

# Aerossóis Atmosféricos

- ▶ Introdução
- ▶ Tipos de partículas
- ▶ Fontes de Aerossóis
- ▶ Métodos Experimentais
- ▶ Influência no clima local e global
- ▶ Histórico de dados e previsões
- ▶ Referências

Disciplina: Física da Poluição do Ar  
Professor Henrique Barbosa

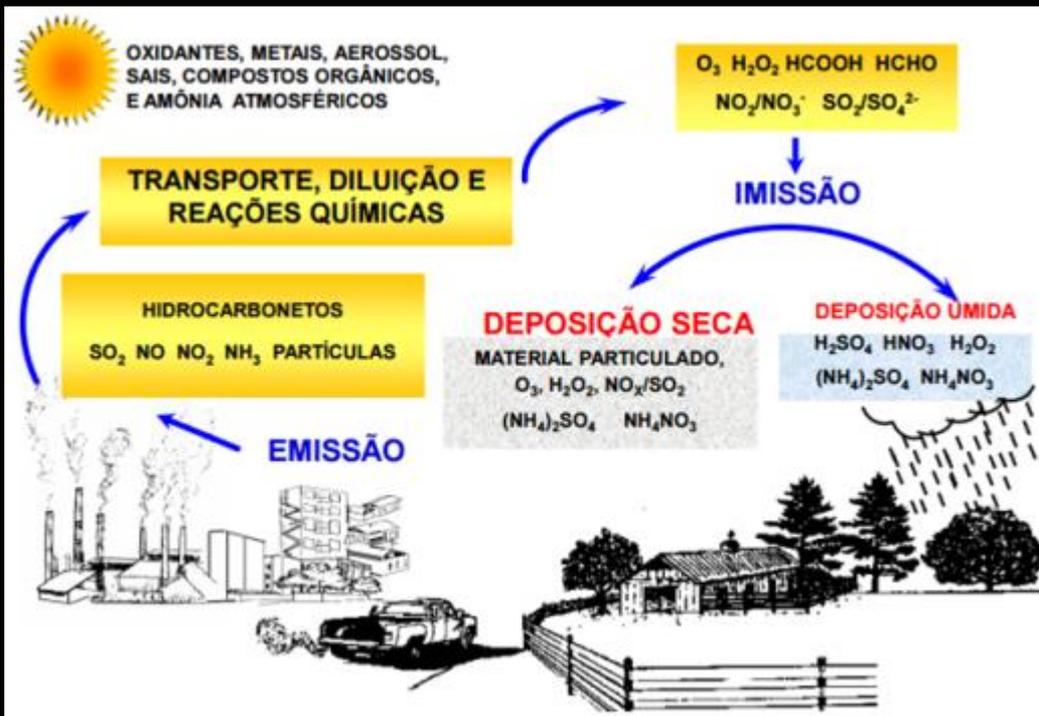
Adolfo Forti	(NUSP: 7580140)
Ana Luísa Manciola	(NUSP: 8011553)
Evandro da Silva	(NUSP: 6800181)
Florindo Novaes	(NUSP: 6552741)
Robson Gomes Sobral	(NUSP: 6799868)
Willian Fernandes	(NUSP: 6800261)

Universidade de São Paulo - USP  
Setembro/2016

# INTRODUÇÃO

*“Aerossóis atmosféricos são suspensões de partículas sólidas e/ou líquidas (excluindo gotas de nuvem) no ar que tem velocidade terminal desprezível.”*

*(Atmospheric Science – An Introduction Survey, J.M. Wallace e P.V. Hobbs)*



- Núcleos de condensação e de cristalização na formação de nuvens.
- Absorvem e espalham radiação solar.
- Bioaerossol: aerossol de origem biológica. (Exemplos: vírus, bactéria, fungos, esporos, e pólenes)
- O tamanho do aerossol, em geral, é medido em unidades de micrometros ( $\mu\text{m}$ ):
  - Partículas finas ( $1 \mu\text{m}$ )
  - Material particulado inalável, MP10 (diâmetro  $<10 \mu\text{m}$ )
  - MP2,5 (material particulado com diâmetro menor do que  $2,5 \mu\text{m}$ ).



# TIPOS DE PARTÍCULAS

## PM<sub>2,5</sub>

## PM<sub>2,5-10</sub>

Caminho de formação	reação química, nucleação, condensação, coagulação de nevoeiro/nuvem	Perturbação mecânica, suspensão de poeira
Composição	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , H <sup>+</sup> , carbono elementar, moléculas orgânicas, água, metais (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Mn, etc)	Poeira suspensa, cinzas de carvão e óleo, óxidos de elementos da crosta (Si, Al, Ti, Fe), CaCO <sub>3</sub> , NaCl, pólen, mofo, esporos, restos de animais e vegetais
Fontes	Combustão (carvão, óleo, gasolina, diesel, madeira); conversão gás-partícula de NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> e COVs, fundição, moinhos (farinhas)	Ressuspensão de poeira de solo (industrial, agricultura, mineração, estradas de terra), de fontes biológicas, construção / demolição, spray marinho
Tempo de vida (atmosfera)	Dias a semanas	Minutos a dias
Distância percorrida	Entre 100 e 1000 km	Geralmente < 10 km

