



# Variação temporal e espacial das concentrações de aerossóis

Veronika Sassen Brand





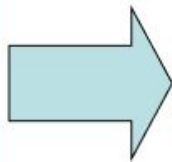
# Fatores que interferem na dispersão

- Meteorologia;
- Ventos;
- Estabilidade;
- Topografia.

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Os fenômenos meteorológicos que atuam no processo de dispersão o fazem obedecendo a uma seqüência de escalas de movimento em função da dinâmica da atmosfera



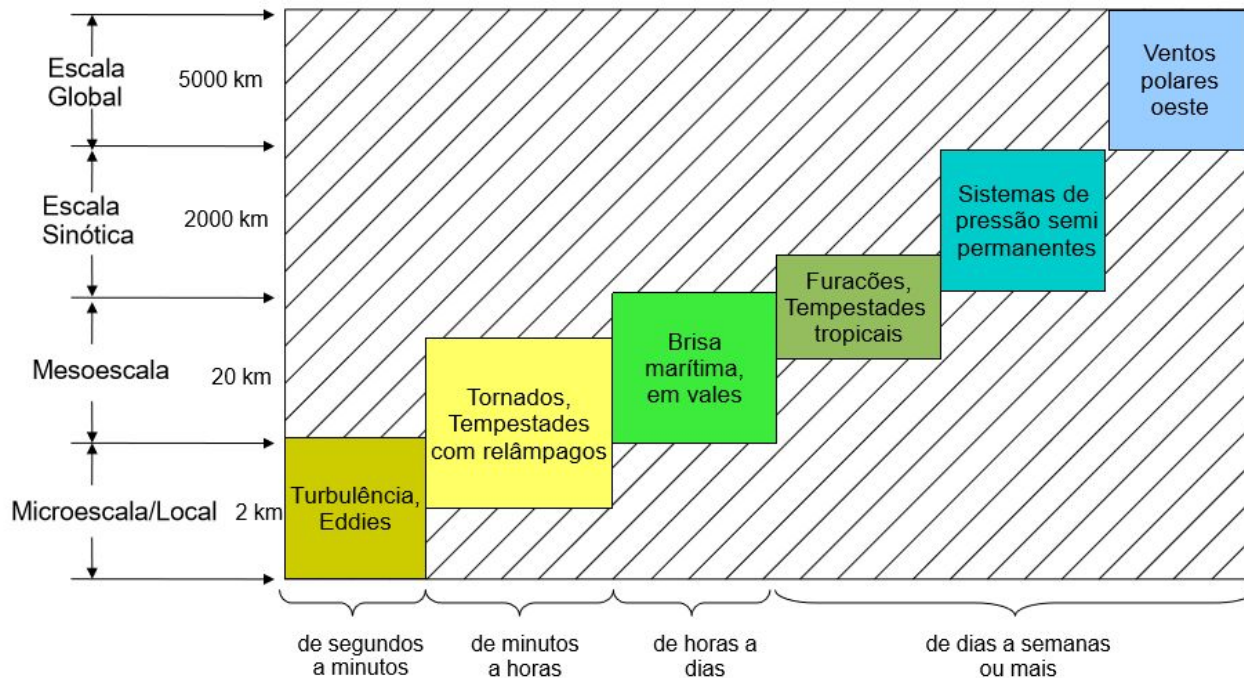
**Escala Sinótica**

**Mesoescala**

**Microescala**

# Fatores que interferem na dispersão

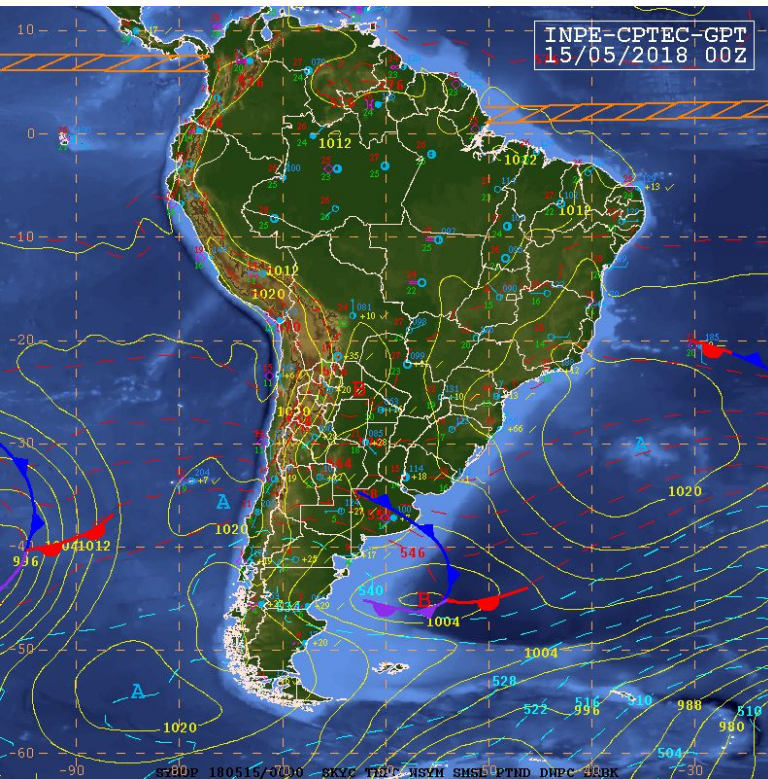
METEOROLOGIA - Transporte



# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Escala Sinótica



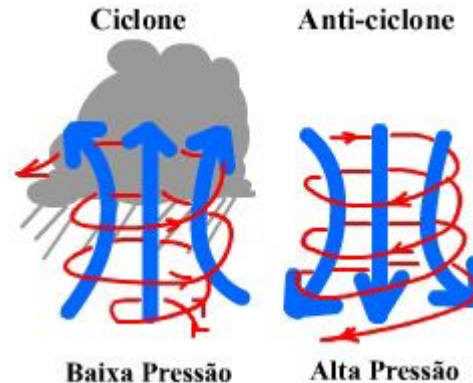
A essa escala estão associados os movimentos do ar resultantes da circulação geral da atmosfera, interagindo com as massas de ar, isto é, os sistemas frontais, os anticiclones (altas pressões) e as baixas pressões na troposfera, tendo extensão horizontal que varia entre 100 a 3.000 km. Os efeitos dessa escala sobre a poluição podem ser classificados de duas formas: a **condição favorável à dispersão** (baixas pressões, frentes) e a **condição desfavorável à dispersão** (altas pressões estacionárias no inverno e as inversões térmicas que inibem a dispersão vertical, reduzindo a velocidade do vento e aumentando as horas de calmaria).

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Escala Sinótica

- Um **anticiclone** (ou **centro de altas pressões**) é uma região em que o ar se afunda vindo de cima (e aquece e fica muito estável) e suprime os movimentos ascendentes necessários à formação de nuvens e precipitação;
- Associado normalmente a: bom tempo (seco e sem nuvens);
- Verão: quente e seco;
- Inverno: frio com céu limpo.

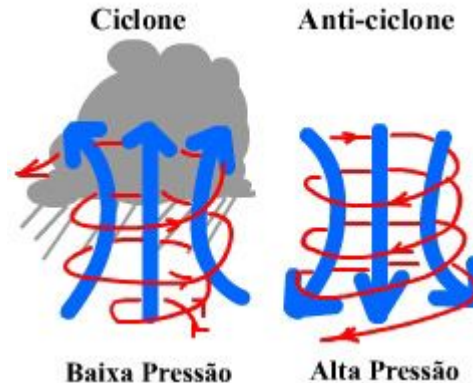


# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Escala Sinótica

- Um **ciclone** (ou depressão ou **centro de baixas pressões**) é uma região em que o ar relativamente quente se eleva e favorece a formação de nuvens e precipitação;
- Associado normalmente a tempo chuvoso, nublado e vento forte;
- A instabilidade do ar produz um grande desenvolvimento vertical de nuvens cumuliformes associadas a cargas de água.





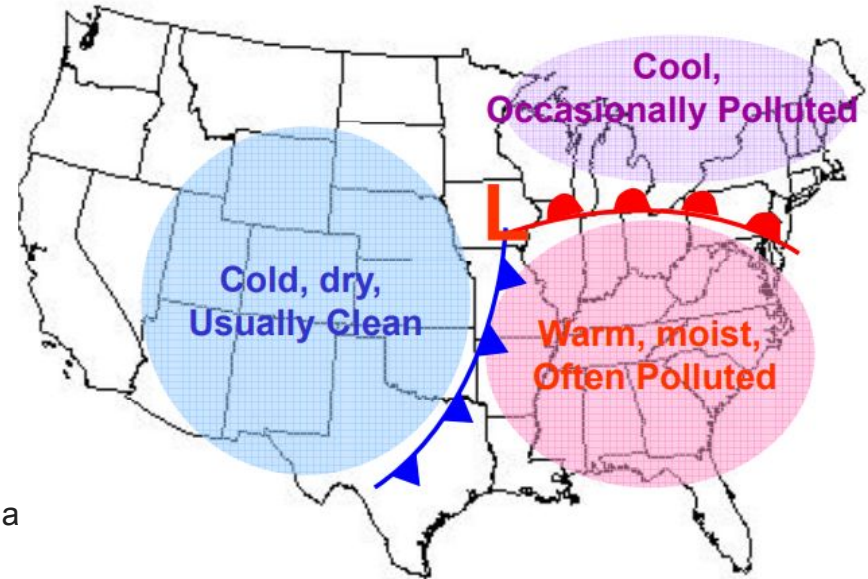
# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

## Massas de Ar e Frentes

- Frentes são regiões onde uma variável atmosférica (temperatura, ponto de orvalho, etc.) **muda rapidamente** através de uma pequena distância horizontal e divide massas de ar;
- Exemplos:
  - Frentes e massas de ar pode causar mudanças rápidas nos níveis de qualidade do ar dentro algumas horas de passagem - frentes frias principalmente;
  - Frentes fracas podem ter pouco impacto, no entanto, a convecção que ocorre perto delas pode melhorar a qualidade do ar;
  - Uma frente estacionária posicionada perto de uma área é muitas vezes associada a altos níveis de  $PM_{2.5}$  por causa de ventos leves e sem transferência de massa.

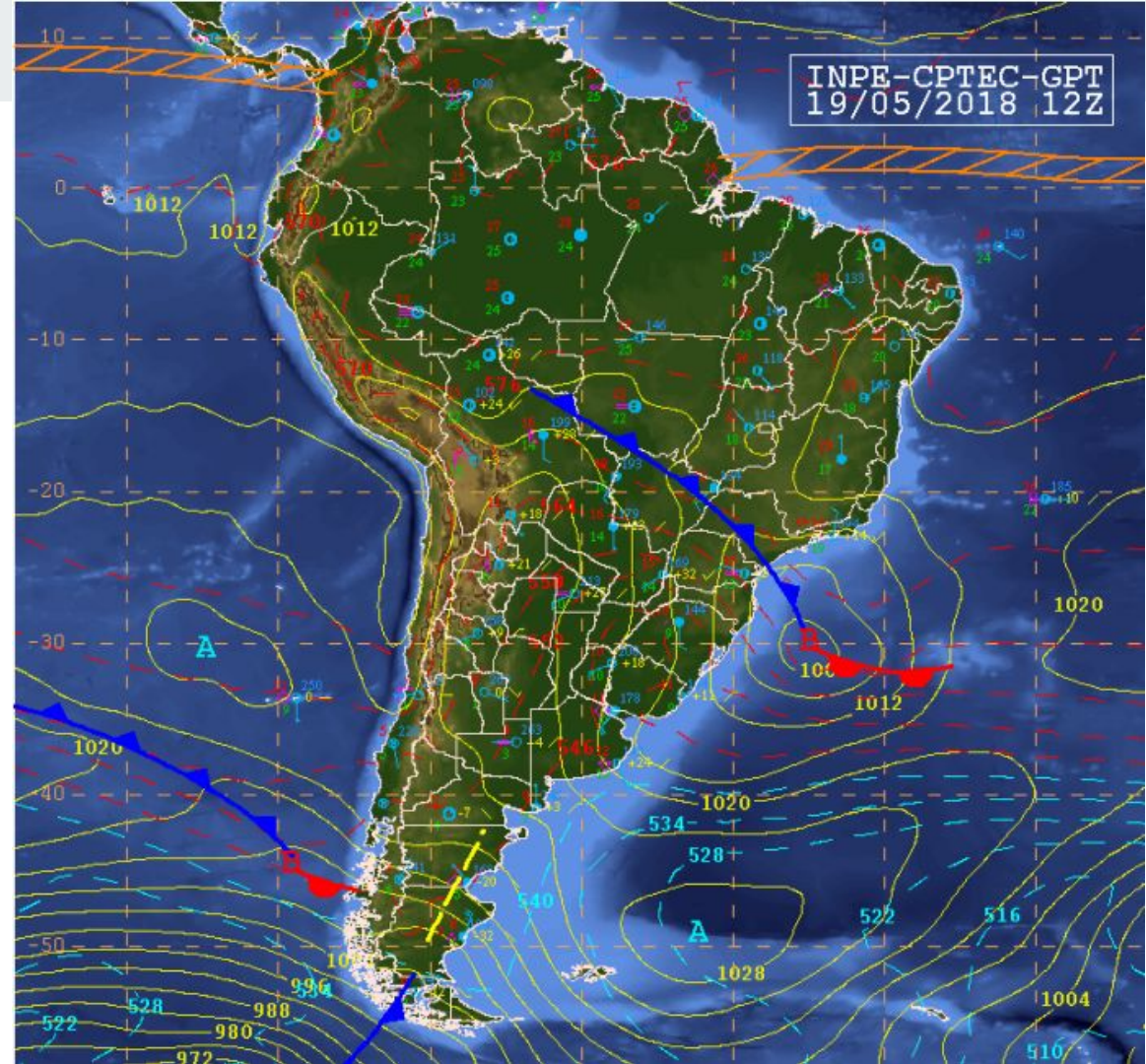
Escala Sinótica



Carmichael, 2008



INPE-CPTEC-GPT  
19/05/2018 12Z

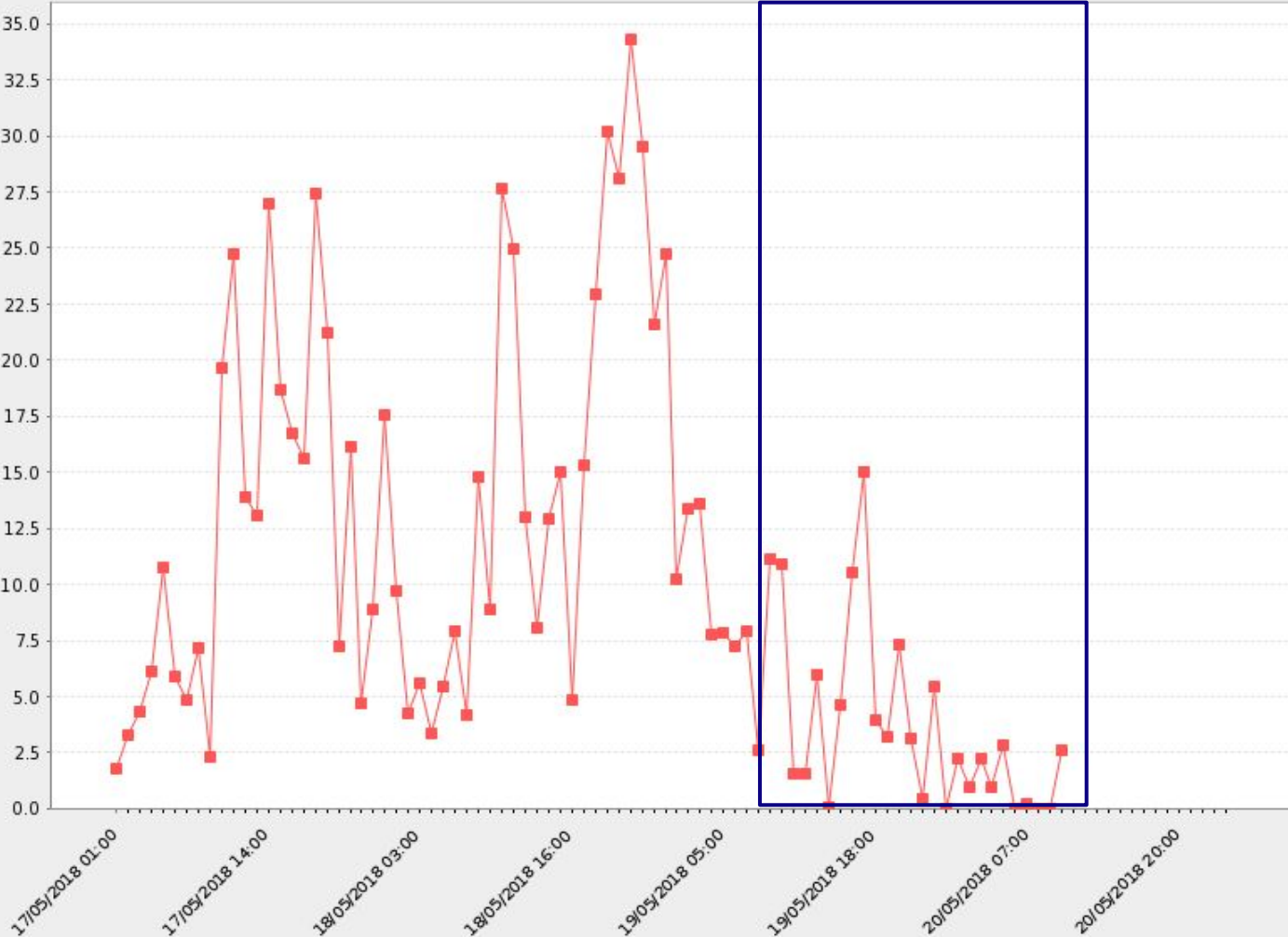


Fonte: CPTEC

Fa

Massas de

$\mu\text{g}/\text{m}^3$



—■ Cid.Universitária-USP-Ipen

Fonte: CETESB

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Mesoescala

Dia



## Dispersão horizontal e transporte

- Escala meso e local
  - Criar estagnação e recirculação;
  - Tipos
    - brisa marítima/terrestre ou lago
    - brisa vale/montanha
    - Topografia
    - Uso do solo

