

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola de Engenharia de Lorena – EEL



**Impactos de poluentes
atmosféricos que afetam a
saúde humana**

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS

O que é a poluição do ar ?

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

DEFINIÇÃO

Considera-se poluente qualquer substância presente no ar 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 seja prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução n° 03/90)



Poluição Atmosférica

Oficialmente —→ Conselho Ambiental Europa —→ 1967

“Existe poluição do ar quando a presença de uma substância estranha ou variação significativa na proporção dos seus constituintes é suscetível de provocar efeitos prejudiciais ou originar doenças, tendo em conta o estado dos conhecimentos científicos do momento”.

História da Poluição Atmosférica

- Descoberta do fogo pelo homem;
- As queimadas, feitas propositalmente em matas e campos naturais, a fim de limpar a terra para o cultivo, também constituem uma das mais antigas fontes de poluição do ar provocadas pelo homem;
- Quando a sociedade passou a se organizar em cidades, começou a surgir problemas mais sérios de contaminação atmosférica.

A Revolução Industrial

Revolução Industrial (1760-1840)



Sistema urbano atual



Poluição passou a ser considerada um problema mais abrangente



Ligado à saúde pública

A Revolução Industrial

Invenção da máquina a vapor



Queima de grandes quantidades de carvão, lenha e
óleo combustível

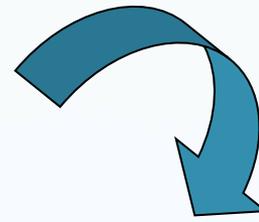


Atmosfera dos centros industriais insalubre e
perigosa para a saúde

A Poluição do ar é
perigosa?

- Com a intensificação da queima de combustíveis, começaram a ser lançadas substâncias nocivas à saúde;
- No início, esse risco estava quase limitado aos trabalhadores locais;
- Com a intensificação da atividade industrial, esses riscos deixaram de ser restritos a determinadas áreas e passaram a atingir toda a população das cidades;

smog = smoke + fog
(fumaça + neblina)



Poluição urbana

Queima de carvão (Revolução industrial) –
smog sulfuroso ou londrino

Eventos de excesso de óbitos associados ao “smog”

Ano	Lugar	Número de óbitos em excesso
1930	Vale do Meuse, Bélgica	63
1948	Donora, Pensilvânia	20
1952	Londres	4000
1962	Londres	700

Episódios Críticos de Poluição do Ar

1º → **Bélgica, no vale do Rio Meuse, 1930**

- ✓ Uma espessa névoa cobriu essa zona industrial e a população foi acometida por sintomas como tosse, dores no peito, dificuldade em respirar, irritação na mucosa nasal e olhos.
- ✓ Ao final de cinco dias cerca de 60 pessoas haviam morrido a maioria idosos ou com doenças cardíacas ou pulmonares e centenas de outras pessoas ficaram enfermas.
- ✓ Foram formadas substâncias altamente tóxicas, como por exemplo o ácido sulfúrico, gerado pela emissão do dióxido de enxofre na atmosfera.

Episódios Críticos de Poluição do Ar

1948 → Cidade de Donora, nos Estados Unidos

- ✓ Cerca de 43% da população (aproximadamente 4 mil pessoas) foi acometida de uma enfermidade caracterizada por irritação nos olhos e mucosas das vias respiratórias;
- ✓ A presença conjunta de material particulado e dióxido de enxofre, de origem industrial, foi responsável por esse fenômeno, que durou cinco dias e deixou cinco mortos.

Episódios Críticos de Poluição do Ar

1952 —→ Bauru, Estado de São Paulo, Brasil

✓ Uma indústria extrativa de óleos vegetais lançou grande quantidade de pó de mamona no ar, provocando registro de 150 casos de doenças respiratórias agudas (bronquites e afecções alérgicas), com nove óbitos.

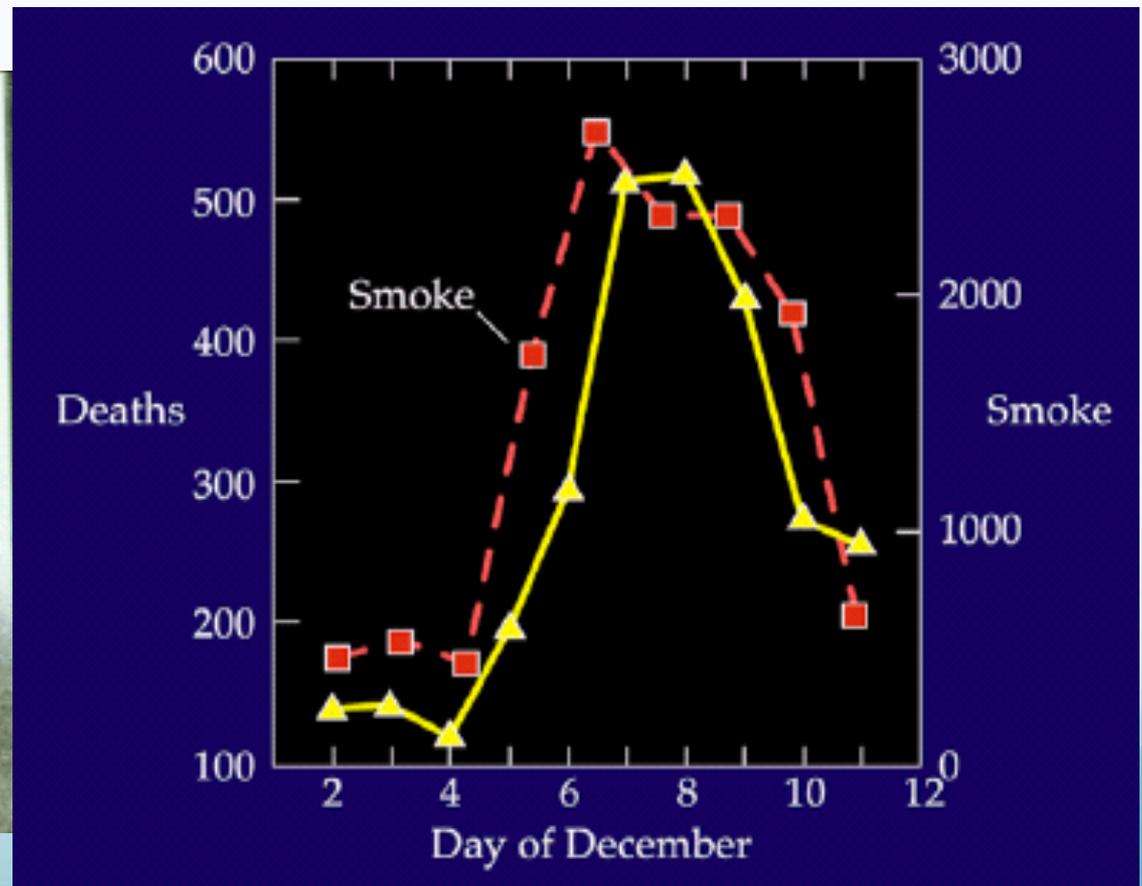
1955 —→ Poza Rica, no México

✓ Provocado pelo lançamento accidental de uma grande quantidade de gás sulfídrico por uma indústria.

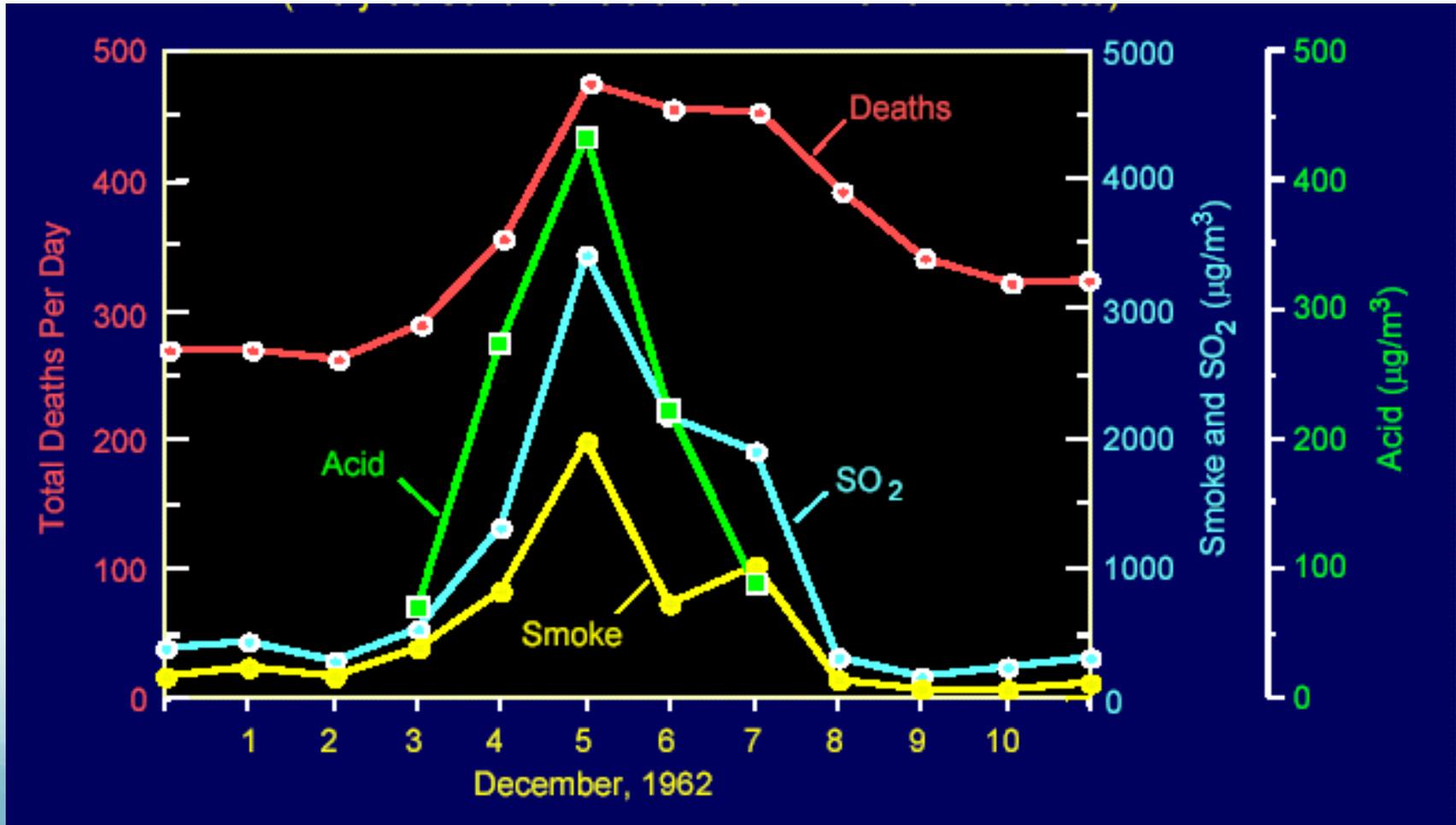
✓ O episódio durou 25 minutos, mas foi suficiente para deixar 320 pessoas hospitalizadas e causar 22 mortes.

Smog sulfuroso

O episódio de poluição atmosférica em Londres, 1952: relação entre concentração de fumaça e óbitos



Episódio de poluição atmosférica em Londres, 1962: confirmado a presença de aerossóis contendo sais de sulfato e ácido sulfúrico



Episódios Críticos de Poluição do Ar

Avanço da indústria química



Síntese de milhares de novos compostos



Uso cada vez mais generalizado de substâncias
estranhas a natureza



Episódios críticos tornaram-se cada vez mais
frequentemente e mais extensos

Episódios Críticos de Poluição do Ar

Muito citado é o caso da explosão de uma indústria química ocorrida em 1976 em Seveso, na Itália, em que houve formação espontânea de uma nuvem de dioxina, contaminando 37 mil pessoas, ocasionando o risco de mal formação de fetos, o que levou as autoridades a permitir o aborto das mulheres infectadas.

Episódios Críticos de Poluição do Ar

1986 —→ explosão acidental do reator nuclear da Usina de Chernobyl, na Ucrânia

- ✓ No momento da explosão ocorreram 31 mortes;
- ✓ Cerca de 200 pessoas foram contaminadas pela poluição atmosférica, na forma de nuvem de radiação, que estendeu seus efeitos a enormes distâncias;
- ✓ Os 135 mil habitantes da região tiveram que sair de suas casas por tempo indeterminado;
- ✓ Formou-se uma imensa nuvem radioativa que cobriu todo o centro-sul da Europa.

Episódios Críticos de Poluição do Ar

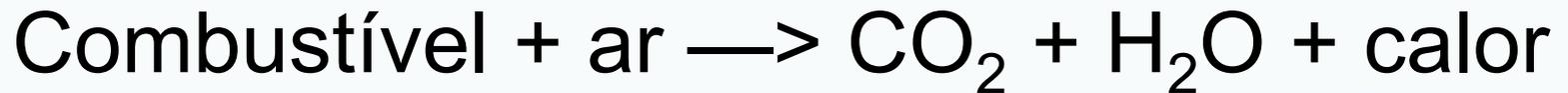
- Além dessas ocorrências, muitos outros períodos de altos índices de poluição têm sido verificados em algumas grandes cidades do mundo.
- Destacam-se a Cidade do México, Los Angeles, Detroit, São Paulo, Rio de Janeiro, Londres, Tóquio, Osaka, Pequim, Ghaziabad, ao norte da Índia.
- Nestas cidades os índices de qualidade do ar são geralmente tão ruins que seus habitantes se encontram, permanentemente, sujeitos a uma maior frequência de doenças cardiorrespiratórias.

Smog de Los Angeles

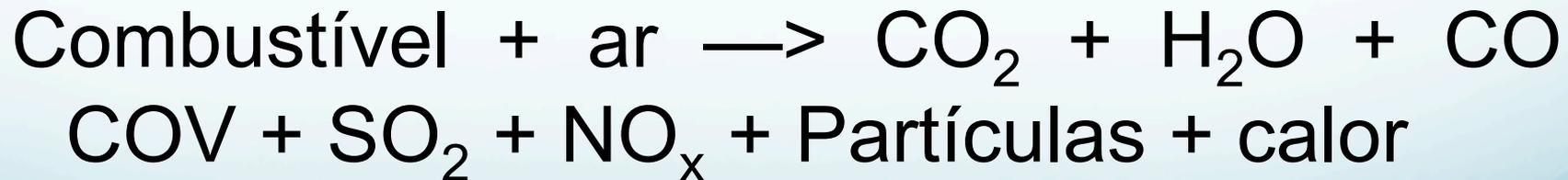
- No final da década de 1940, um novo fenômeno de poluição do ar começou a ser observado na área de Los Angeles, EUA.
- Diferentemente do smog de Londres, o ar ambiente continha poluentes extremamente oxidantes e os eventos ocorriam em dias quentes com muita incidência de radiação solar.

Combustão

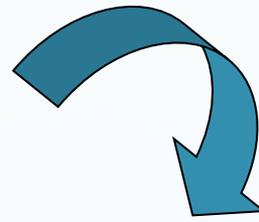
- Idealmente



- Na realidade



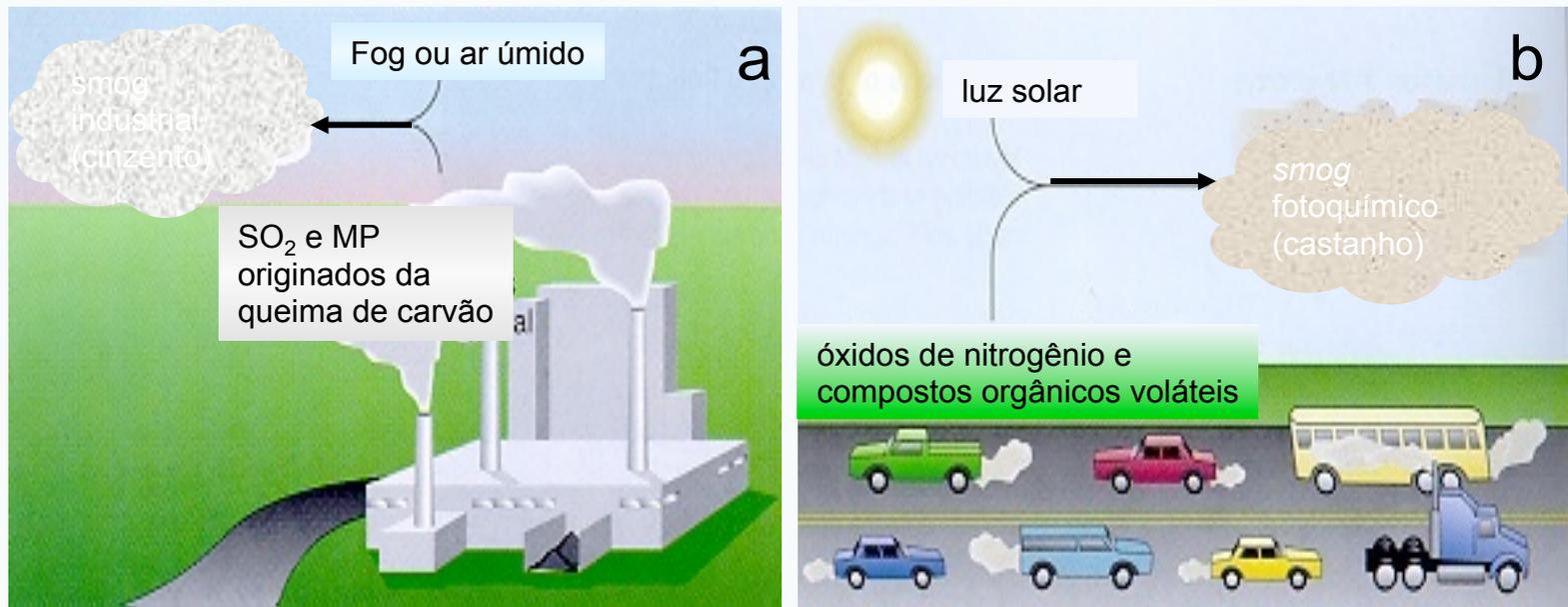
smog = smoke + fog
(fumaça + neblina)



Poluição urbana

Queima de carvão (Revolução industrial) –
smog sulfuroso ou londrino

Queima de combustíveis fósseis (veículos) –
smog fotoquímico ou de Los-Angeles, São Paulo, Rio de Janeiro



a) smog industrial, ou smog cinza, ocorre quando carvão é queimado e a atmosfera está úmida (ex. Londres);

b) smog fotoquímico, ou fumaça castanha, ocorre em presença de luz solar agindo sobre poluentes veiculares (ex. Cidade do México, Los Angeles, São Paulo, Rio de Janeiro).



Smog na Cidade do México, devido localização geográfica e tráfego veicular.



Donora, Pensilvânia - em outubro de 1944 foi cenário de um grande desastre de poluição de ar.

Smog fotoquímico



Smog fotoquímico em São Paulo (~1990).

O gás de cor castanha, NO_2 , é formado quando o NO , que é um gás incolor, reage com o oxigênio do ar.

