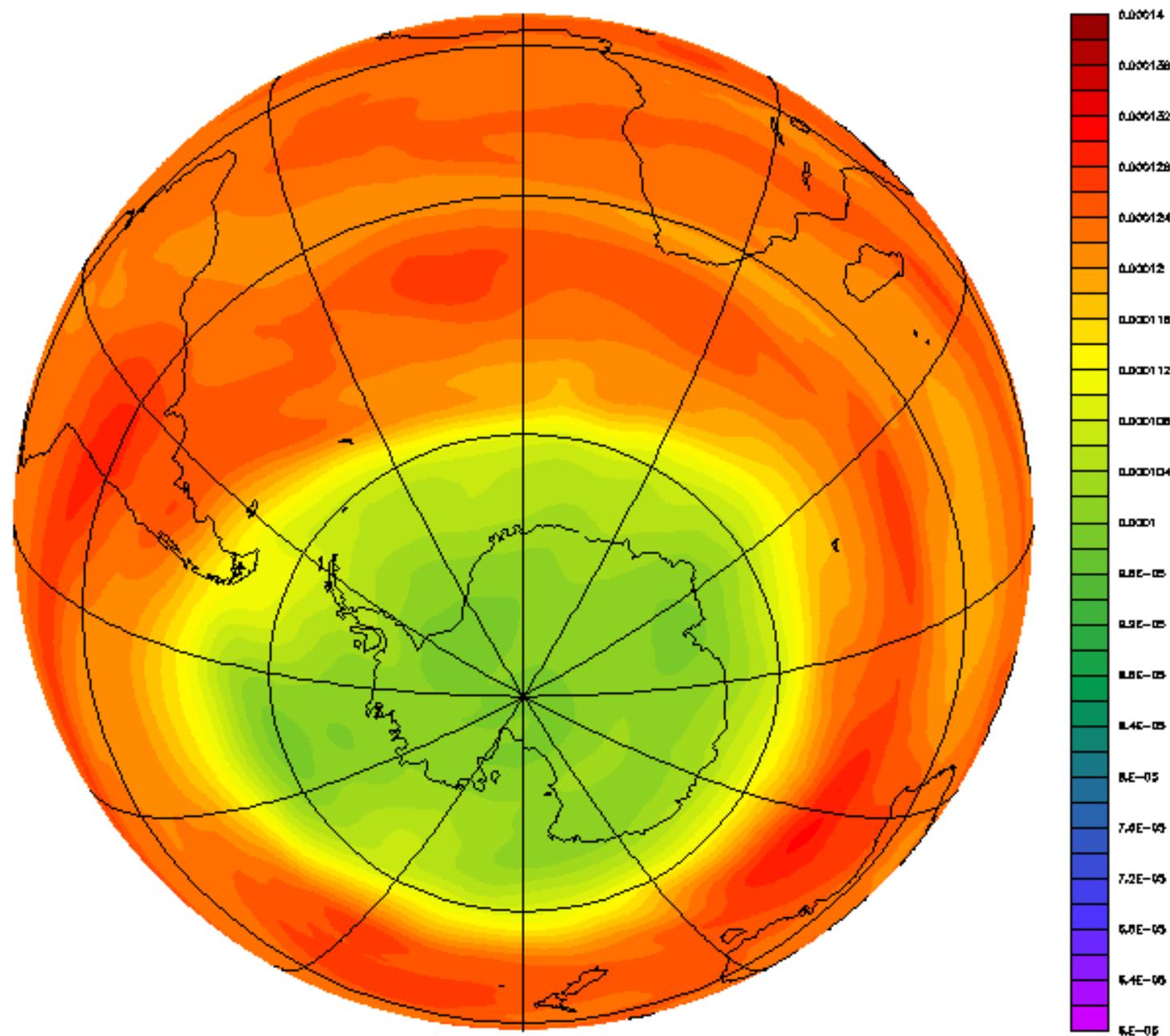
As discutidas metas de aquecimento **de 1.5 à 2 graus Celsius para o período pós industrial é inconsistente e irreal**. Para poder garantir um pouco mais que 2°C de aquecimento, já seria necessário que quase todos os governos se envolvessem em cooperações internacionais.

As metas de concentração de C equivalente até 2100 são de até no máximo 550 ppm, o que irá exigir drásticas mudanças de sistemas de energia e de uso e ocupação do solo mundiais, que reflitam as diferentes pretensões sobre custos, o potencial de produção de bioenergia em larga escala e potencial para arborização e redução do desmatamento, para efetivamente atingir a meta esperada.

TIME : 11-SEP-1957 00:00

DATA SET: e4oper.an.ml.19570911.1.T\_03

NetCDF file created by the GRIB2CDF program



trabalhadores de que... encostar as escadas nos fios Têm dentes de fermentos leves, na maior... empregado vai ao extremo de se re... operadores de... da Light.

# Poderá a terra vir a ser invadida pelos mares? O CRESCENTE TEOR DE GÁS CARBONICO NA ATMOSFERA PODERÁ CONDUZIR À FUNDIÇÃO DAS CALOTAS POLARES

VELHO PROBLEMA LEVANTADO POR UM GEOGRAFO NORTE-AMERICANO — A CIENCIA NÃO DISPÕE DE DADOS PARA CHEGAR À CONCLUSÃO DEFINITIVA SOBRE O ASSUNTO — FALA À "FOLHA DA NOITE" O OCEANOGRAFO INGVAR EMILSSON

Poderá a terra vir a ser inundada pelos mares? Essa hipótese — que não é nova — foi levantada há dias por um geografo norte-americano, o prof. Joseph Kaplan, da Universidade da California, segundo anunciou recentemente telegrama da "France Presse".

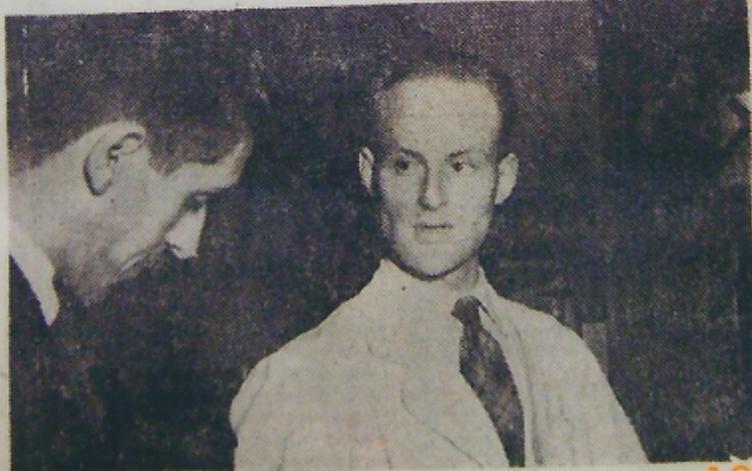
A respeito desse problema — que é um desafio à argucia dos cientistas — a reportagem da FOLHA DA NOITE está ouvindo alguns especialistas da nossa capital. Ontem publicamos a opinião do prof. João Dias da Silveira, catedrático de Geografia Fisica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo, e diretor do Departamento de Geografia, desse mesmo estabelecimento de ensino.

### RACIOCINIO LOGICO

Hoje damos à publicidade o parecer do sr. Ingvar Emilsson, cientista irlandês, do Instituto Oceanográfico, da Universidade de São Paulo. Ouvimo-lo ontem à tarde, na sede do Instituto, na alameda Eduardo Prado. Transmittimos-lhe, de início, a noticia trazida pela citada agencia telegrafica. Nessa noticia, o professor Joseph Kaplan aventava a hipótese de que, dentro de 50 ou 65 anos, devido à crescen-

te elevação da temperatura atmosferica em decorrência da combustão de oleos pesados e do petroleo, as calotas polares se fundirão. A colossal quantidade de agua formada de todo esse gelo derretido, caindo para os oceanos, elevará o nível destes em 12 metros e, assim, muitas

partes da terra serão invadidas pelos mares. Cidades como Nova York e Toquio, por exemplo, ficariam inundadas. O meio de evitar-se a catastrophe — segundo o mesmo cientista da California — seria o controle das condições atmosfericas, pelos recursos da ciencia.



O oceanografo Ingvar Emilsson fala à reportagem da FOLHA DA NOITE

Dixe-nos o oceanografo Ingvar Emilsson que a hipótese do aludido geografo estadunidense deve basear-se, ao que tudo indica, no aumento do teor de gás carbonico na atmosfera. Se for assim, o raciocinio do professor da Universidade da California é logico, pelo menos quanto a esse aspecto do problema.

Explica-se a seguir o cientista Emilsson que a quantidade de gás carbonico está aparentemente aumentado, na atmosfera, em decorrência da combustão de petroleo, carvão, oleos, etc. Concorre, para que isso aconteça, o fato de que atualmente a grande maioria das maquinas usadas pelo homem são movidas à base de combustão, principalmente derivados de petroleo. O gás carbonico aumenta a absorção do calor da atmosfera oriundo da radiação solar. Portanto, quanto mais for aumentado o teor de gás carbonico na atmosfera, tanto mais será aquecida pela radiação solar. E à medida em que, no decorrer dos anos for havendo esse aquecimento da atmosfera, tornar-se-á possível uma mudança de temperatura nas regiões polares, a ponto de haver efetivamente a fundição das calotas de gelo.