Para caracterizar, temos alguns critérios:

- Concentração
- Tamanho
- Composição
- Fase (liq. ou sol.)
- Morfologia

As curvas observadas de distribuição do tamanho dos aerossóis são combinações de distribuições múltiplas diferentes

Moda Grossa:

2-10µm

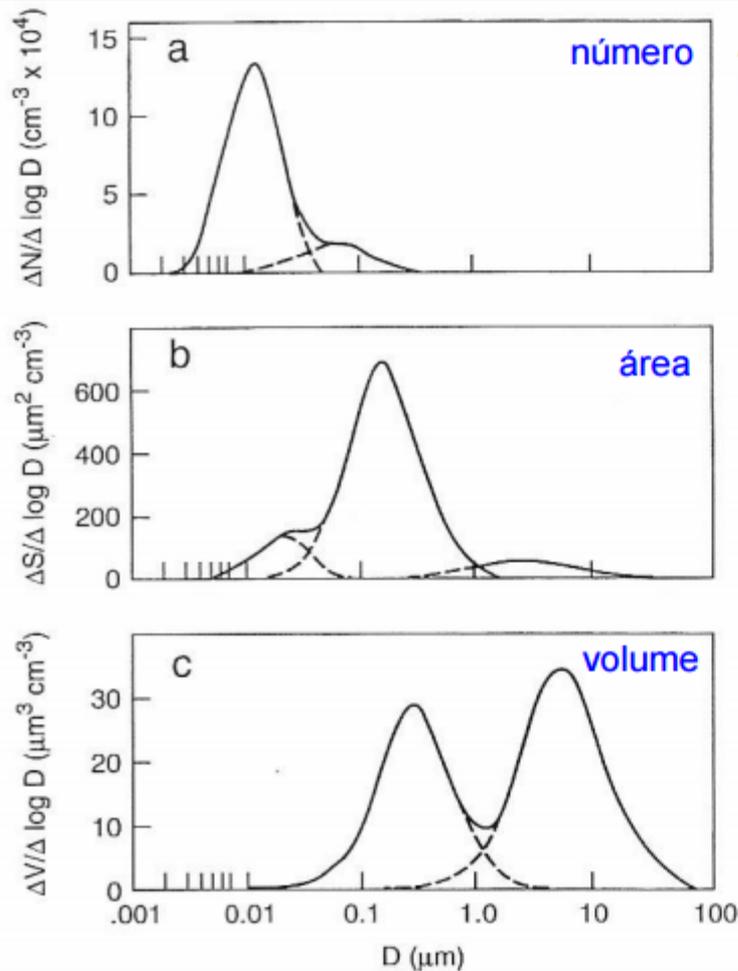
Moda Acumulação:

0.08-2µm

Moda Aitken

0.01-0.08 µm

# TIPOS DE PARTÍCULAS



A área sob a curva resulta no **número total de partículas** na faixa de tamanho.

A área sob a curva resulta na **área superficial total de partículas** na faixa de tamanho.

A área sob a curva resulta no **volume total de partículas** na faixa de tamanho.

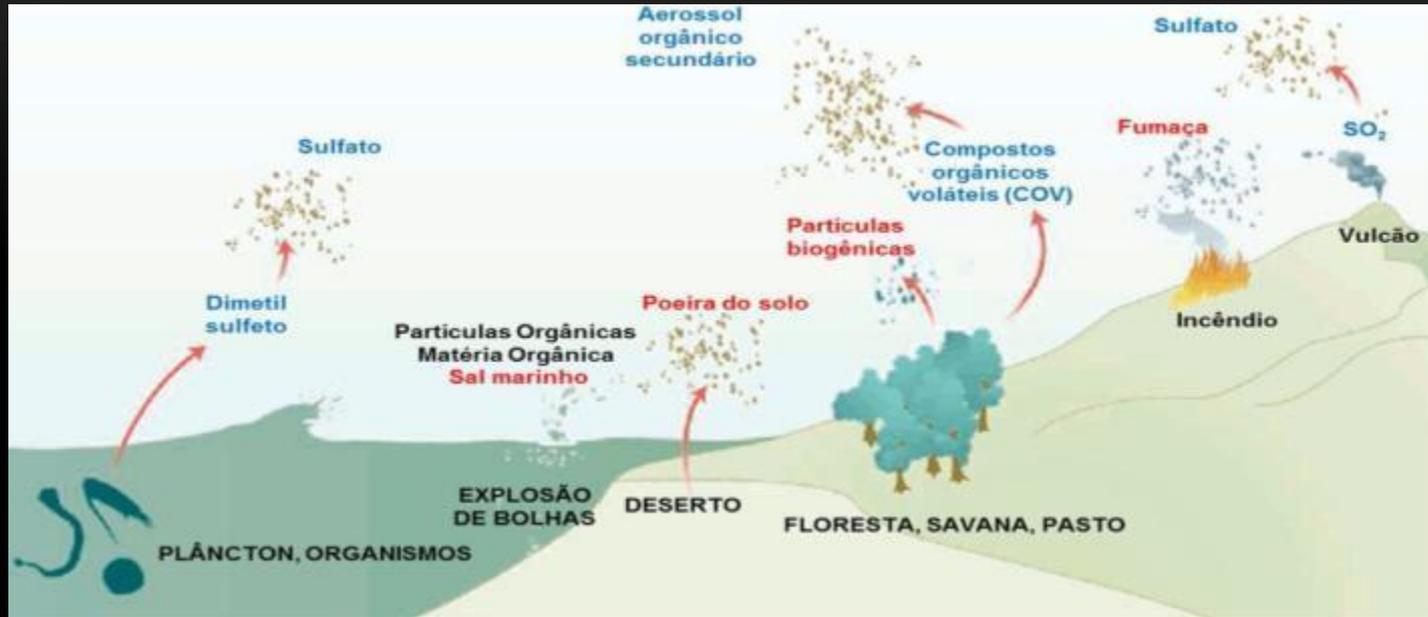
As distribuições de área e volume são importantes para reações de gases na superfície ou mesmo reações dentro da partícula.