Noite



# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

## Mesoescala

Dia



Noite



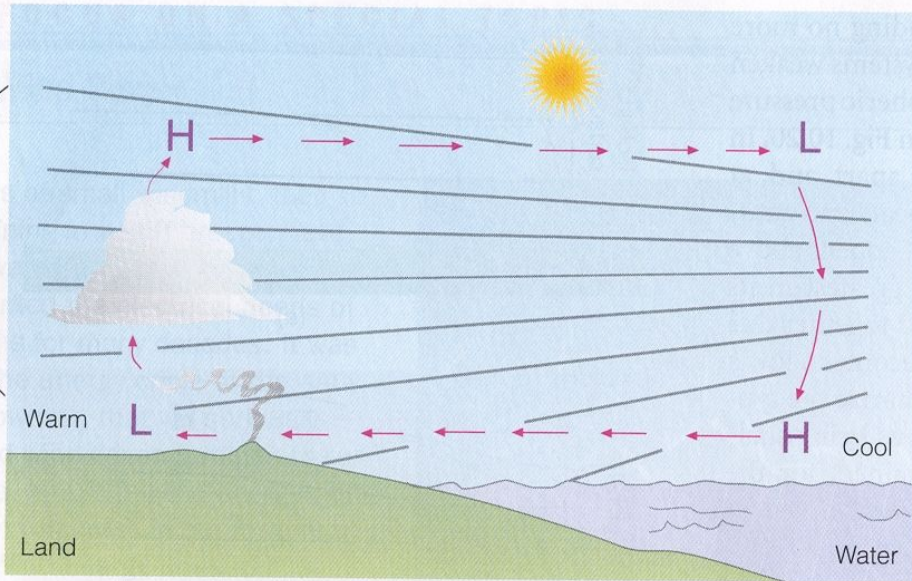
- São os movimentos que incluem as brisas marítima e terrestre, circulação dentro de vales e os fenômenos do efeito de ilhas de calor;
- Os fenômenos dessa escala que influenciam a qualidade do ar local são **variações diurnas da estabilidade atmosférica e a topografia regional**;
- A extensão horizontal dessa escala é da ordem de 100 km e na vertical é de dezenas de metros até 1 km acima do solo;
- Os fenômenos que ocorrem dentro dessa camada têm importância fundamental nos processos de **transporte e dispersão** sobre as emissões das fontes poluidoras.



# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Circulações e Ventos Locais



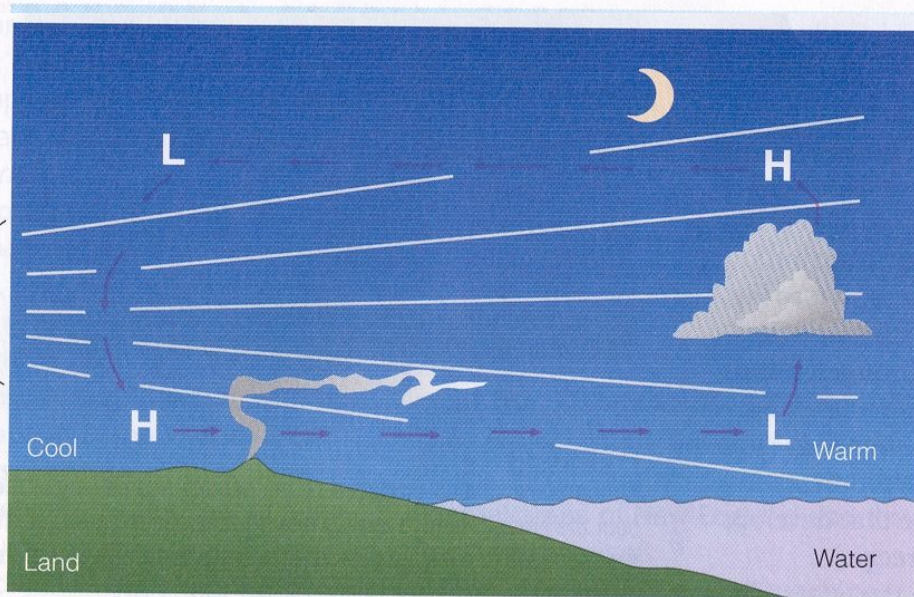
(a) Sea breeze

**Brisa Marítima** – ocorre durante o dia, quando o oceano encontra-se relativamente mais frio que o continente

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Circulações e Ventos Locais



**Brisa Terrestre** – ocorre durante a noite, quando o continente encontra-se relativamente mais frio que o oceano

(b) Land breeze

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

Circulações e

Ventos Locais

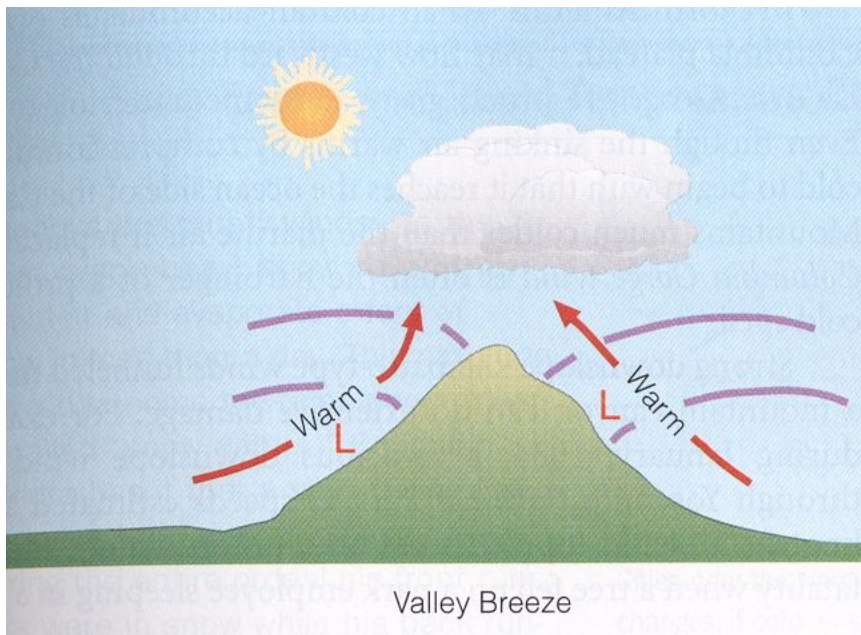


FONTE: OBREGÓN, G. O. ET AL. / CLIMATE RESEARCH



# Fatores que interferem na dispersão

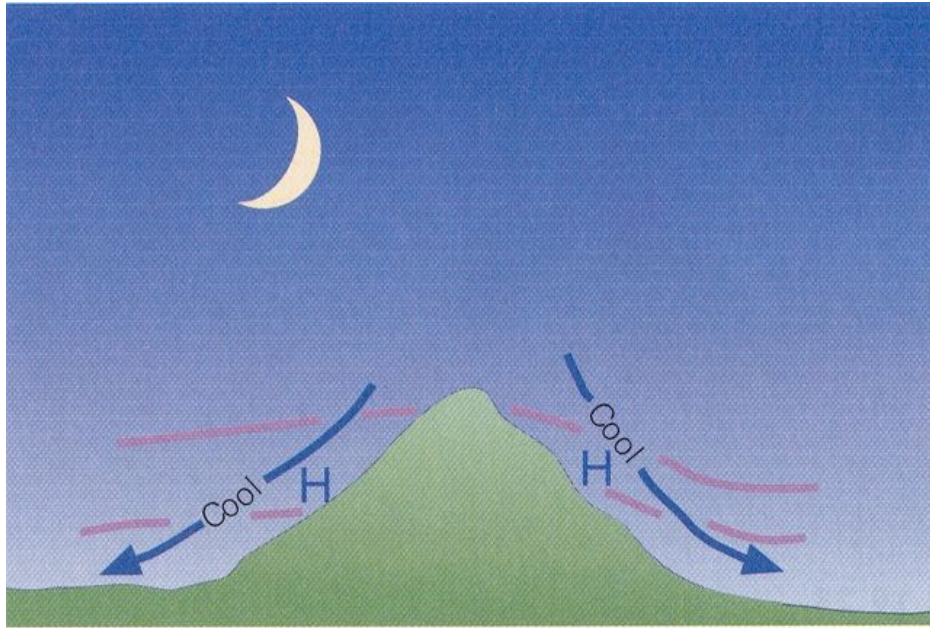
## TOPOGRAFIA



**Brisa de Vale (ou anabática)** - ocorre durante o dia, devido à diferença de temperatura entre o vale (>) e os espigões (<). Auxilia na formação de nuvens.

# Fatores que interferem na dispersão

## TOPOGRAFIA



Mountain Breeze

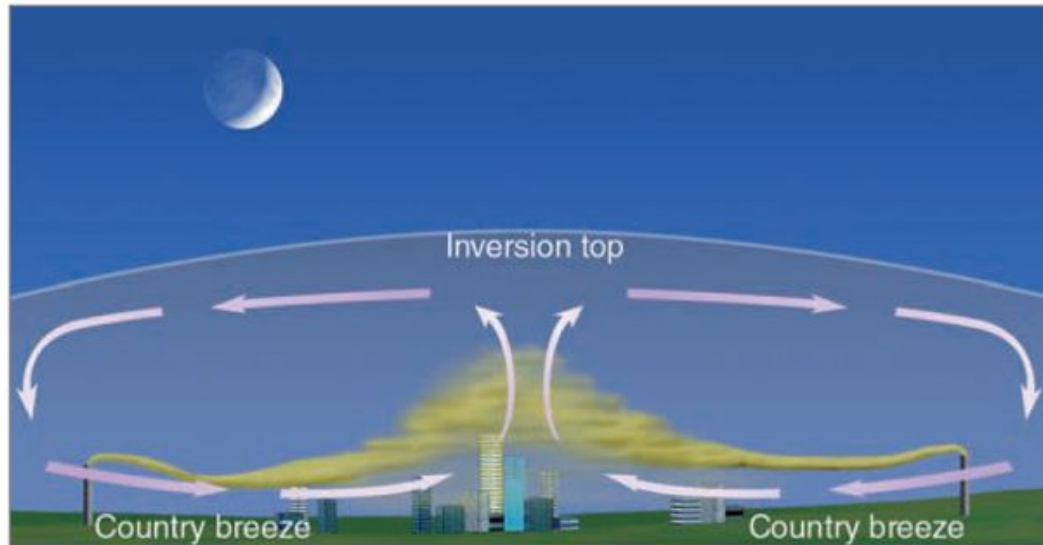
**Brisa de Montanha (ou catabática)** – ocorre durante a noite, pois o ar frio que se forma, sendo mais denso, escoia pela encosta indo se depositar na baixada.

# Fatores que interferem na dispersão

## ILHA DE CALOR

CONSTITUENTS	URBAN AREA (CONTRASTED TO RURAL AREA)
Mean pollution level	higher
Mean sunshine reaching the surface	lower
Mean temperature	higher
Mean relative humidity	lower
Mean visibility	lower
Mean wind speed	lower
Mean precipitation	higher
Mean amount of cloudiness	higher
Mean thunderstorm (frequency)	higher

\*Values are omitted because they vary greatly depending upon city, size, type of industry, and season of the year.



(Ahrens, 2007)

# Fatores que interferem na dispersão

METEOROLOGIA - Transporte

## Microescala

- Incluem os movimentos resultantes dos **efeitos aerodinâmicos das edificações** das cidades e dos parques industriais, **rugosidade das superfícies** e a **cobertura vegetal** de diversos tipos de solo;
- Esses movimentos são responsáveis pelo **transporte e difusão dos poluentes** em um raio horizontal inferior a 10 km e entre 100 e 500 metros na vertical acima do solo;
- A turbulência atmosférica, gerada por diversos pequenos obstáculos, é importante na verdadeira trajetória das plumas emitidas pelas fontes industriais, uma vez que a direção e a velocidade do vento são totalmente dominadas pelas características topográficas e regionais em torno da fonte.

# Fatores que interferem na dispersão

## INVERSÃO TÉRMICA

### Microescala



- A **inversão térmica** é uma condição meteorológica que ocorre quando uma **camada de ar quente se sobrepõe a uma camada de ar frio**, impedindo o movimento ascendente do ar, uma vez que, o ar abaixo dessa camada fica mais frio, portanto, mais pesado, fazendo com os poluentes se mantenham próximos da superfície;
- As inversões térmicas são um fenômeno meteorológico que **ocorre durante todo o ano**, sendo que, no **inverno elas são mais baixas**, principalmente no período noturno.
- Em um ambiente com um grande número de indústrias e de circulação de veículos, como o das cidades, a inversão térmica pode levar a **altas concentrações de poluentes**.



# Fatores que interferem na dispersão

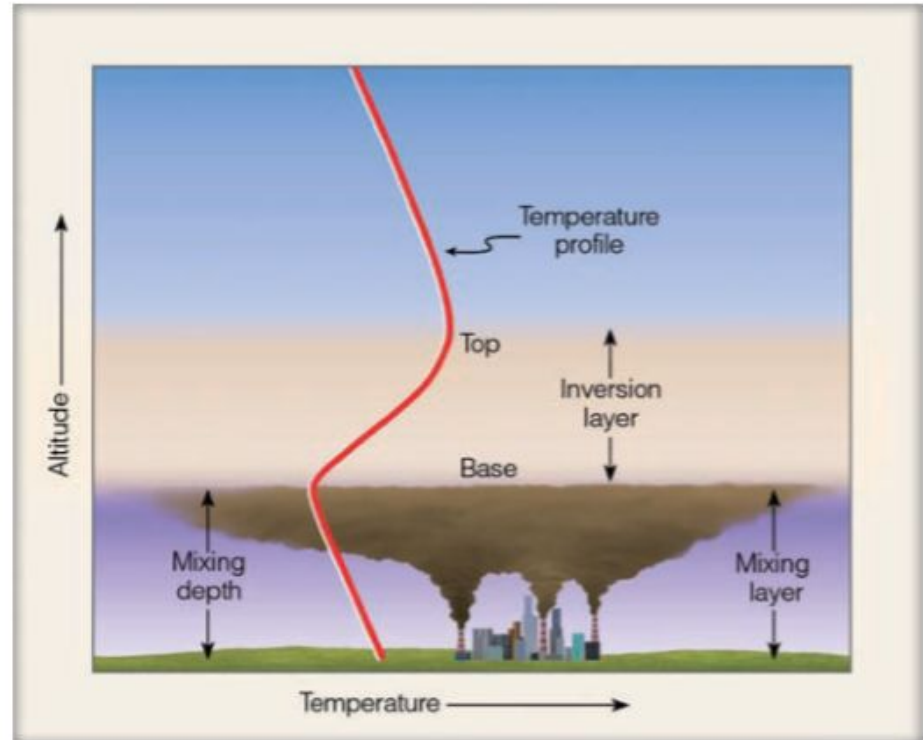
## INVERSÃO TÉRMICA



# Fatores que interferem na dispersão

## ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA

- A **camada de inversão** atua como uma **tampa** sobre os poluentes;
- Se a altura da inversão diminui, a profundidade de mistura também diminui e os poluentes ficam concentrados dentro de um volume menor.





# Fatores que interferem na dispersão

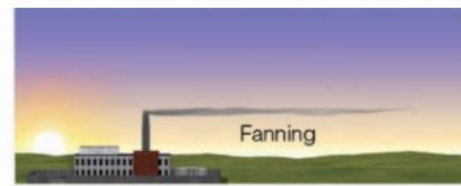
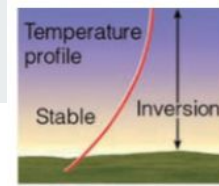
## ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA

- O grau de estabilidade ou instabilidade da atmosfera exprime a tendência da **supressão de movimentos verticais**;
- Ele é função da relação entre o gradiente de temperatura do perfil vertical ambiental (gradiente térmico vertical) e o gradiente adiabático;
- Uma camada de ar não saturado é **estável** quando seu gradiente térmico vertical é inferior ao gradiente da adiabática seca;
- Sempre que o gradiente térmico vertical for maior que o gradiente do Lapse Rate, a atmosfera está em condições de **instabilidade**;
- Quando a lapse rate do ambiente é igual a da adiabática seca, pode-se dizer que a condição de estabilidade é a **neutra** - quase não há movimentos verticais. Estabilidade neutra ocorre, por exemplo, em dias com grande cobertura de nuvens, quando não há forte aquecimento da superfície.

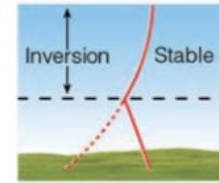
# Fatores que interferem na disp

## ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA

À medida que o perfil de temperatura vertical muda no decorrer de um dia (de a até e), o padrão de fumaça emitido da chaminé também muda.