(P.W. Atkins, *Atoms, Electrons, and Change*, 1991)

**Comparação entre as características gerais da POLUIÇÃO DO AR
Sulfurosa (Londres) e Fotoquímica (Los Angeles, São Paulo)
(Finlayson-Pitts & Pitts, 1986).**

Características	Sulfurosa (Londres)	Fotoquímica (Los Angeles, São Paulo)
reconhecimento	século 19	século 20 (década de 40)
Poluentes primários	SO₂, partículas de fuligem	NO_x, compostos orgânicos voláteis (COV)
Poluentes secundários	H₂SO₄, aerossóis, sulfatos, ácidos sulfônicos, etc.	O₃, HNO₃, aldeídos, PAN (peroxiacetil nitrato), nitratos, sulfatos, etc.
Temperatura	frio ($\leq 2^{\circ}\text{C}$)	quente ($\geq 23^{\circ}\text{C}$)
Umidade relativa	alta, com neblina	baixa, quente e seco
Tipo de inversão	radiação (terra)	subsistência
Picos de poluição	início da manhã	início da tarde

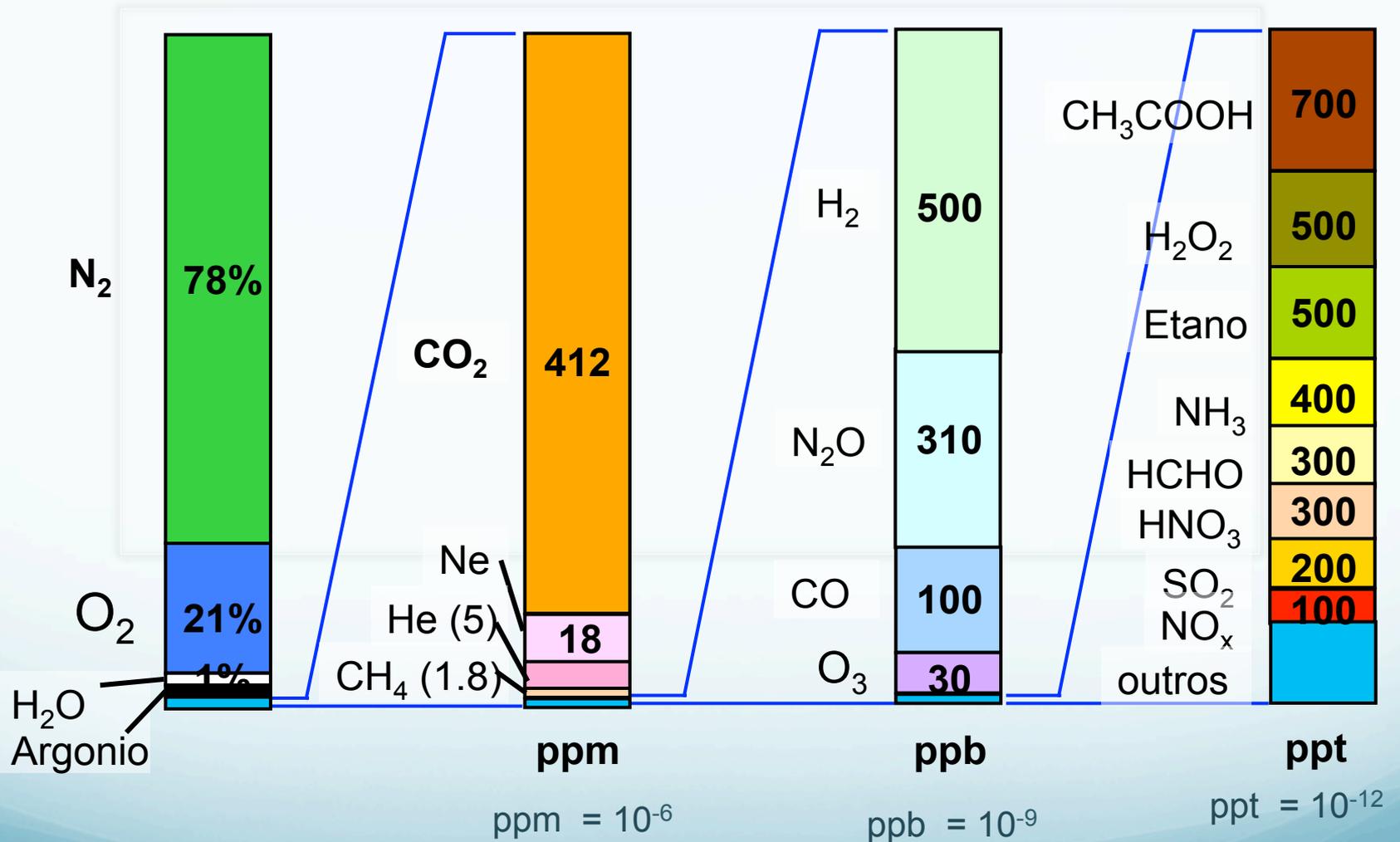
URBANIZAÇÃO e INDUSTRIALIZAÇÃO

Poluentes atmosféricos:

O_3 SO_2
 CO MP (material particulado)
 NO_x COV



Composição química da Atmosfera



LEGISLAÇÃO

POLUENTES REGULAMENTADOS (Res. 03 de 29/06/90)

- O₃** - Ozônio
- NO_x** - Óxidos de Nitrogênio
- SO₂** - Dióxido de Enxofre
- CO** - Monóxido de Carbono
- HCt** - Hidrocarbonetos Totais
- PI** - Partículas Inaláveis
- PTS** - Partículas Totais em Suspensão

**MONITORES
CONTÍNUOS**

LEGISLAÇÃO

No Brasil os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que revogou e substituiu a Resolução CONAMA nº 3/1990.

partículas totais em suspensão (PTS)

Fumaça

partículas inaláveis (MP10 e **MP2,5**)

dióxido de enxofre (SO₂)

monóxido de carbono (CO)

ozônio (O₃)

dióxido de nitrogênio (NO₂)

chumbo (Pb)

**MONITORES
CONTÍNUOS**

LEGISLAÇÃO

POLUENTES NÃO REGULAMENTADOS

- Importantes na química da atmosfera
- Efeitos importantes na saúde
- Tão ou mais importantes que os legislados

- Aldeídos
- Álcoois
- HC individuais
- HC aromáticos policíclicos
- Metais

- AMOSTRAGEM LOCAL
- TRATAMENTO
- ANÁLISE QUÍMICA

- a poluição atmosférica tem causado sérias doenças aos seres humanos;
- a saúde das pessoas é a mais afetada com a poluição atmosférica. Várias doenças respiratórias como bronquite, rinite e asma levam milhares de adultos e crianças aos hospitais todos os anos.

Os agentes poluidores físicos, químicos e biológicos, relacionando-os com os diversos tipos de doenças

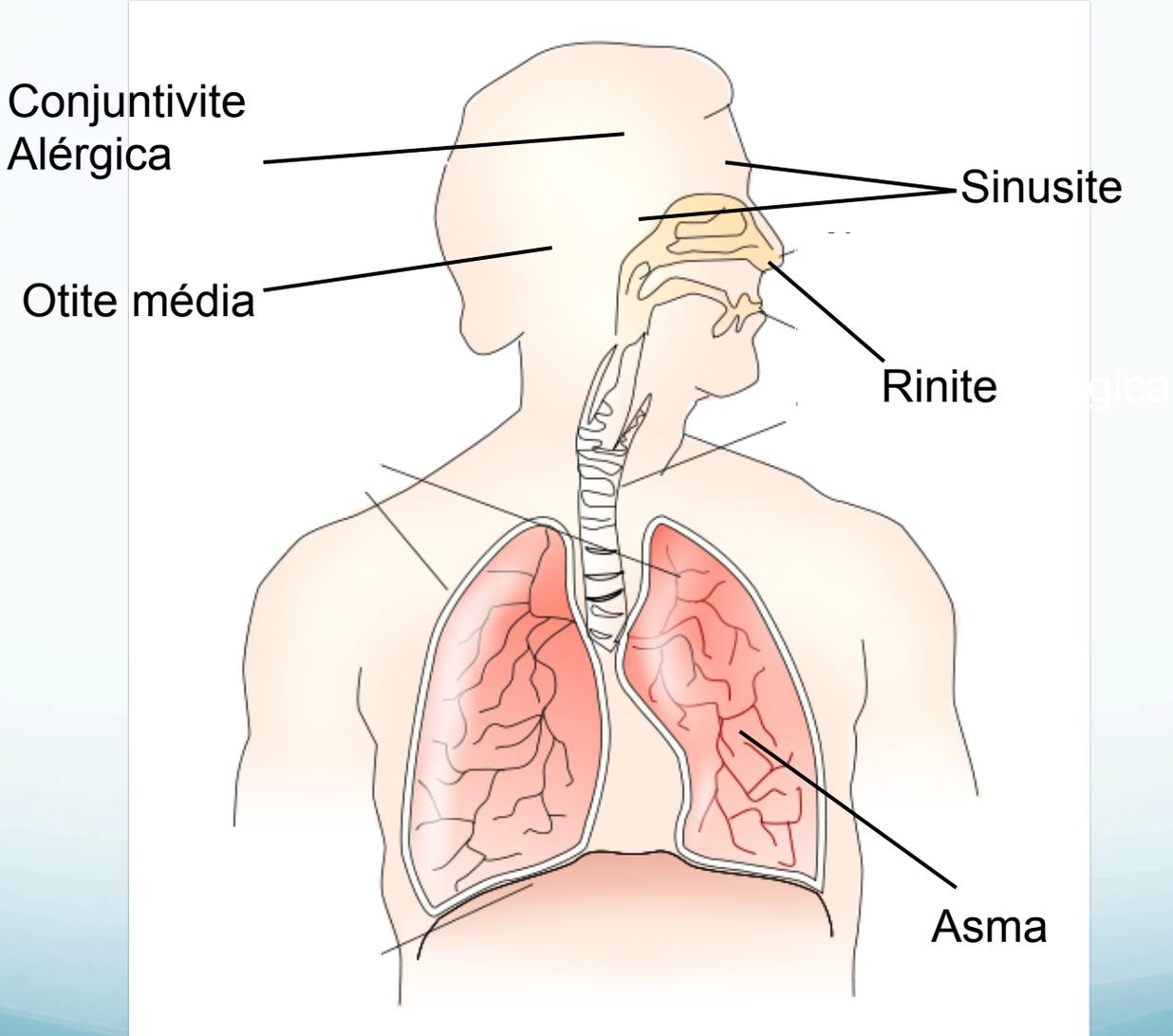


Imagem: Theresa knott / GNU Free Documentation License.

As doenças mais comuns associadas a poluição do ar



Câncer de Pulmão



Bronquite



Asma



Rinite

Efeitos sobre os seres vivos e materiais

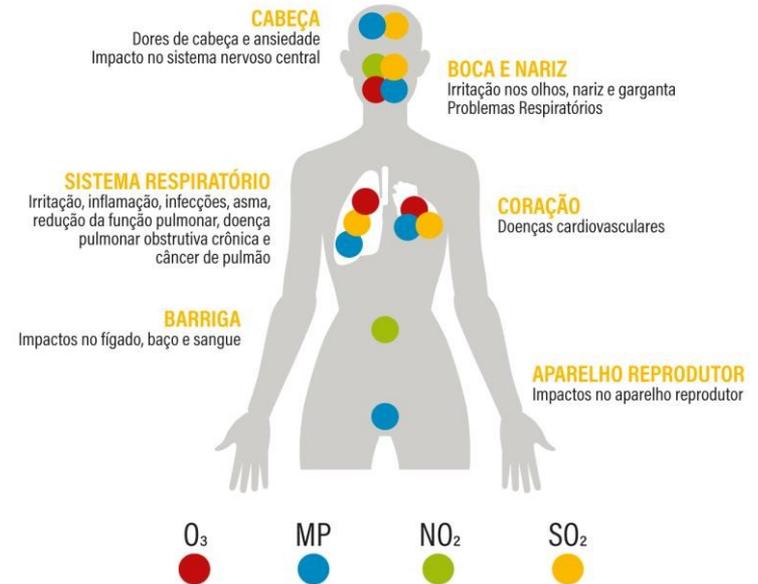
Poluente	Consequências
NOx	Doenças respiratórias e alterações sanguíneas; destroem a clorofila ; causam edemas pulmonar; deterioram borracha, tecidos ; favorecem ao envelhecimento precoce ;
MP	Problemas estéticos ; Suja com fuligem os prédios e a paisagem; produz nevoeiro e reduz a visibilidade ; irrita mucosas e brônquios ; carrega poluentes tóxicos para os pulmões ; reduz a produção de vitamina D em recém-nascidos ; causa danos às plantas , modificações no clima terrestre; distúrbios digestivos, anemia, nervosismos (depressão) , câncer nas vias respiratórias .
COV	Formam névoa escura e amarelada sobre as cidades; irritam olhos e mucosas; alguns são cancerígenos
SOx	Irritam as vias respiratórias; destroem a clorofila ; corroem ferro, aço e mármore ; causam danos irreversíveis aos pulmões quando combinados com partículas; provocam a acidez da chuva
COx	Níveis muito baixos – agrava o coração e compromete o funcionamento normal do cérebro (CO). Níveis elevados – causa a morte por asfixia e é o principal responsável do efeito estufa (CO₂) .

impactos na saúde pública

Organização Mundial da Saúde, em 1 de maio de 2018 – Os níveis de poluição do ar permanecem perigosamente altos em muitas partes do mundo. Novos dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostram que nove em cada 10 pessoas respiram ar contendo altos níveis de poluentes. Estimativas atualizadas revelam um número alarmante: sete milhões de pessoas morrem todos os anos em decorrência da poluição em ambientes exteriores e interiores.

SAÚDE E QUALIDADE DO AR

Os poluentes atmosféricos têm grave impacto na saúde humana. Veja quais os efeitos causados por cada poluente:



MATERIAL PARTICULADO (MP):

Partículas muito finas de sólidos ou líquidos suspensas no ar. Principais fontes: queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa vegetal, emissões de amônia na agricultura e emissões decorrentes de obras e pavimentação de vias.

OZÔNIO (O3):

É um poluente secundário, ou seja, não é emitido diretamente, mas formado a partir de outros poluentes atmosféricos.

Principais fontes: queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura.

DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO2):

É um gás poluente com ação altamente oxidante. Sua presença na atmosfera é fator chave na formação do ozônio troposférico.

Principais fontes: podem ser naturais (vulcanismos, ações bacterianas, descargas elétricas) e antropogênicas (processos de combustão em fontes móveis e fixas).

DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO2):

É um gás tóxico e incolor, pode ser emitido por fontes naturais ou por fontes antropogênicas e pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando material particulado de diâmetro reduzido.

Principais fontes: há fontes naturais, como vulcões, porém nas áreas urbanas as emissões têm origem na queima de combustíveis fósseis com enxofre na composição.

Fontes: Agência Europeia do Ambiente, Organização Mundial da Saúde e Ministério do Meio Ambiente.

Poluição Química

Destruição da camada de ozônio. O ozônio é um gás que forma uma fina camada nos níveis mais altos da atmosfera e que tem a função de proteger os seres vivos contra as radiações ultravioleta do Sol.

Consequências: os raios ultravioleta provocam graves tipos de câncer de pele, os olhos podem ser afetados levando à cegueira, o sistema imunológico pode tornar-se menos resistente a certas infecções virais.

- **Chumbo:** afeta o cérebro, causando retardo mental e outros graves efeitos na coordenação motora e na capacidade de atenção;
- **mercúrio:** afeta o cérebro, causando efeitos graves;
- **pesticidas e benzeno:** podem causar distúrbios hormonais, deficiências imunológicas, má-formação de órgãos genitais em fetos, infertilidade, câncer de testículo e de ovário

Chuvas ácidas: resultam da mistura e da transformação química de certos produtos lançados na atmosfera pela indústria e pelos veículos motorizados (NOx e SOx), dando origem a ácidos como o ácido nítrico e sulfúrico. A chuva ácida não é mais que o retorno desses gases em forma de ácidos para a superfície da Terra.

Consequências: afeta o sistema respiratório e o sistema cardiovascular.

Dentre os mais importantes problemas ambientais enumerados por 200 peritos e cientistas da *UN Environment Programme (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)* para os próximos cem anos, estão as mudanças climáticas, a escassez de água, a desertificação, a poluição da água, a perda da biodiversidade, a disposição do lixo, a poluição do ar, a erosão, a poluição química, o buraco na camada de ozônio, a exaustão dos recursos naturais, os desastres naturais, o aumento do nível do mar, entre outros.

Urbanização e Saúde



Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS, a **Urbanização e Mudança climática são os grandes desafios neste século.**

O Brasil abriga hoje mais de 84% de seus habitantes em áreas urbanas. No mundo, 60%, em 20 anos, 80%.

MOBILIDADE URBANA



A poluição do ar representa hoje um dos maiores **problemas** de saúde pública, afetando a saúde dos seres humanos, animais e das plantas.



São Paulo
Fonte: Época



Baía de Guanabara (RJ)
Fonte: RioOnWatch

Poluição Atmosférica



OMS - Em 2012, foram contabilizadas 3,6 milhões de mortes pela poluição do ar externo, quase 100% a mais que 2011.

Lider ambiental em mortes no mundo



As emissões atmosféricas que contaminam o ar podem ser provenientes de fontes fixas (indústrias) e móveis (veículos automotores).



Fonte: Pensamento Verde



Fonte: USP

- Segundo o DENATRAN, atualmente a frota veicular no Brasil totaliza 92 milhões de veículos e 18% desta frota está concentrado nas regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Vitória, Curitiba, Campinas, Rio de Janeiro e Baixada Santista.



Estado	População	Veículos Estado	Capital	Veículos Capital
São Paulo	46 289 333	31 071 695	12 325 232	8 827 942
Rio De Janeiro	17 366 189	7 185 692	6 747 815	2 978 801
Minas Gerais	21 292 666	12 211 504	2 375 151	2 287 081
Espírito Santo	4 064 052	2 107 232	365 855	202 527

Estado	Veículos/ Hab Estado	Veículos/ Hab Capital
São Paulo	0,7	0,7
Rio De Janeiro	0,4	0,4
Minas Gerais	0,6	1
Espírito Santo	0,5	0,6

Nas duas últimas décadas tem havido um **intenso debate mundial** sobre as **questões socioambientais** e as **externalidades negativas** provenientes das atividades antrópicas que provocam a diminuição da qualidade de vida, principalmente, nas cidades.

notícias / saúde

Poluição do ar pode causar depressão

 Curtir <169  Tweetar  G+1  4

Pesquisa da Universidade de State Ohio aponta que gases na atmosfera afetam o hipocampo
por Redação Galileu

Péssima notícia para quem mora em cidades em que a poluição impera: pesquisadores da Universidade de Ohio State, após uma série de pesquisas, chegaram à conclusão que a poluição do ar causa males não somente ao nosso coração e pulmões, mas também ao cérebro, podendo gerar falhas de memória e até depressão.



O estudo consistiu em expor um camundongo à poluição encontrada nas grandes metrópoles durante dez meses. Camundongos preferem lugares escuros. Assim, os pesquisadores treinaram durante cinco dias camundongos expostos a poluição e outros não expostos a acharem um buraco que os levaria para um lugar



26 e 28 de Julho de 2017
na Estância Turística de Tupã/SP

Poluição do ar nas cidades aumenta 8% e mata 7 milhões de pessoas por ano, alertam agências da ONU

Publicado em 06/06/2016 Atualizado em 07/06/2016

      Mais

 AUMENTAR LETRA  DIMINUIR LETRA

Aumento foi verificado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) entre 2008 e 2013, com apoio de dados da Organização Mundial da Saúde. Menos de 20% dos países avaliados pela agência da ONU regulam a queima a céu aberto de resíduos, que é uma das principais causas da poluição do ar. Brasil é citado por tentar promover eficiência energética e ampliar redes de transporte público.

Os níveis de [poluição do ar nas zonas urbanas](#) aumentaram em 8% de 2008 a 2013, advertiu o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente



A literatura mundial tem corroborado o fato de a **variação tóxica dos poluentes** no ambiente **afetarem a saúde** de diferentes maneiras e níveis de gravidade. Por exemplo, a poluição do ar está relacionada à redução da expectativa de vida e ao aumento do risco de arritmias e infarto agudo do miocárdio, bronquite crônica e asma, doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC), obesidade, câncer do pulmão e depressão.

NASCIMENTO et al., 2006; CAREY et al., 2013.



A grande maioria dos estudos conduzidos no Brasil avaliando poluição atmosférica e doenças respiratórias foram **desenvolvidos em grandes centros urbanos**, tais como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Vitória e Curitiba. Entretanto, pouco tem sido estudado sobre os **efeitos** da poluição do ar fora da abrangência geográfica de grandes centros metropolitanos.



No Brasil existem vários fatores que contribuem para a poluição atmosférica, as quais podem destacar:

Queimadas

- O aumento da frota de veículos tanto na grandes metrópoles como em cidades menores
- A quantidade de olarias para fabricação de telhas e tijolos;
- A falta de locais apropriados para destinação dos resíduos sólidos;
- Queima da cana-de-açúcar ainda realizada em algumas áreas

OBJETIVO

Compreender, através da revisão da literatura, a **influência** da poluição atmosférica na saúde humana e no meio ambiente.



Fonte: Sua Saúde



Fonte: R7

Apesar de avanços terem surgido nas últimas décadas, em relação a práticas que proporcionem um ar mais limpo, principalmente nos países desenvolvidos, os atuais níveis de poluição atmosférica continuam a ser considerados **danosos** para a saúde.