### FATORES IMPONDERAVEIS

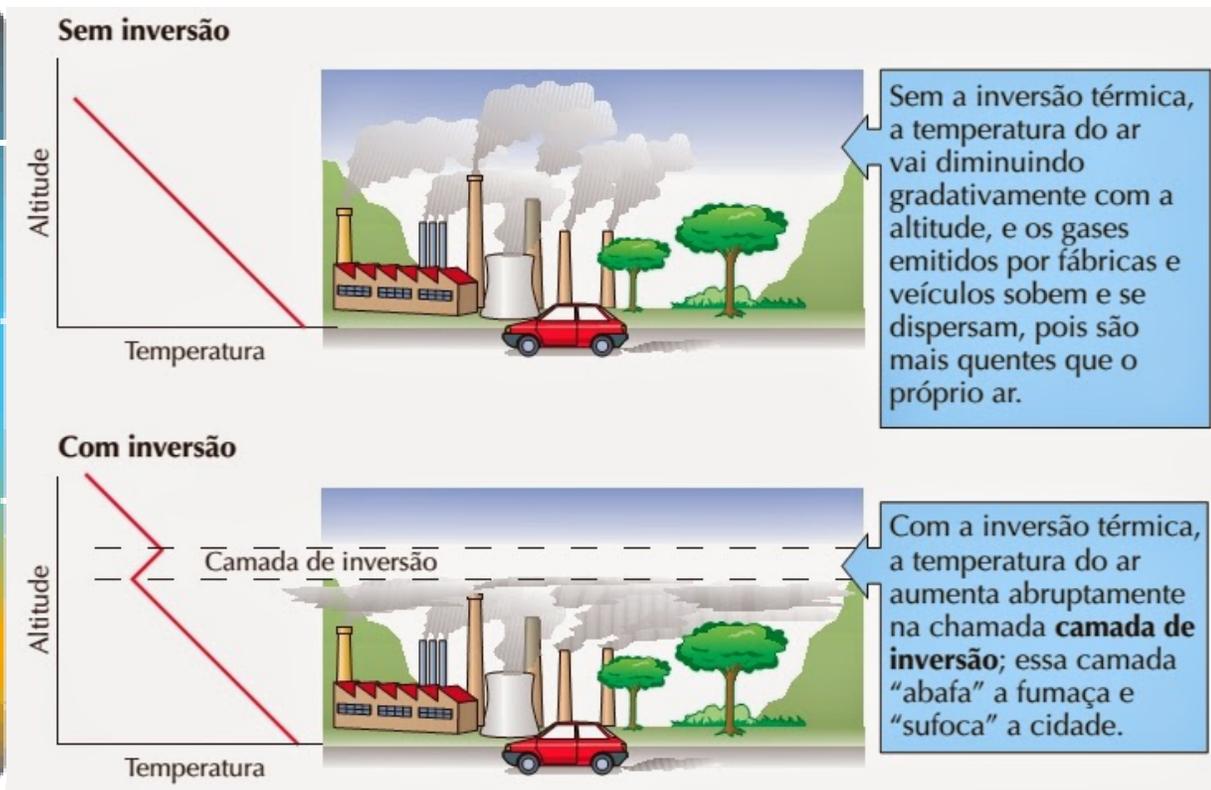
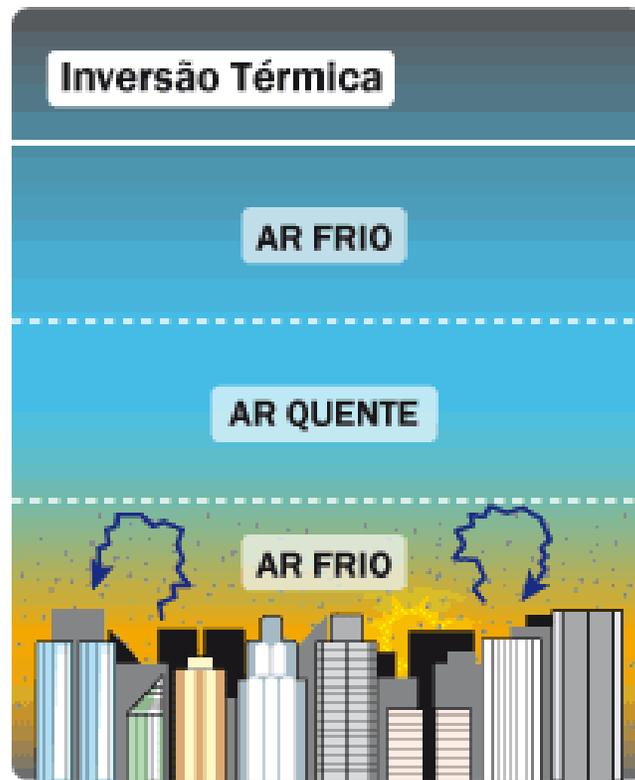
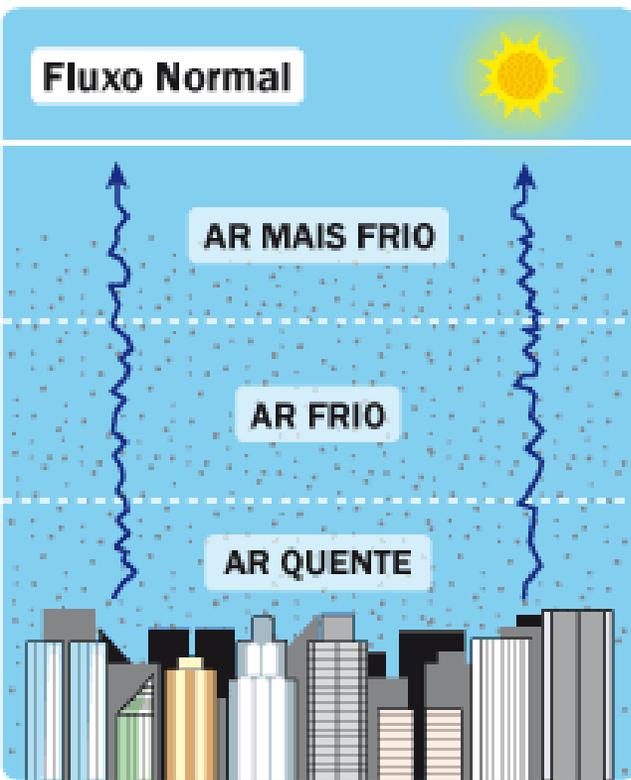
Em sua explanação, frustou o oceanografo Emilsson que, entretanto, nesse problema entram fatores ainda impoderaveis para a ciencia, como por exemplo certas variações da radiação solar, responsáveis por mudanças climaticas que já se verificaram na superficie do globo. Já

Cedido pelo Prof. Dr. Conti  
Laboratório de Climatologia e  
Biogeografia  
FFLCH-USP

Folha da Noite 11.04.1957 - pag. 10

# Chuva Ácida





# SMOG

**PAN** - Peróxido de acetil nitrato  
Irritação dos olhos;  
Alta toxicidade para plantas;  
Irritação do trato respiratório  
Causa danos às proteínas.

**Ozônio**  
Irritação do trato respiratório superior;  
Irritação dos olhos;  
Ataca os tecidos do trato respiratório,  
produzindo desde bronquite crônica e enfisema  
pulmonar, até parada cardíaca;  
Secamento das folhas das plantas;  
Descoloração da superfície superior das folhas.



# O que é poluente?

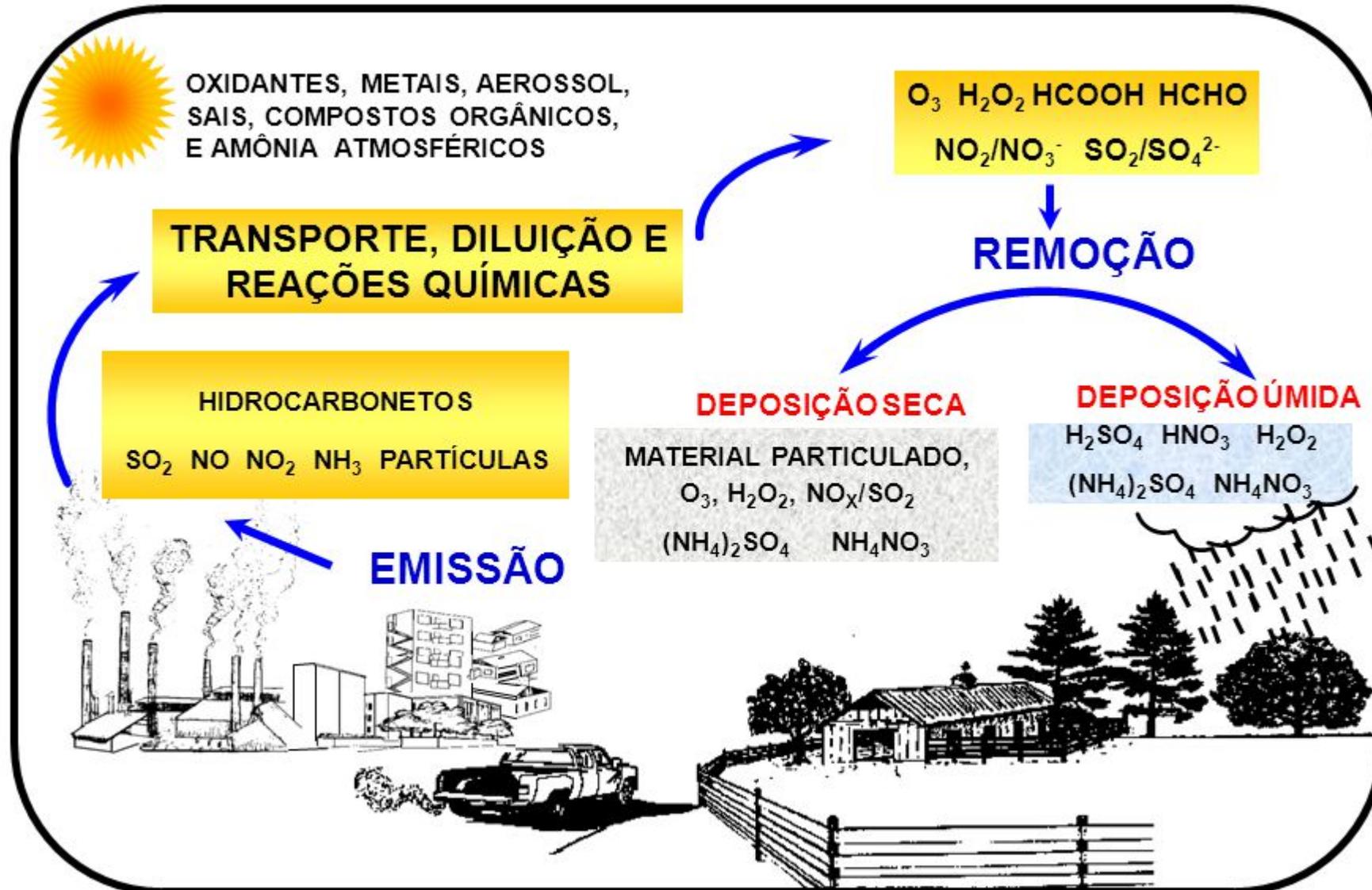
**Qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.**

Padrões de qualidade do ar (PQAr) variam de acordo com as abordagens locais

Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013: estabeleceu novos padrões de qualidade do ar , baseando-se nas diretrizes estabelecidas pela OMS, definindo escalas de representatividade das estações frente as medições de MP10, MP2,5, SO2, NO2 e O3, ou seja, qual a extensão de ar no entorno da estação que representa concentrações similares e uniformes às medidas na estação.



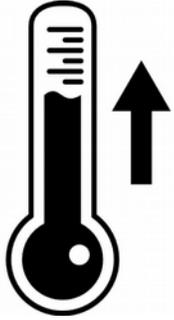
# Processos e compostos envolvidos na poluição do ar.



As substâncias poluentes podem ser classificadas da seguinte forma:

| Compostos de Enxofre  | Compostos de Nitrogênio | Compostos Orgânicos        | Monóxido de Carbono | Compostos Halogenados | Metais Pesados | Material Particulado                             | Oxidantes Fotoquímicos |
|---|-------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|--|------------------------|
| SO <sub>2</sub>   | NO                      | hidrocarbonetos<br>álcoois | CO                  | HCl                   | Pb             | mistura de compostos no estado sólido ou líquido | O <sub>3</sub>         |
| SO <sub>3</sub>   | NO <sub>2</sub>         | aldeídos                   |                     | HF                    | Cd             |  | formaldeído            |
| Compostos de Enxofre Reduzido:                              | NH <sub>3</sub>         | cetonas                    |                     | cloretos              | As             |  | acroleína              |
| (H <sub>2</sub> S, Mercaptanas, Dissulfeto de carbono, etc) | HNO <sub>3</sub>        | ácidos orgânicos           |                     | fluoretos             | Ni             |  | PAN                    |
| sulfatos  | nitratos                |                            |                     |                       | etc.           |  | etc.                   |

Poluente + Composição Atm + Condições Meteorológicas (Precipitação, Temperatura, Umidade, Direção e Velocidade dos Ventos, Pressão Atmosférica, Radiação total e Ultravioleta, Enxofre reduzido total) + Eventos climáticos (inversões, smogs, efeito estufa)  **Medições**

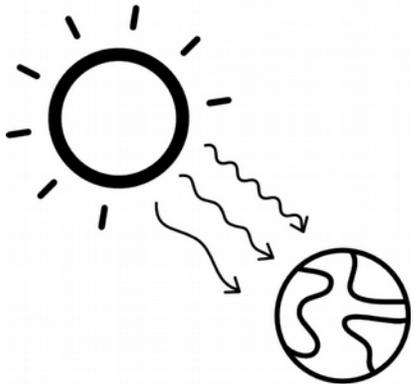


Sua alteração sazonal ou diária influencia as reações fotoquímicas, como formação de poluentes secundários. Altera a estrutura das turbulências.

Informa a direção das massas de poluentes de ar, identificando as fontes contribuintes, influenciando na sua trajetória e diluição. Altera a estrutura das turbulências.



Afetam as concentrações de poluentes na Atmosfera por diluição e por ajudarem nas precipitações das partículas.