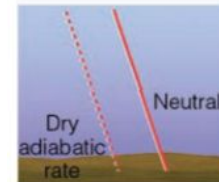
(a)



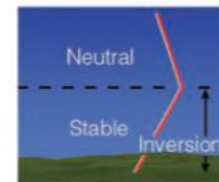
(b)



(c)



(d)



(e)

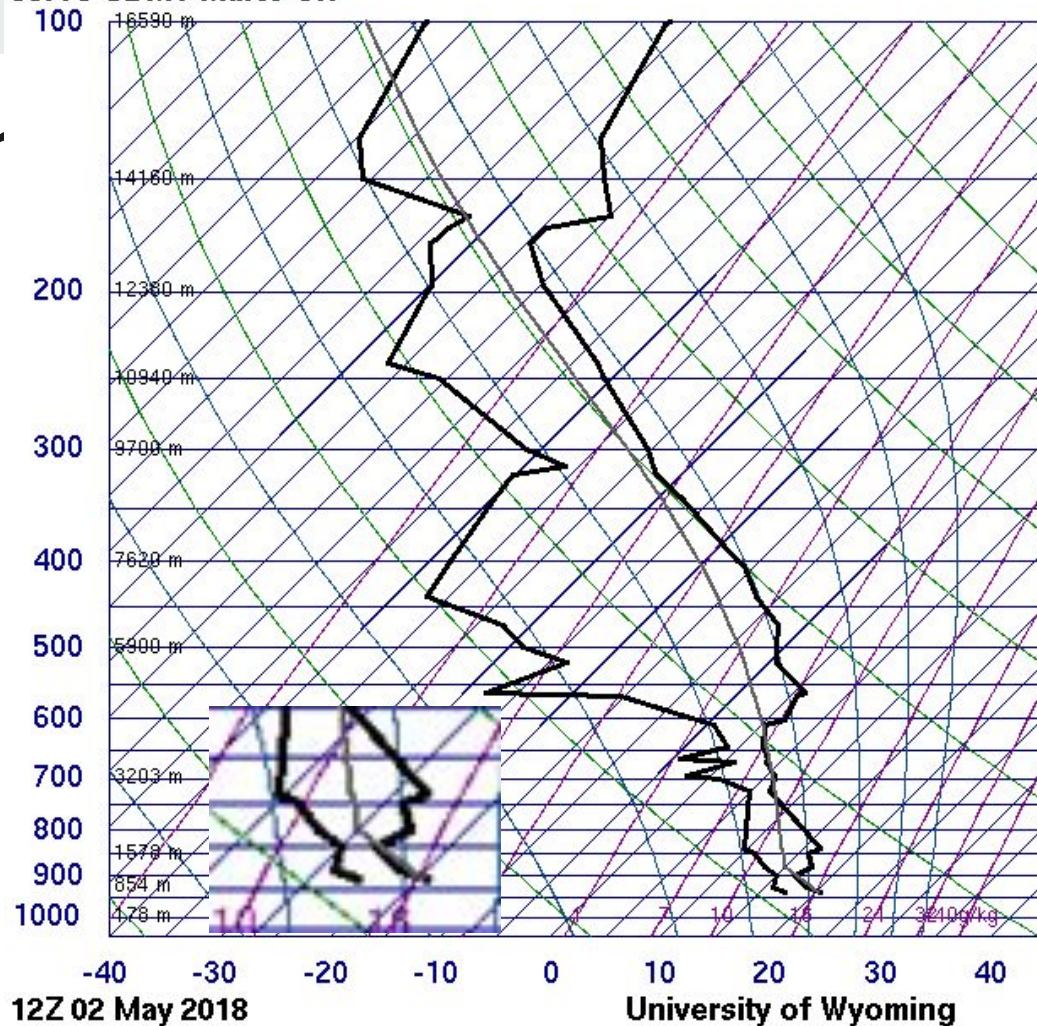
(Ahrens, 2007)

# Fatores que inter

ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA



83779 SBMT Marte Civ



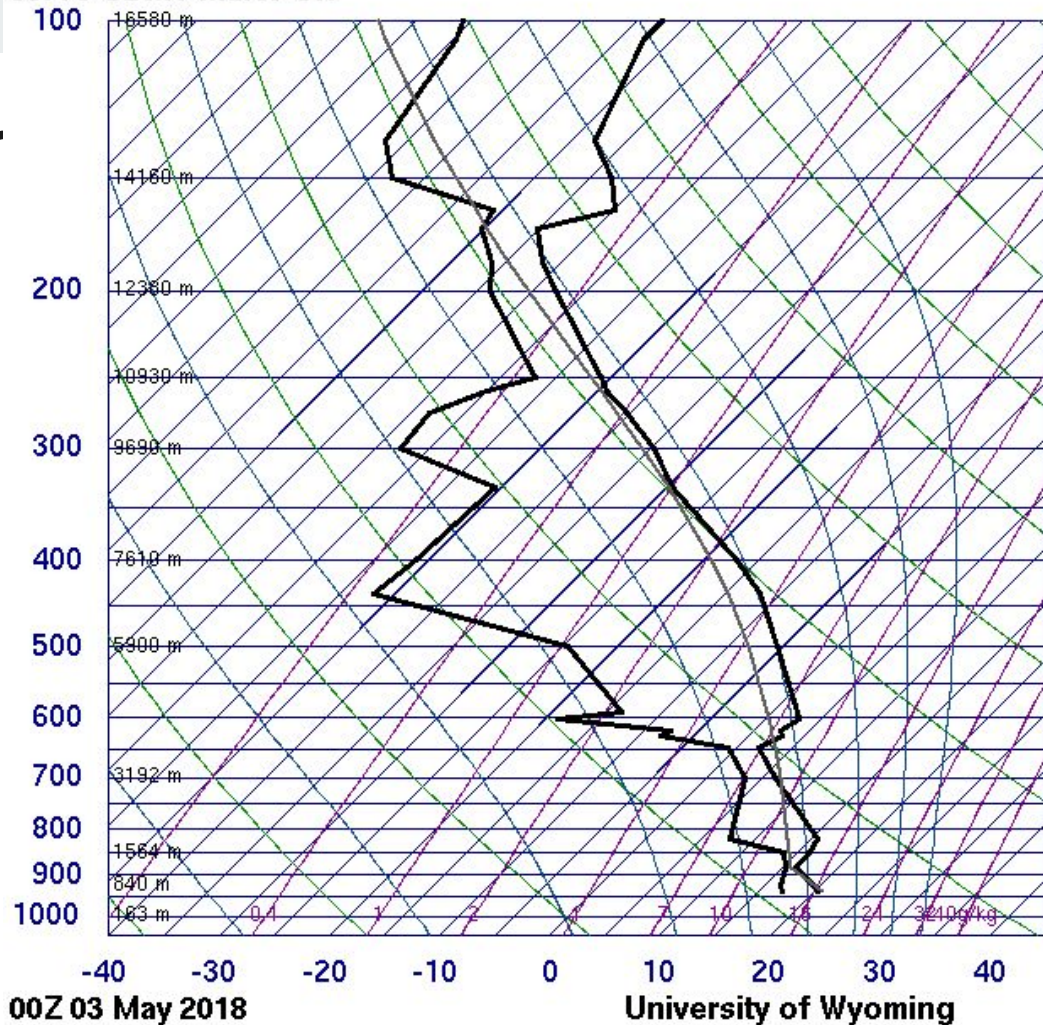


# Fatores que inter

ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA



83779 SBMT Marte Civ



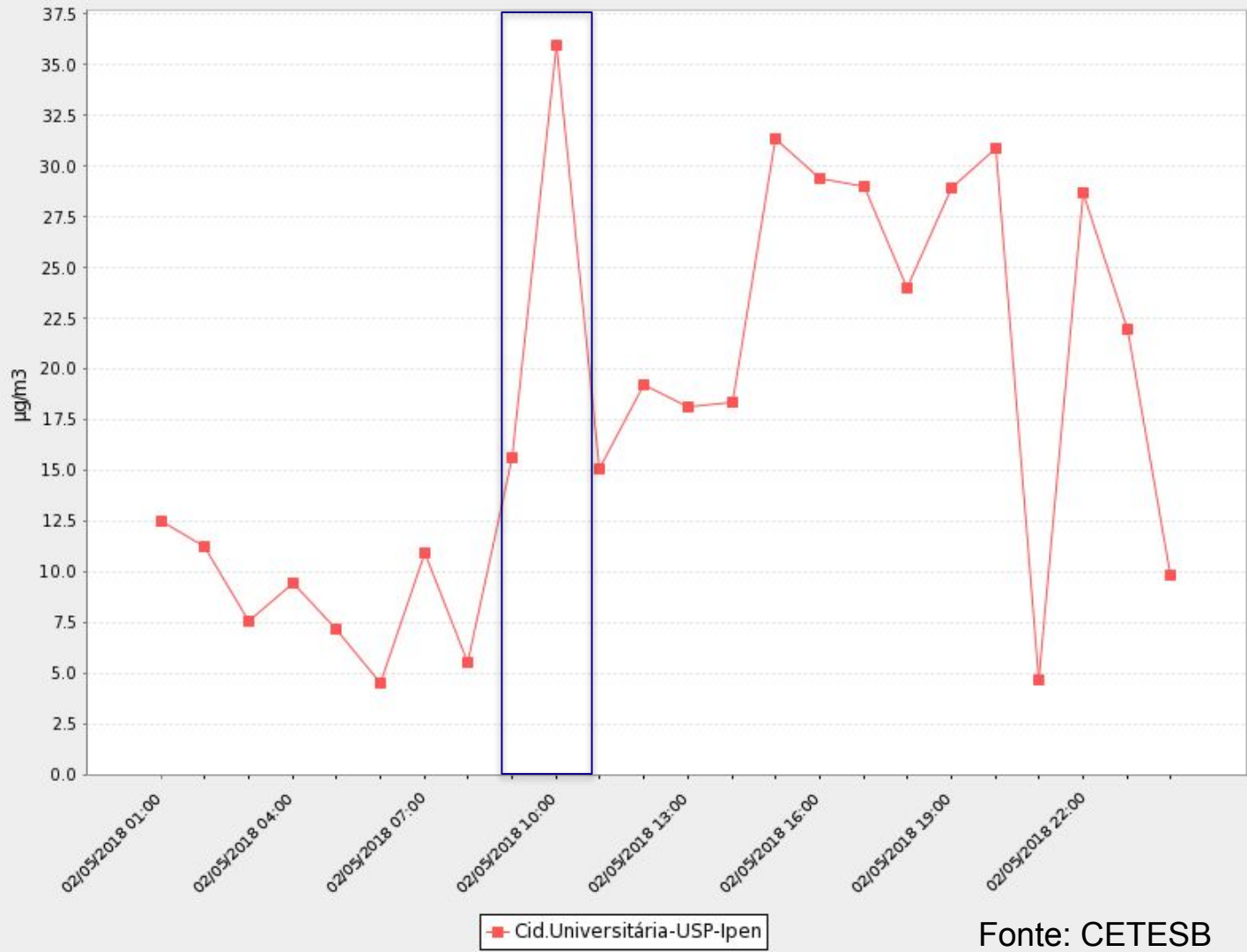
00Z 03 May 2018

University of Wyoming

Handwritten notes on the right side of the diagram, including a vertical line and several arrows pointing to the right.

# Fatores q

ESTABILIDADE ATM

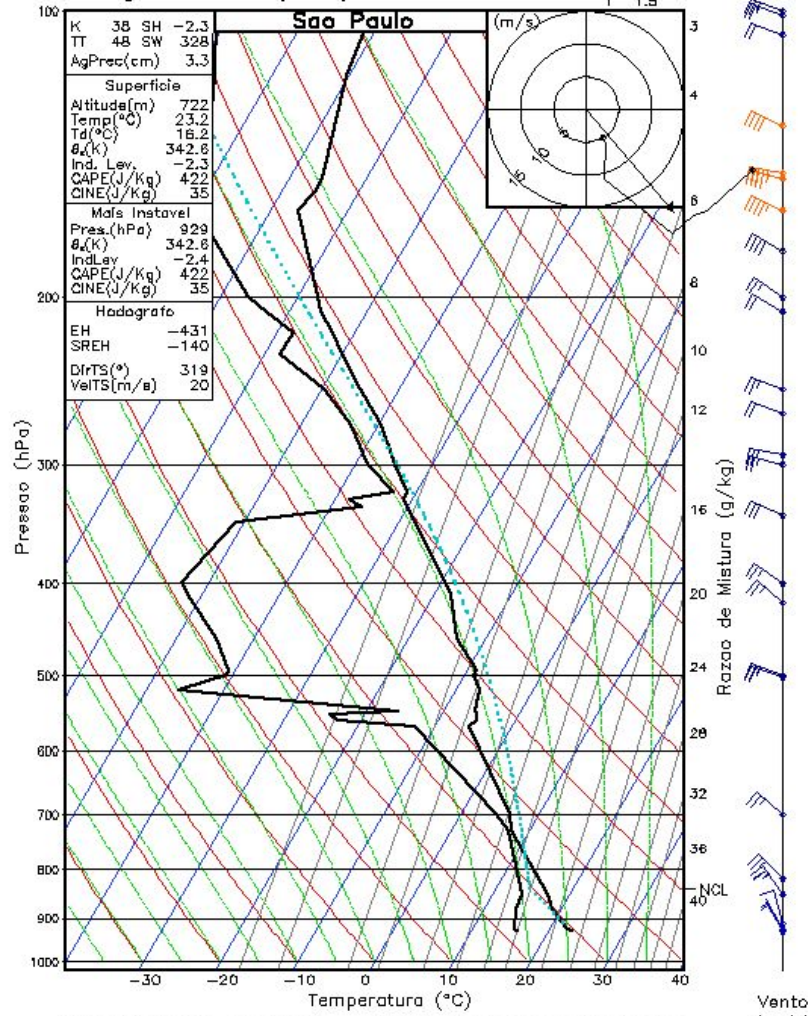


—■ Cid.Universitária-USP-Ipen

Fonte: CETESB

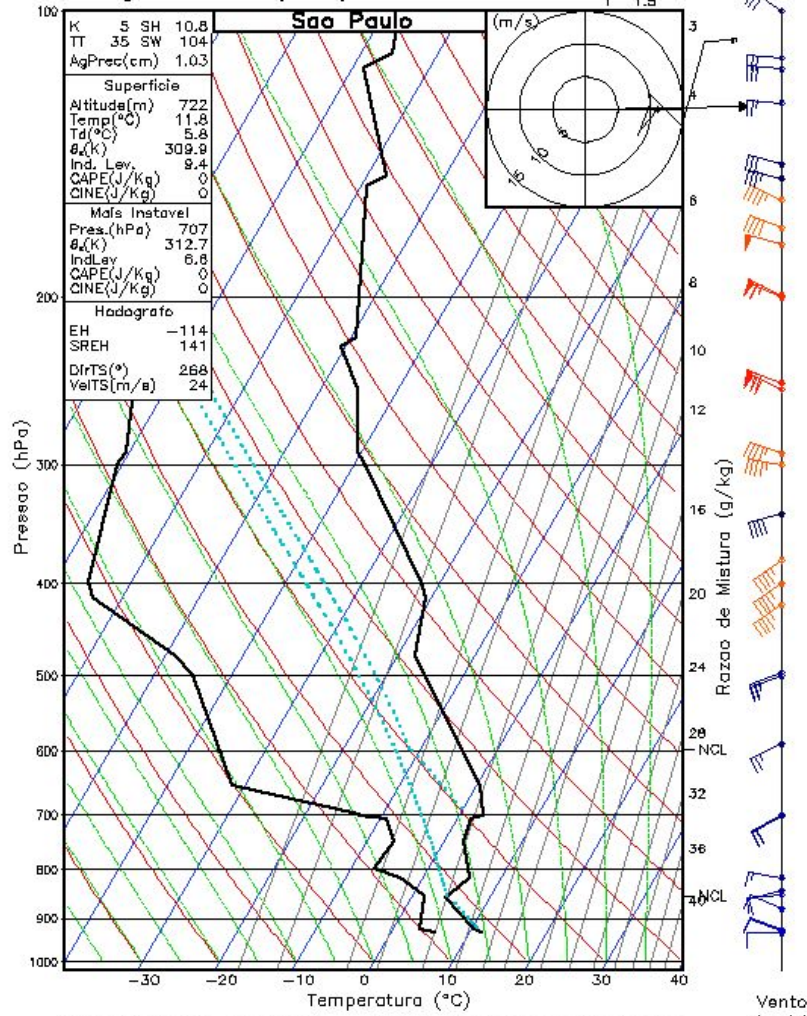


Sondagem 2018/05/19 12Z estacao:83779

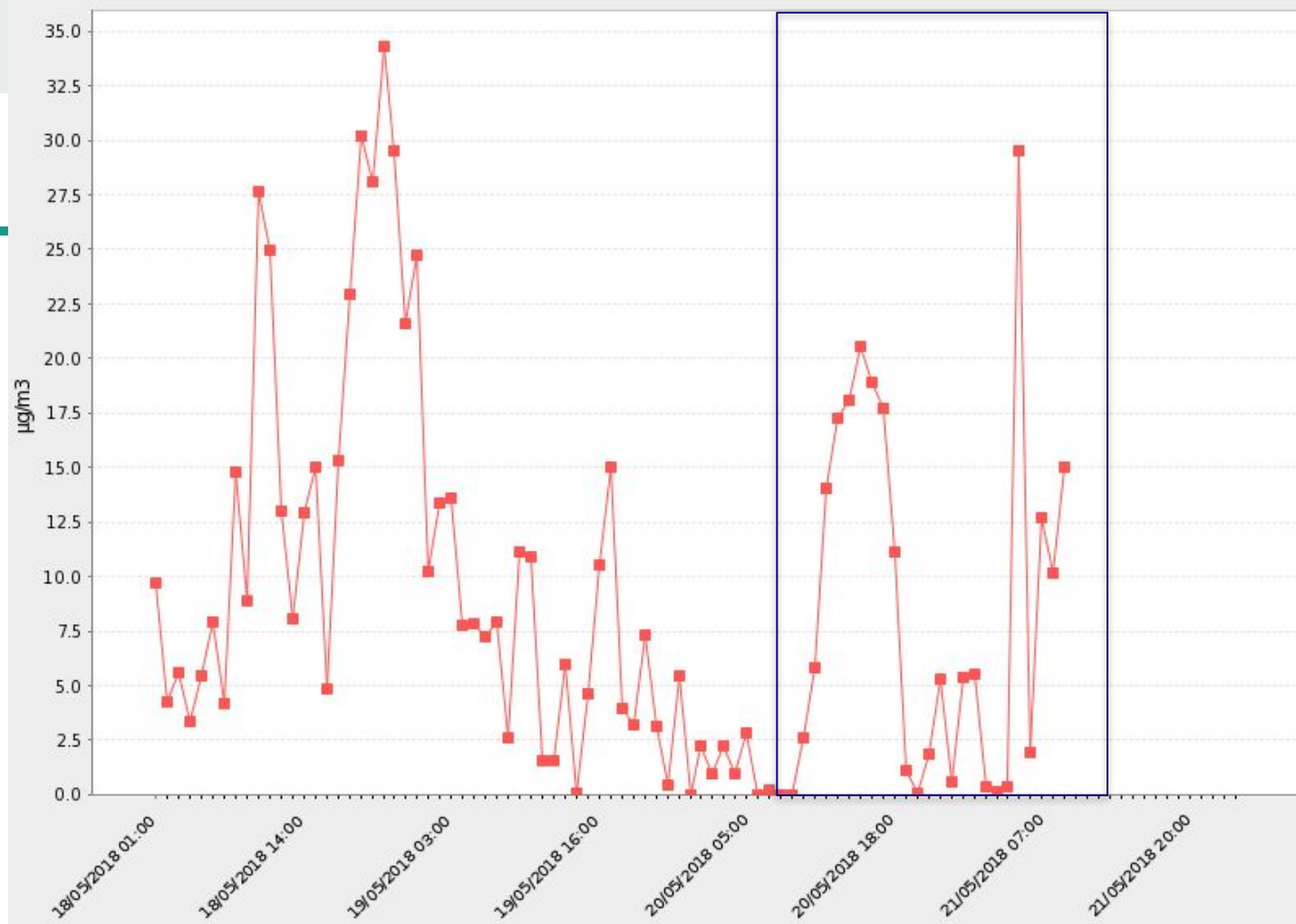


Vento (m/s)