Estudos sobre a poluição atmosférica e os efeitos na saúde da população têm demonstrado que, mesmo quando os poluentes se encontram **abaixo dos níveis determinados** pela legislação, estes são capazes de provocar **efeitos** na saúde das pessoas.

Faixas etárias mais atingidas:

- Crianças;
- Idosos;
- Pessoas que já sofrem de problemas respiratórios também se tornam mais suscetíveis a sofrer com a elevação nos níveis de poluentes atmosféricos.

SILVA et al., 2013.



Fonte: Natue

Estudos mostram que o **aumento nos níveis de poluição** atmosférica está **associado** ao crescimento no risco de mortalidade infantil (RITZ et al., 2006), déficits no desenvolvimento pulmonar (SOFER et al., 2013) e ao aumento no acesso aos serviços de saúde em decorrência de doenças respiratórias como asma (McCORMACK et al., 2011).

Essa situação se **agrava no inverno** devido ao aumento de inversões térmicas, que dificultam a dispersão de poluentes atmosféricos primários, provocando episódios agudos de poluição.

Um dos maiores estudos realizados no Brasil por SALDIVA et al. (1995), constatou que a elevação em $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado estava associada a um **crecimento** na mortalidade geral de idosos em **mais de 13%**, mostrando que a poluição do ar tem **efeito significativo** sobre a mortalidade de pessoas idosas.

Além de provocarem efeitos na saúde da população, os problemas causados pela poluição do ar também geram **impactos negativos** no que se refere à **perspectiva econômica e social**.

Como exemplos de problemas causados pela contaminação do ar temos a queda da produtividade agrícola, aumento de custos dos sistemas de saúde e maior vulnerabilidade das populações carentes.

MONITORAMENTO da qualidade do ar **NO BRASIL**



Os resultados revelam que apenas dez estados e o DF realizam o monitoramento através de 371 estações ativas - 80% delas na Região Sudeste.

- (i) 41,2% das estações nacionais são privadas;
- (ii) no estado do Rio de Janeiro elas representam 60% do total de suas estações, enquanto no estado de São Paulo, 100% das estações são públicas;
- (iii) (ii) o MP10 é o poluente mais monitorado em 62,8% das estações e o MP2,5 em apenas 25,9% delas;
- (iv) (iii) a comunicação dos dados de monitoramento em tempo real à população ocorre em cinco estados.



Tabela 2 Número de estações de monitoramento da qualidade do ar para os estados



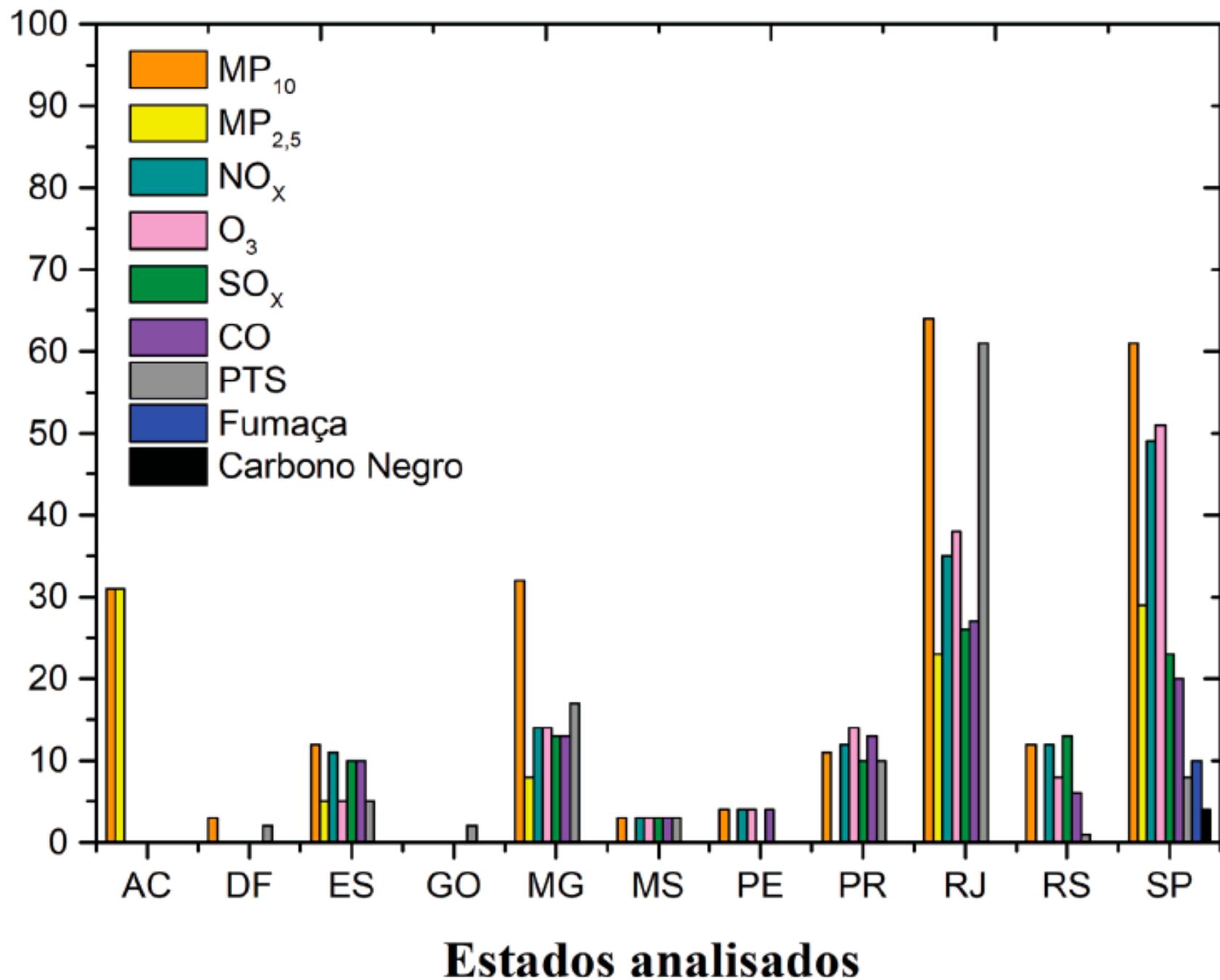
UFs Estações	Totais	Ativas	Região Metropolitana	Interior	Públicas	Privadas
AC	31	31	2	29	29	2
DF	4	4	2	2	4	0
ES	17	15	9	6	9	6
GO	2	2	2	0	2	0
MG	32	32	13	19	0	32
MS	4	3	0	3	0	3
PE	4	4	0	0	1	3
PR	18	16	9	7	16	0
RJ	203	161	105	56	65	96
RS	22	13	8	5	2	11
SP	93	90	41	49	90	0
TOTAL	430	371	191	176	218	153

 **Tabela 3** Número e % de estações que monitoram os poluentes investigados para o total de 371 estações



Poluentes	MP₁₀	MP_{2,5}	NO_x	O₃	SO_x	CO	PTS	Fumaça	CN
Nº total	233	96	140	137	98	96	109	10	4
%	62,8	25,9	37,7	36,9	26,4	25,9	29,4	2,7	1,1

Número de estações

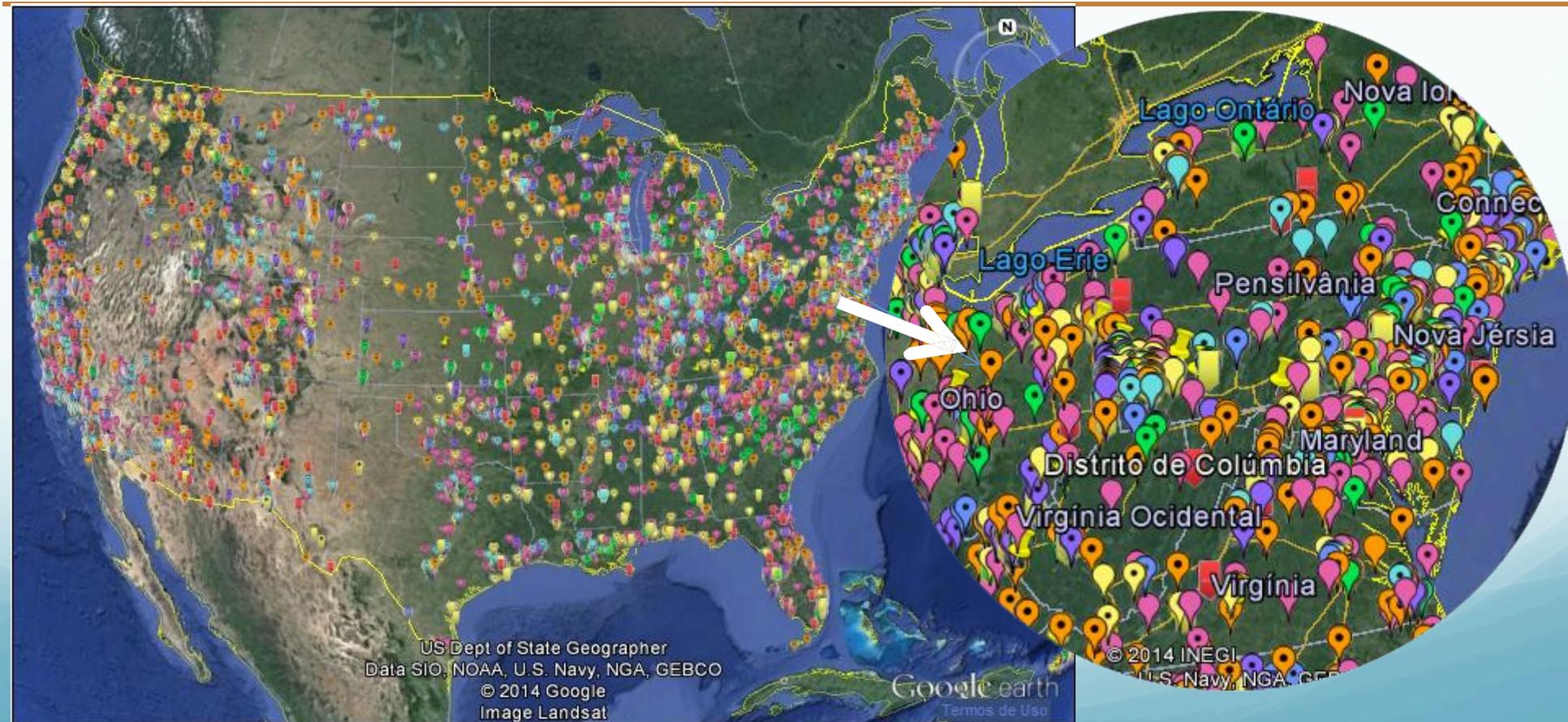


Dos 645 municípios do Estado de São Paulo, aproximadamente 45 monitoram a qualidade do ar, com 90 estações de monitoramento, o que representa aproximadamente 25 % das estações existentes no país.



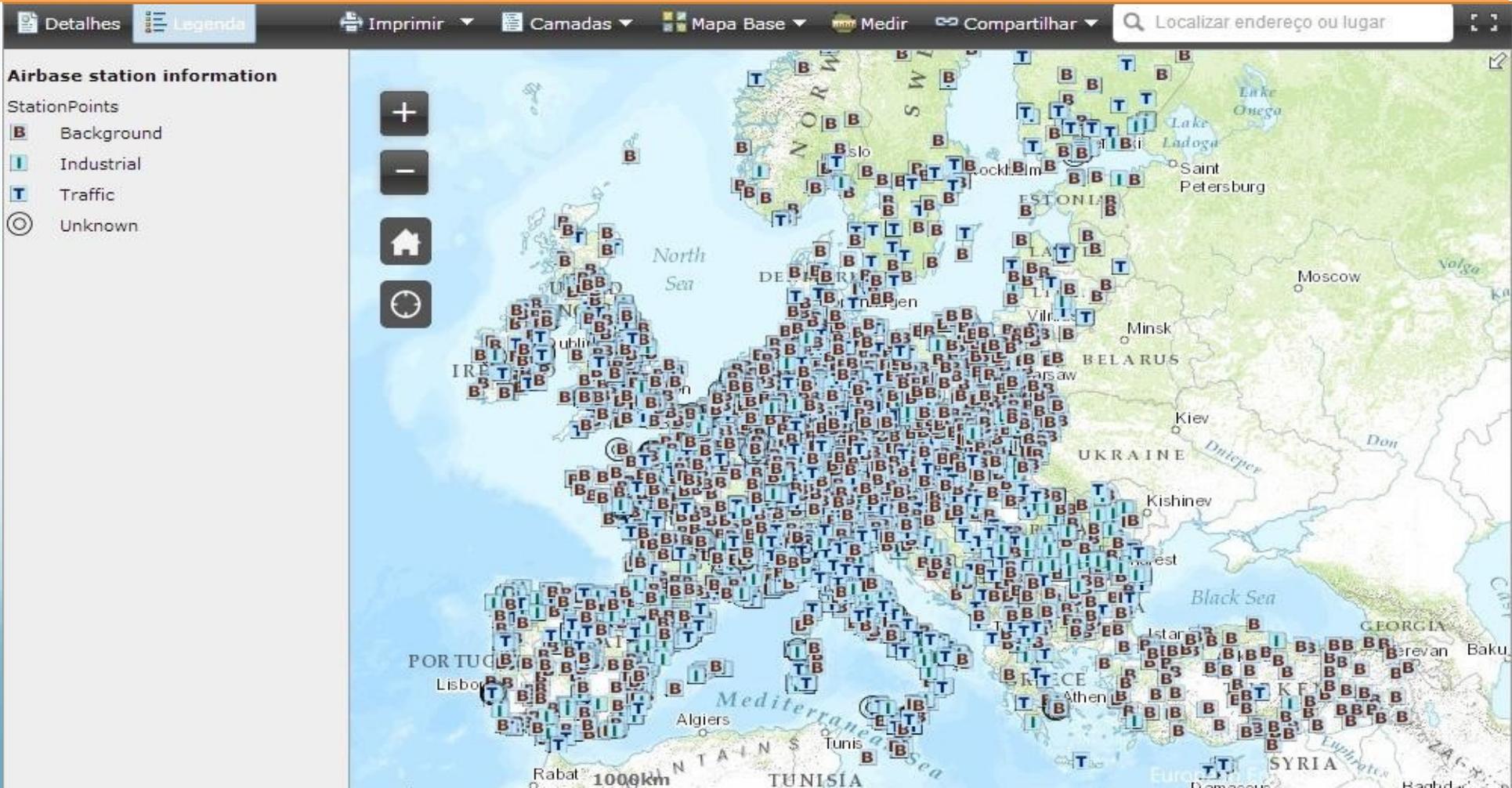
USEPA

Agência possui dados armazenados das redes de monitoramento da qualidade do ar (o repositório de dados detêm dados de mais de 10.000 estações) desde 1980, publicados no *website*. Atualmente 5.000 destas estão ativas



União EUROPEIA – EEA

Agência possui dados armazenados das redes de monitoramento da qualidade do ar publicados no *website*. Atualmente 7.500 destas estão ativas.



EFEITOS NA SAÚDE

DEPENDEM DE:

- **CONTAMINANTE:**

Natureza física, química e toxicológica

Perfil efeito-resposta

Concentração de fundo

- **ORGANISMO:**

Condições biológicas e metabólicas

- **EXPOSIÇÃO:**

Características respiratórias

Padrão de exposição: Magnitude, frequência, duração

EFEITOS NA SAÚDE

CLASSIFICAÇÃO

- ① Agudos
- ① Crônicos

- ② Locais
- ② A distância

- ③ Reversíveis
- ③ Irreversíveis

- ④ Dano primário
- ④ Aumento de dano anterior

EFEITOS NA SAÚDE

PRINCIPAIS EFEITOS

- **Alteração funcional e anatômica do pulmão**
- **Aumento das infecções respiratórias**
- **Aumento das enfermidades pré-existentes**
- **Aumento de mortalidade por enfermidades pulmonares e cardíacas**

EFEITOS NA SAÚDE

TIPOS DE DANOS

Funcional (exposição aguda ou crônica):

- Inflamação da mucosa respiratória
- Diminuição da função ventilatória
- Alteração de mecanismos de defesa
- Bronco-restrição
- Aumento da sensibilidade de vias aéreas
- Lesões de tipo obstrutivo, reduzem ventilação

Anatômico

- Destruição do tecido pulmonar
- Destruição das mucosas bronquiolares
- Destruição dos alvéolos (enfisema)
- Fibrose
- Lesões do tipo restritivo

EFEITOS NA SAÚDE

TIPOS DE DANOS

Locais:

- Inflamação da árvore respiratória: faringite, laringite, ..., bronquite,
- Broncopneumonia
- Asma bronquial
- Câncer pulmonar

A distância:

- Infecções cardíacas e circulatórias periféricas
- Dano por agentes tóxicos específicos, ex. chumbo e carcinogênicos

EFEITOS NA SAÚDE

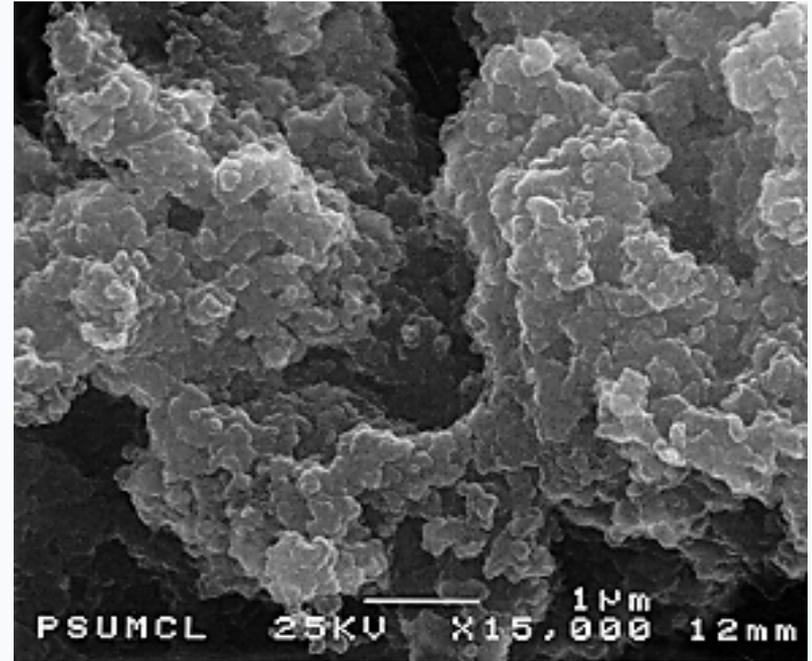
- **Consultas ambulatoriais**
- **Hospitalizações**
- **Mortes**
- **Consumo de medicamentos**
- **Ausência escolar e no trabalho**
- **Restrição da atividade física**
- **Baixa qualidade de vida**

Os impactos e benefícios na saúde humana podem ser avaliados segundo duas categorias: **morbidade e mortalidade**.

De acordo com a *U.S (Environmental Protection Agency)*, esses desfechos refletem em **custos públicos e privados diretos** como a perda de produtividade, atividades restritas ou morte prematura e despesas médicas (tratamentos, exames e medicamentos).

Material Particulado - MP

- poeiras
- fuligem
- fumaça
- gotículas



Diversos e diminutos suficientes para permanecer suspensos na atmosfera.

Geralmente é uma mistura complexa de compostos orgânicos e inorgânicos.