# FONTES DE AEROSSÓIS

1. As partículas grossas são geralmente produzidas por processos mecânicos como a moagem, o vento ou erosão
2. Partículas na faixa de acumulação tipicamente surgem do crescimento de partículas da moda dos núcleos de condensação de vapores de baixa volatilidade e de coagulação das partículas menores na faixa de núcleos.
3. Dois picos no modo de acumulação são resultado de diferentes processos atmosféricos agindo sobre as partículas menores: modo de condensação e modo de gotículas.
4. As partículas de moda Aitken surgem à temperatura ambiente, da conversão de gás de partículas (nucleação) e processos de combustão.

# FONTES DE AEROSSÓIS



[http://images.slideplayer.com.br/9/2499717/slides/slide\\_3.jpg](http://images.slideplayer.com.br/9/2499717/slides/slide_3.jpg)

➤ Atualmente as fontes de aerossóis são definidas como sendo de origens primárias e secundárias. As partículas primárias são emitidas por múltiplas fontes naturais ou antropológicas.

# FONTES DE AEROSSÓIS DE CARBONO – QUEIMA DE BIOMASSA



<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/images/stories/queimadas.jpg>

# FONTES DE AEROSSÓIS DE CARBONO – QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS



<https://static.minilua.com/wp-content/uploads/2015/11/combustiveis.jpg>

# FONTES DE AEROSSÓIS DE CARBONO – POEIRA DOS SOLOS



# FONTES DE AEROSSÓIS DE CARBONO – EMISSÃO VULCÂNICA

Erupção do vulcão Calbuco, localizado no sul do Chile.



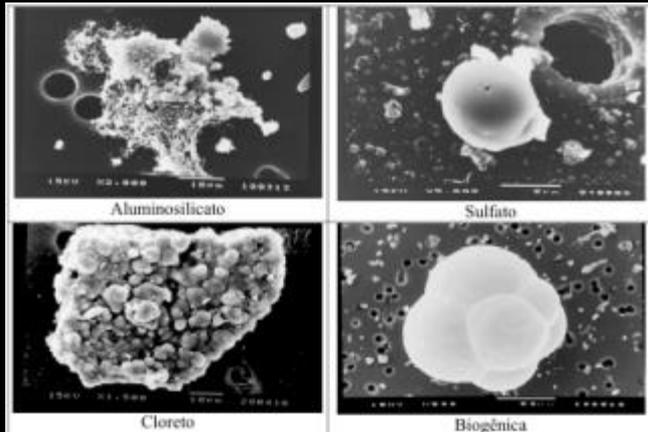
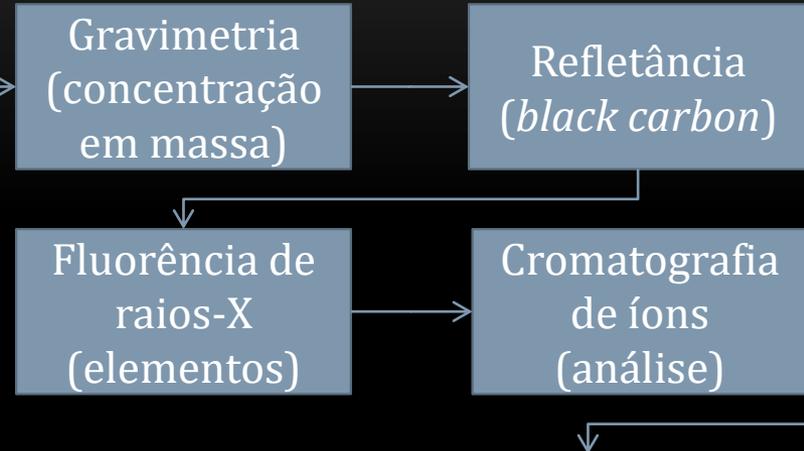
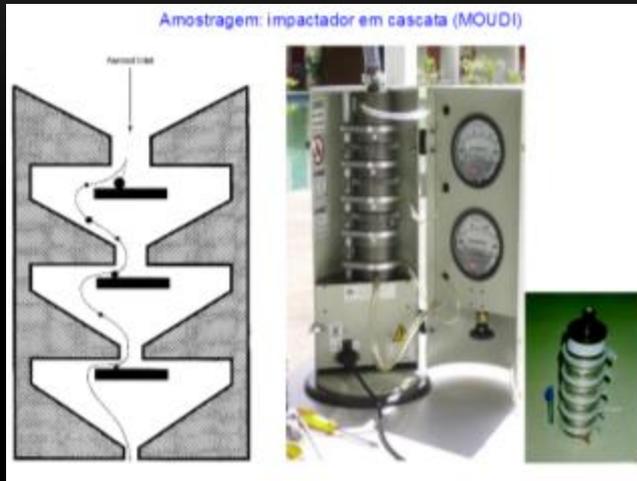
<http://media.viajenaviagem.com.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2015/05/vulcao-calbuco.jpg>