Sondagem 2018/05/20 12Z estacao:83779



Vento (m/s)



— Cid. Universitária-USP-Ipen

Fonte: CETESB

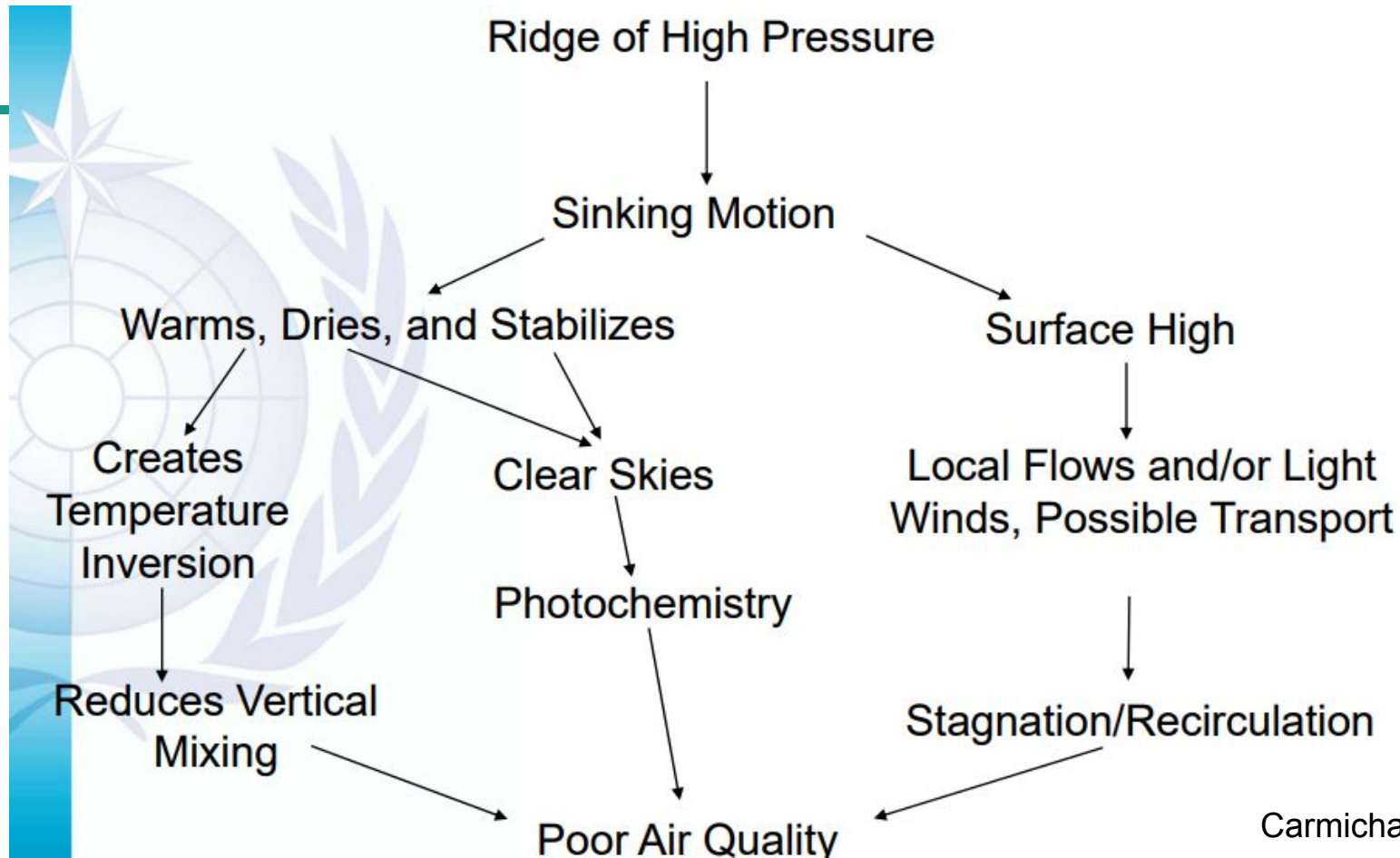


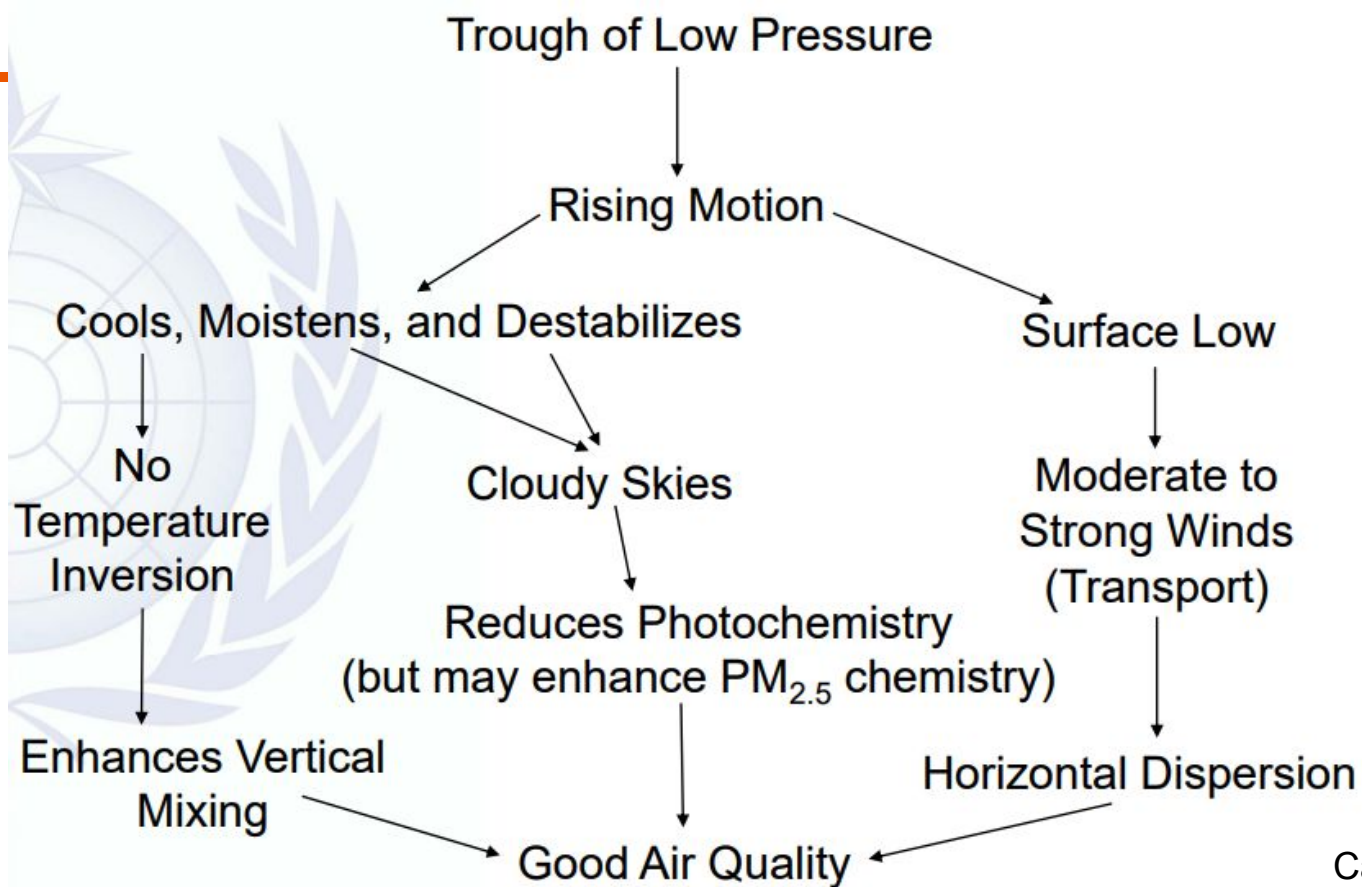
# Fatores que interferem na dispersão

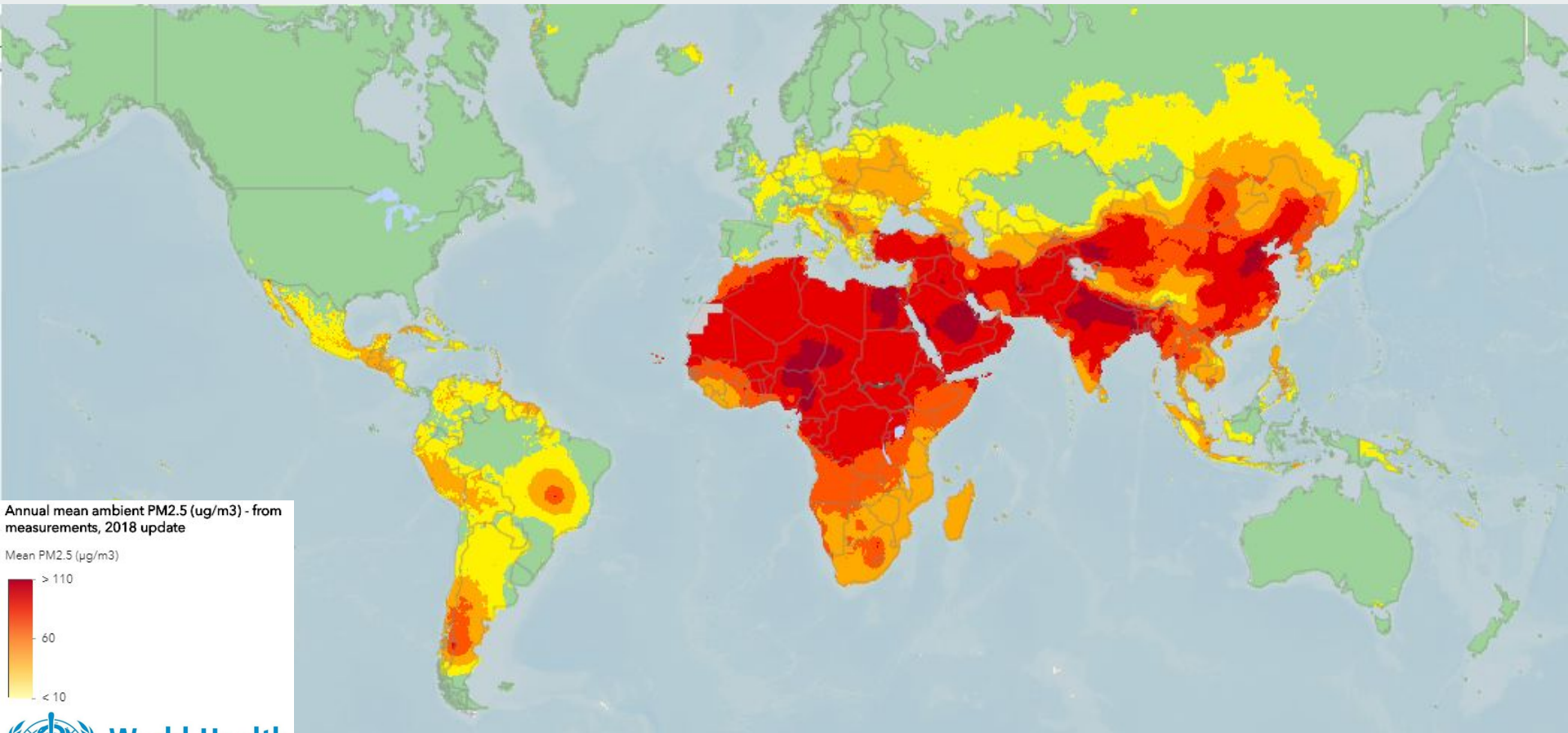
## NUVENS E PRECIPITAÇÃO

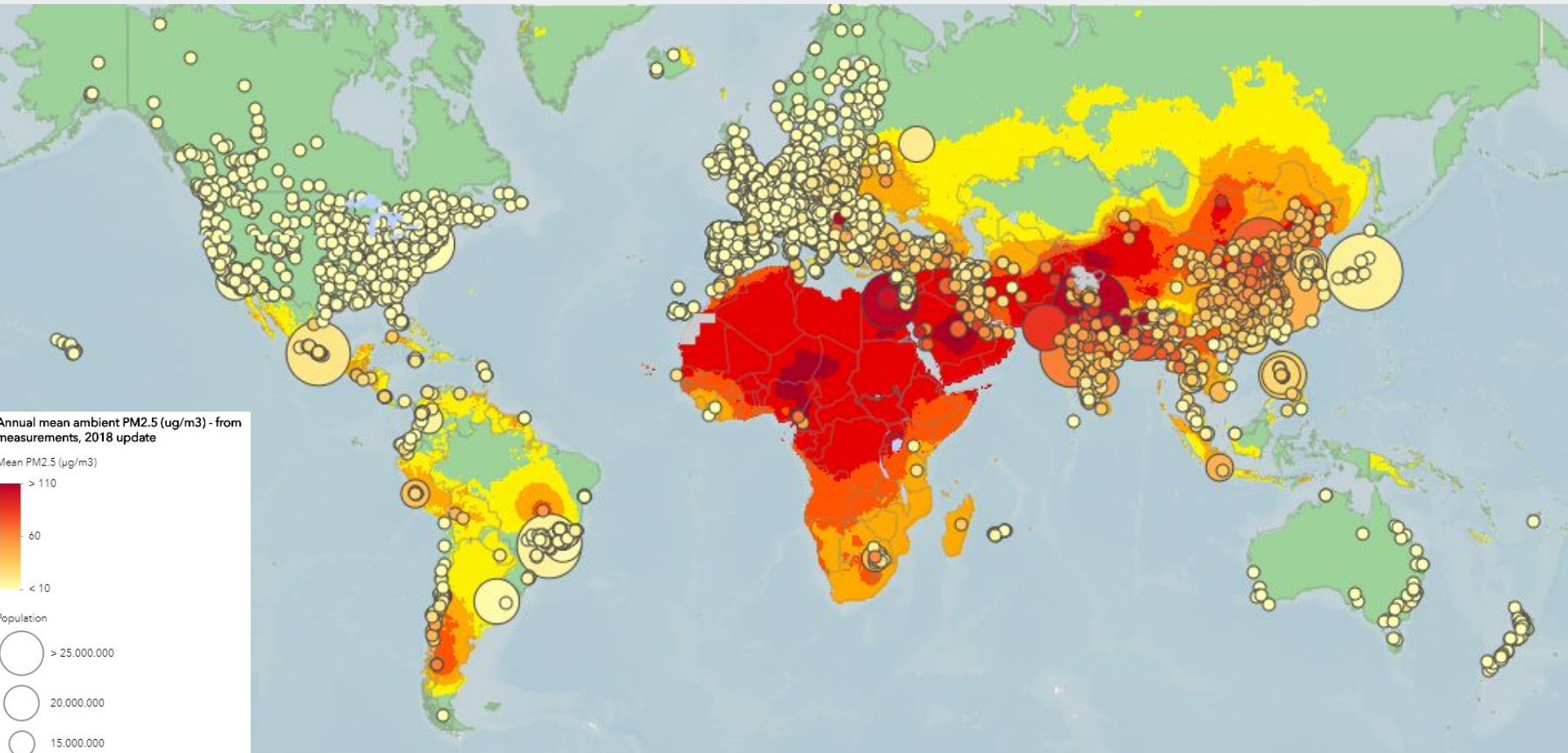
- Nuvens se formam quando o ar fica saturado
  - Adicionando vapor de água
  - Ar refrigerado
- Muitos processos adicionam vapor de água ou resfriam o ar:
  - movimento ascendente
    - aquecimento diurno
    - Frente fria, soltando o ar quente (ou vice-versa)
    - Orográfico
  - Ar em contato com a superfície mais fria
  - Ar movendo-se sobre a água