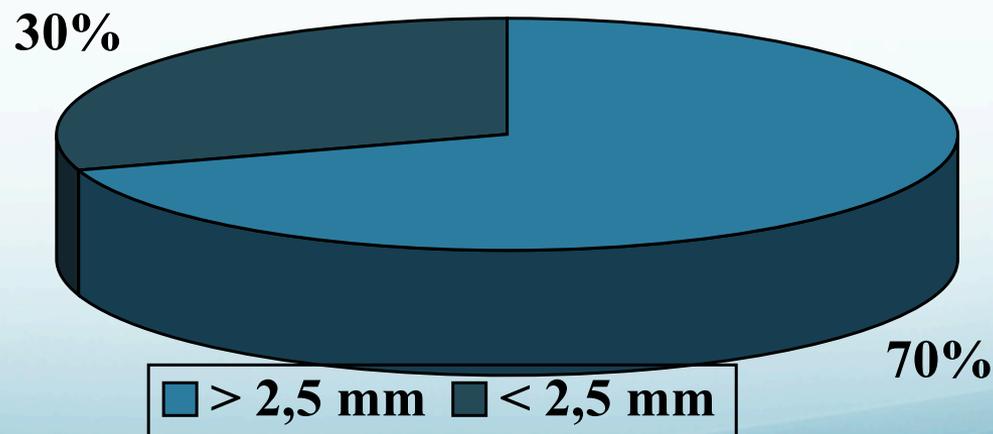
Material Particulado – MP

Caracterização:

- Concentração mássica em $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Distribuição por tamanho em μm

MP > 2,5 μm \Rightarrow partículas grossas

MP < 2,5 μm \Rightarrow partículas finas



Material Particulado – MP

Composição:

- sulfatos (~40%)
 - carbono elementar
 - compostos orgânicos não-voláteis
 - compostos orgânicos secundários
-
- ácido nítrico
 - óxido de silício
 - óxido de alumínio
 - óxido de cálcio
 - óxido de ferro

Material Particulado – MP

Fontes

- Naturais:
 - spray marinho, pólen, poeira do solo e erupções
 - tendem a ser MP grosso
- Antropogênicas:
 - processos de combustão
 - tendem a ser MP fino
 - possuem mais poluentes associados que os naturais

Material Particulado – MP

Principais Fontes Antropogênicas:

- combustão para geração de vapor
- combustão para aquecimento doméstico
- queimadas na agricultura
- combustão veicular a diesel
- combustão veicular de motores 2 tempos
- indústria do cimento
- mineração
- processos metalúrgicos

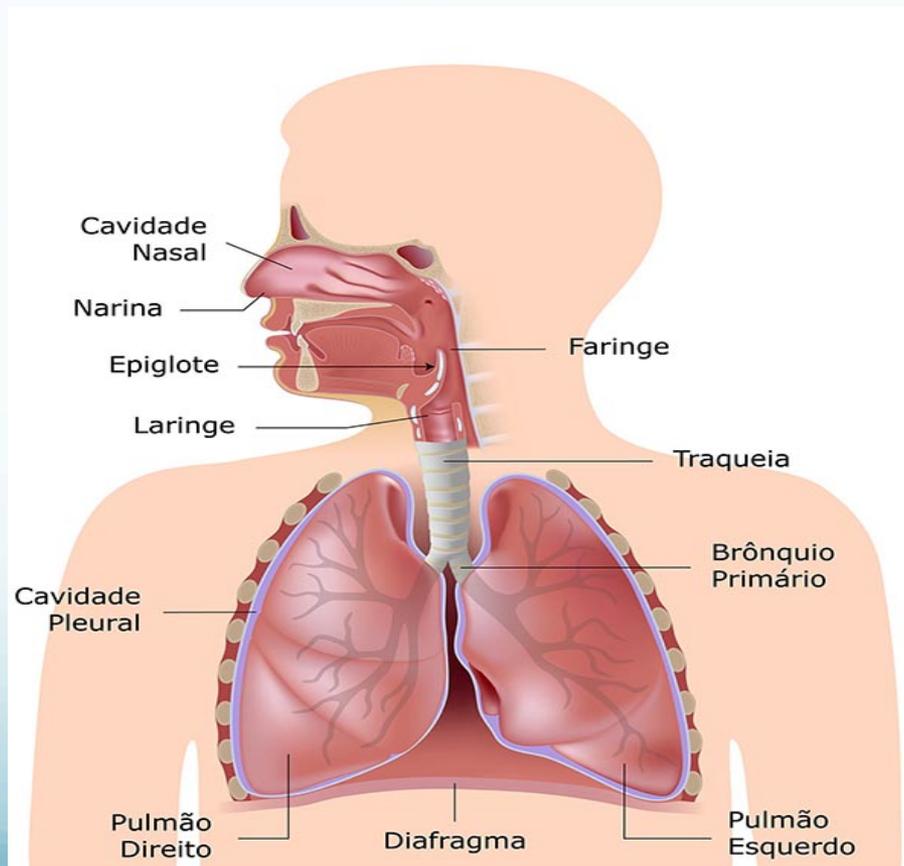
Principais doenças e poluentes estudados no estado de São Paulo (2010- 2015).

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doenças	Poluentes	
Ribeiro e Pesquero, 2010	Respiratórias	PM ₁₀ , PTS e NO ₂	10 a 13
Jasinski et al., 2011	Respiratórias	PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ e O ₃	0 a 19
Amâncio e Nascimento, 2012	Asma brônquica	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	≤10
Carnesecca et al., 2012	Procedimentos de inalação/ nebulização	MP ₁₀	Todas
Nascimento et al., 2012	Acidente vascular cerebral	PM ₁₀ , SO ₂ , O ₃	≥50
Yanagi et al., 2012	Incidência e mortalidade por câncer	MP ₁₀	Todas
Cesar et al., 2013	Respiratórias	MP ₁₀	0 a 10
Nardocci et al., 2013	Respiratórias e cardiovasculares	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	<5 e >39
Nascimento e Francisco, 2013	Hipertensão arterial	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	Todas
Negrisola e Nascimento, 2013	Pneumonia	MP ₁₀ , NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃	0 a 10
Romão et al., 2013	Peso ao nascer	PM ₁₀	Recém-nascidos
Gavinier e Nascimento, 2014	Acidente vascular cerebral	MP ₁₀ , O ₃ , NO, NO ₂	≥50
Lima et al., 2014	Recém-nascidos prematuros	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Nicolussi et al., 2014	Asma, rinite e eczema atópico	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	6 a 7
Pinheiro et al., 2014	Respiratórias e cardiovasculares	PM ₁₀	>40 >60
Santos et al., 2014	Peso ao nascer	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Barbosa et al., 2015	Anemia falciforme	MP ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃	<18

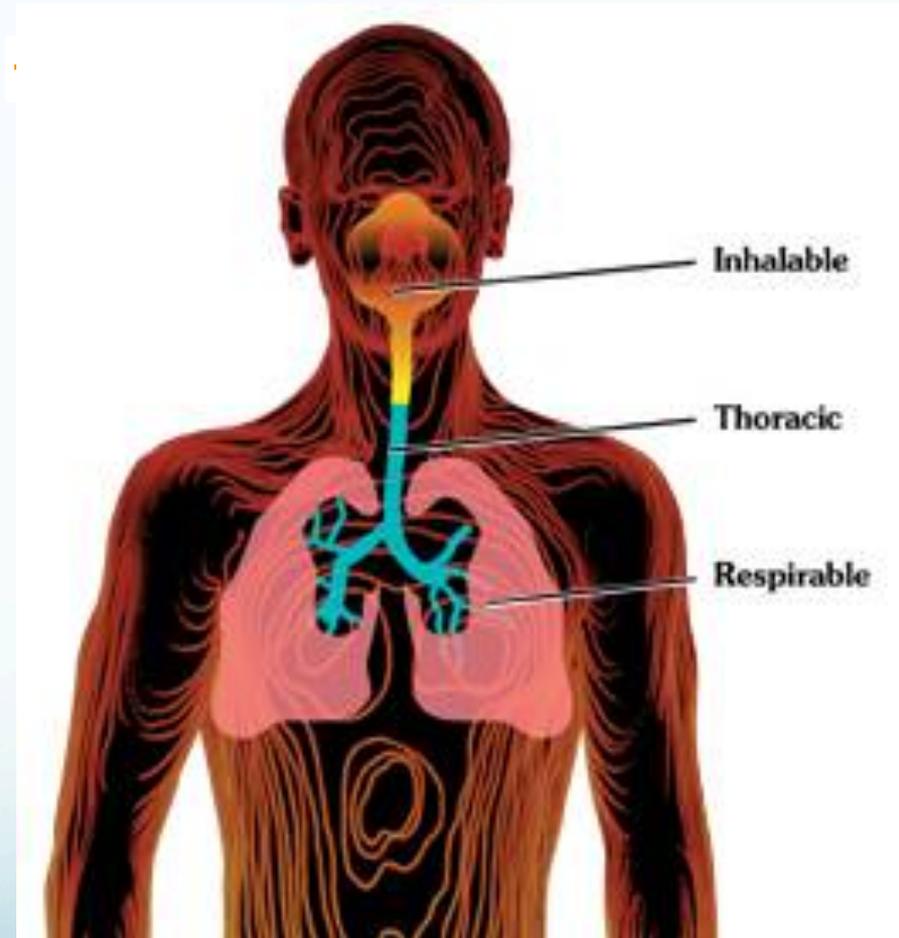
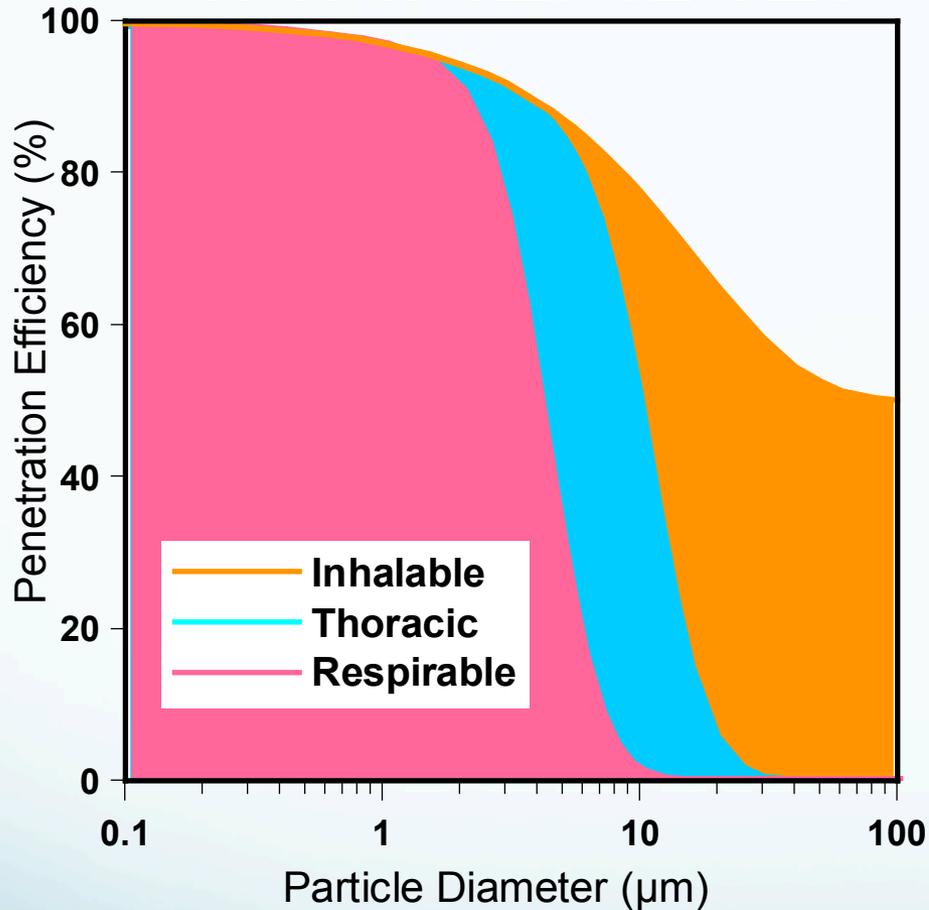
O material particulado (PM_{10}), originário principalmente da **queima de combustíveis fósseis**, pode ter meia vida de alguns dias até anos.

As partículas inaláveis, que possuem maior impacto sobre a saúde humana, podem ser definidas de maneira simplificada como **MP_{10}** (partículas inaláveis), aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que $10\ \mu\text{m}$, e **$MP_{2,5}$** (partículas inaláveis finas), que possuem diâmetro aerodinâmico inferior a $2,5\ \mu\text{m}$.

O tamanho da partícula possui **relação inversamente** proporcional ao potencial de deposição no trato respiratório e os efeitos a saúde associados.

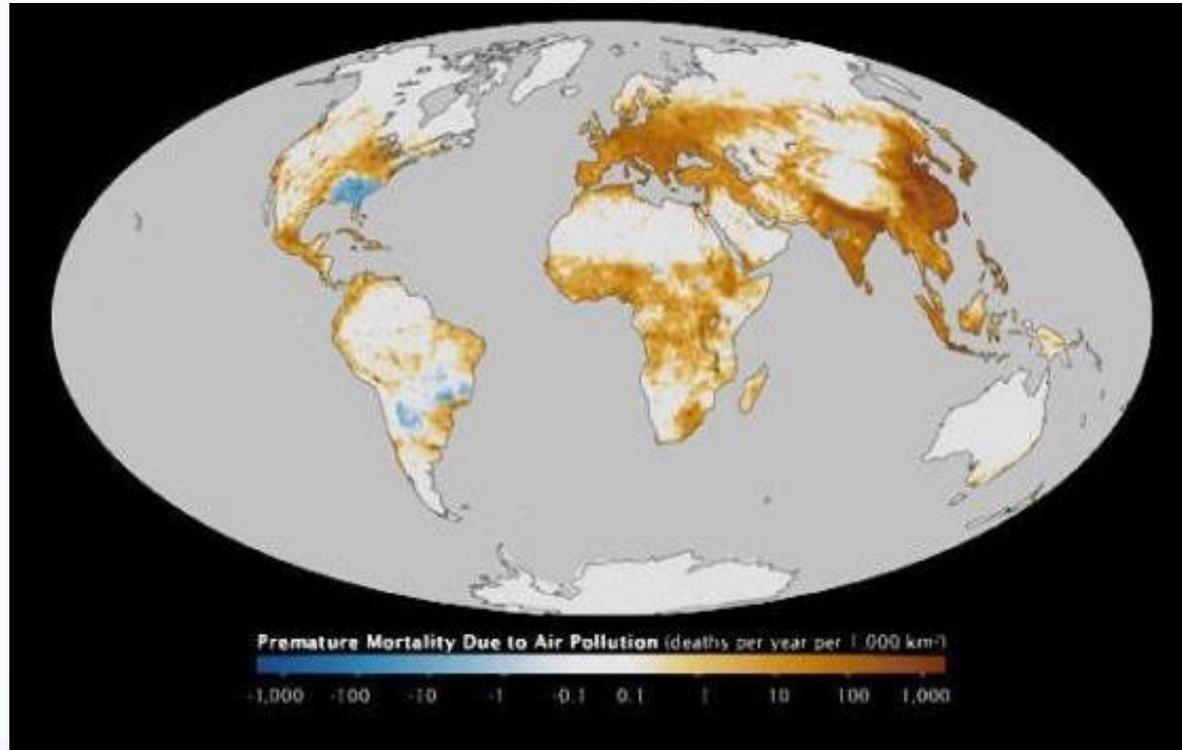


INHALABILITY AND SIZE!



- Total suspended particles (TSP)
- PM_{10} – thoracic particles
- $PM_{2.5}$ – respirable particles

Mapa NASA



Mapa publicado pela Nasa mostra número de mortes ligadas à má qualidade do ar

A projeção da Nasa é baseada num estudo feito pela Universidade da Carolina do Norte, nos Estados Unidos. ,
“as áreas de cor marrom mais escuro possuem a maior quantidade de óbitos associados, principalmente, às malfadadas micropartículas poluentes PM2,5”

Projeção do total de mortes, internações hospitalares da rede pública de saúde e gastos com internações, por cenários considerados, segundo causas atribuíveis ao material particulado MP_{2,5}
Estado de São Paulo – 2011-2030.

Causas	Cenário estacionário			Aumento de 5% de MP _{2,5} até 2030	Redução de 5% de MP _{2,5} até 2030
	2015	2030	2011-2030	2011-2030	2011-2030
Óbitos					
Todas as causas	10.193	18.407	246.375	256.515	236.198
Neoplasias	1.126	2.182	28.248	29.347	27.139
Doenças cardiovasculares	5.469	9.185	128.520	133.560	123.442
Doenças respiratórias em crianças	38	23	596	615	986
Doenças respiratórias em idosos	3.026	8.100	88.647	92.400	84.866
Internações hospitalares					
Neoplasias	1.220	1.929	29.592	30.595	28.571
Doenças cardiovasculares	14.570	23.366	354.970	368.182	341.648
Doenças respiratórias em idosos	16.387	31.335	430.365	446.064	414.452
Doenças respiratórias em crianças	7.294	6.239	138.050	142.434	133.626
Gasto com internações hospitalares (R\$ de 2011)					
Neoplasias	1.257.663	1.959.926	1.098.685.456	1.139.432.980	1.057.598.040
Doenças cardiovasculares	45.417.492	71.298.581	30.346.838	31.373.391	29.302.807
Doenças respiratórias em idosos	16.121.177	30.626.632	422.558.075	437.957.716	406.948.221
Doenças respiratórias em crianças	7.082.367	6.058.082	134.046.950	138.303.854	129.750.576

O programa global de pesquisa investigativa da OMS (*Global Burden of Disease*) que avalia a mortalidade e incapacidade por doenças graves, lesões e fatores de risco, estabeleceu em 2010, a poluição atmosférica por material particulado fino como o **sexto** maior fator de risco para a mortalidade prematura global.

Para efeito de comparação, a carga da doença atribuída ao $MP_{2,5}$ é maior do que outras ameaças a saúde global bem reconhecidas, tais como **malária e HIV-AIDS** combinadas.

A Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), vinculada a OMS, anunciou, em 2013, a classificação da poluição do ar exterior (outdoor) e do poluente material particulado como **substâncias carcinogênicas do Grupo I**.

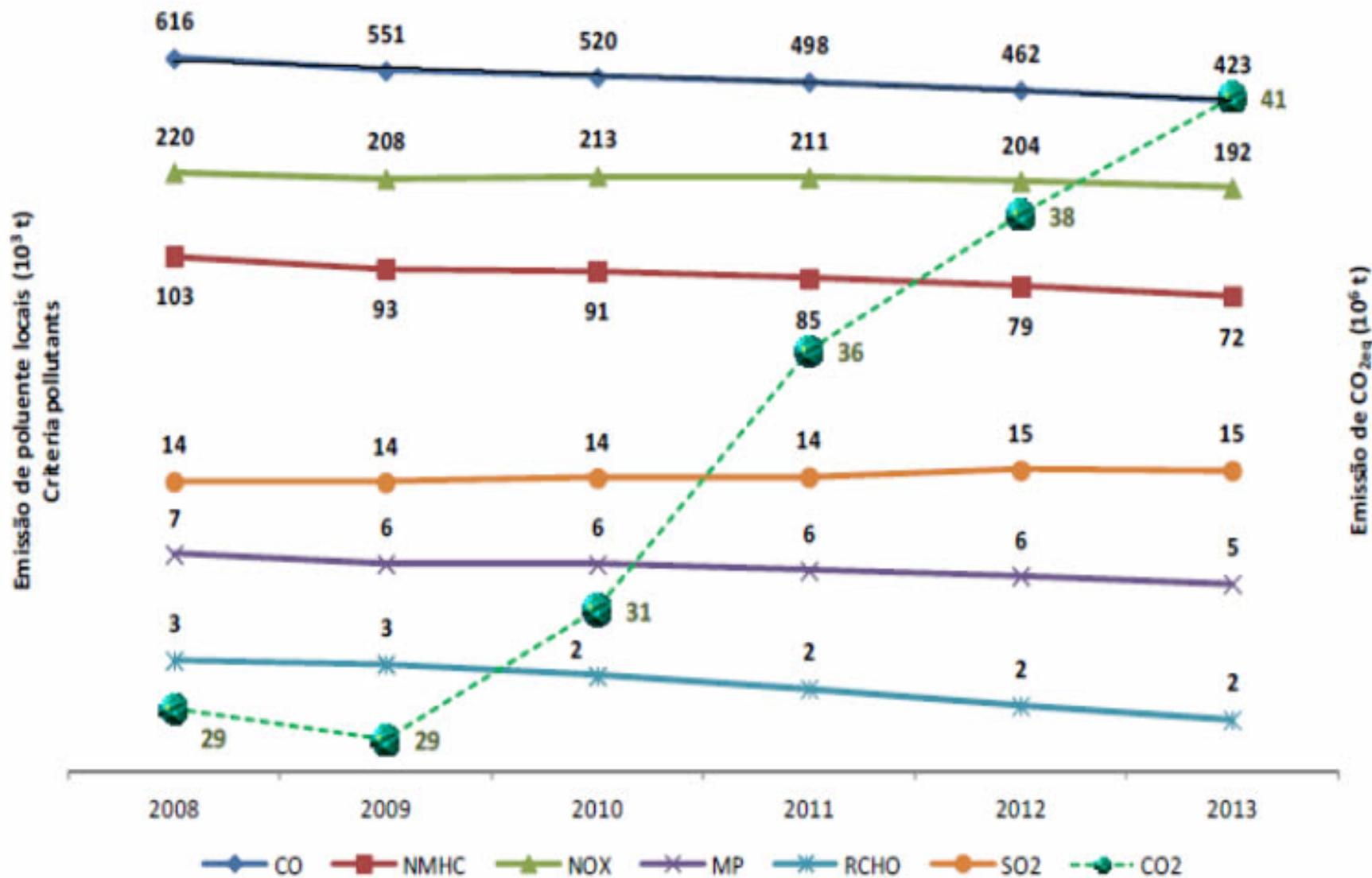
Isso significa que o risco de desenvolver câncer de pulmão ou bexiga é significativamente maior em pessoas expostas a poluição atmosférica.