Indicam poluição por poluentes fotoquímicos e a formação de Smog, bem como a visibilidade da Atmosfera

**Episódios críticos de poluição:** Presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis. (Resolução CONAMA nº3, de 28 de Julho de 1990).

| Estrutura do índice de qualidade do ar |           |   |  |  |                   |   |  |
|--|-----------|---|--|--|-------------------|---|--|
| Qualidade                              | Índice    | MP <sub>10</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | MP <sub>2,5</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>8h | CO<br>(ppm)<br>8h | NO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>1h | SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h |
| N1 – Boa                               | 0 – 40    | 0 – 50  | 0 – 25   | 0 – 100                                      | 0 – 9             | 0 – 200                                       | 0 – 20   |
| N2 – Moderada                          | 41 – 80   | >50 – 100                                       | >25 – 50   | >100 – 130                                   | >9 – 11           | >200 – 240                                    | >20 – 40                                       |
| N3 – Ruim                              | 81 – 120  | >100 – 150                                      | >50 – 75   | >130 – 160                                   | >11 – 13          | >240 – 320                                    | >40 – 365                                      |
| N4 – Muito Ruim                        | 121 – 200 | >150 – 250                                      | >75 – 125  | >160 – 200                                   | >13 – 15          | >320 – 1130                                   | >365 – 800                                     |
| N5 – Péssima                           | >200      | >250  | >125   | >200   | >15               | >1130   | >800   |

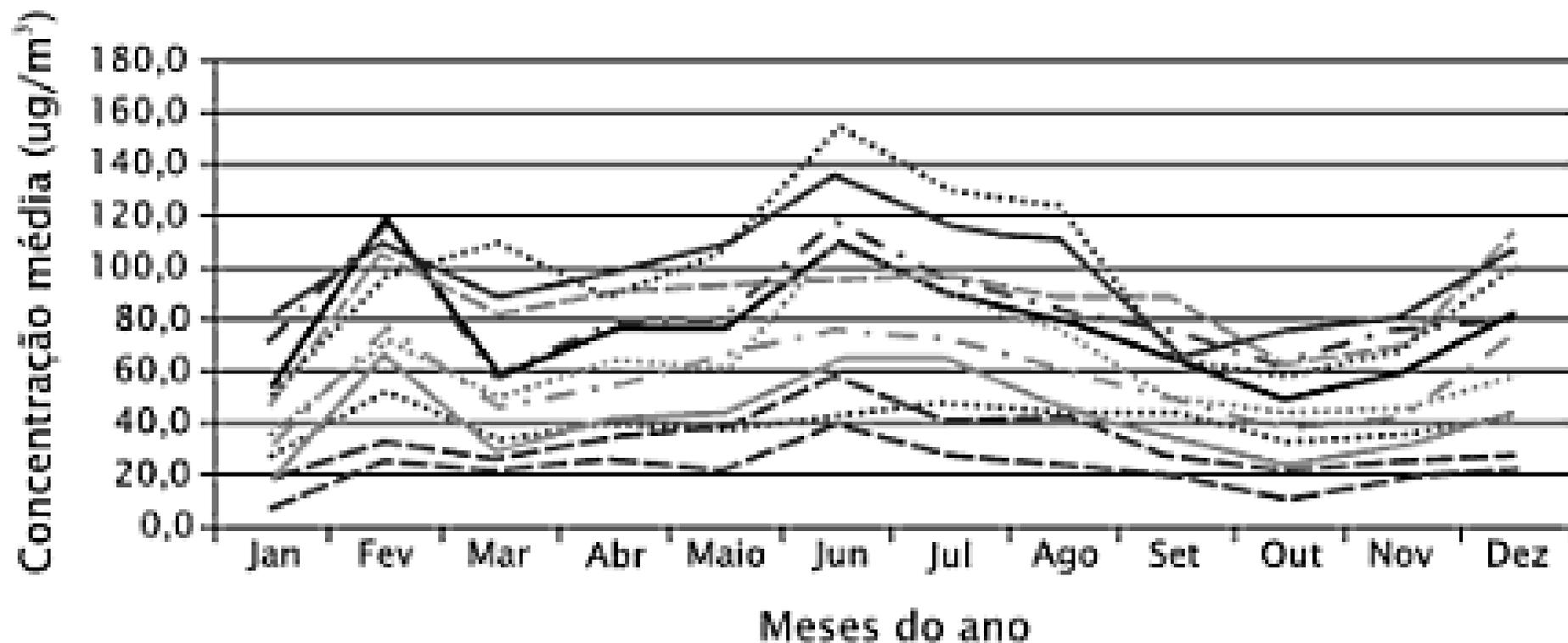


Figura 2.14. Variação sazonal da concentração média mensal de PM10 nas estações da rede manual de monitoramento da Feema (2003) (Fonte: FEEMA, 2004).

## Classificação das Fontes de Poluição do Ar

### Naturais:

- Cinzas e gases de emissões vulcânicas;
- Tempestades de areia e poeira;
- Decomposição de animais e vegetais;
- Partículas e gases de incêndios florestais;
- Poeira cósmica;
- Evaporação natural;
- Odores e gases da decomposição de matéria orgânica;
- Maresia dos mares e oceanos.

### Antropogênicas:

- Fontes industriais;
- Fontes móveis (veículos a gasolina, álcool, diesel e gnv);
- Queima de lixo a céu aberto e incineração de lixo;
- Comercialização e armazenamento de produtos voláteis;
- Queima de combustíveis na indústria e termoelétricas;
- Emissões de processos químicos

CONAMA nº3, de 28 de Julho de 1990:

I. Improprio, nocivo ou ofensivo à saúde.

II. Inconveniente ao bem estar público.

III. Prejudicial aos matérias, à fauna e flora

IV. Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade.

# Fontes poluidoras

Tabela 2.2. Principais fontes de poluentes do ar.

| <i>Fontes</i>   | <i>Poluentes</i>  |
|---|---|
| Fontes estacionárias<br>Combustão   | Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio   |
| Processo industrial   | Material particulado (fumos, poeiras, névoas), gases – SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> . |
| Queima<br>Resíduo Sólido  | Material particulado, Gases – SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , HCl, NO <sub>x</sub>  |
| Outros  | Hidrocarbonetos, material particulado.  |
| Fontes móveis<br>Veículos Gasolina/Diesel<br>Álcool, Aviões, Motocicletas,<br>Barcos, Locomotivas, Etc. | Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácido orgânicos.                                      |
| Fontes naturais   | Material particulado – poeiras<br>Gases – SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO, NO, NO <sub>2</sub> , hidrocarbonetos   |
| Reações químicas na atmosfera<br>Ex: hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio (luz solar)                 | Poluentes secundários – O <sub>3</sub> , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímicos, etc.  |

**Fixas:** produzem cargas pontuais de poluentes como chaminé industrial.

**Móveis:** cargas difusas, transporte urbano.

As maiores fontes antropogênicas são as industriais e de transporte.

As emissões dos veículos automotores são provenientes da combustão incompleta e da evaporação do combustível (Figura 2.10).

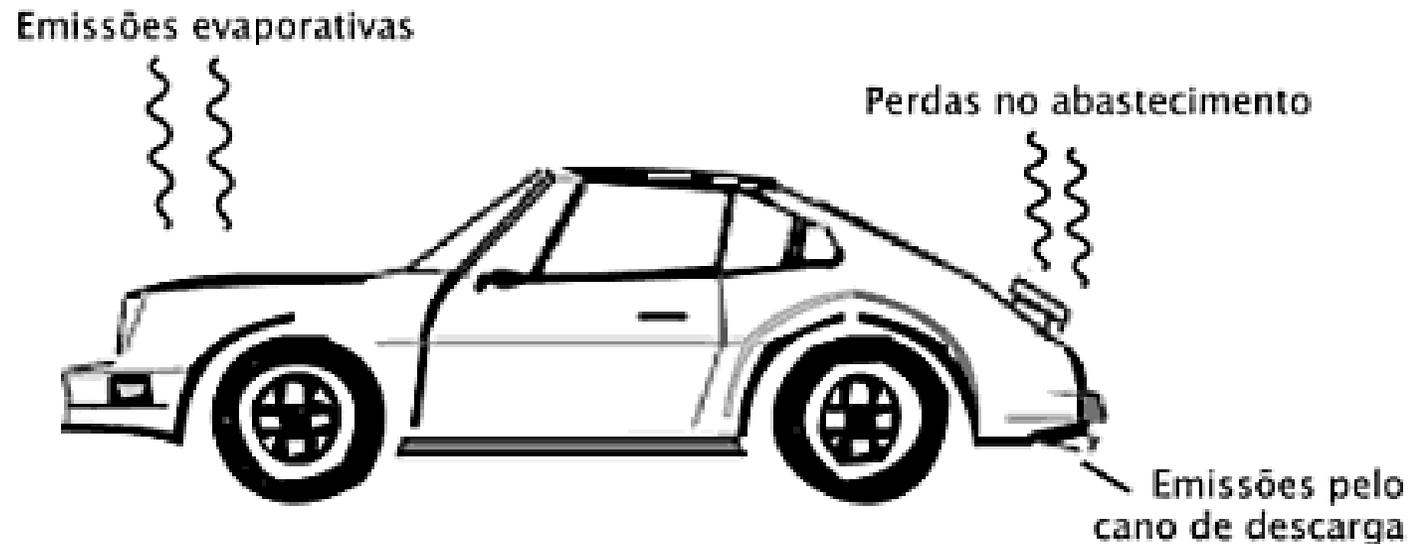
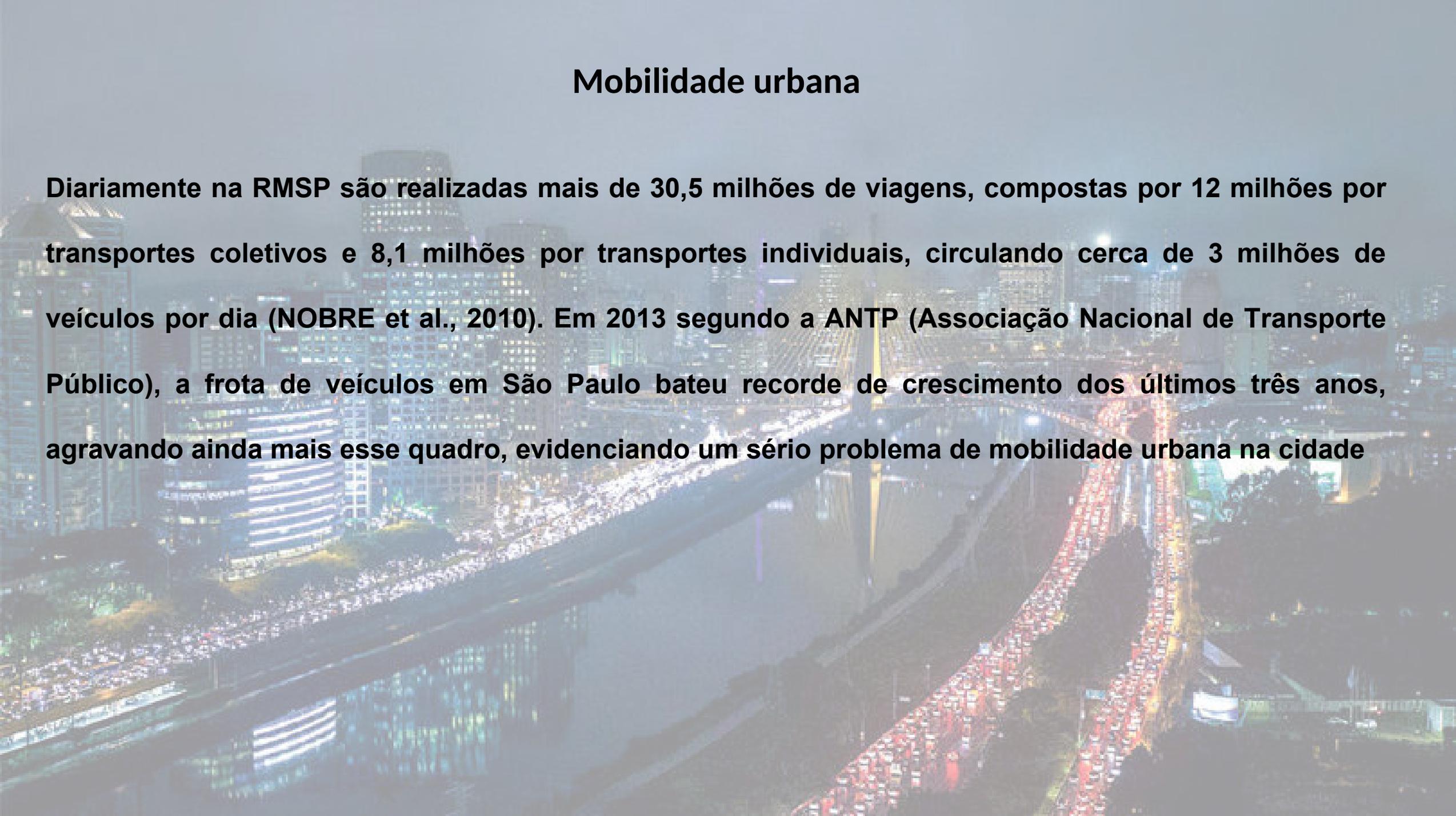
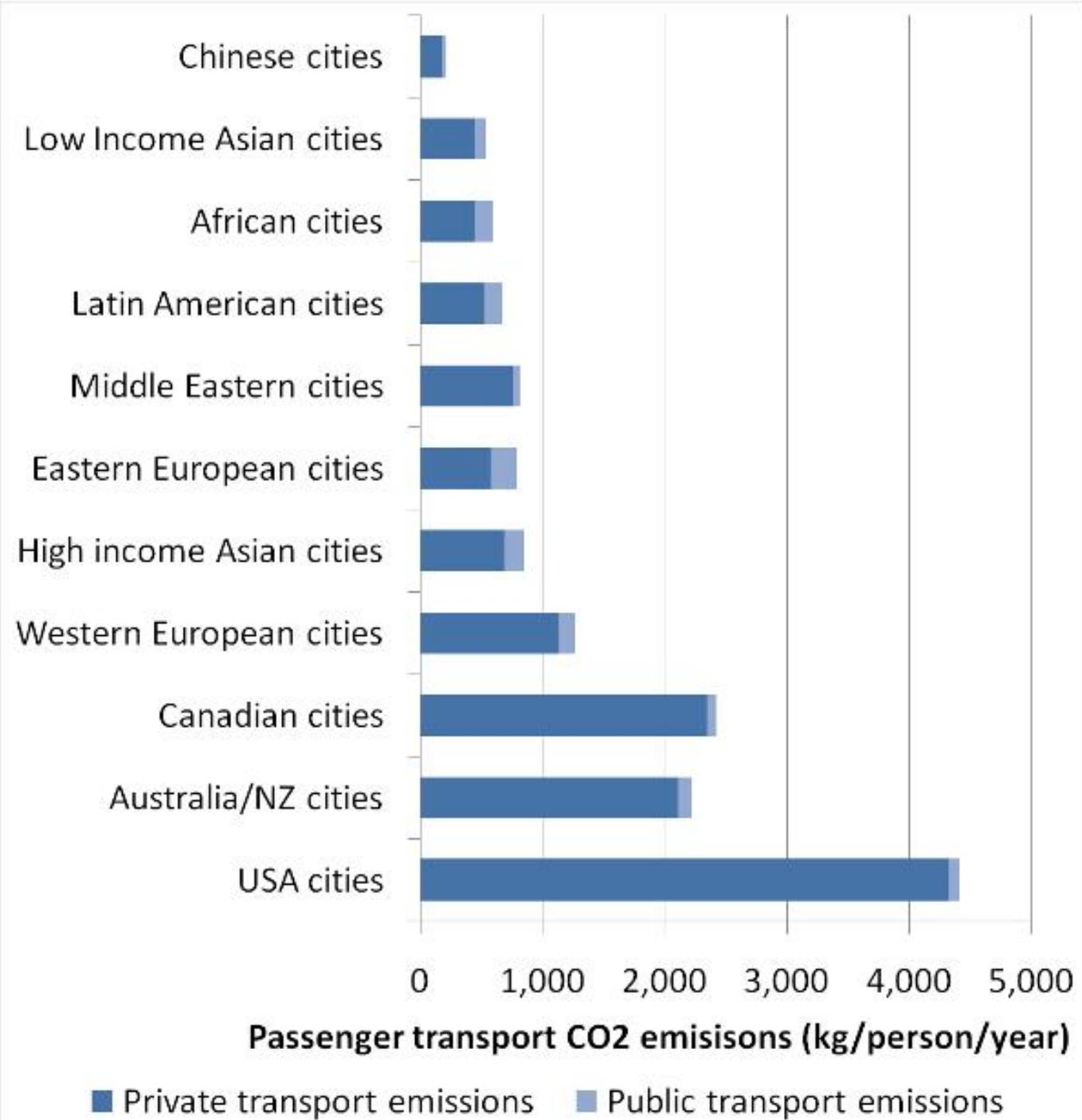