# FONTES DE AEROSSÓIS DE CARBONO – “SPRAY” MARINHO



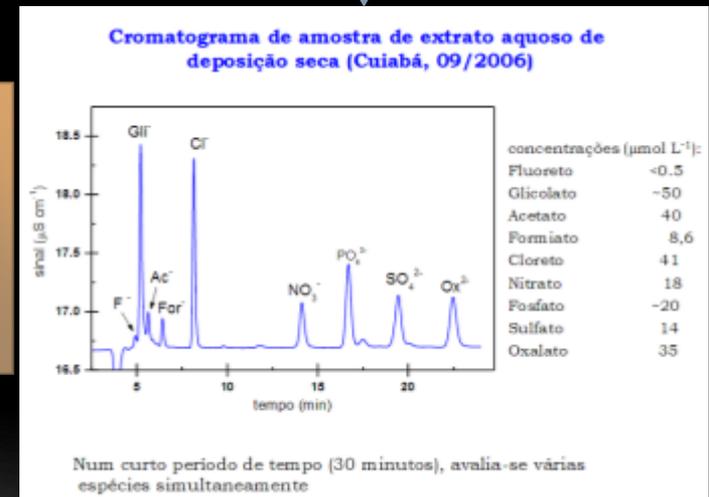
<https://escales.files.wordpress.com/2011/05/coup-vent-poulhan-sdscn0212.jpg>

# MÉTODOS EXPERIMENTAIS



## ALGUNS MÉTODOS:

- \* Fotometria;
- \* Microscopia eletrônica (varredura/transmissão);
- \* Espectroscopia;
- \* Radiometria;



Microscopia de varredura

[http://www.labhidro.iag.usp.br/site\\_iag/?page\\_id=703](http://www.labhidro.iag.usp.br/site_iag/?page_id=703)

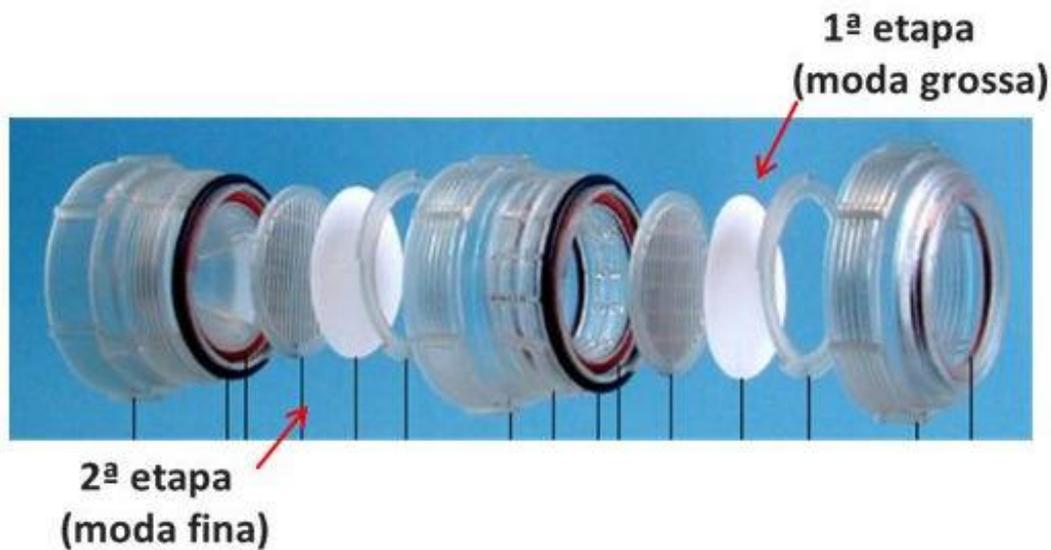
[+vídeo]

[http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado\\_junho2013.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado_junho2013.pdf)