Além disso, em 2015, a OMS divulgou a perda precoce de cerca de **oito milhões de vidas** no mundo pela poluição do ar. Desses, cerca de 3,7 milhões deveram-se a poluição do ar externa, o que representa 46% de todas as fontes de poluentes relacionadas ao ar.

Em relatório oficial da **68ª Assembleia Mundial da Saúde**, em maio de 2015, a OMS concluiu que a redução da poluição atmosférica pode se tornar um indicador sanitário das políticas dos objetivos do desenvolvimento sustentável pós-2015 (Agenda 2030).

Neste documento, a OMS solicita aos países-membros que tomem **medidas emergenciais** de controle efetivo da poluição, uma vez que a poluição do ar passa a ser líder ambiental para riscos em saúde.

Figura 1: Evolução na emissão dos poluentes atmosféricos ao longo dos anos entre 2008 e 2013.

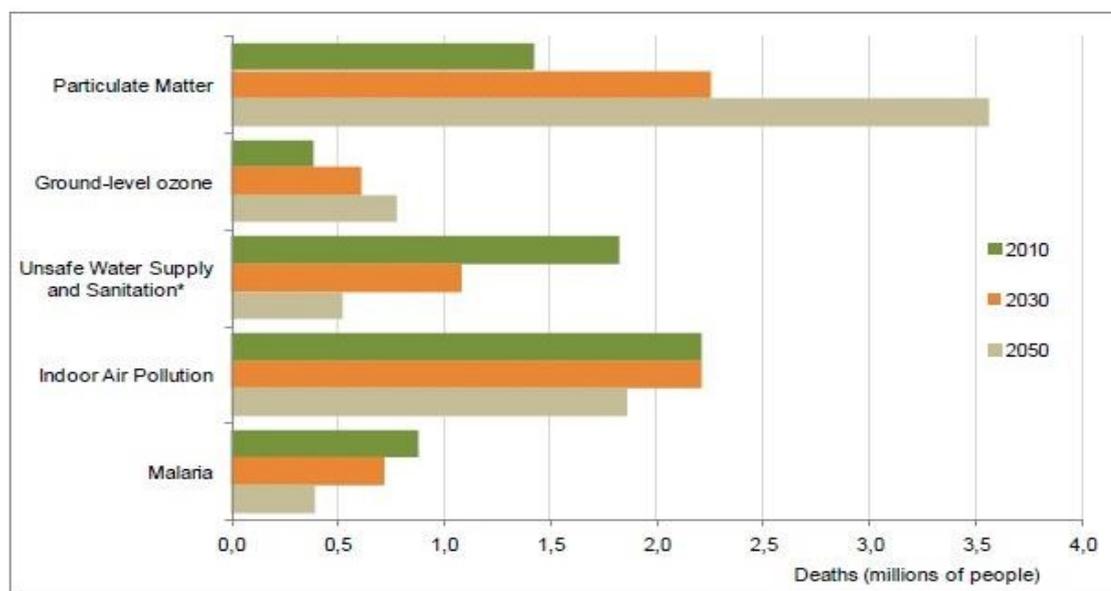


Fonte: CETESB. <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/>

O controle da poluição por fontes móveis no Brasil iniciou-se com o **Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)** em 1986. A partir de 1995 foi estabelecido o controle da emissão de gases poluentes pelo escapamento de veículos. Atualmente, o programa está em sua sétima fase e, estabelece limites de emissões mais rígidos para veículos pesados, exigindo que tenham novas tecnologias.

Mortes prematuras devido a alguns riscos selecionados: exposição ao MP e ozônio, suplemento de água insalubre, Poluição indoor e Malária 2010 a 2050

Global premature deaths from selected environmental risks: *Baseline*, 2010 to 2050



Note: * Child mortality only.

Source: OECD Environmental Outlook Baseline; output from IMAGE.

Sem novas políticas, em 2050, a poluição do ar deve se tornar a principal causa ambiental de mortalidade prematura mundial.

Ar poluído como agente carcinogênico



A Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC) anunciou em outubro de 2013, a classificação da poluição do ar exterior e do material particulado, como agentes carcinogênicos do Grupo 1 ***Passo importante para alertar ainda mais os governos sobre os perigos e os custos em potencial - um forte sinal para a ação.***

Apesar da variação considerável na composição da contaminação do ar e dos níveis de exposição, a agência destacou que suas conclusões se aplicam a todas as regiões do mundo

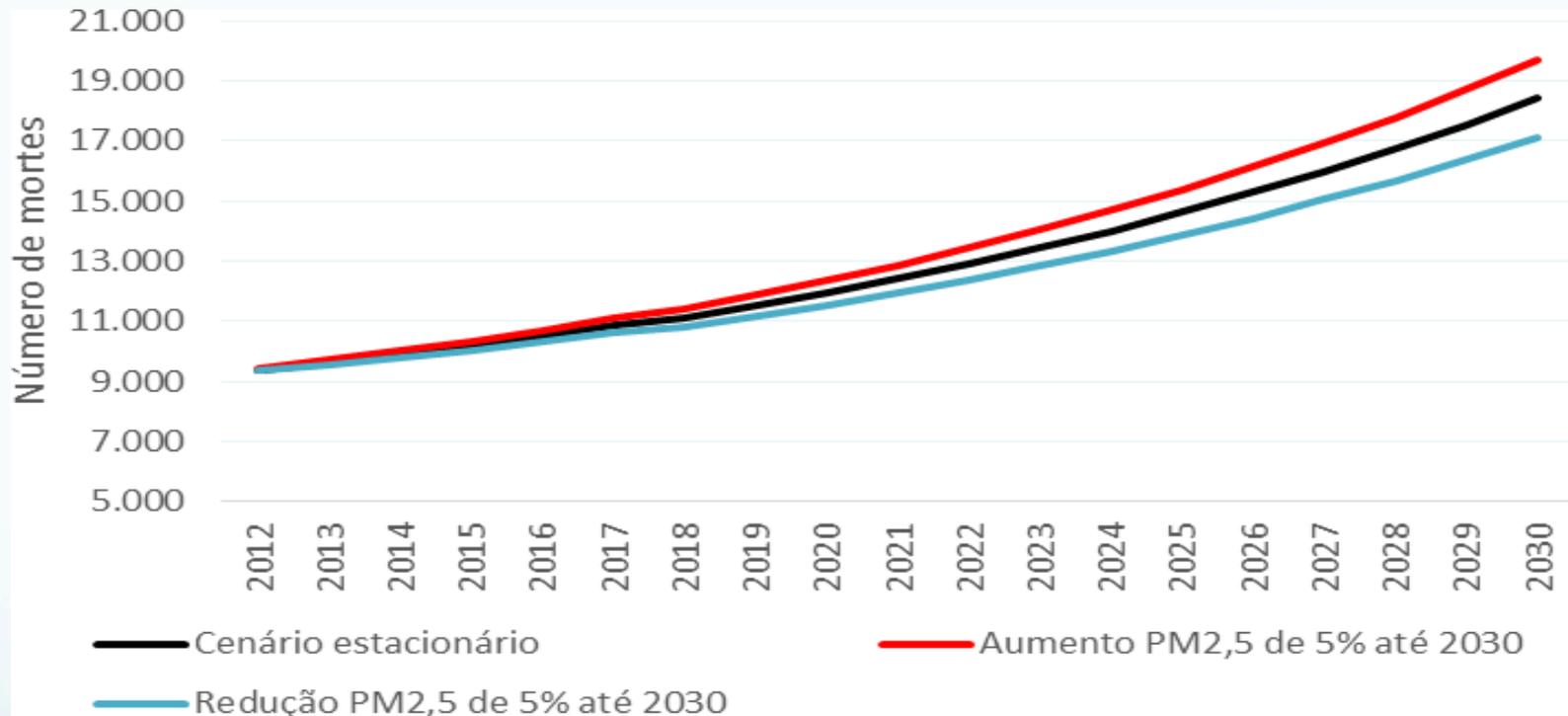
Em 2010 mais de 223 mil pessoas morreram de câncer de pulmão relacionado à poluição do ar.

O ar poluído passa a ser o líder ambiental para o desenvolvimento de câncer.

Além do pulmão, há evidências da associação do ar poluído com câncer de bexiga, mama e tecido hematopoiético

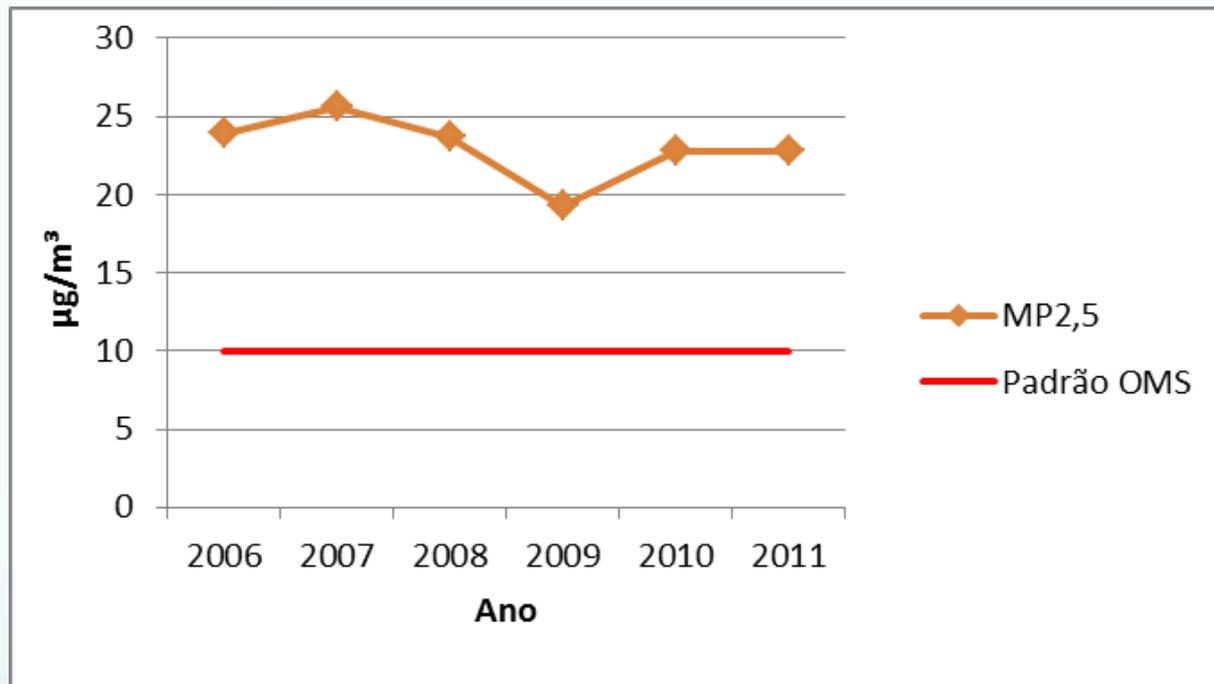
Mortalidade em 18 anos

Projeções de mortes atribuíveis ao material particulado PM2,5 – São Paulo, 2012 a 2030.



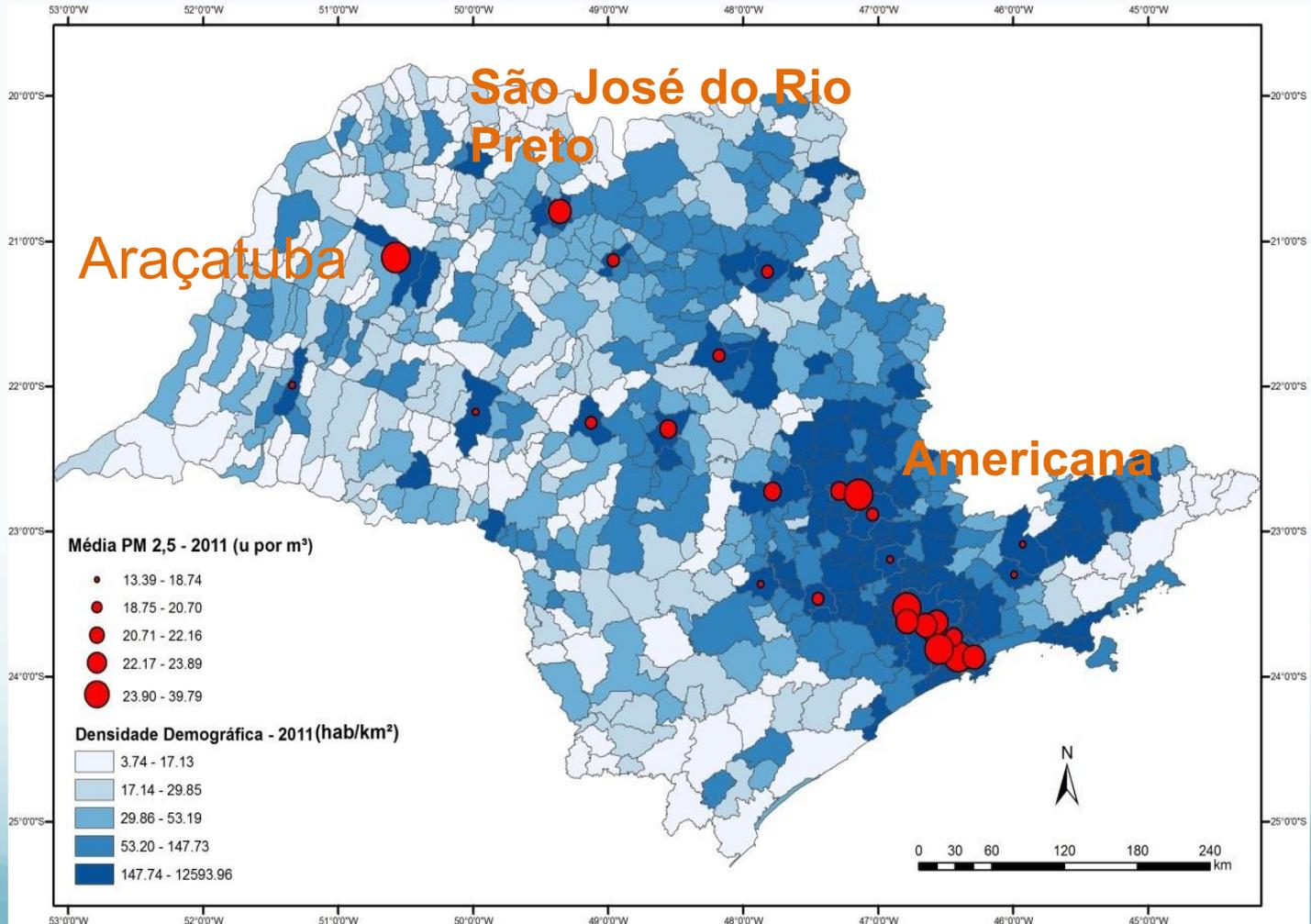
Para a mortalidade geral, espera-se que o número total de óbitos varie entre 236 mil e 256 mil em 18 anos. O total de internações se aproxima a um milhão, o que significa um dispêndio de mais de R\$ 1,5 bilhão a preços de 2011.

Médias anuais de $MP_{2,5}$ no Estado de São Paulo, anos 2006 a 2011, incluindo dados de Cubatão.



Ano	Obs	Media
2006	8668	23,89
2007	8672	25,58
2008	10423	23,67
2009	13248	19,27
2010	12535	22,77
2011	13291	22,78

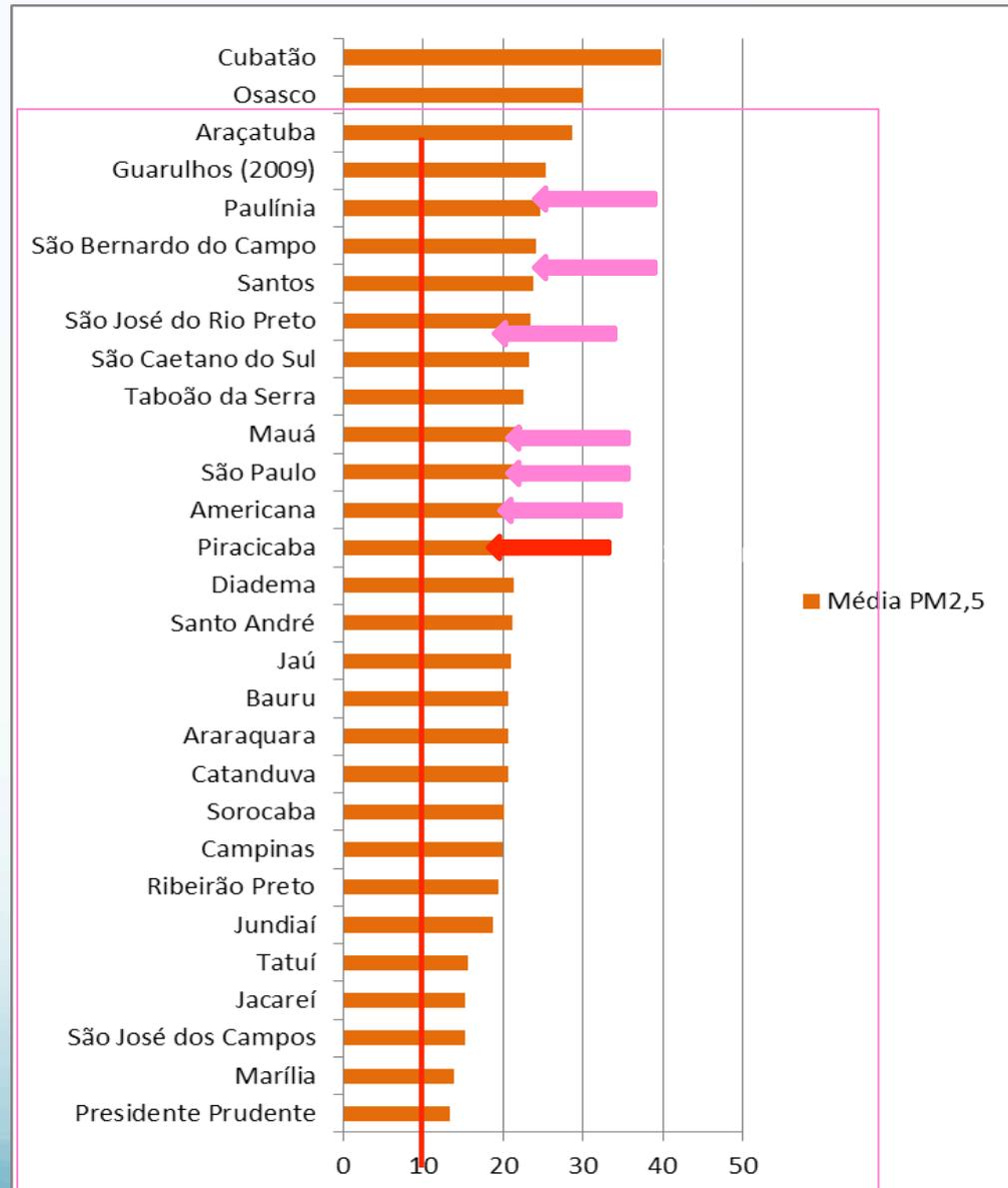
Municípios do Estado de São Paulo: Densidade demográfica e Média anual de MP_{2,5}



Médias $MP_{2,5}$ por ordem decrescente dos municípios



Padrão OMS

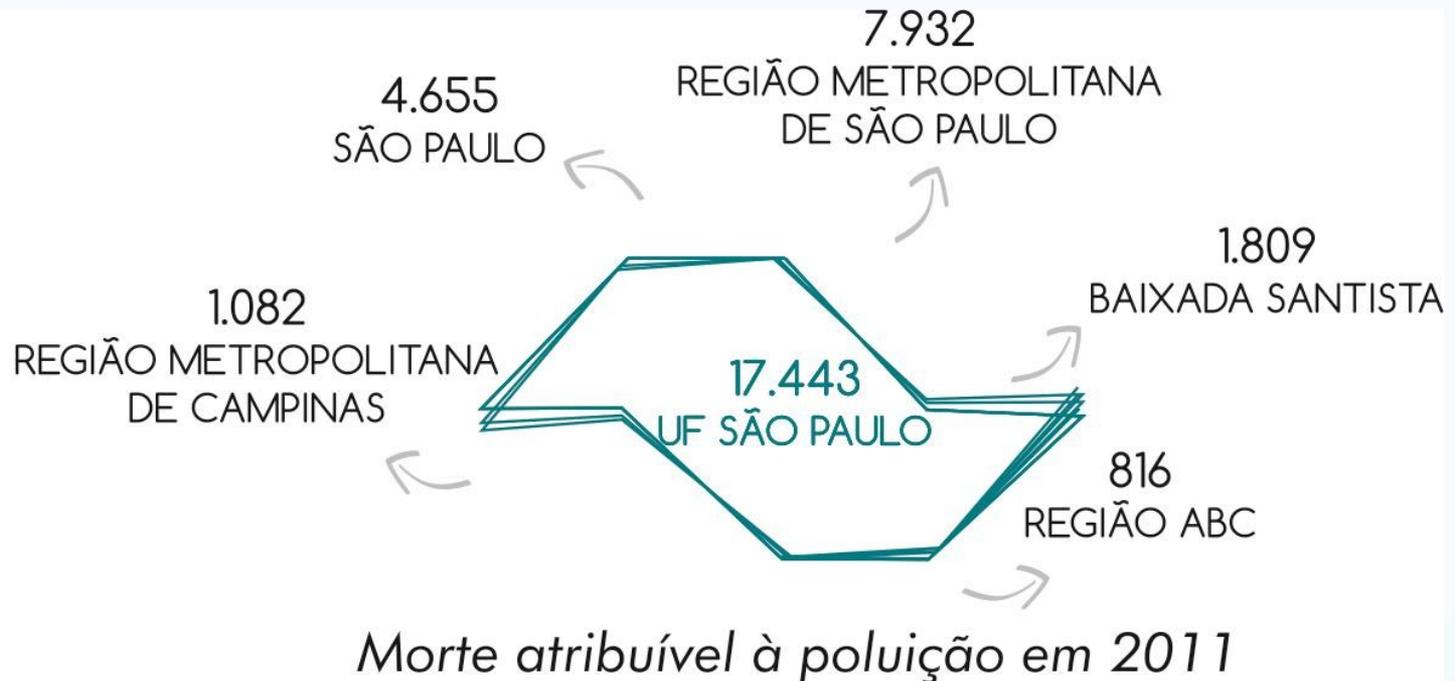


■ Média $PM_{2,5}$

Science, 15/03/2002.