Figura 2.10. Fontes de emissão dos veículos automotores (Fonte: Adaptada de EPA, 1994).

## Mobilidade urbana

**Diariamente na RMSP são realizadas mais de 30,5 milhões de viagens, compostas por 12 milhões por transportes coletivos e 8,1 milhões por transportes individuais, circulando cerca de 3 milhões de veículos por dia (NOBRE et al., 2010). Em 2013 segundo a ANTP (Associação Nacional de Transporte Público), a frota de veículos em São Paulo bateu recorde de crescimento dos últimos três anos, agravando ainda mais esse quadro, evidenciando um sério problema de mobilidade urbana na cidade**

An aerial night photograph of a city, likely São Paulo, showing a complex highway interchange with multiple overpasses. The scene is illuminated by city lights and the headlights and taillights of cars, creating long, colorful trails of light on the roads. The background features a dense urban landscape with numerous lit-up buildings under a dark sky.



## Monóxido de carbono (CO)

Concentrações naturais variam entre 0,01 a 0,23 mg/m<sup>3</sup>.

Concentrações médias em 8 horas em áreas urbanas devido a influência do tráfego de veículos é de 20 a 60 mg/m<sup>3</sup>.

Sendo que a ignição por faísca, marcha lenta, sinais de trânsito e interseções rodoviárias são os momentos de maior liberação.

Nos EUA CO<sub>2</sub> emitido por veículos representa 52% das emissões nacionais, nas áreas urbanas representa 95%

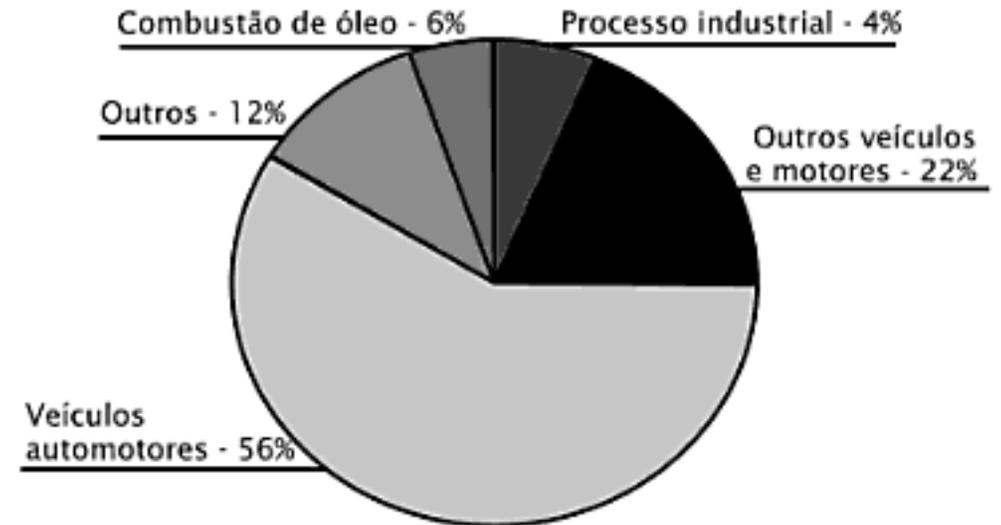
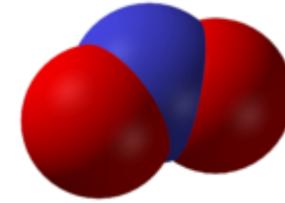


Figura 2.12. Fontes de monóxido de carbono (Fonte: EPA, 2005).

# Óxido de Nitrogênio (NO<sup>2</sup>)



Concentrações naturais variam entre 20 a 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Concentrações médias diárias em áreas urbanas devido, nos horários de pico, é de médias diárias de 400 e médias a cada 30m de 850  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabela 2.3. Variação da concentração de NO<sub>2</sub> em função da distância em relação ao centro da via e a calçada, em via com tráfego de 50 mil veículos por dia.

| <i>Distâncias</i>        | <i>Variação da concentração de NO<sub>2</sub> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></i> |
|--------------------------|---|
| Centro da via de tráfego | 150 a 170   |
| Meio-fio                 | 95 a 115  |
| Calçada a 3m do meio-fio | 75 a 95   |

Fonte: Elson, 1996.

## Ozônio (O<sup>3</sup>)

Concentrações naturais variam menores que 30 µg/m<sup>3</sup>.

Concentrações máximas diárias podem exceder 350 µg/m<sup>3</sup>, em áreas urbanas.

Poluente secundário, os veículos contribuem indiretamente para a sua formação por emitirem NO e NO<sup>2</sup> e COV, precursores do Ozônio troposférico.

Podem ser carregados por centenas de milhares de quilômetros, poluindo onde não há nenhuma fonte precursora.

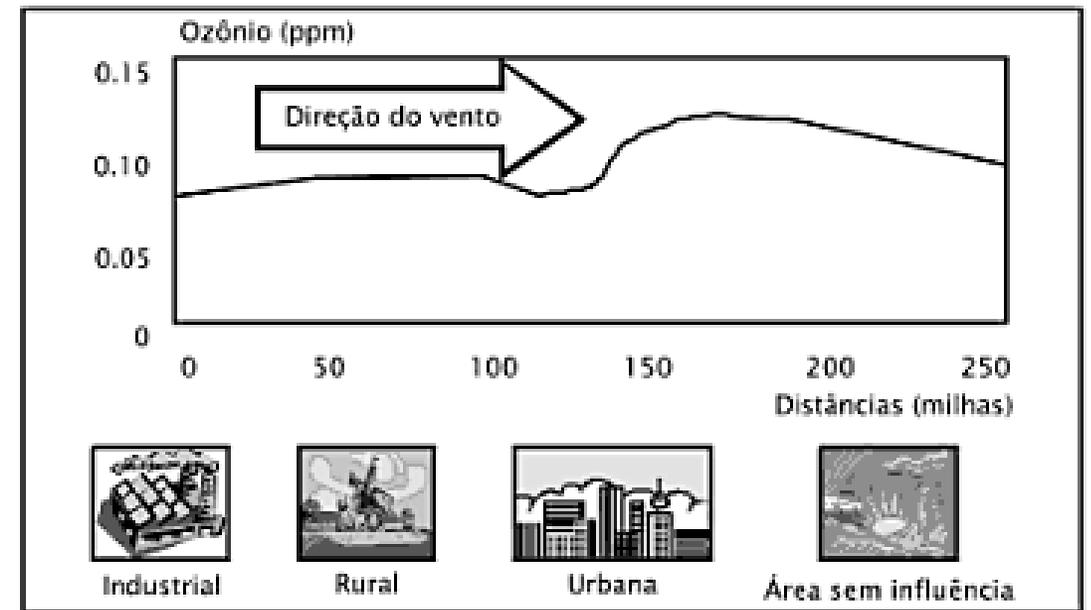


Figura 2.13. O ozônio e seus precursores podem provocar poluição em locais distantes das fontes de emissão (Fonte: EPA, 2005).

# Material Particulado (MP)

Concentrações em áreas urbanas devido a influência do tráfego de veículos variam de 200 a 400  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ .

Variação de partículas de  $1\mu\text{m}$  a  $10\mu\text{m}$  que influenciam na sua sedimentação; são aerossóis secundários, as partículas da combustão e vapores.



O material particulado fino coletado na atmosfera é tão pequeno que consegue passar pelos alvéolos pulmonares e entrar na corrente sanguínea, provocando problemas de saúde. (imagem: Environmental Protection Agency/ USA)



**Túnel André Rebouças – RJ: níveis de MP não devem ultrapassar 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , em abril de 2011 a concentração chegou a 141  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

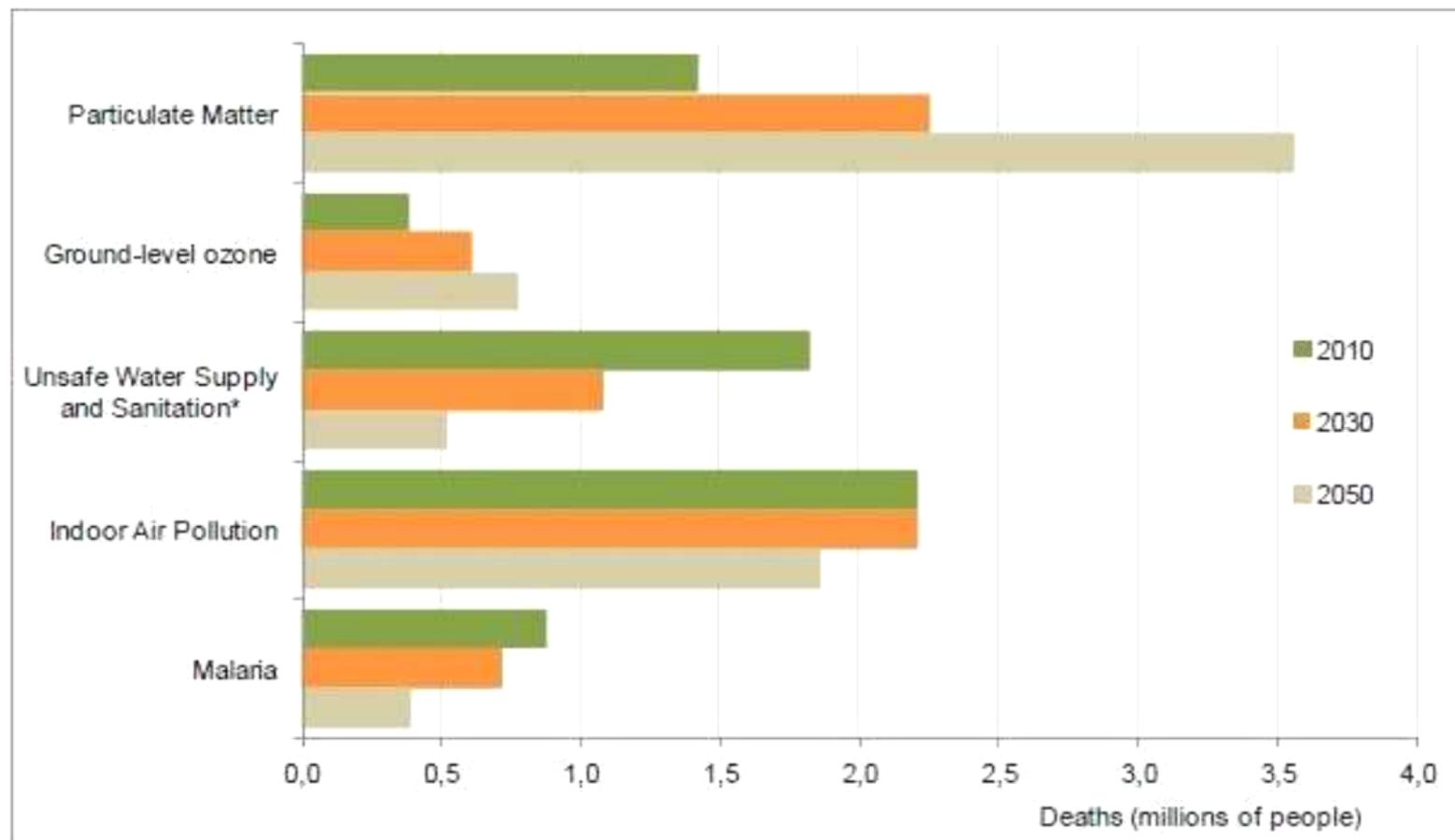
# Efeitos na saúde

- Segundo um comunicado da IARC (*International Agency for Research on Cancer*) a poluição do ar é um dos líderes das causas de mortes por câncer.
- Em um estudo realizado na cidade de São Paulo, Pereira et al. 1998, analisou a relação das concentrações de poluição atmosférica (de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, e MP) com a mortalidade de fetos humanos; as relações entre os índices foram significativas para 3 poluentes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e CO), concluindo que esses gases quando presentes na atmosfera podem afetar a gestação e o bom desenvolvimento da vida intra-uterina.

| Qualidade do ar e efeitos à saúde |           |  |
|-----------------------------------|-----------|--|
| Qualidade                         | Índice    | Significado  |
| N1 – Boa                          | 0 – 40    |  |
| N2 – Moderada                     | 41 – 80   | Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.  |
| N3 – Ruim                         | 81 – 120  | Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.                                       |
| N4 – Muito Ruim                   | 121 – 200 | Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas). |
| N5 – Péssima                      | >200      | Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.  |

Figura 2 - Mortes prematuras devido a alguns riscos selecionados:

Exposição ao MP e ozônio, suplemento de água insalubre, Poluição *indoor* e Malária - 2010 a 2050

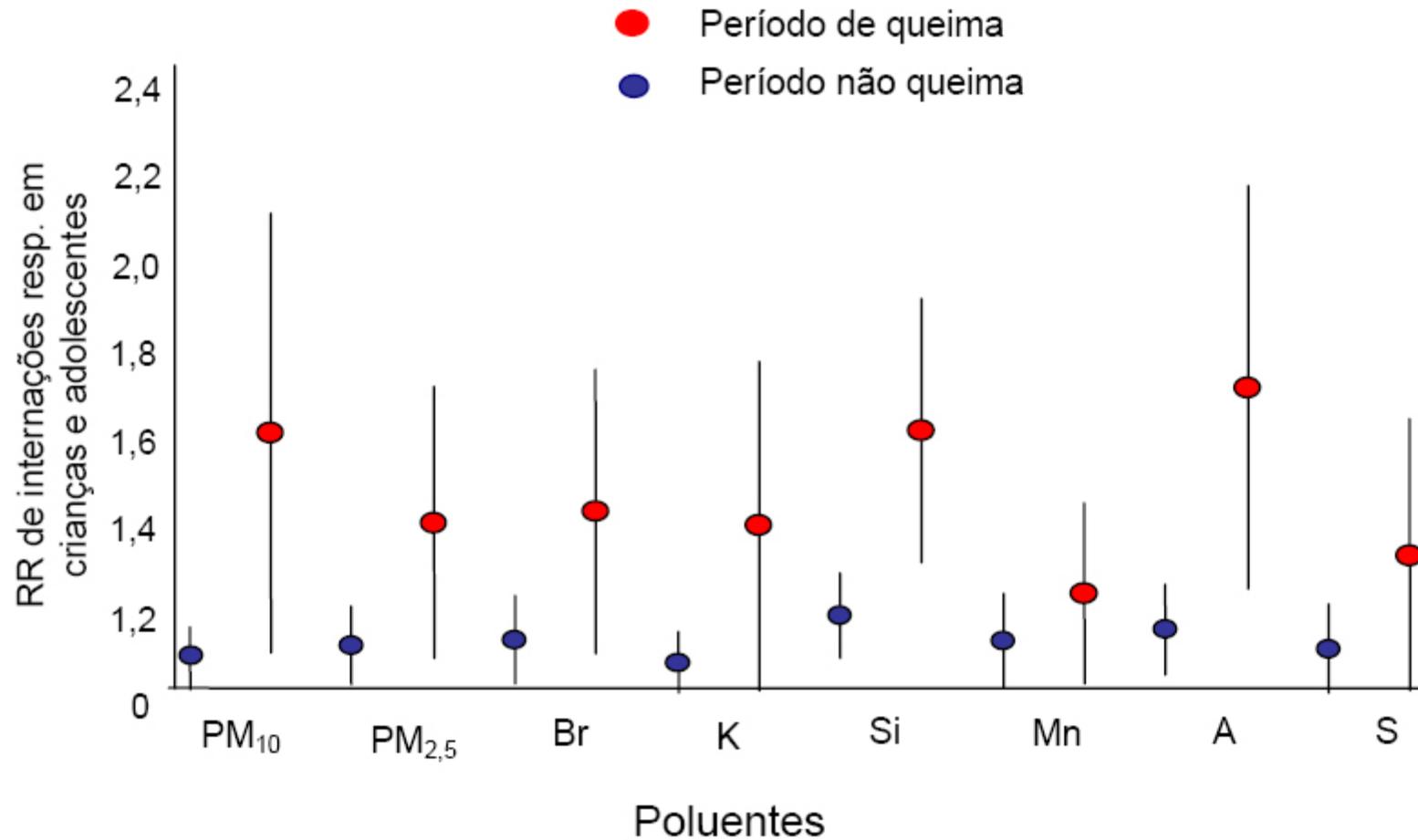


Note: \* Child mortality only.

Source: OECD Environmental Outlook Baseline; output from IMAGE.

# Problemas de saúde

- Em Singapura, ocorreu o “*Pollutant Standard Index*” (PSI) foi acima de 100 por 12 dias, com pico de 138. A relação entre o PSI e o PM10 é: 100 de PSI corresponde aproximadamente a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 (USEPA, 1992).
- Observou-se que 94% das partículas na névoa apresentavam diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na última semana de setembro, quando os níveis de material particulado atingiram o pico, a vigilância sanitária de Singapura relatou um aumento de 30% nos atendimentos ambulatoriais por patologias respiratórias.
- Um aumento nos níveis do PM10 de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estava significativamente associado com um aumento de 13% das infecções respiratórias agudas, de 19% de asma e de 26% de rinite (BRAUER; HISHAM-HASHIM, 1998).



**Figura 24. Risco Relativo (RR) de internação hospitalar por doença respiratória, em crianças e adolescentes, relacionadas à variação interquartil dos poluentes nos períodos de queima e de não queima da palha da cana-de-açúcar.**

# Mesmo em níveis 'seguros', poluição de São Paulo causa doença cardíaca

Incor detecta alta de casos de arritmia em dias nos quais a qualidade do ar é considerada boa pelo Conama

Fernanda Aranda  
JORNAL DA TARDE

Mesmo quando a qualidade do ar é classificada como boa em São Paulo, os paulistanos respiram poluição suficiente para provocar um colapso no coração. O alarme foi dado após divulgação da pesquisa do Instituto do Coração (Incor), do Hospital das Clínicas. Ficou comprovado que ainda que a concentração de gases tóxicos não "incomodem" as estações de medição, a ocorrência de ataques cardíacos já aumenta entre 7% e 12% por causa dos níveis de poluentes.

O estudo avaliou 3.300 pessoas, que recorreram, nos últimos 20 meses, ao Pronto-Socorro do Incor com diagnóstico de arritmia (aceleração exacerbada dos batimentos cardíacos). Os pesquisadores atestaram que os dias mais movimentados de pacientes com "pane no coração" eram também os mais poluídos. Para promover um aumento de 12% dos casos de descompasso na frequência cardíaca, bastou a concentração média de monóxido de carbono, principal poluente emitido pelos veículos, chegar a 1,5 ppm (parte por milhão). Na escala oficial, só quando a concentração atinge nível superior a 9 ppm o ar é classificado como ruim pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama).