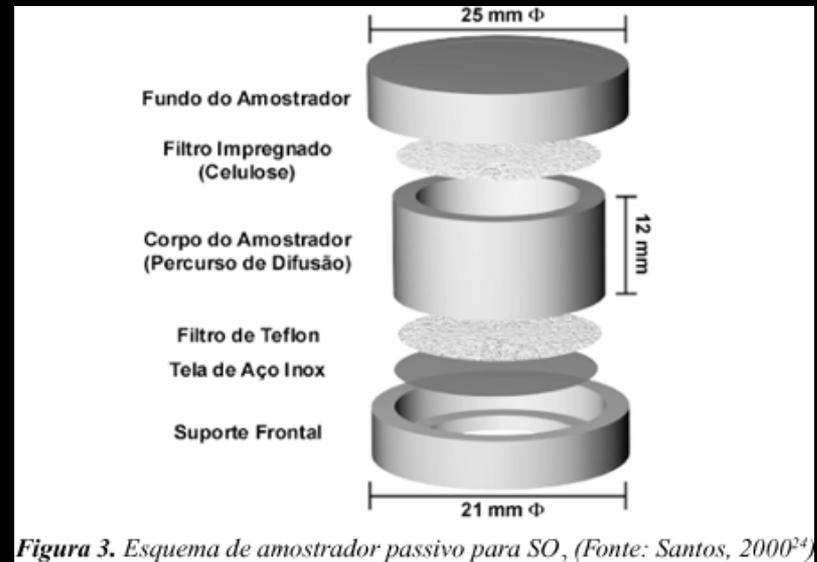
# INSTRUMENTOS

## Impactadores de cascata

AFG



# AMOSTRAS DE FILMES FINOS E GROSSOS



# GRAVIMETRIA



Análise gravimétrica é um método analítico quantitativo cujo processo envolve a separação e pesagem de um elemento ou composto do elemento na forma mais pura possível.

## Método de análise:

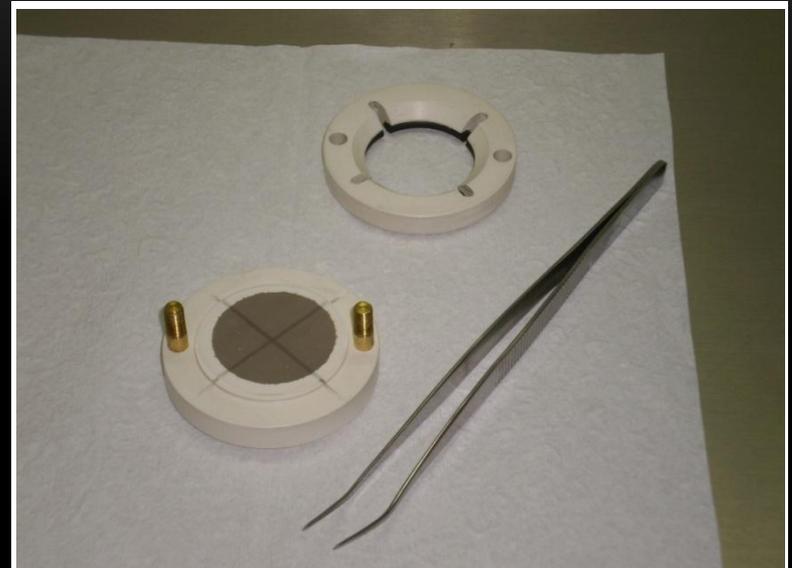
1. Precipitação
2. Volatização
3. Eletrodeposição
4. Extração

Vantagens

vs.

Desvantagens

# REFLETÂNCIA (BLACK CARBON)



$[BC] = ((81,95 - (71,83 \cdot \log(R))) + 15,43 \cdot (\log(R))^2) \cdot A) / (V)$  Onde:

R é a refletância (%)

A é a área amostrada do filtro (cm<sup>2</sup>) V é o volume de ar amostrado (m<sup>3</sup>).