Precipitação remove bastante  $PM_{10}$   
mas tem pouco impacto na  
remoção de  $PM_{2.5}$









Annual mean ambient PM2.5 (ug/m3) - from measurements, 2018 update

Mean PM2.5 (ug/m3)

> 110

60

< 10

Population

> 25,000,000

20,000,000

15,000,000

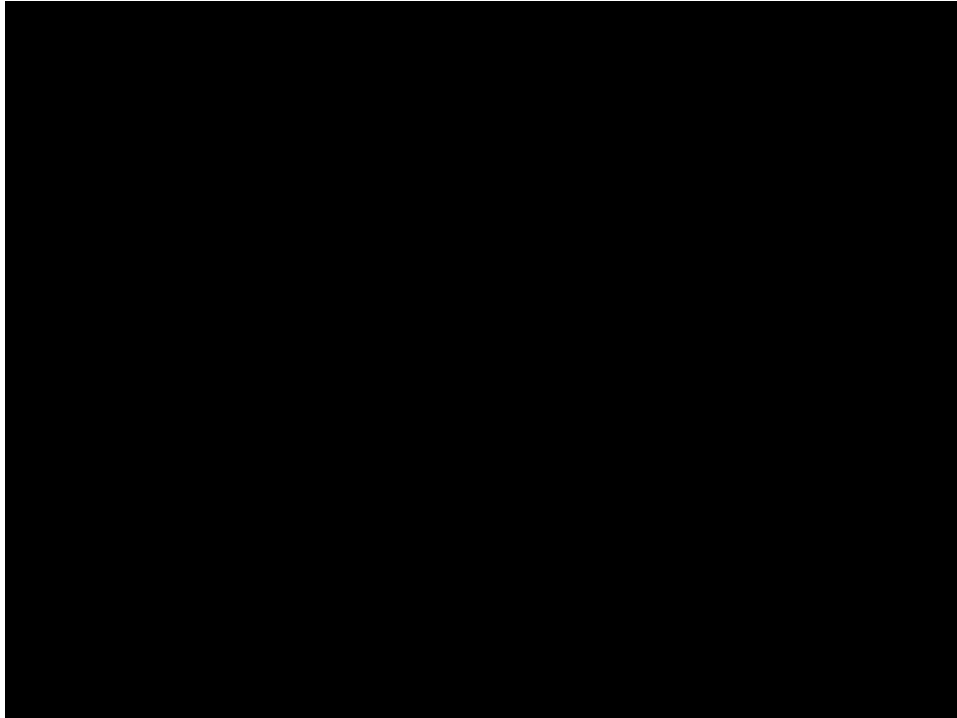
10,000,000

< 5,000,000

<http://maps.who.int/airpollution/>

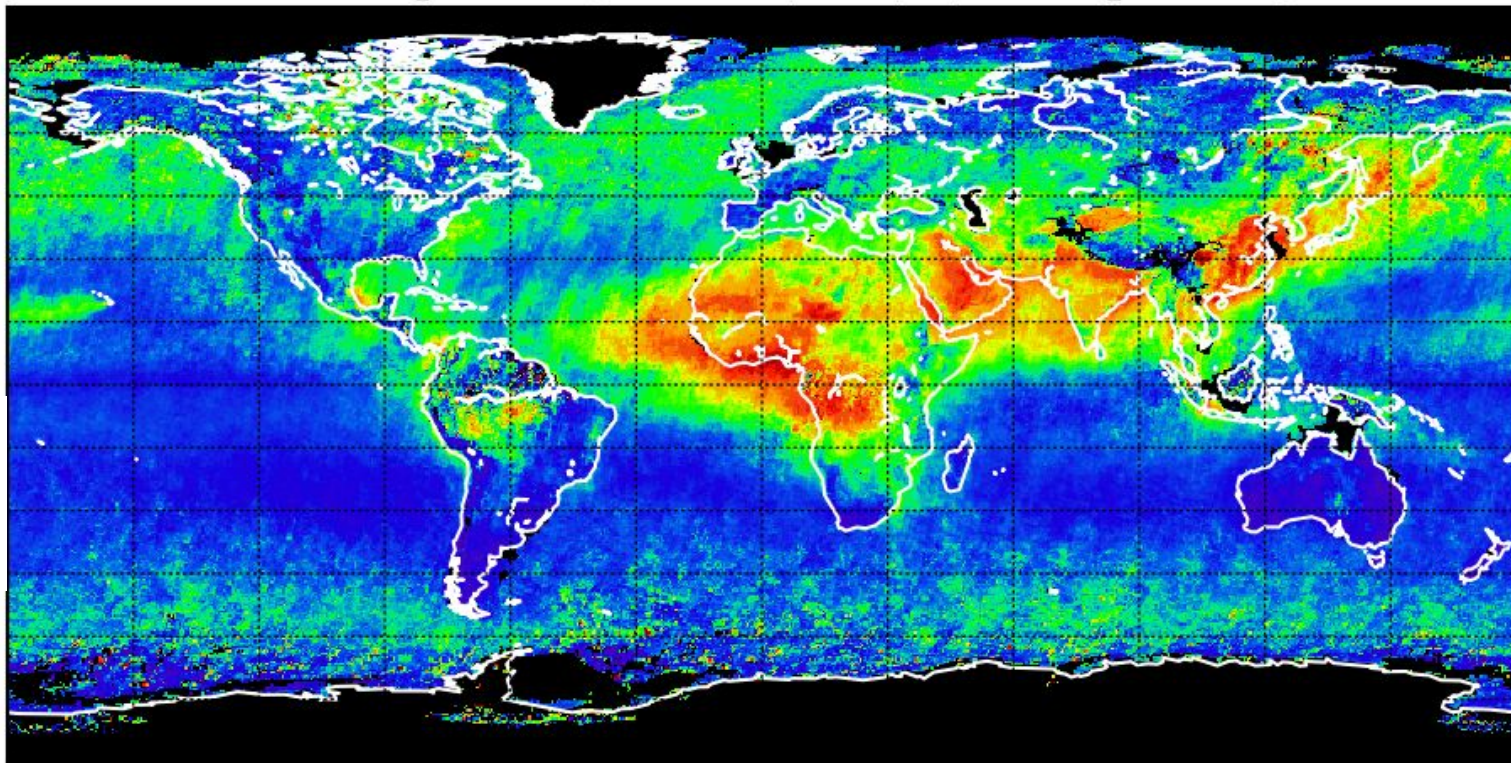


## Médias mensais globais de aerossóis com base em observações do Moderator Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) no satélite Terra da NASA.



- **Julho - Setembro:** Altas quantidades de aerossóis ocorrem na **América do Sul** devido ao desmatamento e aos incêndios agrícolas durante a estação seca;
- Aerossóis têm um padrão sazonal semelhante na **América Central (março a maio)**, na **África central e meridional (junho a setembro)** e sudeste da **Ásia (janeiro a abril)**;
- Maio - agosto: quantidades de aerossóis aumentam dramaticamente em torno da Península Arábica e dos oceanos próximos devido a tempestades de poeira.
- Quantidades elevadas de aerossóis se aninham no pé das Montanhas do Himalaia, no norte da Índia, em alguns meses, e perduram no leste da China durante grande parte do ano. Estas quantidades elevadas de aerossol são devidas à **poluição do ar antropogênica**.

Optical depth average ANN 2008 F15\_0031 All, Blue, All  
Summarizes L2 AS\_AEROSOL, RegBestEstimateSpectralOptDepth field F12\_0022, 0.5 deg res



254.747

Optical Depth

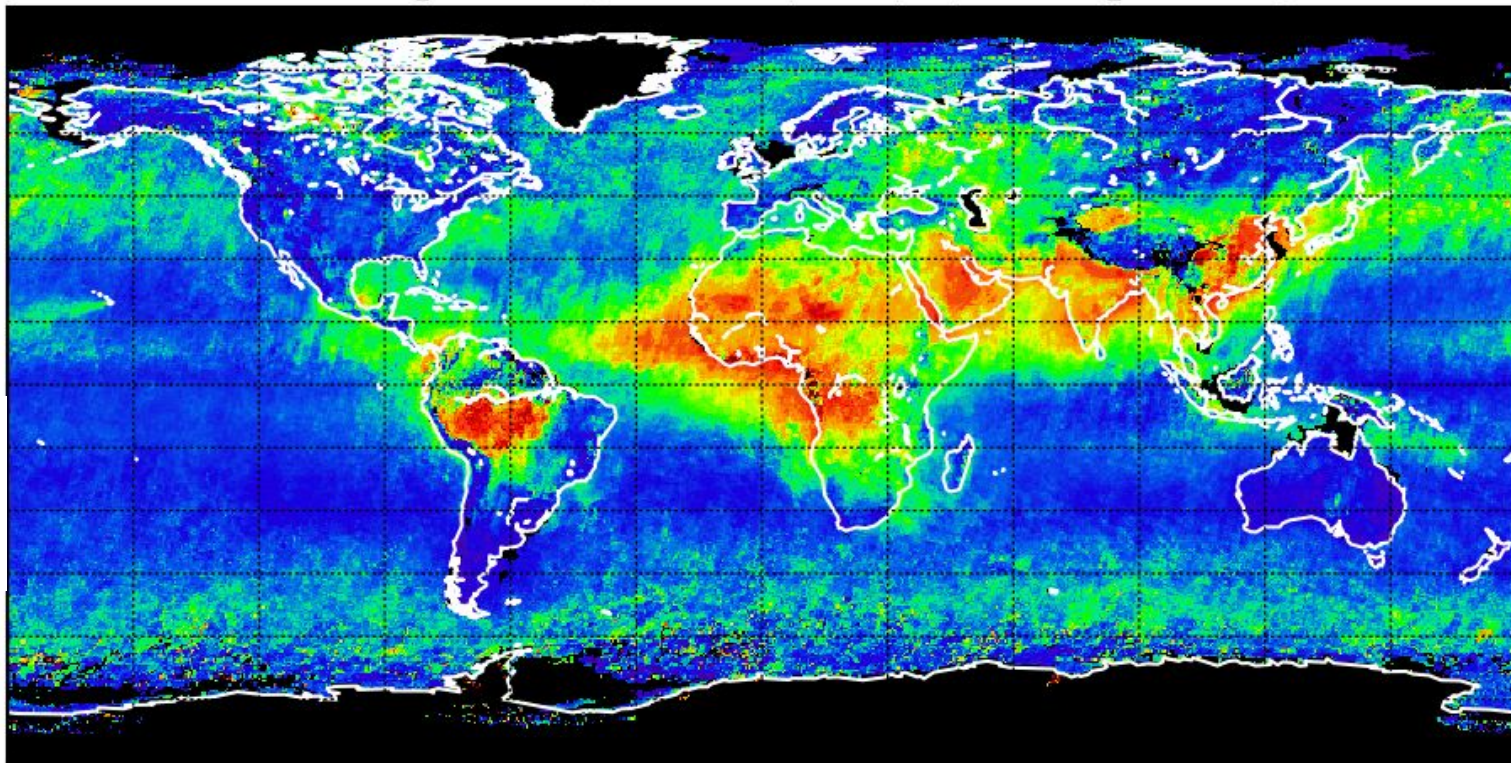


0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00

<https://l0dup05.larc.nasa.gov/L3Web/view>



Optical depth average ANN 2010 F15\_0031 All, Blue, All  
Summarizes L2 AS\_AEROSOL, RegBestEstimateSpectralOptDepth field F12\_0022, 0.5 deg res



417.075

Optical Depth



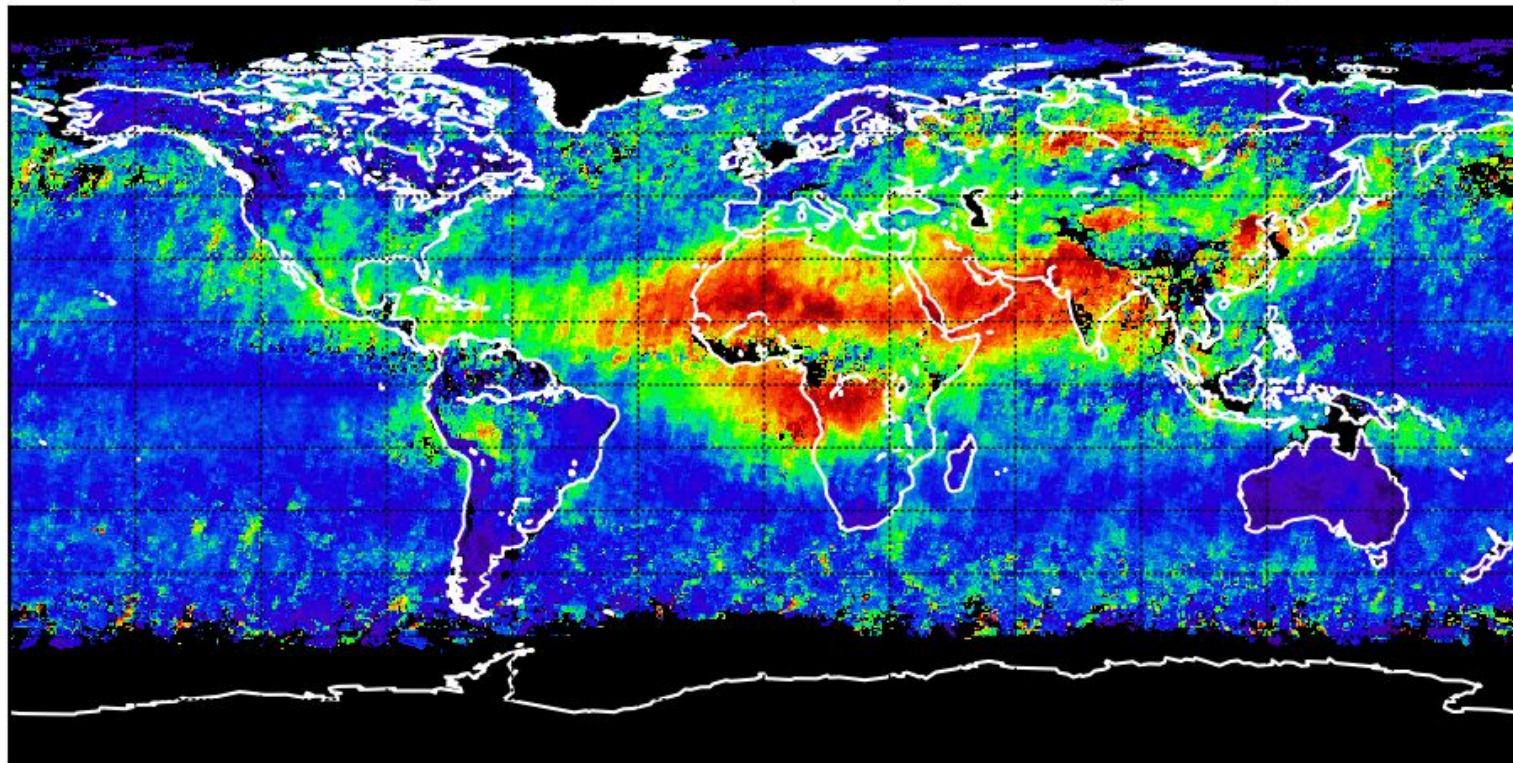
0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00

<https://l0dup05.larc.nasa.gov/L3Web/view>



Verão no HN

Optical depth average SUM 2016 F15\_0031 All, Blue, All  
Summarizes L2 AS\_AEROSOL, RegBestEstimateSpectralOptDepth field F12\_0022, 0.5 deg res