## Médicos pedem revisão de padrão de ar 'ruim' e 'bom' aplicado no País

As partículas inaláveis – outro poluente comum na atmosfera de São Paulo – também fizeram crescer em 7% a ocorrência de arritmia no Pronto-Socorro do Incor. Da mesma forma, a concentração necessária para culminar em problemas foi de 22 mg por metro cúbico, bem menor do que a faixa de 50 mg/m<sup>3</sup> considerada imprópria. "Ficou evidente que valores de

poluentes muito inferiores do que o tolerável são suficientes para provocar danos severos à saúde", afirma o coordenador da pesquisa, Ubiratan Santos.

Os padrões para considerar o ar bom ou ruim, explica o Conama, foram estipulados em 1990 e até agora não passaram por atualização. No ano passado, a Organização Mundial de Saúde (OMS) sugeriu que o Brasil reduzisse pela metade esses indicadores. "Somos favoráveis à redução. Mas isso exigiria uma mudança brusca na indústria e na economia", afirma o assessor da Secretaria de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, Carlos Alberto Santos.

Para Paulo Saldiva, diretor do Laboratório de Poluição da Universidade de São Paulo, os gases tóxicos voltaram a ser os principais vilões dos paulistanos justamente porque as questões econômicas se sobrepõem às de saúde. "Na Região Metropolitana, a poluição é responsável por oito mortes diárias. Entre 1996 e 2005, conseguimos reduzir a mortalidade, mas voltamos a uma escala crescente", lamenta. Para se ter uma idéia, as mortes causadas por poluentes superam as vidas perdidas nos acidentes de trânsito (4 por dia) e homicídios (6,5 diários) na capital.

Segundo relatório da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb), em 2007 a poluição voltou a crescer, depois de uma década contínua de queda. Todos os poluentes registram alta de 2%. Combinado às condições climáticas – tempo quente e dias secos – o repique ampliou em 54% os dias considerados impróprios.

O principal responsável pelo problema é o crescimento explosivo da frota automotiva, que chegou aos 6 milhões de veículos na capital. "Ainda é prematuro afirmar que a poluição voltou a crescer. O que se sabe é que há uma estagnação nas melhoras. Os benefícios trazidos pela renovação dos veículos e melhora dos equipamen-

## MALES

### O impacto dos gases tóxicos

Saiba o que o ar de São Paulo pode fazer com sua saúde, mesmo quando considerado seguro

#### O caminho da poluição no corpo

**1** A pessoa inala quantidade excessiva de poluentes

**2** Os gases tóxicos estimulam o sistema nervoso. Por causa do estímulo, ocorre a liberação da adrenalina

**3** Coração e pulmão reagem ao hormônio como mecanismo de defesa

**4** Por causa disso, o coração dispara e os batimentos ficam acelerados

**5** Com a aceleração constante (mais de 100 batimentos por minuto), o coração não consegue voltar a um ritmo padronizado, sendo essa a arritmia

**6** A arritmia é o primeiro passo para provocar paradas cardíacas ou morte súbita

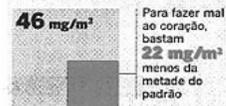
#### Doenças relacionadas à poluição

- Derrame
- Incapacidade mental
- Estresse
- Sinusite
- Câncer na tireóide
- Faringite
- Asma
- Bronquite
- Angina
- Enfarte
- Doenças isquêmicas
- Diabetes
- Infertilidade

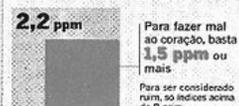


#### Qualidade do ar ontem

Concentração de partículas inaláveis foi considerada boa\*



Concentração de monóxido de carbono\*



\*Índices da estação Cerqueira César (Centro da Capital) da Cetesb  
FONTE: INSTITUTO DO CORAÇÃO, LABORATÓRIO DE POLUIÇÃO DA USP E UNISA

#### ALERTAS

● O motorista que fica 20% de tempo a mais que o habitual nos congestionamentos dobra as chances de ter um enfarte

● A poluição provoca efeitos parecidos com os do cigarro tam-

bém para quem não fuma. Em SP, os gases tóxicos matam mais do que acidentes e homicídios

● O movimento em hospitais aumenta até 30% em dias de alta concentração de poluentes

## Ar contaminado vai da capital em direção ao interior

Apesar da distância entre São Paulo e o interior do Estado, estudos feitos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) mostram que a circulação do ar e as condições de umidade da atmosfera podem levar poluentes até a 600 quilômetros de distância e desta forma invadir as cidades consideradas "de ar puro".

Há localidades como São Francisco Xavier, por exemplo, na Serra da Mantiqueira, onde experimentos feitos por cientistas do Inpe indicam a existência da mesma quantidade de poluentes no ar quanto de bairros de São José dos Campos, cidade onde estão concentradas cerca de 900 indústrias.

Imagens de satélite também mostram que a poluição não está restrita à região metropolitana. Na rodovia Presidente Dutra, o grande volume de carros – cerca de 80 mil por dia – faz com que os poluentes se intensifiquem e se espalhem pelos municípios mais distantes.

"A circulação da atmosfera faz com que a poluição chegue até lá e a geografia de cidades como São Francisco Xavier impede que ocorra dispersão desses poluentes", diz a pesquisadora Maria Paulete Martins Jorge. "Em toda situação de vale, a dispersão dos poluentes fica prejudicada", completa.

O índice de poluição em São Francisco Xavier foi detectado por meio do monitoramento de plantas sensíveis aos gases poluentes. ● SIMONE MENOCCHI

#### Números

97% dos poluentes são emitidos pelos veículos

6 milhões de veículos fazem parte da frota da capital. A marca foi atingida em fevereiro deste ano

Os estão sendo suprimidos pelo aumento contínuo da frota de carros e motos", afirma a diretora de qualidade do ar da Cetesb, Maria Helena Martins. "Como prejuízo, a população costuma citar os congestionamentos. Ainda não há a percepção de que a saúde é a principal comprometida", complementa

o professor de pediatria ambiental da Universidade Santo Amaro, Alféio Braga. "São 200 doenças relacionadas à poluição, principalmente cardiovasculares e respiratórias, que fazem vítimas fatais diariamente." ●

● Mais informações sobre trânsito, pág. C8

# Medidas para melhorar o conforto

## Problemas decorrentes da baixa umidade do ar e da alta concentração de poluentes

No inverno, é comum ocorrerem complicações respiratórias devido ao ressecamento das mucosas, provocando sangramento pelo nariz, ressecamento da pele e irritação dos olhos.

Umidade relativa do ar estiver entre:

20 e 30%: é melhor evitar exercícios físicos ao ar livre entre 11 e 15 horas; umidificar o ambiente por meio de vaporizadores, toalhas molhadas, recipientes com água, umidificação de jardins etc; sempre que possível permanecer em locais protegidos do sol ou em áreas arborizadas.

20 e 12%, é recomendável suspender exercícios físicos e trabalhos ao ar livre entre 10 e 16 horas; evitar aglomerações em ambientes fechados; e seguir as orientações anteriores.

12% é preciso interromper qualquer atividade ao ar livre entre 10 e 16 horas; determinar a suspensão de atividades que exijam aglomerações de pessoas em recintos fechados; manter umidificados os ambientes internos, principalmente quartos de crianças, hospitais etc.

Além dessas medidas é recomendável usar colírio de soro fisiológico ou água boricada para os olhos e narinas e beber muita água.

# São Paulo tem primeira frota de ônibus a hidrogênio do país

*Projeto dos veículos, que não emitem poluentes, é 100% brasileiro*

[Tweet](#) 1 [Share](#) 5 [Share](#) 0

Foto: A2img/Daniel Guimarães



Abastecimento é feito na estação da EMTU em São Bernardo do Campo

O Governo do Estado de São Paulo entregou, nessa segunda-feira (15), três novos ônibus movidos a hidrogênio para transporte urbano. Trata-se da primeira frota 100% brasileira com essa especificidade. Os ônibus vão circular na cidade de São Paulo, no trecho Diadema/Morumbi, do Corredor São Mateus-Jabaquara (ABD).

Os veículos têm tecnologia de propulsão, ou seja, não emitem poluentes (material particulado e gases de efeito estufa). Apenas vapor d'água é eliminado pelo escapamento dos ônibus, que também oferecem mais espaço aos passageiros, aperfeiçoamento dos sistemas de controle e integração a bordo e nacionalização de todo o sistema de tração.

O projeto foi desenvolvido sob Contrato de Pesquisa, financiado pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), com recursos do GEF (Global Environment Facility) e da Finep (Agência Brasileira de Inovação), por meio do Ministério de Minas e Energia.

A sua coordenação ficou a cargo da EMTU/SP (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo), vinculada à Secretaria dos Transportes Metropolitanos.

Os testes começaram em 2010, com o lançamento de um veículo protótipo. A empresa monitorou todas as avaliações e apresentou as especificações técnicas dos equipamentos. Os resultados dos testes com o protótipo serviram para aperfeiçoar o projeto dos três novos veículos fabricados no país.

Segundo informações da Empresa, além do Brasil, os únicos países capazes de desenvolver e operar ônibus com tal tecnologia são Alemanha, Canadá e Estados Unidos.



| <b>Cidades mais poluídas do mundo por partículas<sup>[148]</sup></b> |                    |
|--|--------------------|
| <b>Partículas <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (2004)</b>         | <b>Cidade</b>      |
| 169  | Cairo, Egipto      |
| 150  | Deli, Índia        |
| 128  | Calcutá, Índia     |
| 125  | Tianjin, China     |
| 123  | Chongqing, China   |
| 109  | Kanpur, India      |
| 109  | Lucknow, India     |
| 104  | Jakarta, Indonesia |
| 101  | Shenyang, China    |

| <b>Emissões totais de CO<sub>2</sub></b>                                   |                |
|--|----------------|
| <b>10<sup>6</sup> Toneladas de CO<sub>2</sub> por ano:<sup>[144]</sup></b> | <b>Pais</b>    |
| 2.795  | Estados Unidos |
| 2.680  | China          |
| 661  | Rússia         |
| 583  | Índia          |
| 415  | Japão          |
| 356  | Alemanha       |
| 300  | Austrália      |