# FLUORESCÊNCIA DE RAIO-X

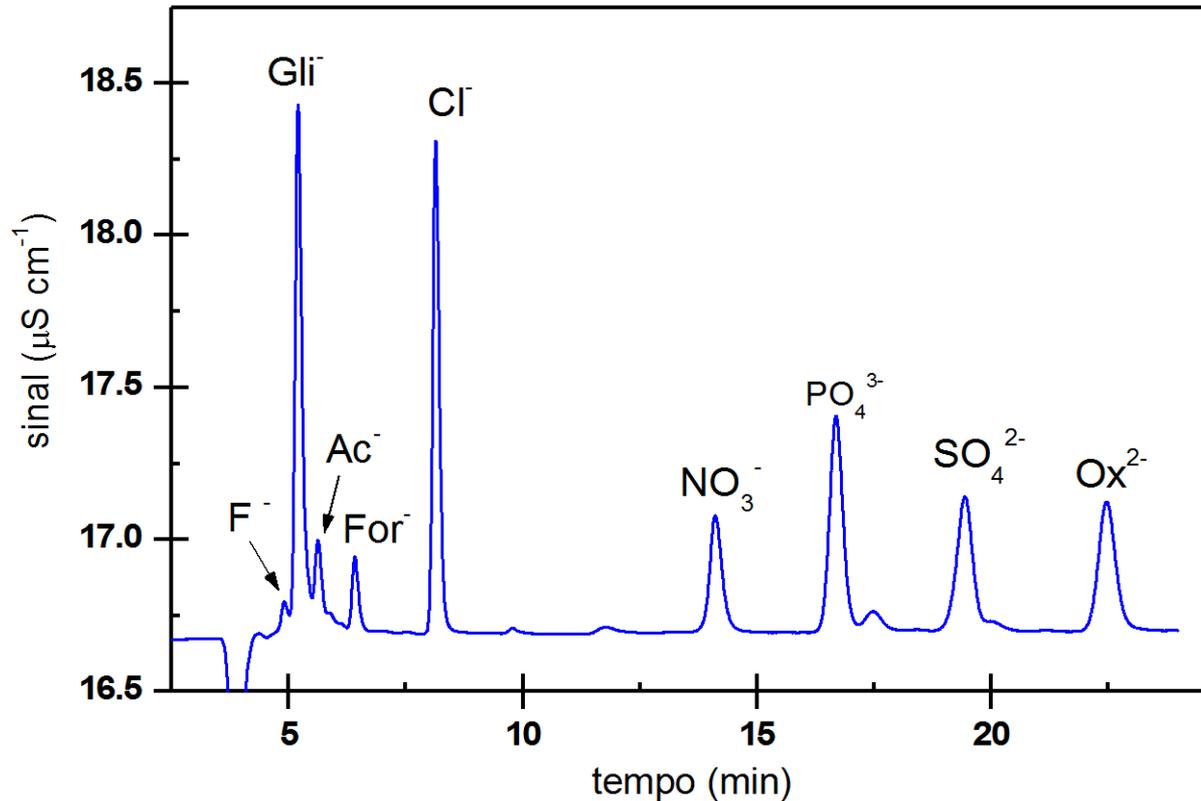


Esta técnica é de grande importância na análise multi-elementar em amostras oriundas de sistemas biológicos, pois pode determinar tanto macro elementos como Cálcio (Ca) e Potássio (K), como elementos traços, como Cobre (Cu) e Chumbo (Pb), ou também de elementos não-metais como Enxofre (S).

# CROMATOLOGRAFIA DE ÍONS

Cromatografia compreende um grupo diversificado e importante de métodos que permitem separar componentes muito semelhantes de misturas complexas. Nesta separação, a amostra é transportada por uma fase móvel, que pode ser um gás, um líquido ou um fluido supercrítico.

# CROMATOGRAMA DE AMOSTRA DE EXTRATO AQUOSO DE DEPOSIÇÃO SECA



concentrações ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )

Fluoreto	<0.5
Glicolato	~50
Acetato	40
Formiato	8,6
Cloreto	41
Nitrato	18
Fosfato	~20
Sulfato	14
Oxalato	35

# INFLUÊNCIA NO CLIMA LOCAL E GLOBAL

“Partículas de aerossol podem influenciar o clima em escalas regionais e globais através de interações diretas, atuando como centros espalhadores ou absorvedores de luz solar.”

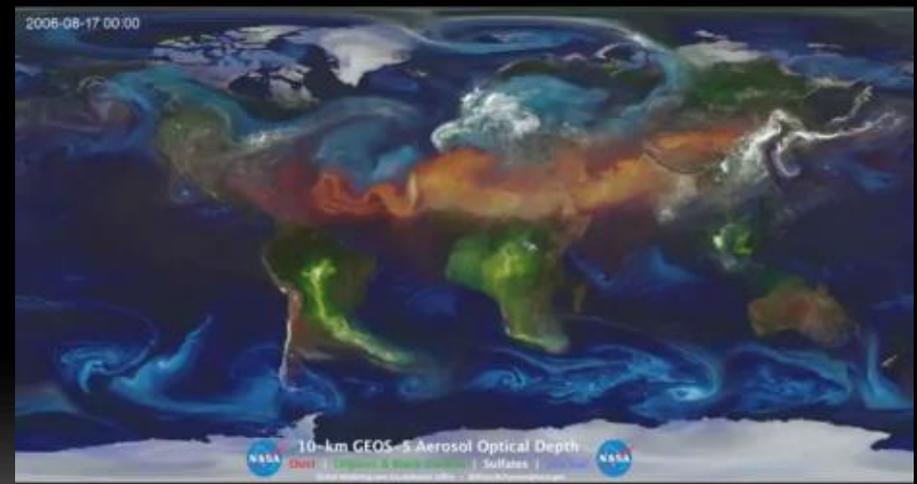
(Jacobson, 2001)

“Indiretamente atuando sobre a formação e o ciclo de vida de nuvens, e assim modificando ciclos hidrológicos.”