Optical Depth

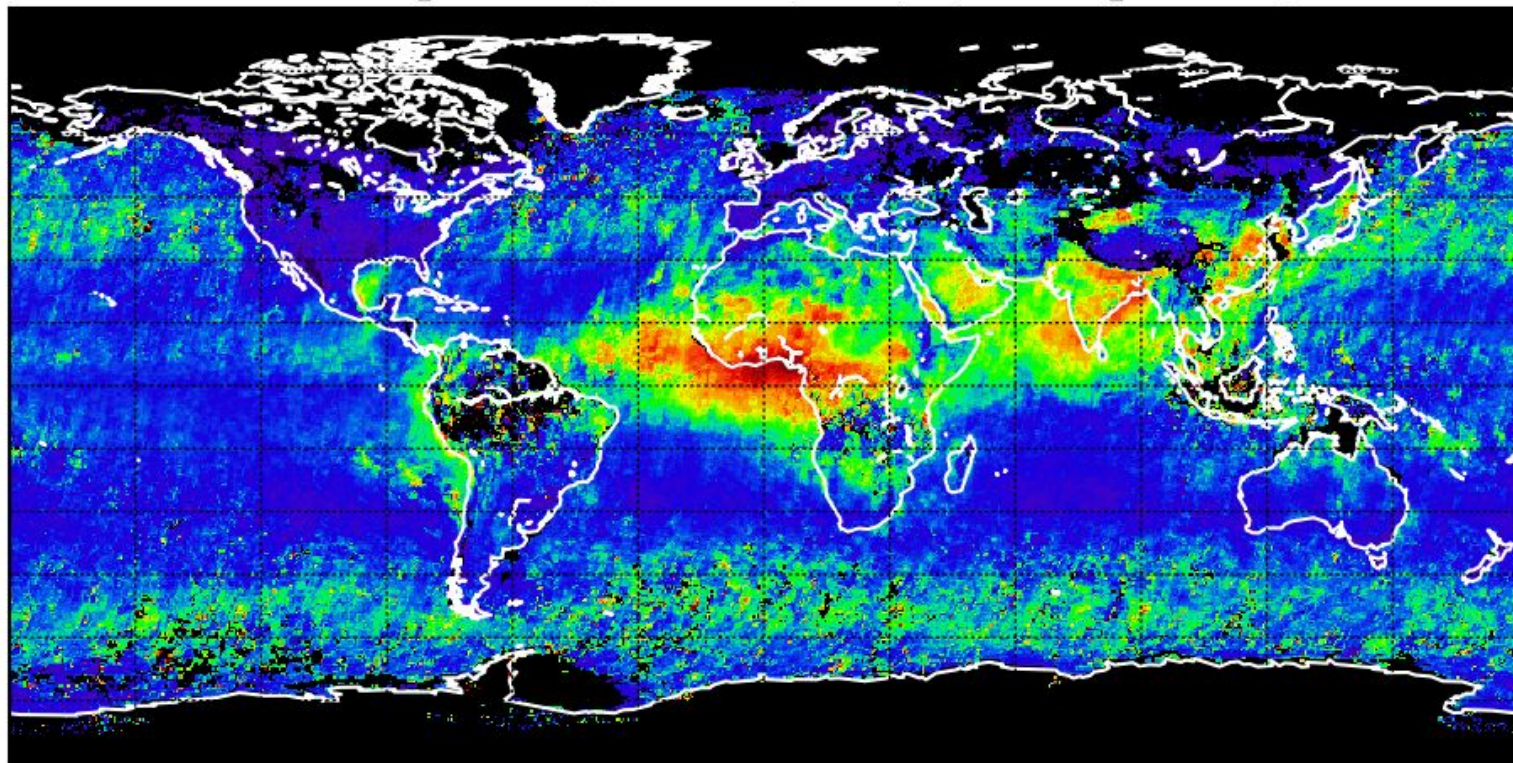


0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00



Inverno no HN

Optical depth average WIN 2017 F15\_0031 All, Blue, All  
Summarizes L2 AS\_AEROSOL, RegBestEstimateSpectralOptDepth field F12\_0022, 0.5 deg res

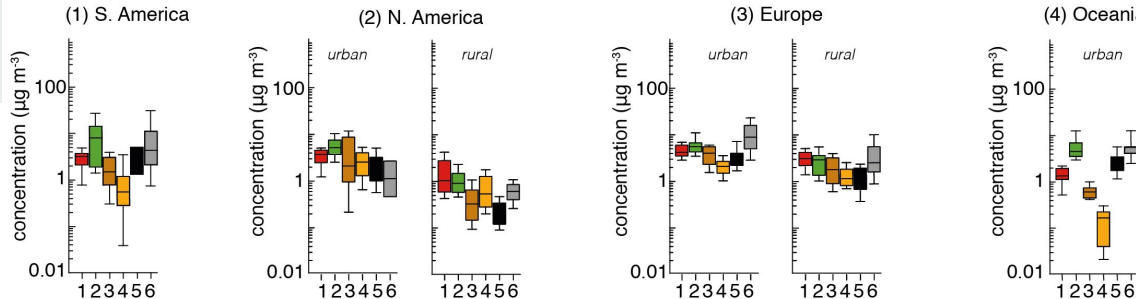


Optical Depth



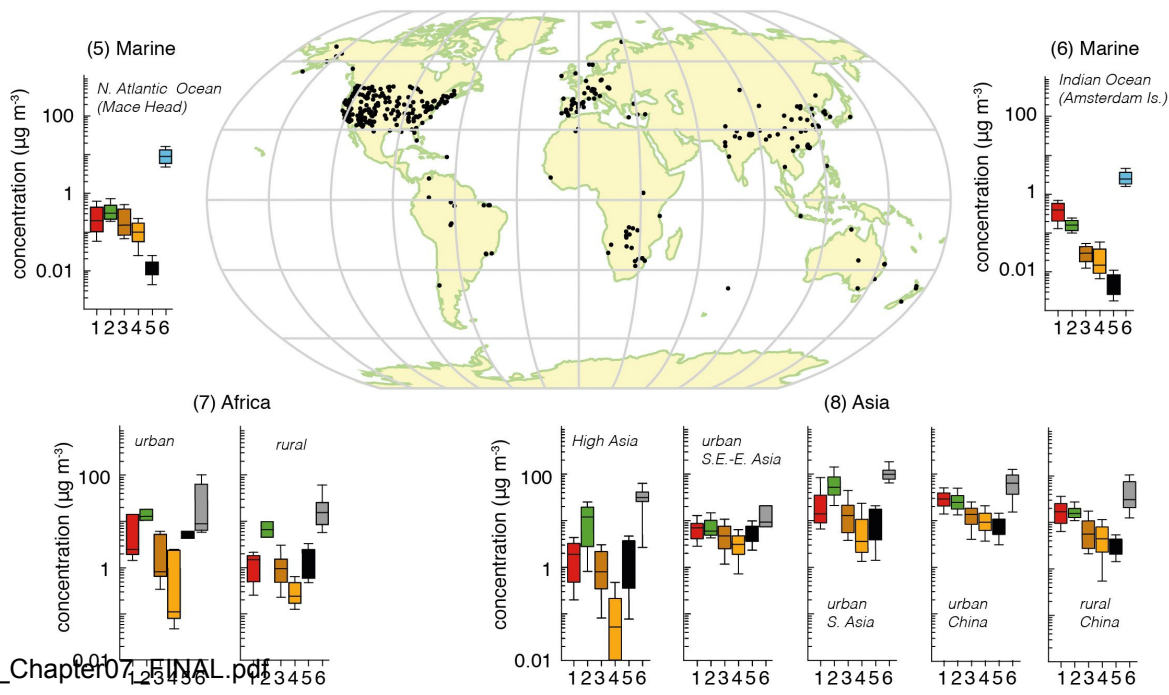
0.00 0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00

<https://l0dup05.larc.nasa.gov/L3Web/view>



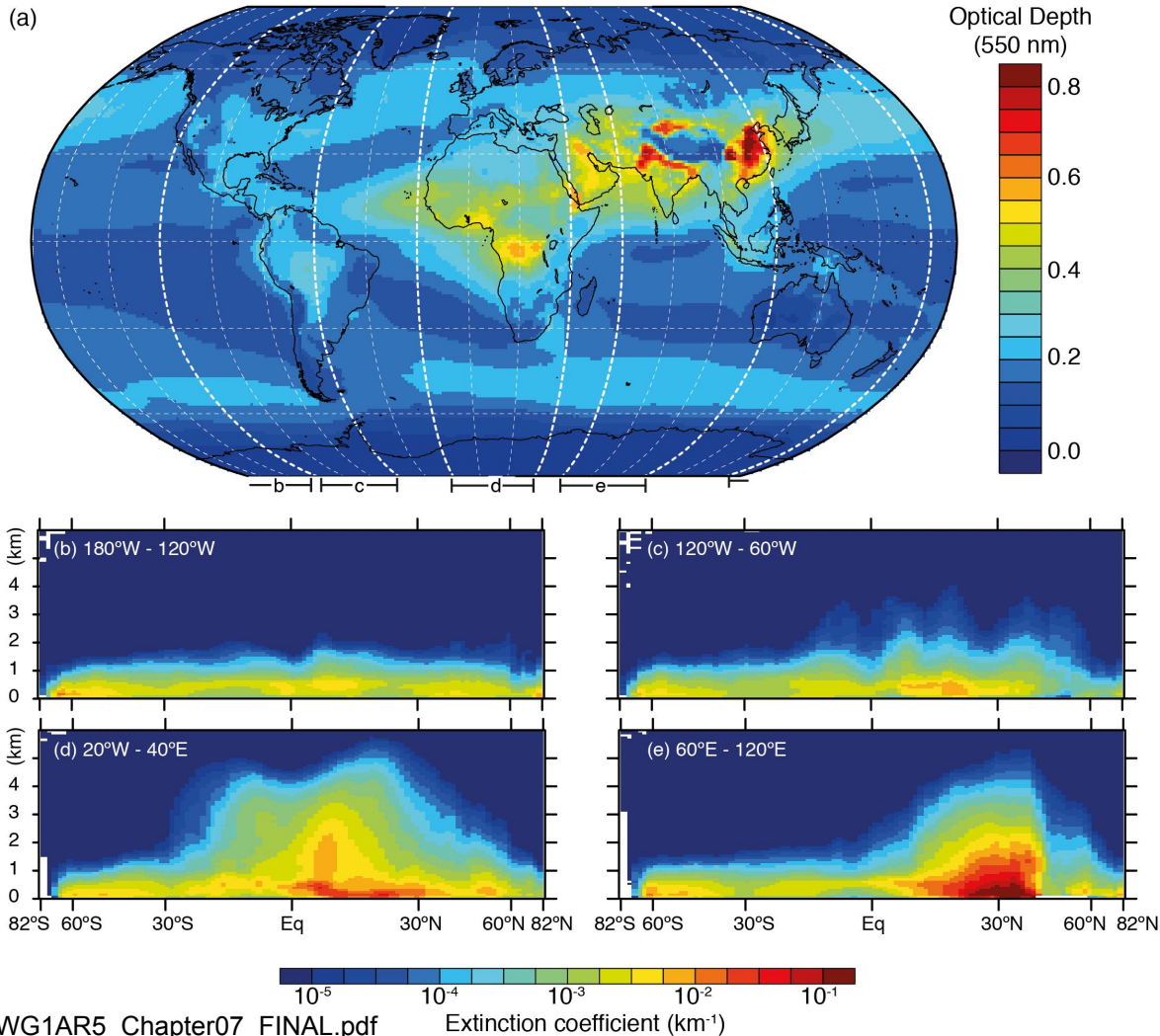
**Figure 7.13** | Bar chart plots summarizing the mass concentration ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) of seven major aerosol components for particles with diameter smaller than  $10 \mu\text{m}$ , from various rural and urban sites (dots on the central world map) in six continental areas of the world with at least an entire year of data and two marine sites. The density of the sites is a qualitative measure of the spatial representativeness of the values for each area. The North Atlantic and Indian Oceans panels correspond to measurements from single sites (Mace Head and Amsterdam Island, respectively) that are not necessarily representative. The relative abundances of different aerosol compounds are considered to reflect the relative importance of emissions of these compounds or their precursors, either anthropogenic or natural, in the different areas. For consistency the mass of organic aerosol (OA) has been converted to that of organic carbon (OC), according to a conversion factor (typically 1.4 to 1.6), as provided in each study. For each area, the panels represent the median, the 25th to 75th percentiles (box), and the 10th to 90th percentiles (whiskers) for each aerosol component.

1:  $\text{SO}_4^{2-}$  2: OC 3:  $\text{NO}_3^-$  4:  $\text{NH}_4^+$  5: EC 6: Mineral or Sea Salt









**Figure 7.14 |** (a) Spatial distribution of the 550 nm aerosol optical depth (AOD, unitless) from the European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) Integrated Forecast System model with assimilation of Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS) aerosol optical depth (Benedetti et al., 2009; Morcrette et al., 2009) averaged over the period 2003–2010; (b–e) latitudinal vertical cross sections of the 532 nm aerosol extinction coefficient (km<sup>-1</sup>) for four longitudinal bands (180°W to 120°W, 120°W to 60°W, 20°W to 40°E, and 60°E to 120°E, respectively) from the Cloud–Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP) instrument for the year 2010 (nighttime all-sky data, version 3; Winker et al., 2013).



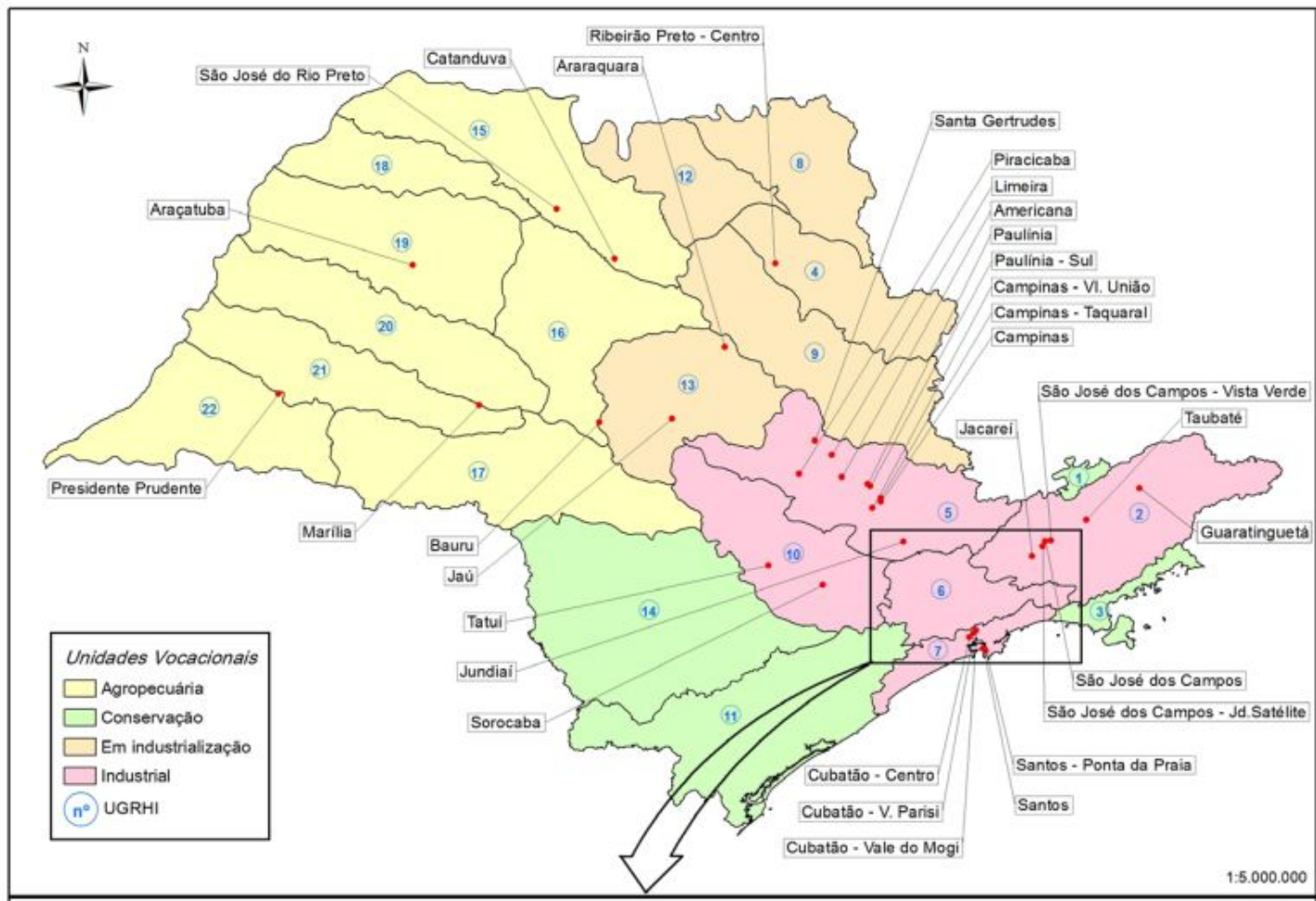
# Relatório da CETESB - 2017

## VISÃO GERAL

- A qualidade do ar é diretamente influenciada pela **distribuição e intensidade das emissões** de poluentes atmosféricos de origem veicular e industrial.
- Exercem papel fundamental a **topografia** e as **condições meteorológicas**, que se alteram de modo significativo nas várias regiões do Estado.
- As **emissões veiculares** desempenham um papel de destaque nos níveis de poluição do ar dos grandes centros urbanos, ao passo que as **emissões industriais** afetam significativamente a qualidade do ar em regiões mais específicas.

# CETESB

- 61 estações automáticas fixas,
- uma estação automática móvel e
- 27 pontos de monitoramento manual distribuídos no Estado.



# CETESB

- 61 estações automáticas fixas,
- uma estação automática móvel e
- 27 pontos de monitoramento manual distribuídos no Estado.