# Gráficos Cetesb 2014 das médias poluentes

Figura 16 - Média de MP<sub>2,5</sub> de 2006 a 2011 de cada município

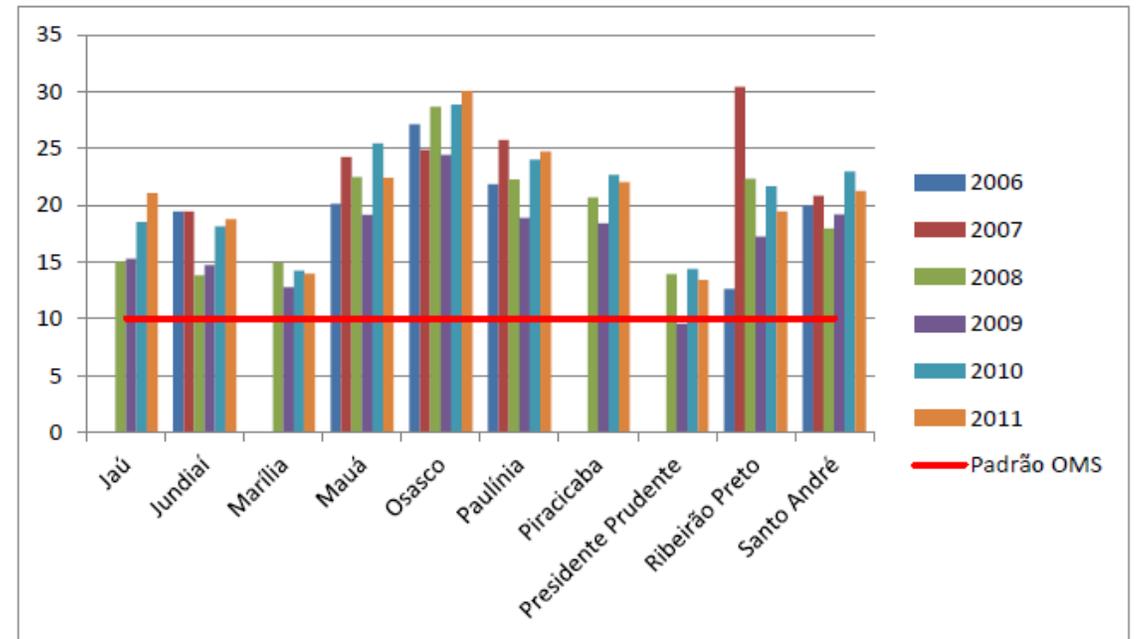
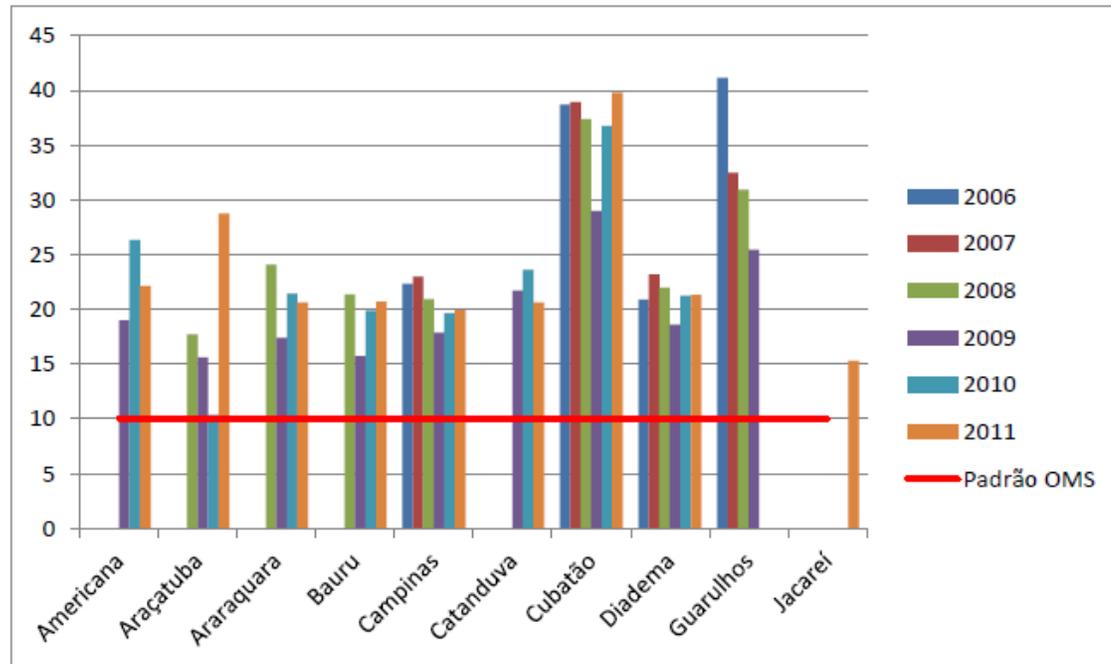
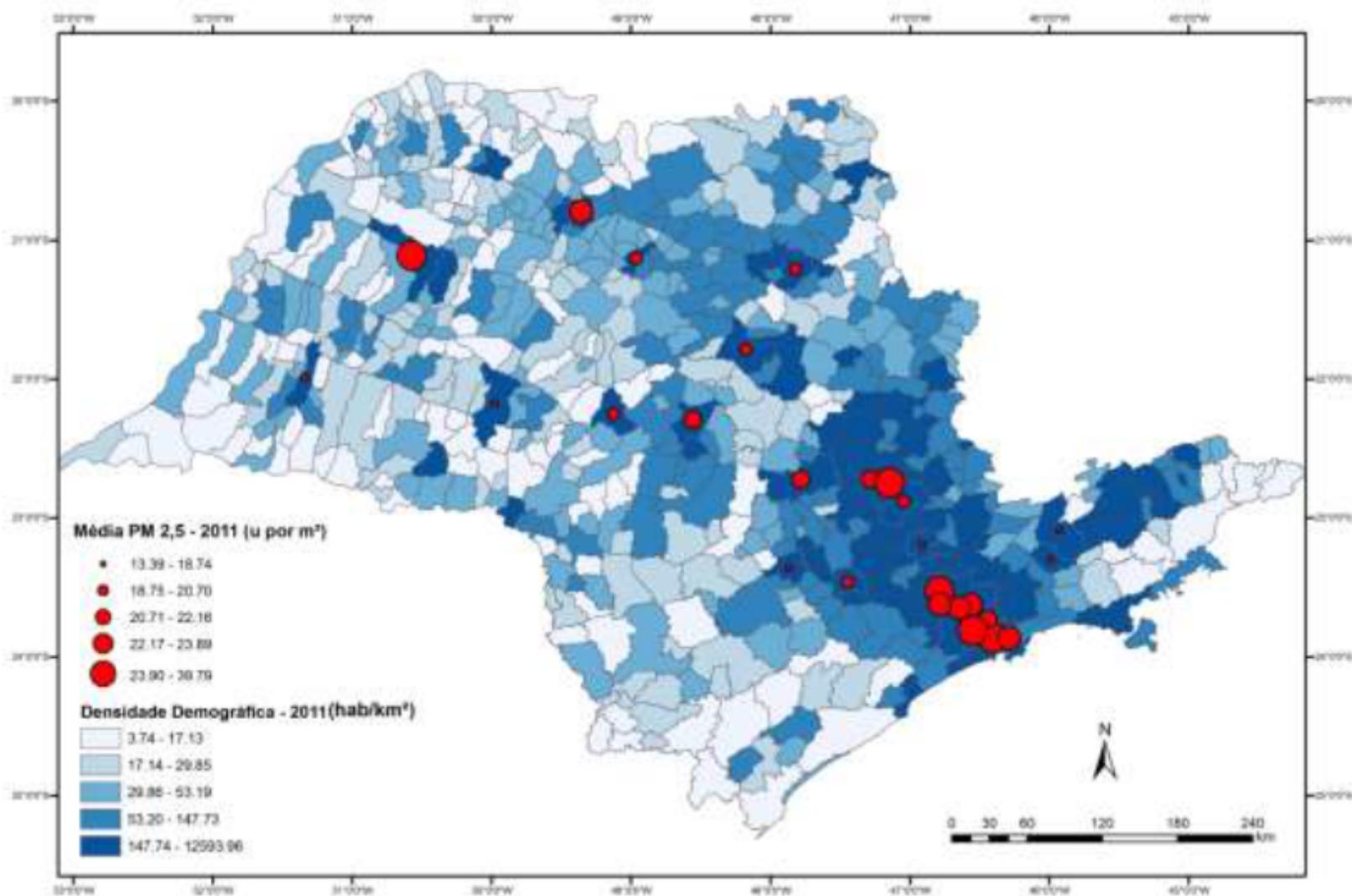
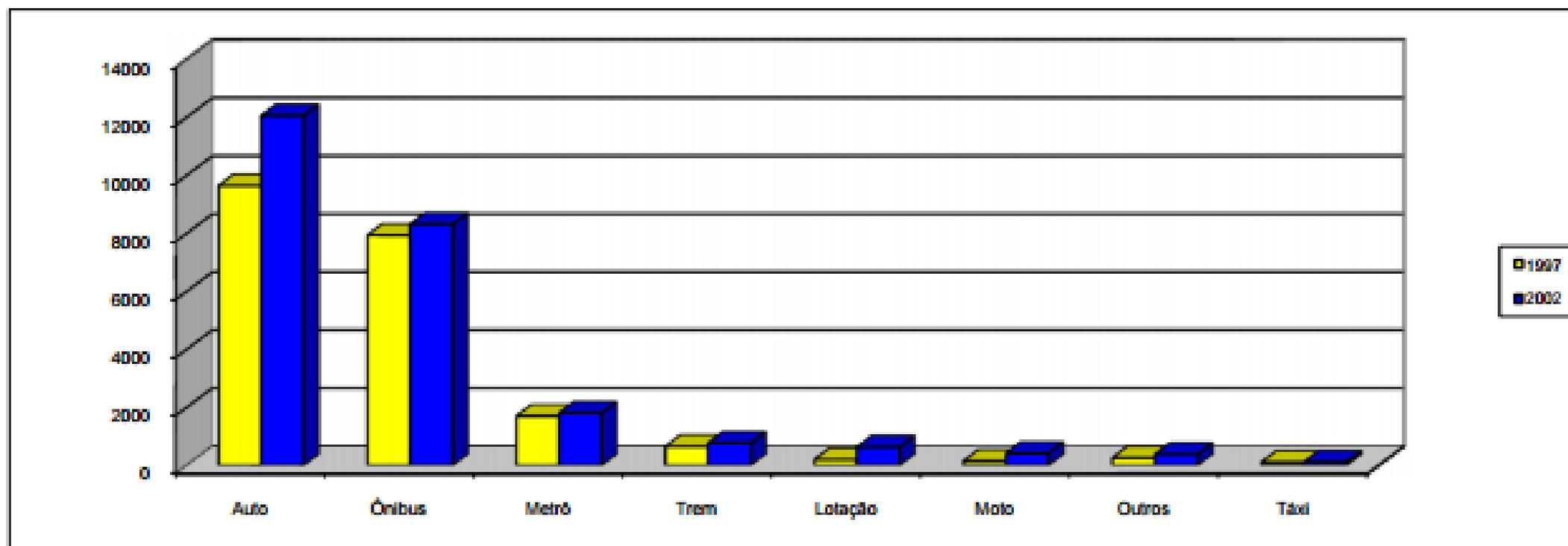


Figura 17 - Municípios do Estado de São Paulo: Densidade demográfica e Média anual de  $MP_{2,5}$





**Figura 2: Evolução das Viagens Diárias por Modo Principal - Região Metropolitana de São Paulo**

Fonte: Mini Pesquisa Origem e Destino 2002

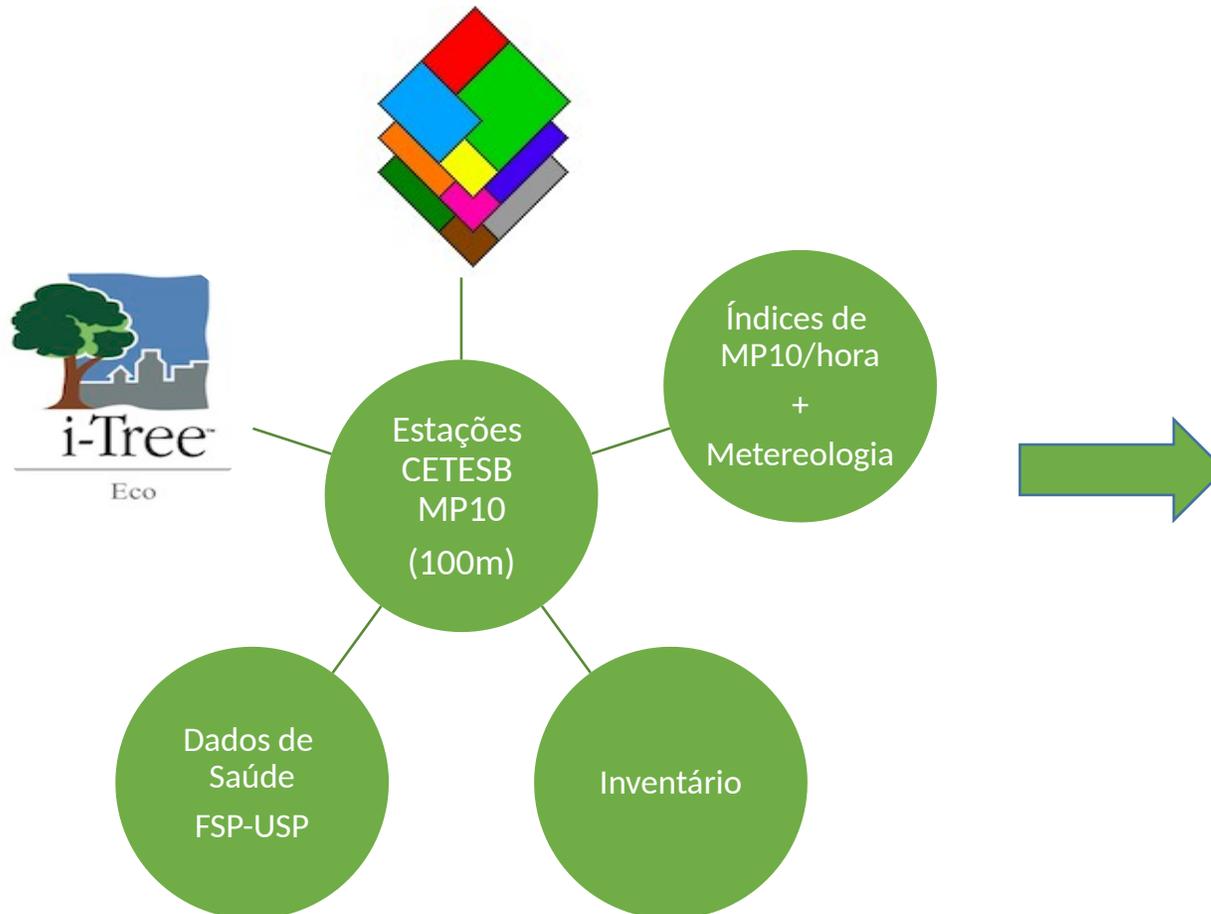
Modo Principal(\*) inclui Fretado e Escolar