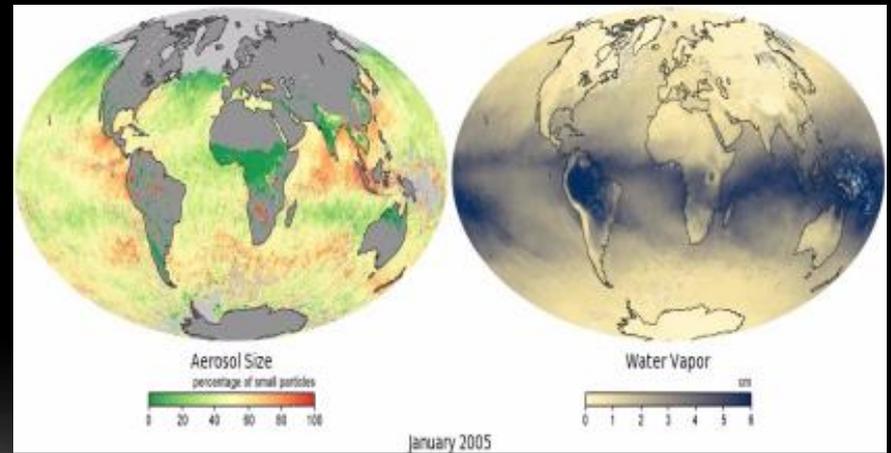
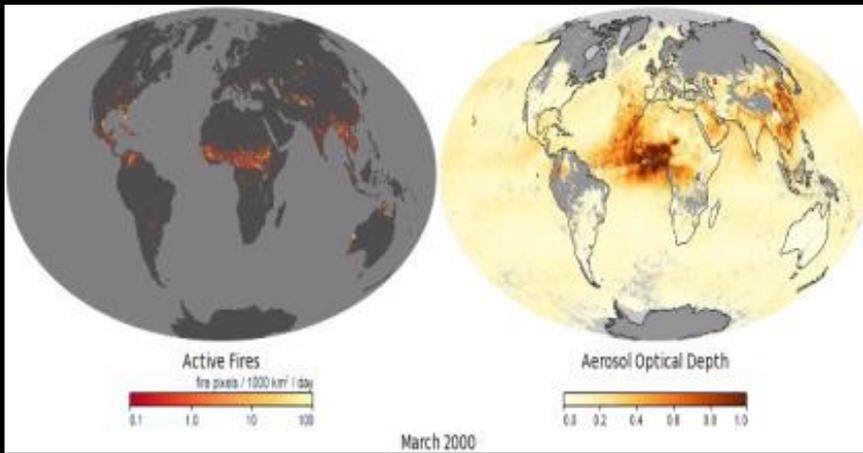
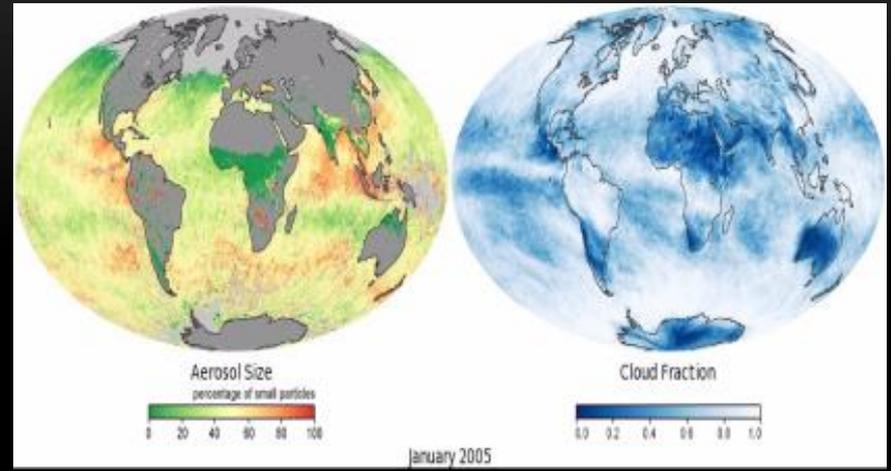
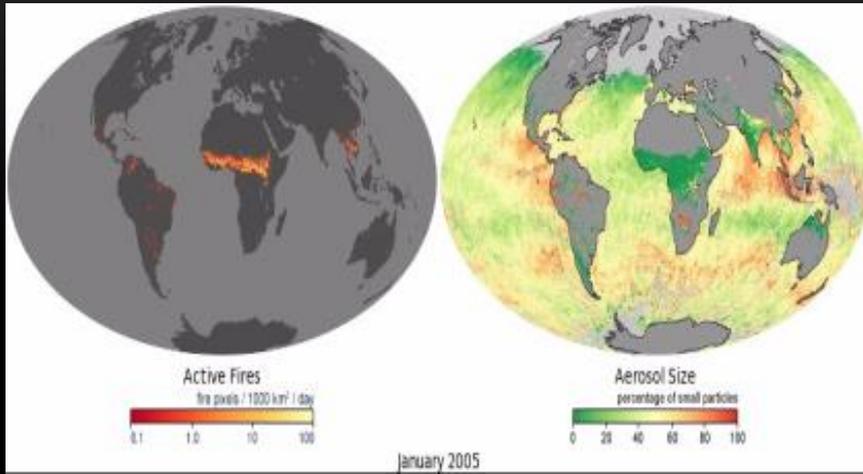
(Kaufman, 1995)

“Seu transporte a longas distâncias por correntes de ar pode favorecer a interferência na química e na física da atmosfera não somente em escala local, mas também potencialmente em escalas regionais e até globais.”

(Freitas et al., 2005).