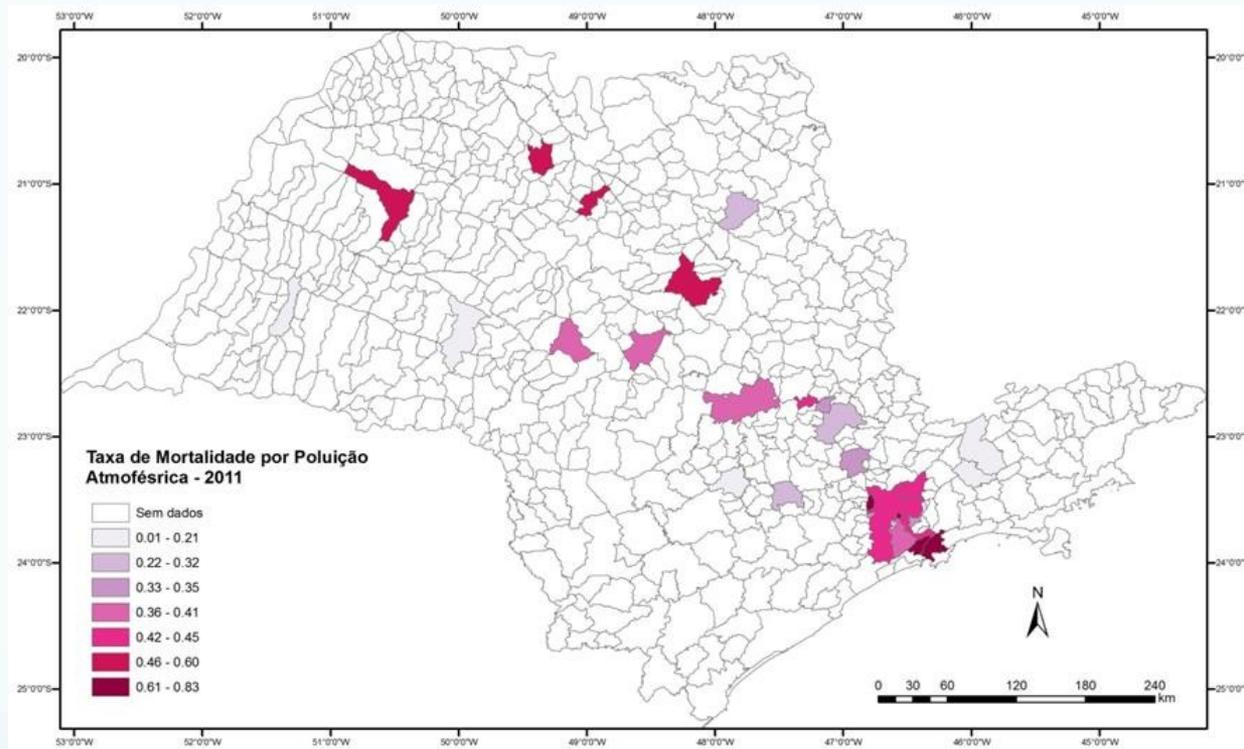
A cada incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em partículas finas presentes no ar, há um incremento de 6% no risco de morte por doenças cardiopulmonares e 8% para câncer de pulmão.

Mortalidade atribuível



Bell et al. (2005) mostrou que se houvesse a redução de 10% de poluentes entre 2000 e 2020, na cidade de São Paulo, acarretaria a redução de 114 mil mortes

Taxa de mortalidade por poluição (Mortalidade atribuível à poluição e população total do município) - 2011



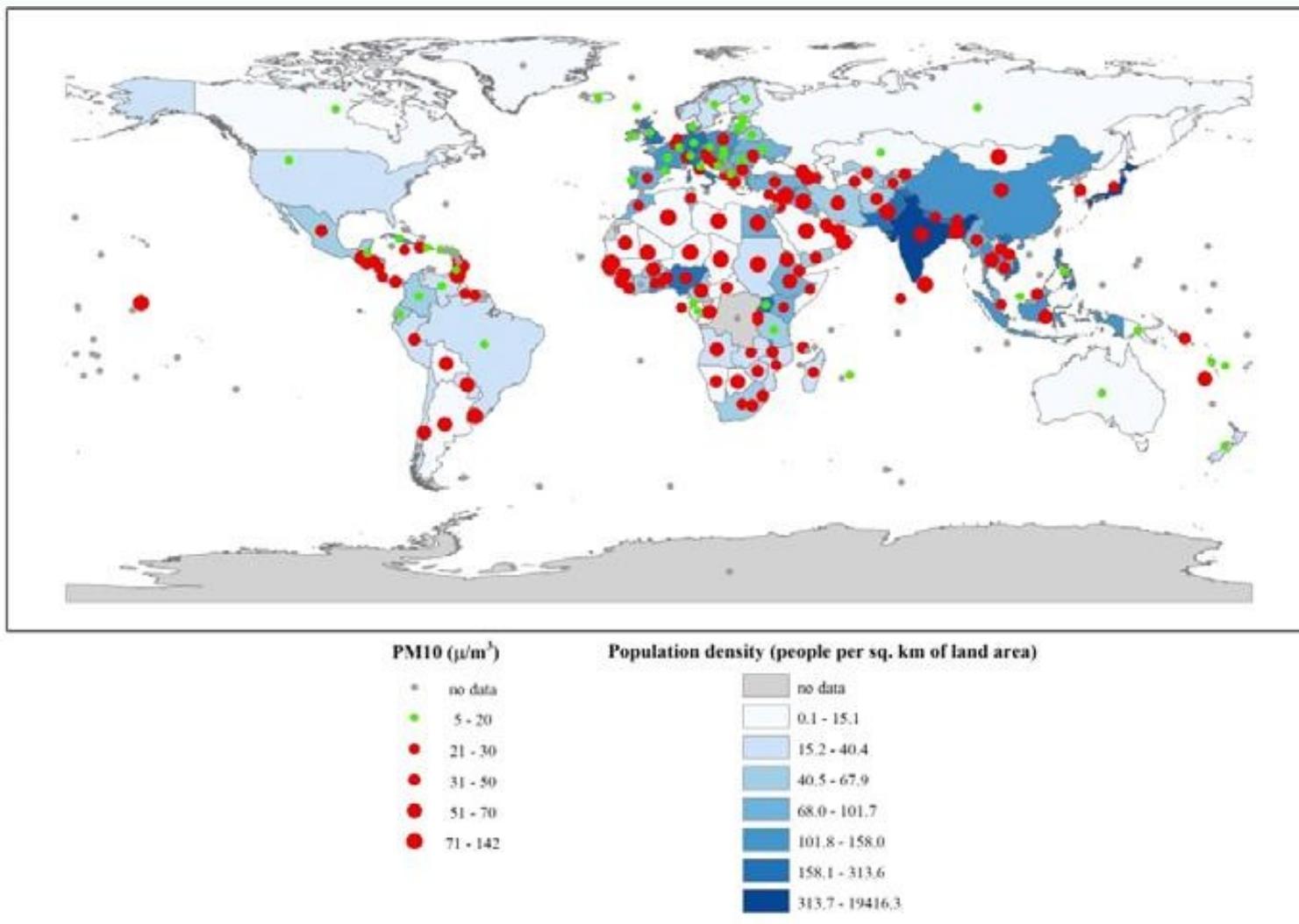
Os níveis de cores mais escuras representam os municípios com maior risco de morte pela poluição: aqueles com os maiores níveis de $MP_{2,5}$ são também os que possuem o maior risco de morte como, por exemplo, Cubatão (na Baixada Santista), Osasco, Araçatuba, São José do Rio Preto, Araraquara e São Carlos (nas porções norte e centro do estado de São Paulo).



Os gastos **públicos** de internações por doenças cardiovasculares, pulmonares e câncer de pulmão atribuíveis à poluição no Estado de São Paulo - R\$ **76 milhões**

e (suplementar) privado de R\$ **170 milhões**

totalizando os gastos em **R\$ 246 milhões no Estado.**



Global annual mean PM10 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in 2009 by population density (World Bank). Fajersztajn, Saldiva et al, Nature Reviews Cancer, accepted 2013

Poluição Atmosférica

Viver na cidade de **São Paulo** corresponde a fumar de 4-5 cigarros por dia.



Poluição atmosférica e **tráfego** juntos são a primeira ameaça para **infarto do miocárdio** dentre todos os fatores de risco evitáveis. (NAWROT, 2011)

O morador de **São Paulo** perde em média **2,5 anos da sua vida** por causa da **poluição**. (SALDIVA, 2010)

Poluição Atmosférica

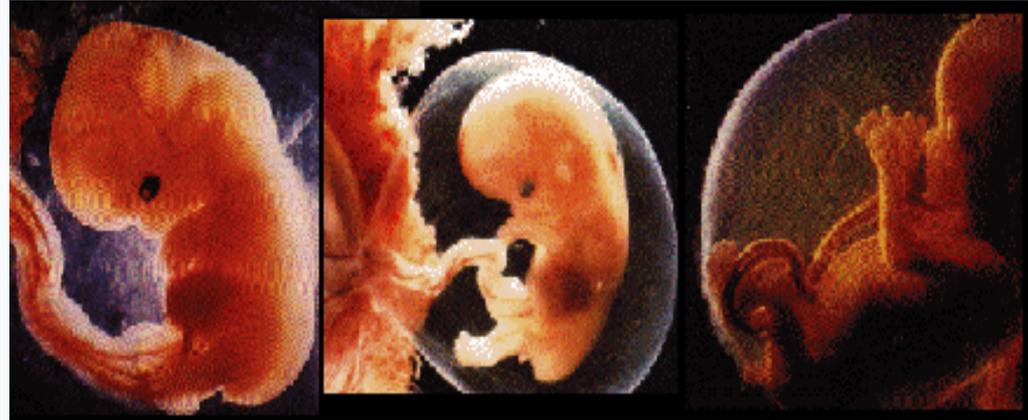


Narinas de ratos

Narinas de ratos expostos por 6 meses à poluição do ar na Cidade de São Paulo.



Poluição Atmosférica e Saúde Gestacional e Fetal

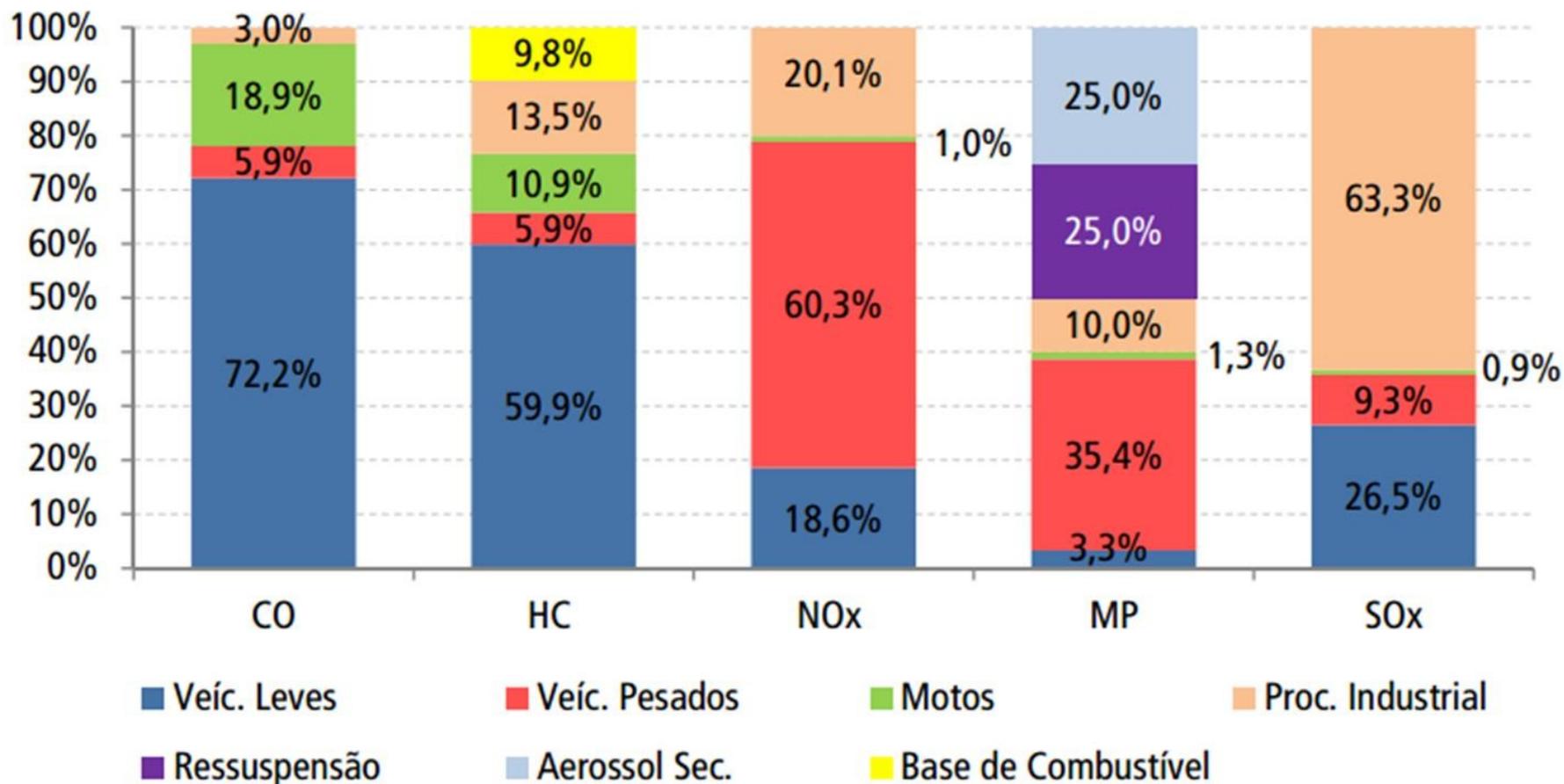


- Baixo peso ao nascer
- Retardo do crescimento intra-uterino
- Prematuridade
- Mortalidade neonatal e pós-neonatal
- Mortalidade intra-uterina

Olhando do ponto de vista da saúde das crianças, a situação é ainda mais alarmante. Além de ser um público mais vulnerável às ações tóxicas dos poluentes, a criança antes mesmo de nascer, dentro do útero da mãe já sofre as consequências da poluição atmosférica.

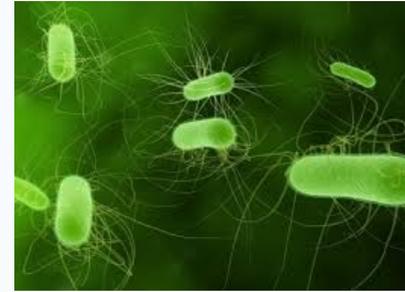
Fonte de emissões de poluentes

Gráfico 01 – Emissões relativas por tipo de fonte - RMSP

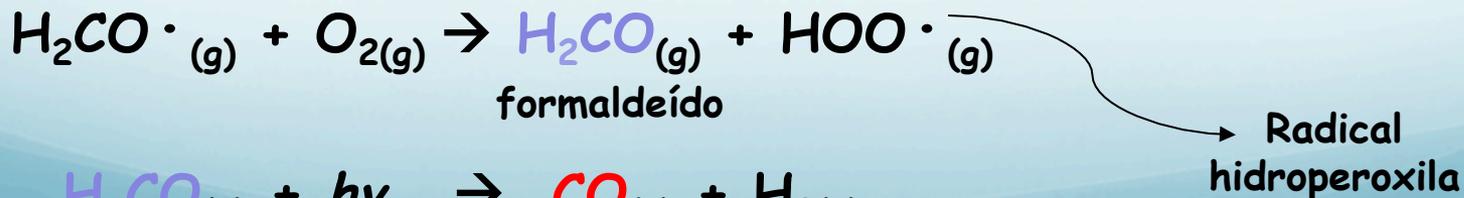
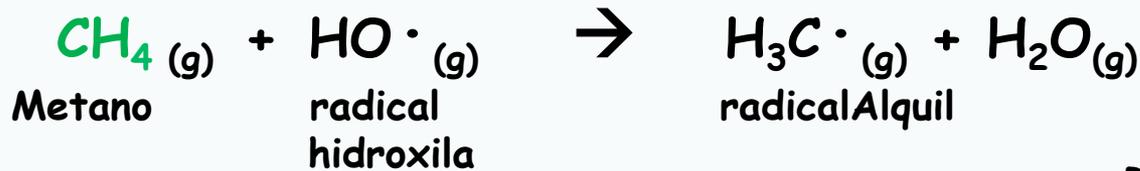


Monóxido de Carbono (CO)

Na atmosfera encontra-se metano



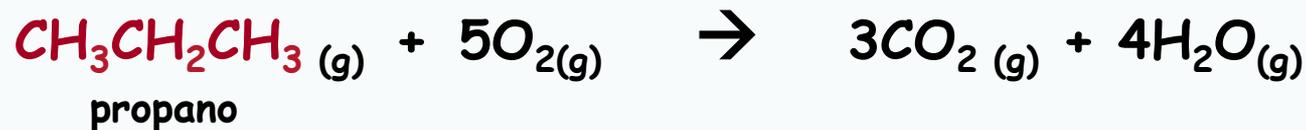
Biogênica



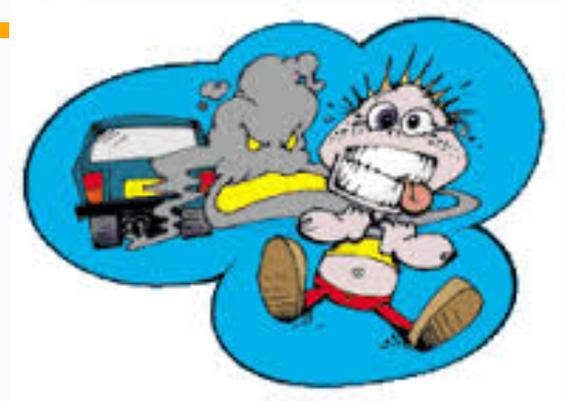
Monóxido de Carbono (CO)