# Como comprovar a influência positiva da vegetação?

- Em 2006, Nowak nos EUA, mostrou que a poluição removida no país (O<sub>3</sub>, MP<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) é estimada em 71 mil toneladas/3,8 bilhões de dólares.
- O armazenamento de poluentes nas árvores é evidenciado por Baes III & MCLAughlin em 1984, os anéis de crescimento dos pinheiros urbanos apresentaram altas concentrações de metais em anéis dos mesmos anos em que a região de Great Smoky Mountains National Park (GSMNP), nos EUA, tiveram grandes lançamentos de dióxido de enxofre na atmosfera, ou seja, eles contêm o histórico da poluição do ar da sua região.

# Projeto de pesquisa

## ARBORIZAÇÃO URBANA E QUALIDADE DO AR NA CIDADE DE SÃO PAULO, CAPITAL.



Constatar que a presença/ausência da cobertura vegetal é um diferencial positivo na redução dos níveis de Partículas Inaláveis MP10

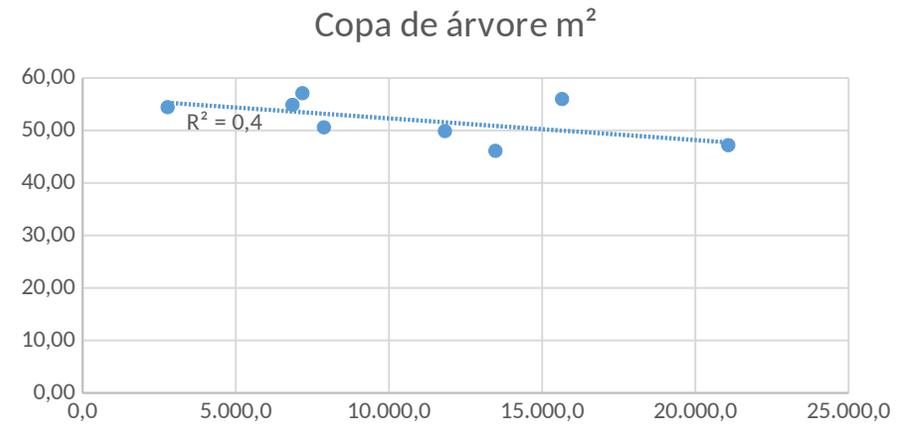
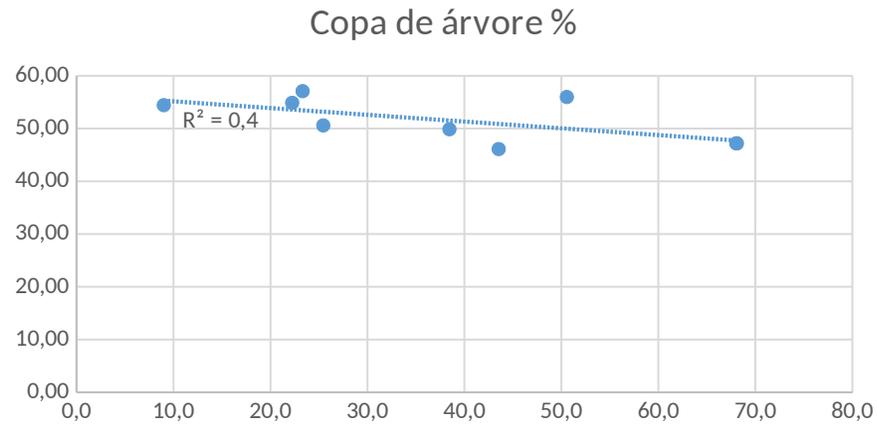
Que presença de asfalto acentuada na paisagem aumenta os níveis de poluente

Valorar o componente arbóreo ao redor das estações, referente a sua remoção de toneladas poluente/ano;

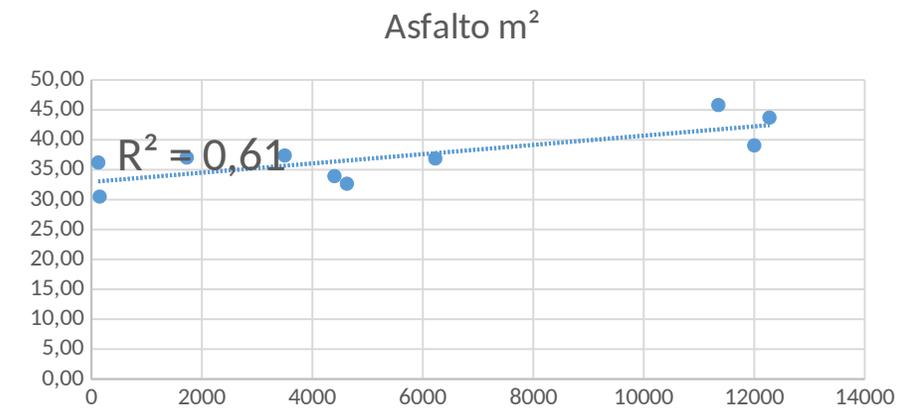
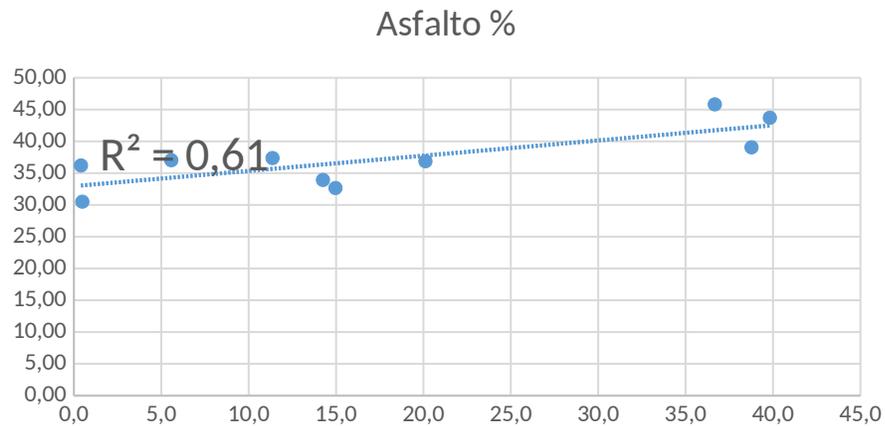
Casos de doenças respiratórias e mortes fetais sejam mais incidentes em regiões menos arborizadas, seguindo a literatura.

# Dados preliminares

2011



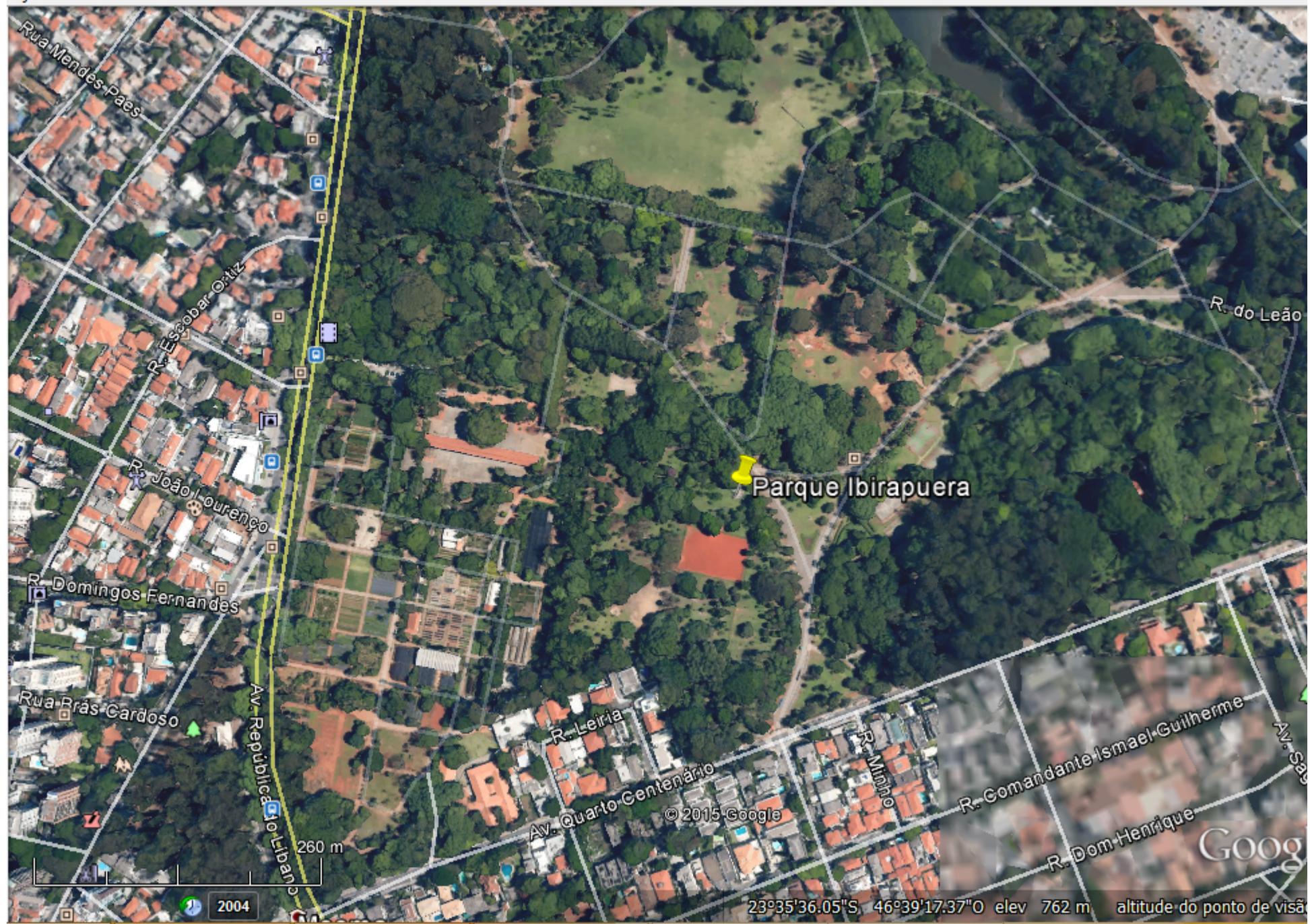
2013



MP10:  $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$   
COPA (500m): 68%

média para MP10  
(500m)

410m- Av. Rep. Líbano





© Todos os direitos reservados e a parte ambiental ilustrada em 2004.

*Neise Ribeiro Vieira*

# POLUIÇÃO DO AR



Poluição do ar - Indicadores Ambientais  
Neise Ribeiro Vieira