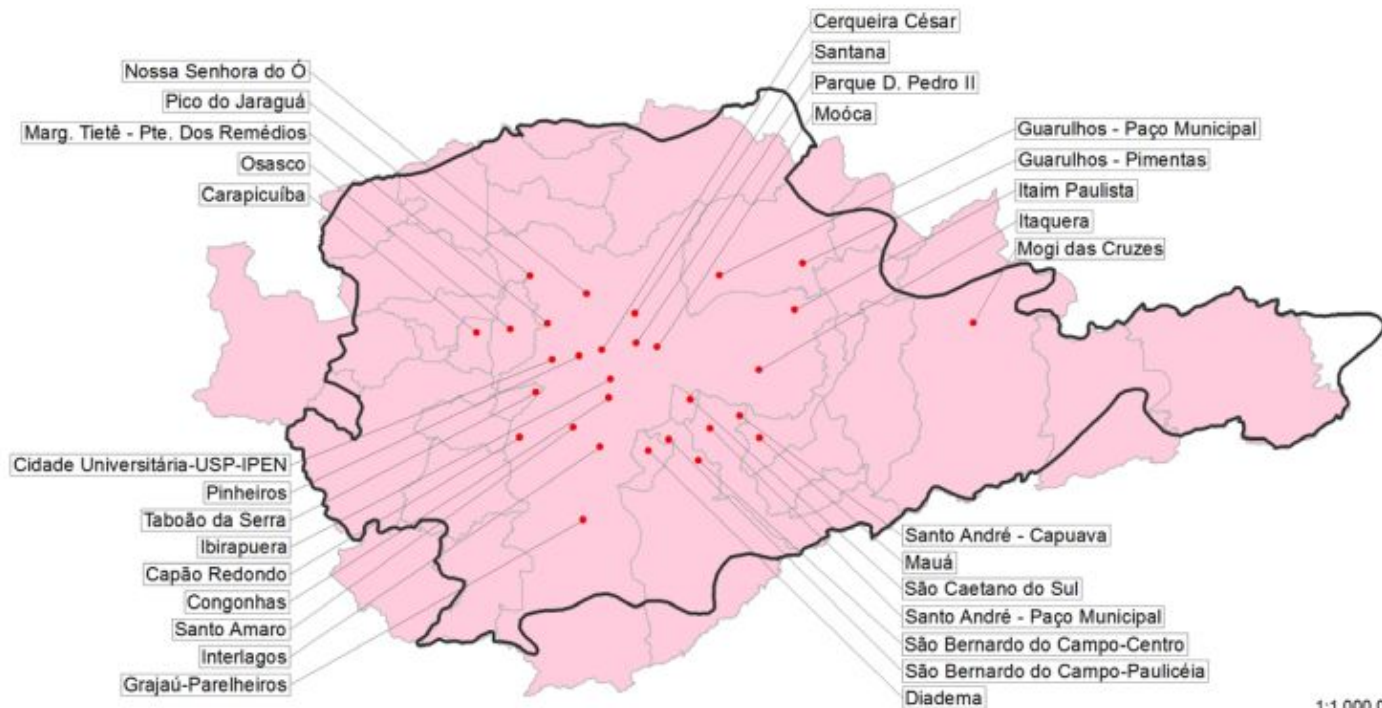


Tabela 11 – Métodos de medição dos parâmetros.

# CETESB

- 61 estações automáticas fixas,
- uma estação automática móvel e
- 27 pontos de monitoramento manual distribuídos no Estado.

REDE	PARÂMETRO	MÉTODO
Rede Automática	partículas inaláveis finas - MP <sub>2,5</sub>	radiação Beta
	partículas inaláveis - MP <sub>10</sub>	radiação Beta
	dióxido de enxofre	fluorescência de pulso (ultravioleta)
	óxidos de nitrogênio	quimiluminescência
	monóxido de carbono	infravermelho não dispersivo (GFC)
	ozônio	ultravioleta
	benzeno/tolueno	cromatografia gasosa / detecção por fotoionização (PID)
	enxofre reduzido total	oxidação térmica - fluorescência de pulso (ultravioleta)
Parâmetros Meteorológicos	direção e velocidade de vento	óptico-mecânico / ultrassônico
	temperatura do ar	temistor resistivo de platina (PT100)
	umidade relativa do ar	elemento capacitivo
	radiação solar global	fotovoltáico
	pressão atmosférica	transdutor de pressão
	radiação UVA	fotovoltáico
Rede Manual	partículas inaláveis finas - MP <sub>2,5</sub>	gravimétrico / impactação virtual (dicotômico)
		gravimétrico / impactação e ciclone
	partículas inaláveis - MP <sub>10</sub>	gravimétrico / amostrador de grandes volumes acoplado a um separador inercial
		gravimétrico / impactação
	partículas totais em suspensão	gravimétrico / amostrador de grandes volumes
	fumaça	refletância
	dióxido de enxofre	cromatografia iônica / amostrador passivo
acetaldeído/formaldeído	cromatografia líquida de alto desempenho/detecção UV-visível	



# Padrões de Qualidade do Ar (PQAr)

## PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR

- Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990 (BRASIL, 1990)
- **padrões primários:** níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos;
- **padrões secundários:** níveis desejados de concentração de poluentes.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m³)	Padrão Secundário (µg/m³)	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	separação inercial/filtração
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	refletância
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	pararosnilina
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	quimiluminescência

Fonte: CETESB (2014a) adaptado da Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990 (BRASIL, 1990)

Nota:

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

2 - Média geométrica anual.

3 - Média aritmética anual.



# Padrões de Qualidade do Ar (PQAr)

## PADRÕES ESTADUAIS DE QUALIDADE DO AR

- O Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013 (SÃO PAULO, 2013), estabelece padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo, tendo por base as diretrizes estabelecidas pela OMS.
- Este Decreto preconiza que a administração da qualidade do ar no território do Estado de São Paulo será efetuada por meio de Padrões de Qualidade do Ar.

# Padrões de Qualidade do Ar (PQAr)

## PADRÕES ESTADUAIS DE QUALIDADE DO AR

- As Metas Intermediárias devem ser atendidas em 3 (três) etapas, assim determinadas:
  - **I. Meta Intermediária Etapa 1 - (MI1)** - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir de 24/04/2013;
  - **II. Meta Intermediária Etapa 2 - (MI2)** - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, reveladas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo CONSEMA;
  - **III. Meta Intermediária Etapa 3 - (MI3)** - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA, a partir do início da sua vigência, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.
  - **IV. Padrões finais - (PF)** - são aplicados sem etapas intermediárias quando não forem estabelecidas metas intermediárias, como no caso do monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo.

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MI 2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MI 3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> )	24 horas	120	100	75	50
	MAA <sup>1</sup>	40	35	30	20
partículas inaláveis finas (MP <sub>2,5</sub> )	24 horas	60	50	37	25
	MAA <sup>1</sup>	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	60	40	30	20
	MAA <sup>1</sup>	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 hora	260	240	220	200
	MAA <sup>1</sup>	60	50	45	40
ozônio (O <sub>3</sub> )	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA <sup>1</sup>	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA <sup>2</sup>	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA <sup>1</sup>	-	-	-	0,5

Fonte: CETESB (2014a) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

Nota: Padrões vigentes em vermelho.

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

\* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

\*\* Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.



- A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência, além dos níveis de concentração excedidos, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

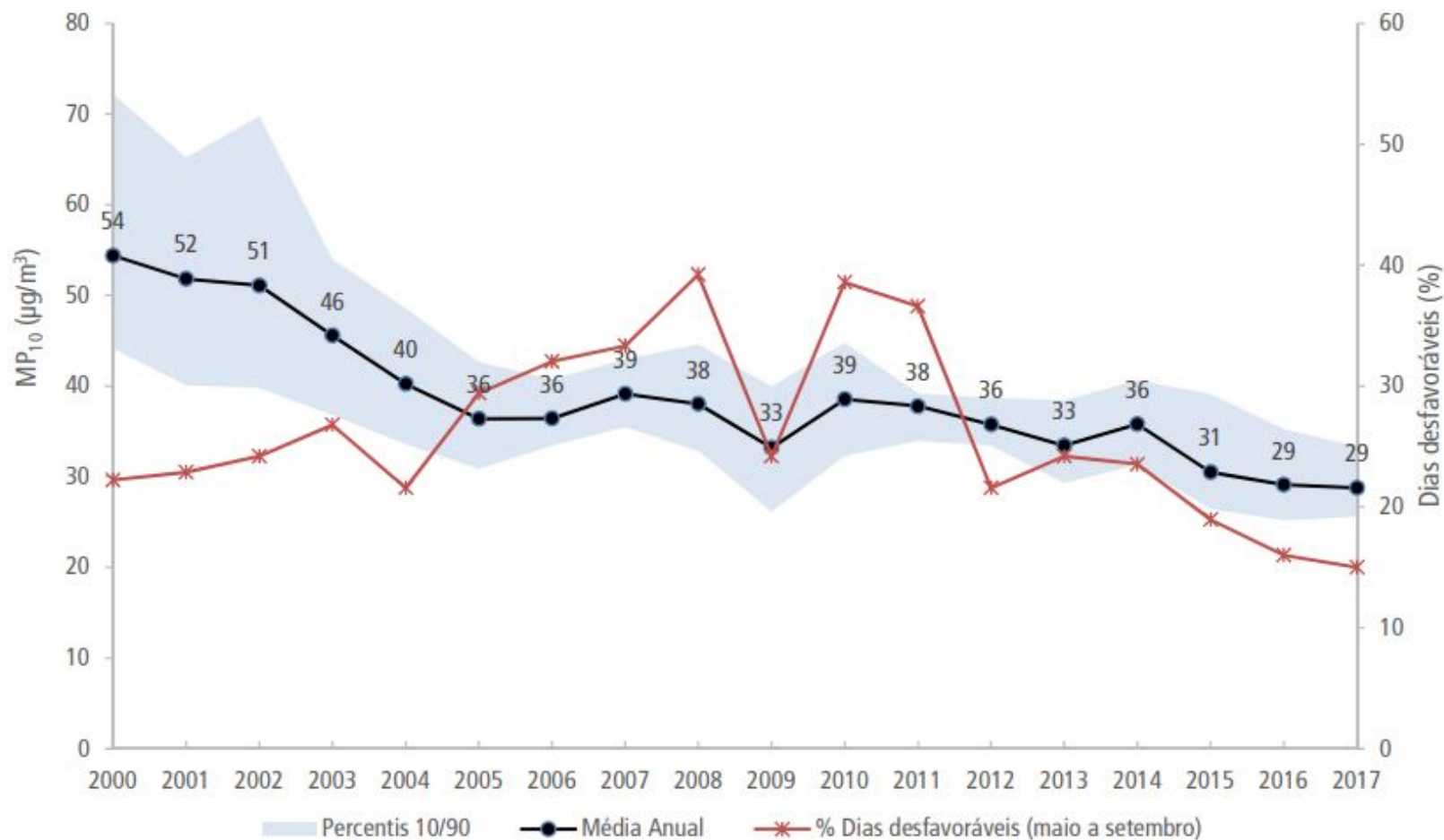
Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas inaláveis finas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h	125	210	250
partículas inaláveis ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 24h	800	1.600	2.100
dióxido de nitrogênio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - 8h	200	400	600

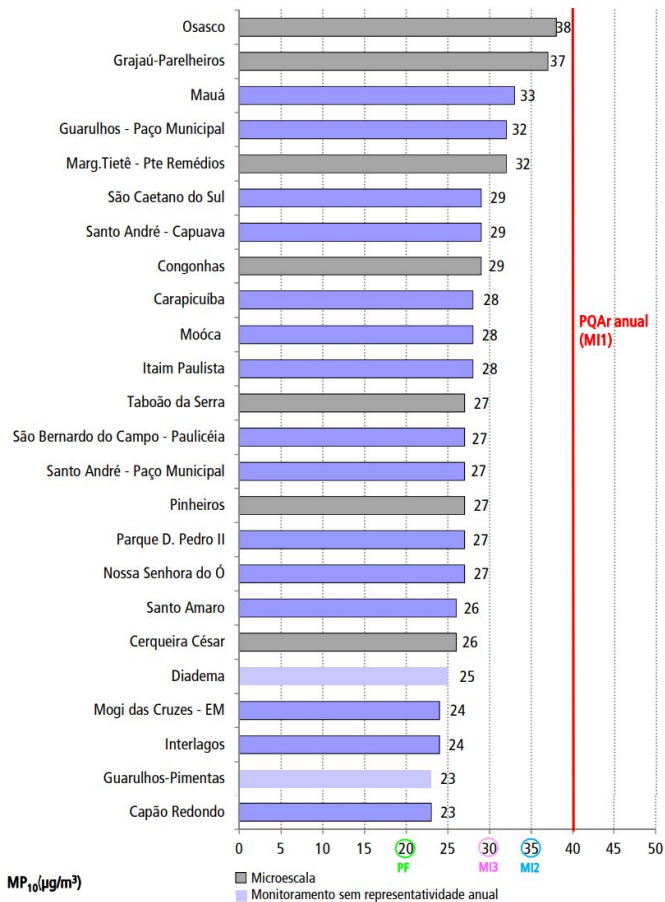
# Condições meteorológicas

---

- 2017: marcado por **meses muito chuvosos e outros secos e quentes** nas regiões do Estado de São Paulo.
- Período de maio a setembro: mais **desfavorável para a dispersão de poluentes**.
- Inverno de 2017: um dos mais favoráveis à dispersão de poluentes dos últimos dez anos, com a ocorrência de **23 dias desfavoráveis**, o que corresponde a 15% dos dias do período.
- Maio, junho e agosto: **ocorrência de chuvas** superiores às respectivas médias climatológicas.
- Dois longos períodos de **estiagem**:
  - meados de junho até a primeira quinzena de agosto, atingindo as regiões Norte, Noroeste, Oeste, Centro e Sudoeste do Estado.
  - fim de agosto até o fim de setembro, atingiu praticamente todo o Estado, resultando também em condições que propiciaram a ocorrência generalizada de focos de queimadas.
- Setembro: episódios de **altas concentrações** de ozônio e de material particulado, além da ocorrência generalizada de focos de queimadas.

**Gráfico 10 – MP<sub>10</sub> – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP**





Fonte: CETESB (2018)

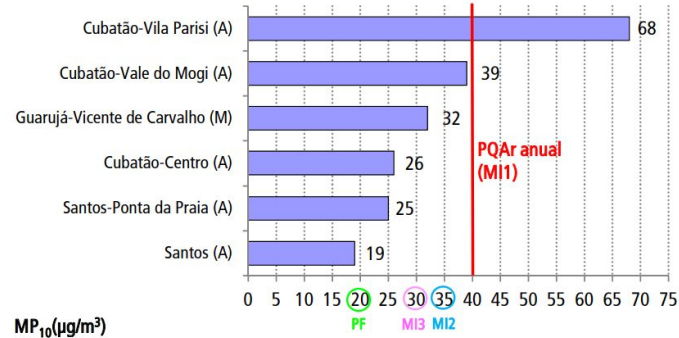
Nota:

MI1 = PQA; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59

Período de monitoramento: Diadema – de 01/01 a 13/08; Guarulhos-Pimentas – de 01/01 a 26/04.

# Partículas Inaláveis (PM<sub>10</sub>)

Gráfico 14 – MP<sub>10</sub> – Concentrações médias anuais – Baixada Santista – 2017

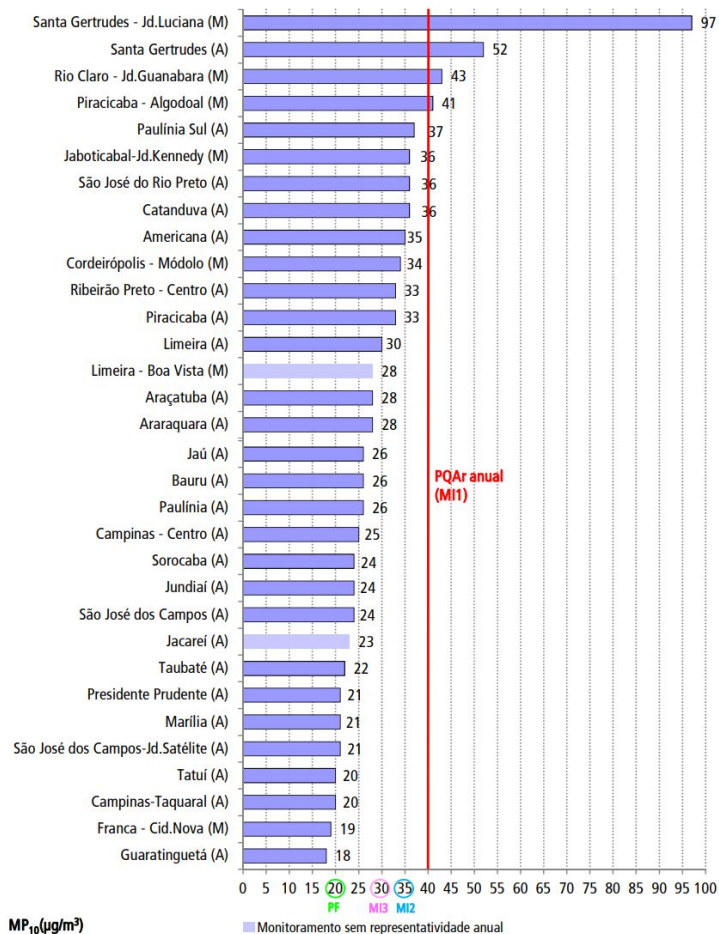


Fonte: CETESB (2018)

Nota:

MI1 = PQA; MI2 e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

- RMSP:; houve uma única ultrapassagem do padrão diário de qualidade do ar ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na estação Grajaú-Parelheiros.
- Baixada Santista: houve uma única ultrapassagem em Cubatão-Vale do Mogi e 36 vezes em Cubatão-Vila Parisi.
- O padrão anual ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) foi ultrapassado em Cubatão-Vila Parisi.

MP<sub>10</sub> (µg/m³)

Fonte: CETESB (2018)

# Partículas Inaláveis (PM<sub>10</sub>)

- O padrão anual (40 µg/m³) foi ultrapassado em Piracicaba-Algodão, Rio Claro-Jd. Guanabara, Santa Gertrudes e Santa Gertrudes-Jardim Luciana.
- Na maioria das estações da RMSP, Baixada Santista e interior do Estado, as concentrações médias anuais de PM<sub>10</sub> tiveram pequena redução ou se mantiveram em níveis semelhantes a 2016, com exceção das estações Catanduva, Jaboticabal-Jd. Kennedy, Marília, Piracicaba-Algodão, Santa Gertrudes, Santa Gertrudes-Jd. Luciana e São José do Rio Preto.
- As ocorrências de concentrações elevadas de material particulado estiveram associadas, principalmente, aos eventos de estiagem observados nos meses de julho, agosto e setembro em todo o Estado.