Combustão de material orgânico:

Combustão completa:

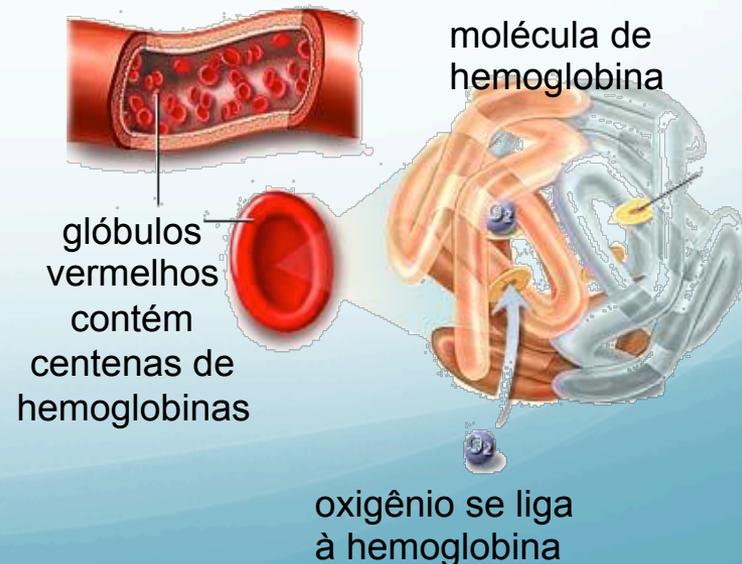
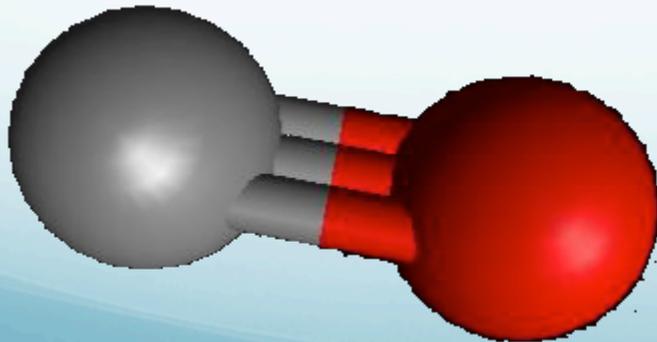


Combustão incompleta:



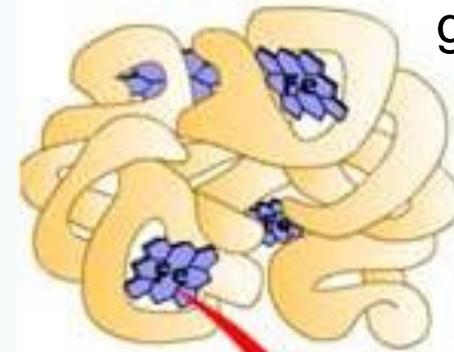
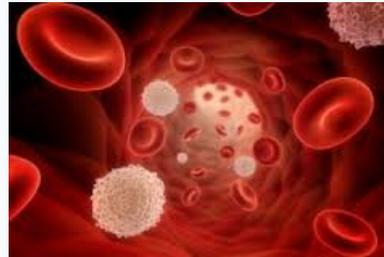
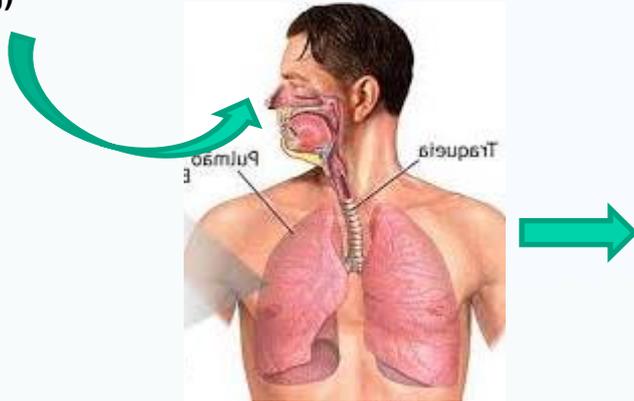
Monóxido de Carbono – CO

- Inodoro e incolor
- Forma CO-Hemoglobina
- Letal a 0,5% (5000 ppm)
- 8 horas a 50 ppm \Rightarrow dor de cabeça e tontura
- 8 horas a 20 ppm \Rightarrow alteração visual, habilidade manual e aprendizado
- Fumaça de cigarro \Rightarrow 200 a 400 ppm

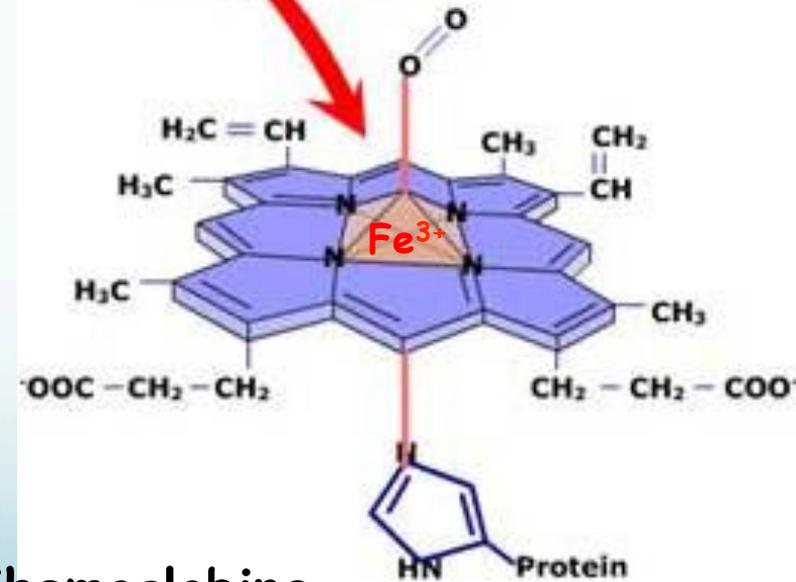


Quais os efeitos do (CO) nos seres humanos?

$O_2(g)$

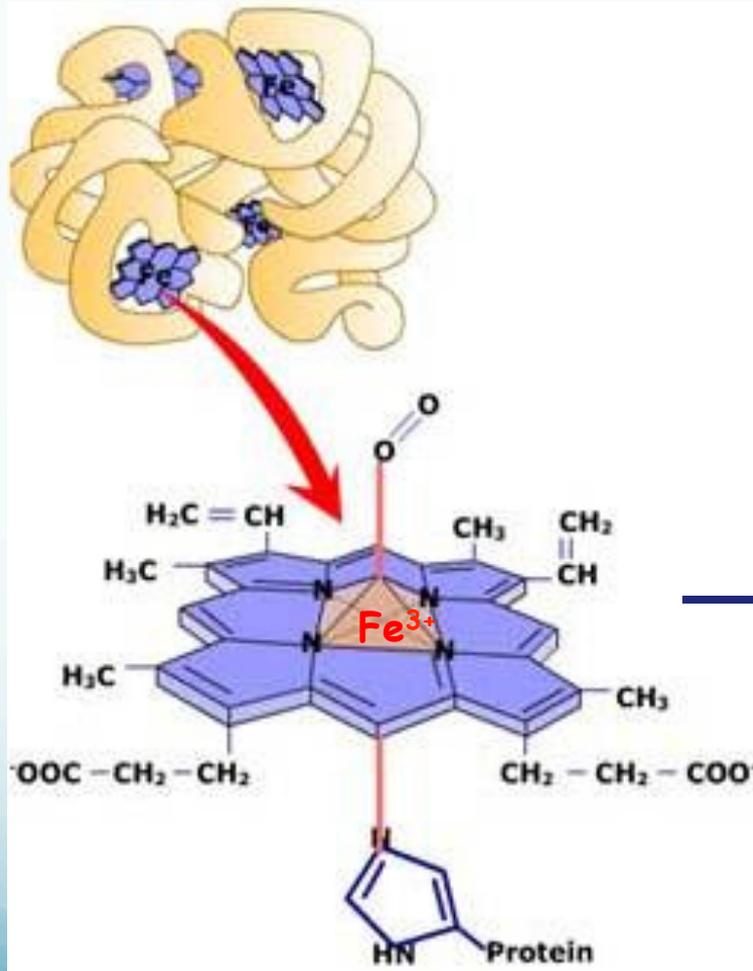


Proteína com grupos Heme



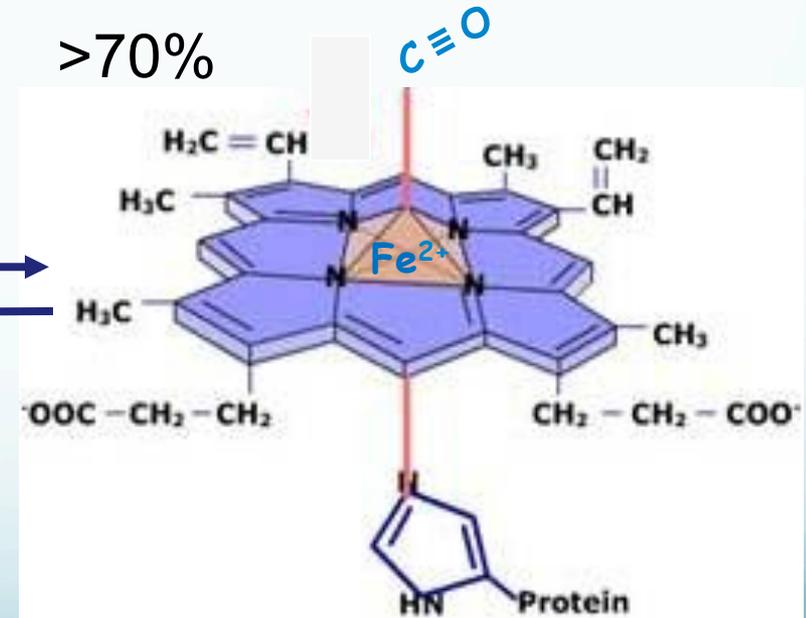
Oxihemoglobina

Quais os efeitos do (CO) nos seres humanos?



Oxihemoglobina

Afinidade da hemoglobina pelo CO = **210 vezes**



Carboxihemoglobina

O grande perigo do CO está na estabilidade do complexo CO + HEMOGLOBINA (carboxihemoglobina), de modo que o mecanismo de troca fica prejudicado:

A HEMOGLOBINA não consegue livrar-se do CO, não consegue permutar por O₂ e conseqüentemente, oxigenar o organismo. É por isso que o CO é considerado um asfixiante sistêmico.

Se 20% a 30% da hemoglobina ficarem saturados com CO, aparecem os sintomas e sinais da falta de oxigenação do organismo (HIPÓXIA).

Acima de 60% de saturação, ocorrem perda da consciência e morte.

A hipóxia é um fenômeno biológico complexo e suas manifestações clínicas são muito complicadas.

Todos os nossos órgãos necessitam de O_2 , alguns em maior quantidade, e outros em menor quantidade.

Então, o sistema nervoso central é o maior consumidor desse gás sendo então muito sensível à sua falta.

Assim, a confusão e a convulsão cerebral, inconsciência e parada das funções cerebrais caracterizam as intoxicações graves pelo CO.

CO causa desconforto físico, náuseas, dor de cabeça, falhas na percepção visual, tontura, perda de concentração, alterações nas funções motoras e problemas cardiovasculares podendo se ligar fortemente à hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e dificultando o seu transporte.

Em ambiente fechado pode levar à morte.

A ameaça à saúde com a exposição ao CO é mais séria em altos níveis de concentração (CO) como nas áreas de intenso tráfego de veículos o que têm sido associados a causa para o aumento do número de acidentes de trânsito, tanto pela fadiga, encefalite, ansiedade irritação e a falta de atenção.

É para os Paulistanos, o efeito do congestionamento nas vias públicas.

Nos casos de envenenamentos crônicos, ocorrem as perturbações mentais, distúrbios cardíacos, renais e hepáticos, de forma comum.

No entanto, é muito importante saber que nas intoxicações agudas ou crônicas, se a vítima não mais respirar CO, terão grandes chances de sobrevida

Assim, a grande concentração de CARBOXIHEMOGLOBINA, caso se mantiver um tanto estável, a HEMOGLOBINA lentamente se livrará desse gás tóxico, e o sistema sanguíneo passará a reagir diretamente produzindo novos glóbulos vermelhos prontos para a troca vital de gases, quando, após alguns dias, restabelecerá o ciclo normal da oxigenação celular.

A exposição a elevados níveis de CO também está associado com:

- Redução da capacidade visual;**
- Redução da capacidade de trabalho (eficiência);**
- Redução da destreza manual;**
- Redução da capacidade de intelectual,**
- Dificuldade em realizar trabalhos complexos.**

Óxidos de Nitrogênio – NOx



Radical $\cdot\text{OH}$ + alcano

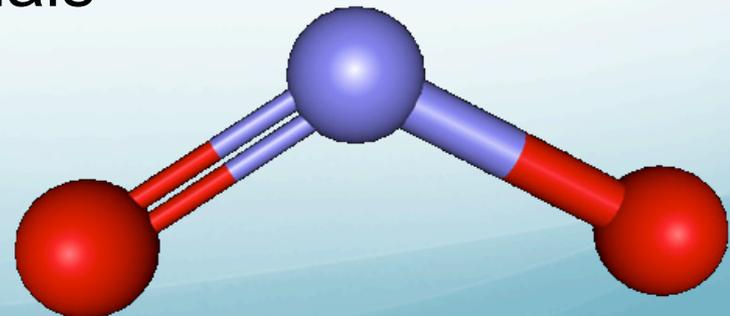
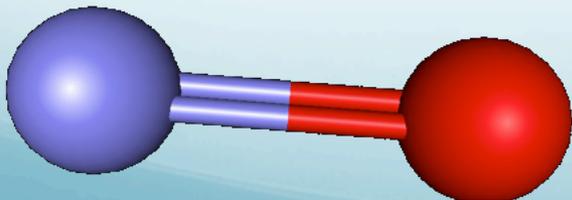


Radical $\cdot\text{OH}$ + alceno



Óxidos de Nitrogênio – NO_x

- Até 15 ppm ⇒ irritação no trato respiratório
- Maior que 15 ppm ⇒ edema pulmonar e problemas de visão
- Fumaça de cigarro ⇒ 5 ppm
- Principais fontes: automóveis (principalmente veículos a Diesel) e incineradores industriais



Caso o NO, permanecesse puro, seria então um gás inofensivo, sem representar perigos à saúde.

Este se oxida muito facilmente e, para NO₂ que é um gás invisível, inodoro e muito irritante.



A pessoa atingida pelo NO_2 sente imediatamente ardência nos olhos, no nariz e nas mucosas em geral.

NO_2 reage com todas as partes do corpo expostas ao ar, pele e mucosas, e provoca lesões celulares.

Os epitélios (revestimentos celulares) que mais sofrem são aqueles das vias respiratórias, por serem mais sensíveis do que a pele ou os epitélios da boca e da faringe.

Portanto, ocorrem degenerações celulares e inflamações no sistema respiratório, desde as narinas (vias aéreas superiores), traqueia, laringe, faringe até as profundidades dos alvéolos pulmonares.

Nos casos de intoxicação grave, instalam-se edema pulmonar, hemorragias alveolares e insuficiência respiratória grave, e conseqüentemente causando morte.

Se a exposição for aguda, porém não fatal, ou houver inalação crônica em doses nocivas, teremos como consequência, doenças respiratórias de vários tipos, em função da intensidade e do tempo de exposição.

Pela ordem crescente de gravidade aparecerão:

-Traqueites e bronquites crônicas;

-Enfisema pulmonar (dilatação dos alvéolos pulmonares);

-Espessamento da barreira alvéolo-capilar (dificuldades nas trocas gasosas que ocorrem nos pulmões: CO_2 por O_2),

-Broncopneumonias químicas ou infecciosas.

As broncopneumonias químicas são inflamações dos pulmões e vias respiratórias causadas por substâncias químicas.

Inflamação nada mais é do que uma das muitas formas com que os tecidos reagem diante os irritantes químicos ou físicos, ou a microrganismos.

Com certeza, muitos de nós já sentimos uma reação inflamatória

Por exemplo, nos olhos em devido a poluição ou nos dedos ao sofrer uma queimadura.

Saiba então que broncopneumonias infecciosas são tipicamente causadas pelos diversos microorganismos patogênicos.

Na respiração, as bactérias existentes no ar penetram nos pulmões, porém, as defesas do sistema respiratório evitam que elas provoquem doenças.

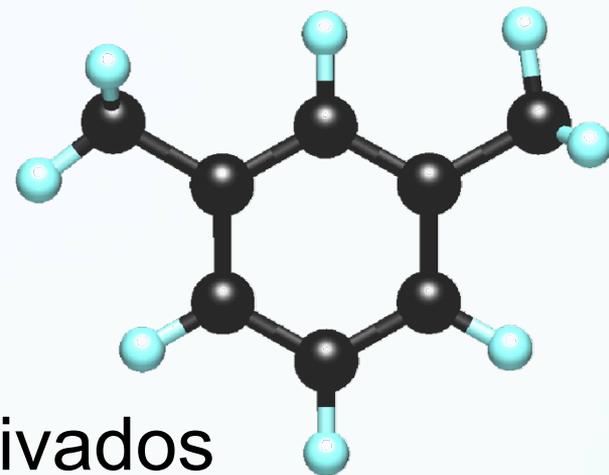
Quando há uma irritação e inflamação nos tecidos respiratórios internos, causados pelo NO_2 , estas defesas ficam prejudicadas e as capacidades bactericidas do sistema respiratório falham rompendo o equilíbrio do organismo. Assim, instalam-se as broncopneumonias infecciosas requerendo tratamentos com antibióticos intensivamente.

Assim, uma vez que houver um dano permanente ao sistema de defesa respiratória, o indivíduo estará sempre sujeito a infecções das vias respiratórias e dos pulmões.

O NO₂, bem como todos os gases irritantes, induzem a alterações permanentes ao nosso organismo, especialmente e principalmente no sistema respiratório.

Compostos Orgânicos Voláteis – COV

- Mais de 200 fontes identificadas
 - Combustão de matéria orgânica
 - Processamento metalúrgico
 - Produção e refino de petróleo e derivados
 - Processos de tratamento de superfícies
 - Tratamento e lançamento de rejeitos
 - Produção de defensivos e fertilizantes
 - Produção de resinas e polímeros
-
- Podem ainda ser formados na atmosfera
 - 1/3 possuem meia-vida menor que 1 dia



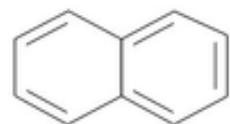
Na queima dos combustíveis fósseis a situação persiste:

Os gases de emissão da gasolina e do óleo diesel contêm muitos HCs distintos, entre eles uma família especial, a dos hidrocarbonetos policíclico aromáticos (HPAs).

Dá-se o nome de aromáticos a todos os compostos orgânicos que têm núcleo benzênico (benzeno) na molécula.

São denominados cíclicos os compostos que apresentam mais de um anel em sua estrutura, por exemplo o antraceno, que tem 3 anéis.

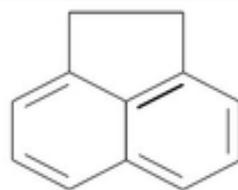
HPAs são, pois, compostos orgânicos de carbono e hidrogênio que possuem mais de uma estrutura em anel e, pelo menos, um núcleo benzênico.