# HISTÓRICO DE DADOS – NASA



# HISTÓRICO DE DADOS – SÃO PAULO

Tabela 1 – – Concentração de material particulado fino e Black Carbon (em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e os elementos-traço constituintes do material particulado fino (em  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) medidos durante diferentes campanhas experimentais realizadas em São Paulo..

	1977	1981	1983	1986	1989	1994	1997	1998	1999	2003	2009
PF			32			30	30	15	37	30	28
BC						8	8	4	7	5	10
Si	697	980	130	307	292		512	179	419. 5	152	128
S	3342	1637	2043	1837	2064	1487	1510	1238	2069	1270	937
K	514	166	268	322	448	532	407	119	485	280	239
Ca	95	109	94	97	110	92	146	68	140. 5	49.5	85
V	29	20	23	12.5	17	7	12	9	16	2.5	2
Fe	625	155	285	218	280	347	532	179	448	235	181
Ni	7		9	7	9	7	4	3	9	3	1
Zn	544	138	163	91	135	123	126	51	155	133	79
Pb	579			56	60	45	42	23	18	46	17

# HISTÓRICO DE DADOS – IFUSP+FMUSP

1977: amostragens no IFUSP com Impactador em Cascata (IC), soma dos estágios correspondentes à moda fina, amostragens em abril, maio e julho de 1976 (9 IC) e fevereiro de 1977 (3 IC);

1981: amostragens no IFUSP com IC, soma dos estágios correspondentes à moda fina, amostragens em abril, junho, dezembro de 1980 (4IC) e fevereiro, março de 1981 (3 IC);

1986: coletas no teto do edifício principal do Instituto de Física no inverno;

1989: coletas no topo da caixa d'água do Instituto de Química no inverno no experimento SPACEX;

1994: amostragens de 13 de junho a 2 de setembro na Faculdade de Medicina da USP

1997: amostragens de 10 de junho a 10 de setembro na Faculdade de Medicina da USP

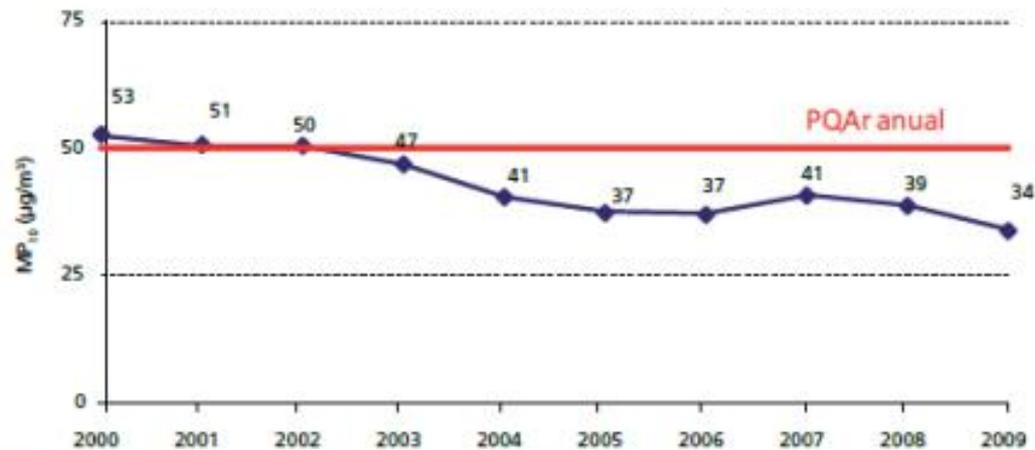
1998: amostragens de 16 de janeiro a 6 de março de 1998 no Instituto de Física da USP

1999: amostragens no teto do edifício principal do IFUSP em 1999.

2003: amostragem no teto do edifício da Universidade Mackenzie no Bairro Santa Cecília, Centro.

2009: amostragens de junho de 2008 a julho de 2009 na Faculdade de Medicina da USP.

# HISTÓRICO DE DADOS – MP10 (SÃO PAULO)



Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo, com exceção de Cambuci, Lapa, Penha e S. Miguel Paulista.

Figura 1. Evolução das concentrações médias anuais de MP10 na Região Metropolitana de São Paulo.

# REFERÊNCIAS

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=mY11cMiddNM>
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=7kMb28Rg0o>
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=0EI9vlfwMZo>
- [4] [http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado\\_junho2013.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado_junho2013.pdf)
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=waG9G-1NUYY>
- [6] <http://improve-life.eu/es/urban-air-quality-and-you-part-2/>
- [7] [http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado\\_junho2013.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado_junho2013.pdf)
- [8] <http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/index.php>
- [9] <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Aerosols/>
- [10] [http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado\\_junho2013.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/MaterialParticulado_junho2013.pdf)
- [11] C. Baird. "Química Ambiental", 2a.ed., Bookman, Porto Alegre, 2002.  
Brasseur, G.P., Orlando, J.J., Tyndall, G.S., Atmospheric Chemistry and Global Change, Oxford University Press, New York, 1999.
- [12] J.H. Seinfeld e S. N. Pandis, "Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change", John Wiley & Sons, New York, 1998.

OBS: Algumas informações da apresentação foram complementares ao que está neste slide. Assim, as fontes das informações foram ditas no decorrer da aula.