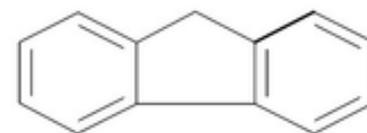
Naftaleno



Acenaftileno



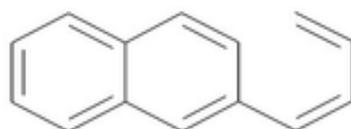
Acenafteno



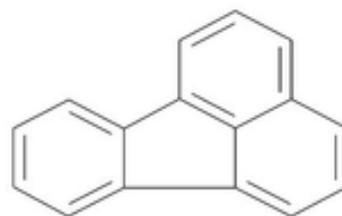
Fluoreno



Fenantreno



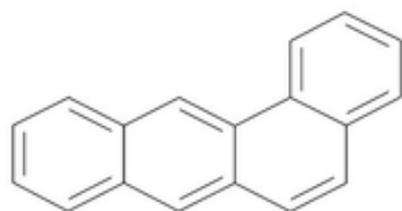
Antraceno



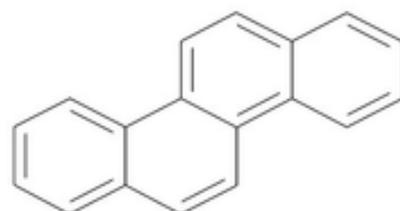
Fluoranteno



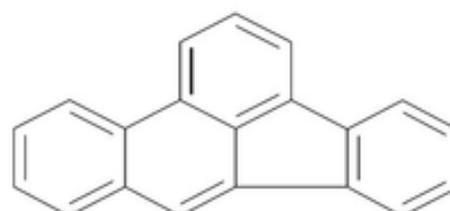
Pireno



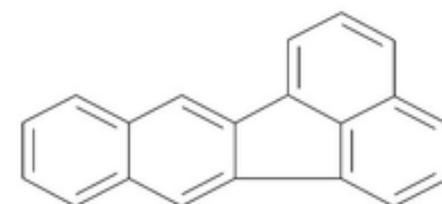
Benz[a]antraceno



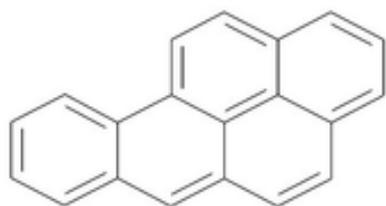
Criseno



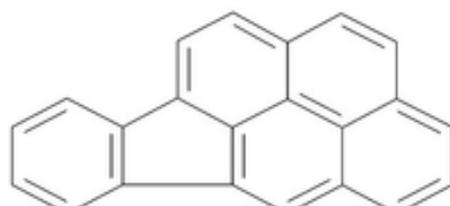
Benzo[b]fluoranteno



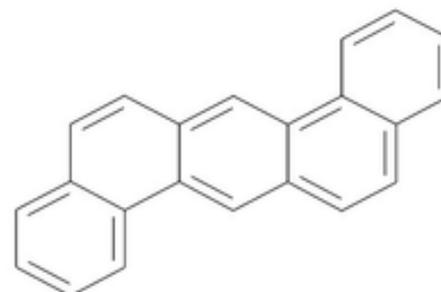
Benzo[k]fluoranteno



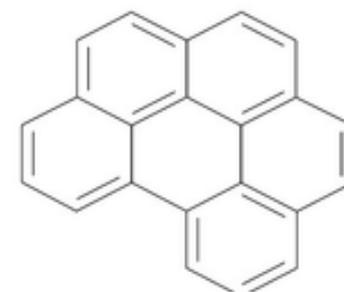
Benzo[a]pireno



Indeno[123cd]pireno



Dibenz[ah]antraceno



Benzo[ghi]perileno

Muitos HCs não têm efeitos sobre a saúde, a não ser em concentrações altíssimas que nunca ocorrem nas poluições atmosféricas.

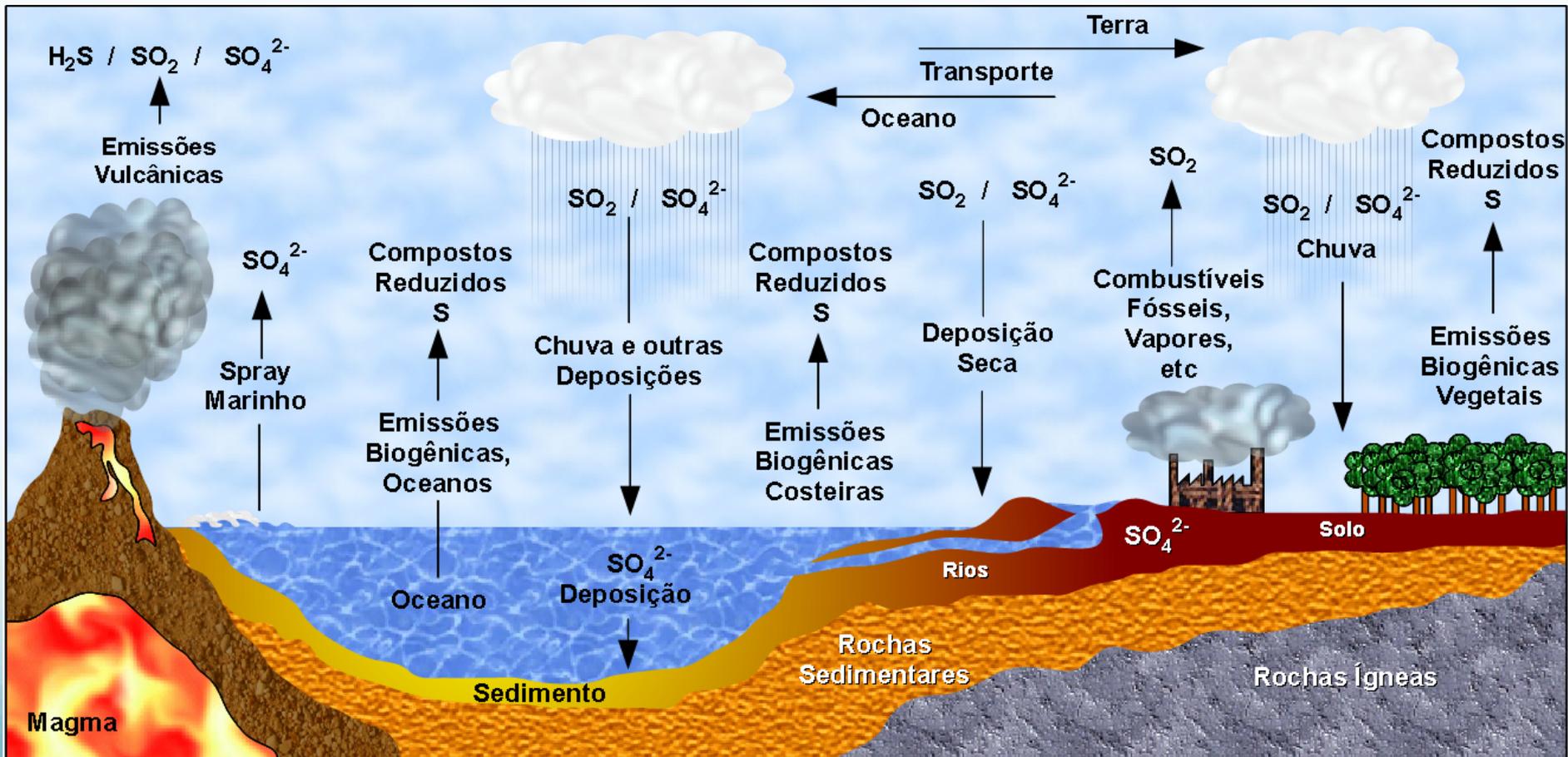
Entretanto, existem HCs que são perigosos por serem irritantes, por agirem sobre a medula óssea provocando anemia e leucopenia, isto é, diminuindo o número de glóbulos vermelhos e brancos, e, sobretudo, por provocarem câncer.

Na indústria petroquímica existe o risco das leucemias (câncer do sangue) e, por isso, os níveis dos HCs perigosos são constantemente controlados.

Nas poluições atmosféricas por automóveis, a correlação entre os níveis de HPAs, densidade de tráfego e incidência de câncer pulmonar foi detectada e, em consequência, foram desenvolvidos os catalisadores que reduzem a quantidade de HPAs emitida pela queima de gasolina e óleo diesel.

Óxido de Enxofre IV (SO₂)

SO₂ na atmosfera?

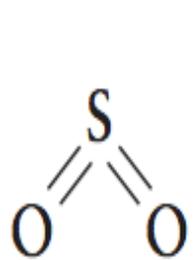


Ciclo na natureza

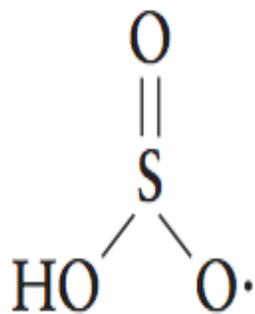
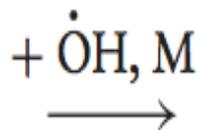
DIÓXIDO DE ENXOFRE

Dióxido de enxofre (SO_2) tem coloração amarelada e carrega um odor característico do enxofre e muito irritante e torna-se um incômodo.

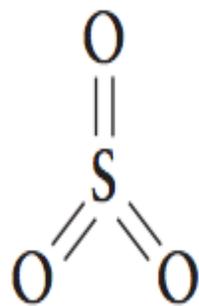
SO_2 oxida a SO_3 e forma H_2SO_4



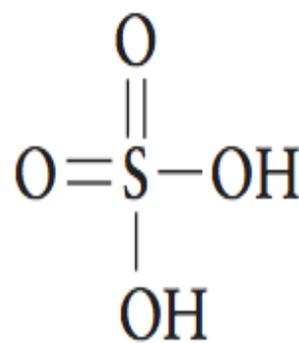
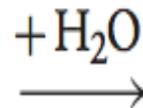
Sulfur dioxide



Bisulfite



Sulfur trioxide



Sulfuric acid

Óxido de Enxofre IV (SO₂)

Efeitos do SO₂



Não apresenta propriedades carcinogênicas

Uma intoxicação aguda por SO_2 é fatal pois ataca e queima as vias respiratórias, desde a boca e o nariz até aos alvéolos pulmonares.

Esta destruição é marcada por uma inflamação, hemorragia e necrose dos tecidos.

Esta situação dramática não ocorre, nem mesmo quando se queima o pior tipo de óleo diesel com os mais altos teores de enxofre, graças ainda a baixa quantidade de SO_2 disponível.

A quantidade de SO_2 lançados pelos escapamentos de ônibus e caminhões movidos a óleo diesel, causam irritações discretas quando em curtas exposições.

A CETESB decreta atenção, se o nível do gás for elevado, como quando a as pessoas sentem ardência nos olhos, nariz e garganta e, por vezes, tossem.

Para quem aspira raramente o ar da capital Paulista, a encefalite é quase imediata, por questão de 2 a 3 horas.

APARELHO MUCOCILIAR

As células mucosas secretam muco que recobrem com uma camada fina as vias aéreas superiores.

As células ciliadas movimentam seus cílios de tal maneira que a camada de muco é continuamente deslocado de dentro para fora dos pulmões para à boca.

- **gás SO_2 é muito solúvel e ao chegar na mucosa respiratória, que é úmida, encontra água.**

Assim, se transformando em ácido sulfuroso e sulfúrico que, mesmo em quantidades muito pequenas, ao longo do tempo lesam o aparelho mucociliar e, em consequência, que é uma das defesas importantes do pulmão.

A doença provocada denominada de tráqueo-bronquite crônica que, com o tempo torna-se irreversível, pois em as defesas foram comprometidas a nível definitivo.

Deste modo teremos uma afecção inflamatória crônica das vias aéreas superiores, cujo indivíduo doente fica susceptível a frequentes infecções respiratórias como a broncopneumonia.

Este muco é pegajoso e próprio, para prender as partículas de todo tipo que entram pelas vias aéreas durante a respiração.

Graças ao trabalho das células ciliadas, as partículas ou mesmo bactérias coladas ao muco não chegam nas partes internas dos pulmões, mas sim são expulsas e retornadas para a boca e imperceptivelmente deglutidas.

Quando deglutidos, as partículas e as bactérias dessem para o esôfago e estômago, e assim sofrem ações estomacais.

Já dentro do estômago, o ácido clorídrico e o restante do tubo digestivo se encarregam em digerir esse muco impregnado de partícula e bactérias.



Chumbo – Pb



- Acumulativo
- Ingerido via sólida, líquida e gasosa
- Baixos teores \Rightarrow anemia, fadiga e enxaqueca
- Altos teores \Rightarrow danos cerebral e convulsão
- Retirado do combustível automotivo
- Comuns em operações com solda

Pb

É um metal pesado que era adicionado à gasolina em forma de (tetra-etila) ou (tetrametila de Pb), com a finalidade de aumentar a octanagem desse combustível.

Até 1992 no Brasil, a cada litro de gasolina acrescentava-se em torno de 1g de Pb e os gases de escapamento liberavam toda essa quantidade de Pb no ar.

Na década dos anos 70, estimou-se nos "EUA" que uma quantidade em peso de 200.000 toneladas de Pb foram emitidos anualmente pelos carros.

Em 1982, verificou-se que na cidade do México caía 2,3 toneladas de Pb sobre cada km².

Por se tratar de um metal pesado, ao ser lançado na atmosfera pelo escapamento, uma pequena parte pode ser respirada por seres vivos, porém todo o resto precipita-se rapidamente ao solo.

No solo, o Pb passa a ser um contaminante potencial das águas, alimentos, pastagens, e muitos outros ambientes, passando a ser um problema sério ambiental.

A CONTAMINAÇÃO

Além de entrar no organismo por inalação, o Pb também penetra por ingestão de alimentos contaminados.

Um cidadão de uma grande cidade, onde circulam automóveis a gasolina com Pb, ingere aproximadamente três vezes mais Pb do que um indivíduo de área rural, longe de tráfego intenso.

A intoxicação pelo Pb é conhecido há longa data e a doença causada é denominada "saturnismo".

Historiadores atribuem a decadência do Império Romano ao saturnismo, visto que o encanamento hidráulico, que apenas servia à elite, era de chumbo.

Esse metal afeta principalmente o sangue, o sistema nervoso, os rins e o aparelho gastrointestinal.

No sistema sanguíneo, causa anemia e uma degeneração das hemácias.

No sistema nervoso verificam-se neurites nos adultos e encefalopatias nas crianças.

Causam lesões nos túbulos proximais caracterizando o acometimento renal.

No aparelho digestivo os sintomas são de dores violentas em forma de cólica.

Vale ressaltar que os problemas renais, neurites e cólicas intestinais e estomacais manifestam-se com doses altas de Pb e ocorrem nos casos de acidentes ou intoxicações industriais.

Assim, afetam mais a população adulta.

Na poluição atmosférica urbana, a quantidade de Pb jamais atinge níveis dramáticos, porém, isso não quer dizer que não é preocupante ambientalmente.

A contaminação de Pb, seja pela via respiratória, seja por via digestiva, é cumulativo.

Sendo assim, o nosso organismo tem dificuldades em se livrar desse metal e há uma tendência de acumulá-lo nos dentes e nos ossos.

Com o decorrer do tempo, mais e mais Pb é juntado no organismo e a sua taxa no sangue vai aumentando.

Os níveis de Pb no sangue podem ser medidos e aceita-se como normal 25ug de Pb por d.l de sangue, no entanto há indícios de que esse nível é alto demais e, muito provavelmente, haverá um consenso internacional para corrigi-lo.

Levantamentos e estudos comprovaram que a taxa de Pb estava aumentando no sangue de pessoas que trabalham no tráfego como, condutores e policiais, e pessoas que vivem em contato com motores, como mecânicos, manobristas de garagens, assim como nas crianças que vivem próximas das grandes rodovias, chegando a atingir níveis sérios e preocupantes.

Alguns países começaram a adotar medidas para diminuir o teor de Pb na gasolina ou até eliminar completamente, com o uso de combustíveis alternativos como o etanol.

No Brasil a gasolina comercializada nos postos não contém Pb porque o etanol o substitui (a gasolina vendida nos postos contém 27% de etanol), e está bem demonstrado que os níveis atmosféricos deste metal diminuíram na cidade de São Paulo nos últimos anos.

Mobilidade Urbana



Londres e Nova Delhi

Medidas de estímulo à mobilidade ativa, como o ciclismo e caminhada + adoção de motores de baixa emissão =

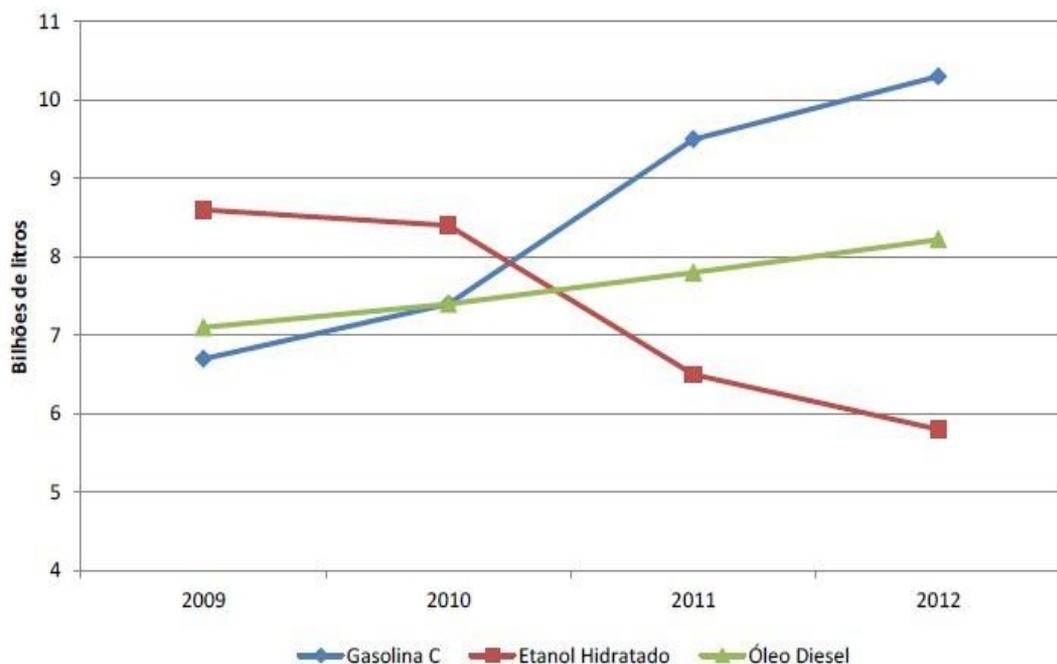
Redução:

- concentrações locais de poluentes
- sedentarismo e obesidade
- doenças cardíacas e isquemia cerebral -
10 a 20%
- câncer de mama - 12 %
- demência - 8%
- depressão - 5%.



Combustíveis renováveis e limpos

Gráfico 02 - Evolução do consumo de combustíveis no segmento rodoviário no Estado de São Paulo



Fonte: ANP

Etanol: Caso todos os veículos a gasolina passem a usar etanol, haveria a redução das internações hospitalares (8.002 casos por ano) e da mortalidade (130 casos por ano), com redução de gastos de US\$ 43,10 milhões por ano. (SALDIVA, 2010)

Caso todos os ônibus a diesel, haveria a redução das internações (4.588 casos por ano) e da mortalidade (745 casos por ano)

Benefícios da mobilidade sustentável à saúde:

- redução de doenças crônicas não transmissíveis (e.g.: infarto, AVC, câncer, diabetes, obesidade, etc.) e do uso de medicamentos;
- melhoria da saúde mental;
- aumento do capital social (socialização, inclusão na comunidade, sentimento de pertencimento, confiança);
- redução de acidentes;
- redução dos custos de saúde;
- aumento da equidade no sistema de saúde;
- redução das emissões de GEE do setor transporte, contribuindo para mitigar as mudanças climáticas e seus impactos sobre a saúde.

Estudos mais abrangentes deveriam ser realizados para investigar o efeito de outros poluentes, como **compostos orgânicos voláteis** que também podem ser potenciais causadores de risco para a saúde.

É a partir dos padrões de qualidade do ar que se faz o diagnóstico dos níveis de poluentes que trazem malefícios para a saúde e que possibilitam determinar **planos de gestão** para a diminuição ou o combate à emissão de poluentes.

A indefinição de novos padrões em âmbito nacional e a falta de um controle mais rigoroso dos níveis de poluição apenas protelam medidas efetivas para o combate da poluição atmosférica por fontes automotoras e fixas no país, contribuindo para a continuidade de **mortes e internações** em decorrência dessas causas, além do **impacto ambiental**.