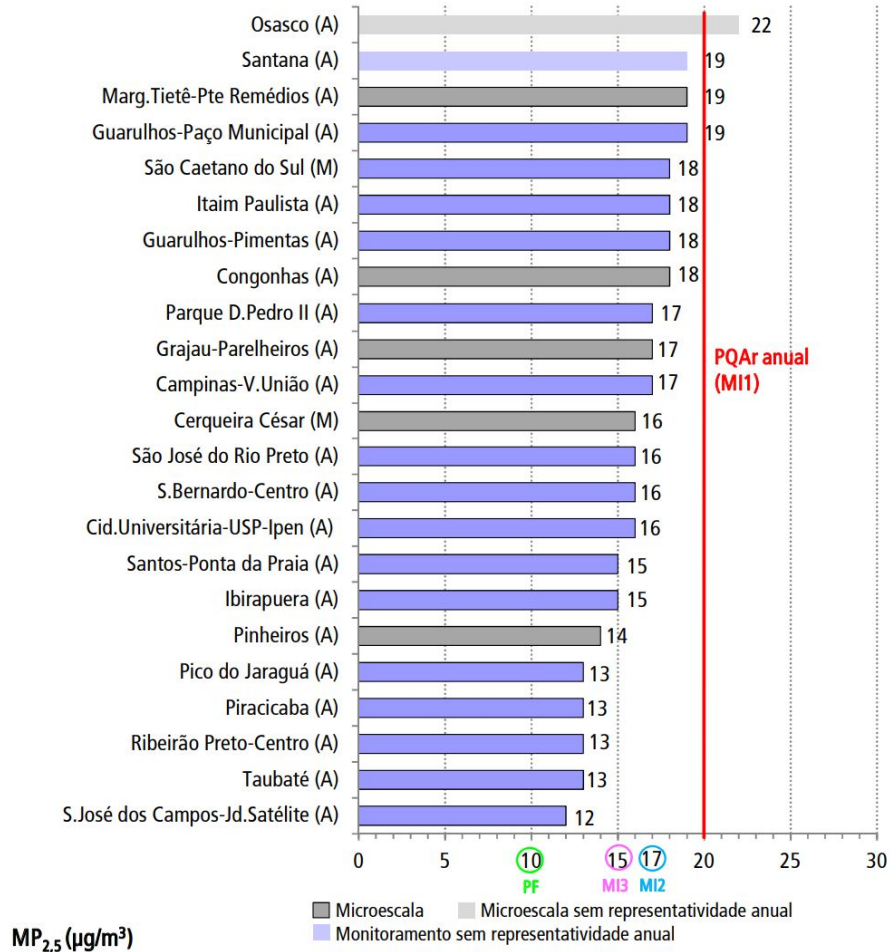


# Partículas Inaláveis Finas (PM<sub>2.5</sub>)

- Na RMSP houve uma única ultrapassagem do padrão diário de 60 µg/m<sup>3</sup> na estação Itaim Paulista e, no interior, uma única ultrapassagem na estação Ribeirão Preto-Centro.
- Nas demais estações da Baixada Santista e do interior do Estado não houve ultrapassagem do padrão diário.
- Não houve ultrapassagem do padrão anual (20 µg/m<sup>3</sup>) em nenhuma das estações com representatividade anual dos dados.
- Na maioria das estações que medem este poluente, em 2017 houve redução das concentrações médias ou os valores se mantiveram próximos em relação ao ano anterior, comportamento semelhante ao observado para MP10.
- O Gráfico 23 apresenta as concentrações máximas diárias de partículas inaláveis finas registradas em 2017 nas estações manuais e automáticas do Estado.
- Na RMSP houve uma única ultrapassagem do padrão diário de 60 µg/m<sup>3</sup>, na estação Itaim Paulista; e no interior, houve uma única ultrapassagem na estação Ribeirão Preto-Centro.
- Nas demais estações, incluindo as da RMSP, da Baixada Santista e do interior do Estado não houve ultrapassagem do padrão diário.

# PM<sub>2.5</sub>

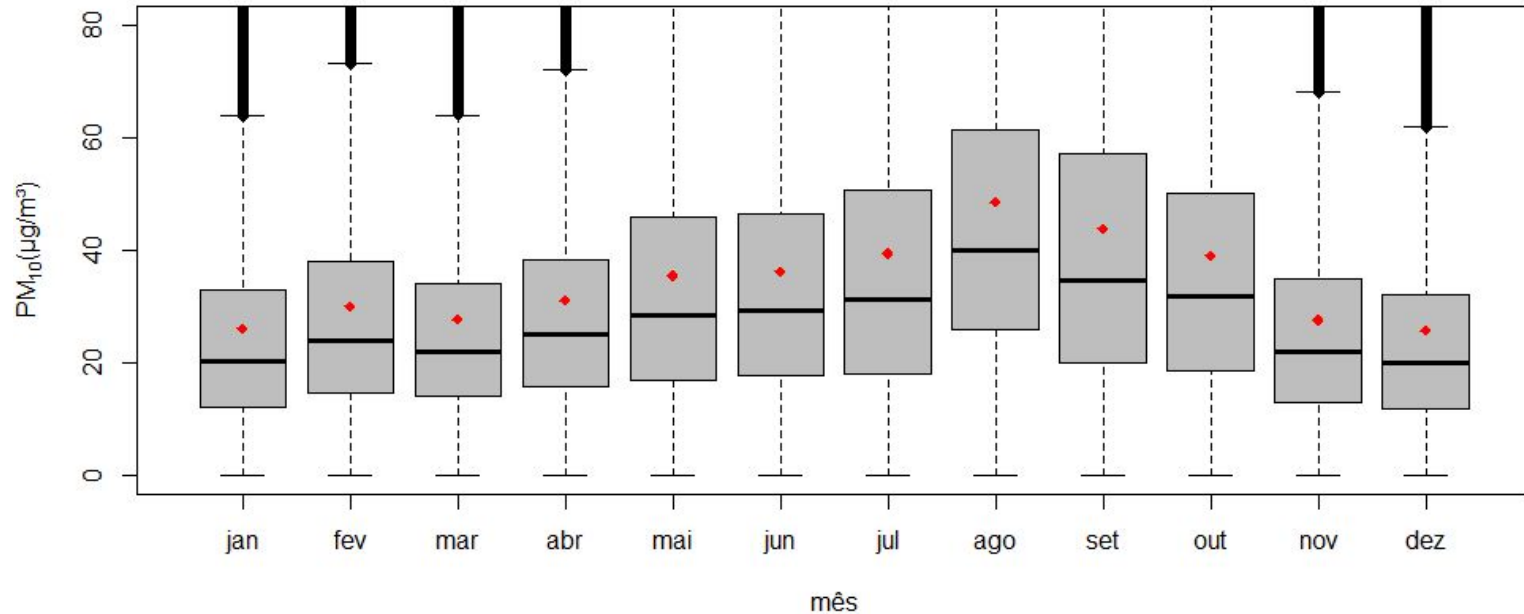
- Não houve ultrapassagem do padrão anual de 20 µg/m<sup>3</sup> em nenhuma das estações com representatividade anual dos dados;
- Observa-se que em nenhuma estação o Padrão Final, que é a última etapa do Decreto Estadual nº 59.113/2013, foi atendido;
- 8 locais respeitaram a Meta Intermediária 3 (MI3) e outras 7 estações atenderam a Meta Intermediária 2 (MI2);
- As outras 6 estações restantes em que o monitoramento teve representatividade anual, observa-se que a Meta Intermediária 1 (MI1), que corresponde ao padrão vigente, não foi excedida.

MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



# PM<sub>10</sub> - Médias mensais - 01/2012 - 01/2016

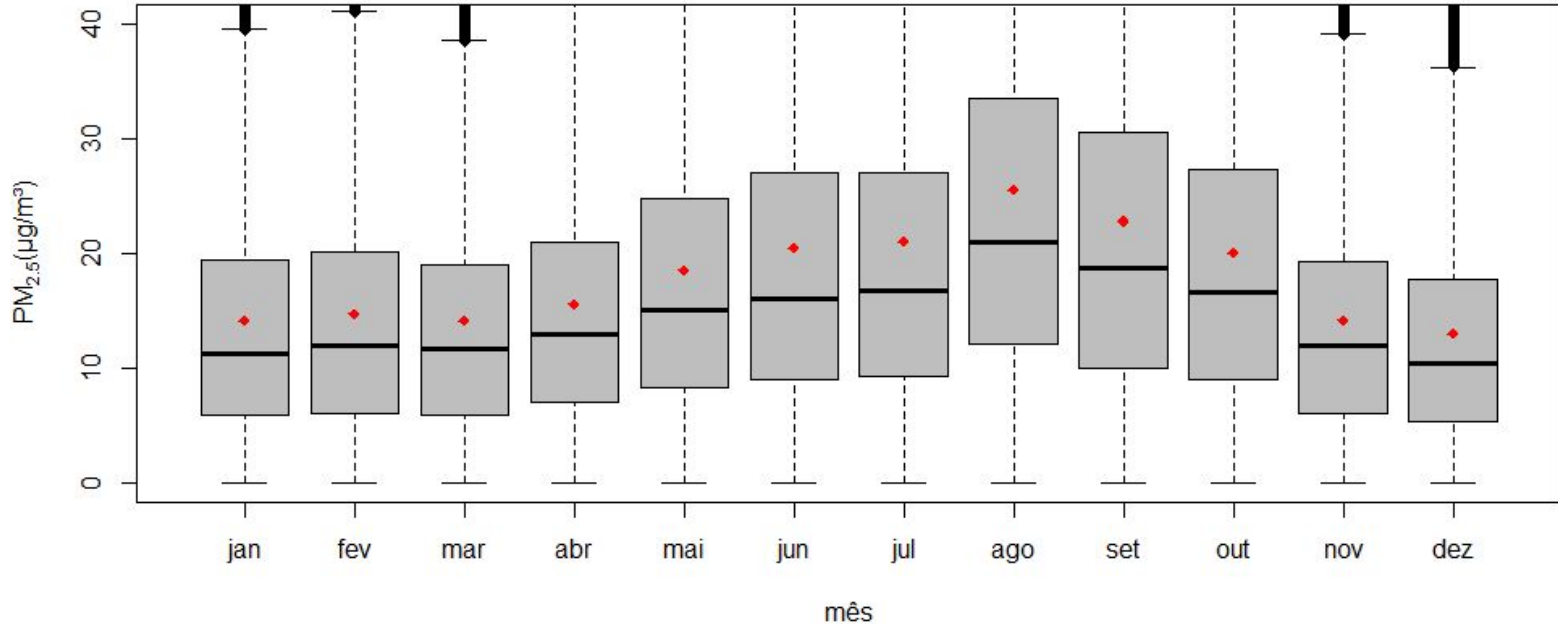
## Todas as estações





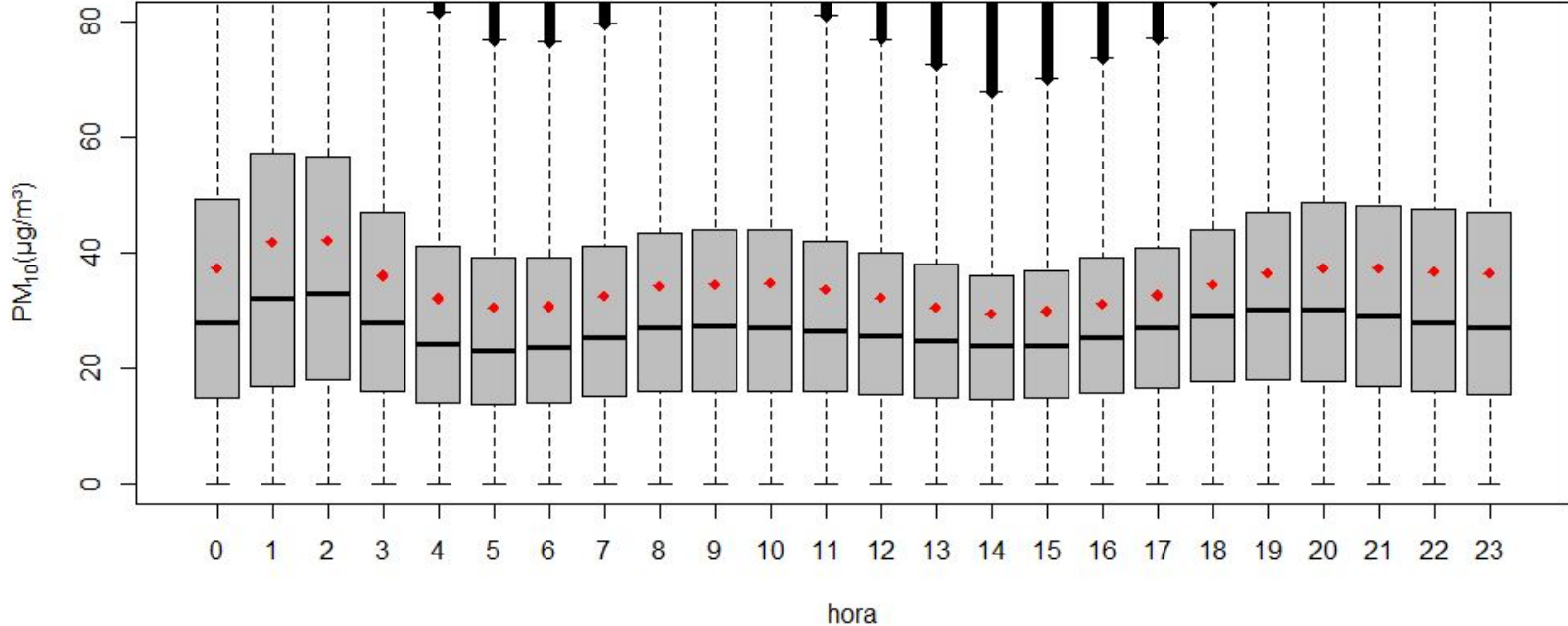
# PM<sub>2,5</sub> - Médias mensais - 01/2012 - 01/2016

## Todas as estações



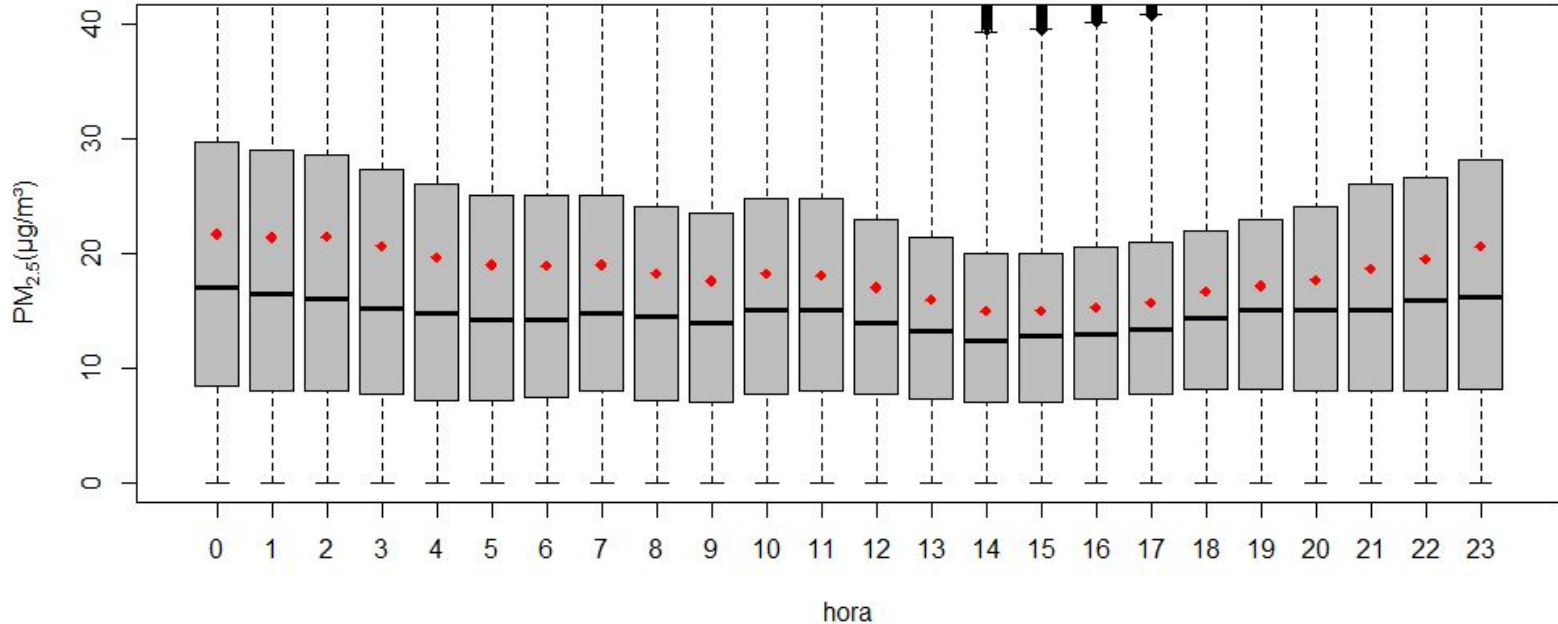
# PM<sub>10</sub> - Médias horárias - 01/2012 - 01/2016

## Todas as estações



# PM<sub>2,5</sub> - Médias horárias - 01/2012 - 01/2016

## Todas as estações



# Índice de Qualidade do Ar

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

where:

$I$  = the (Air Quality) index,

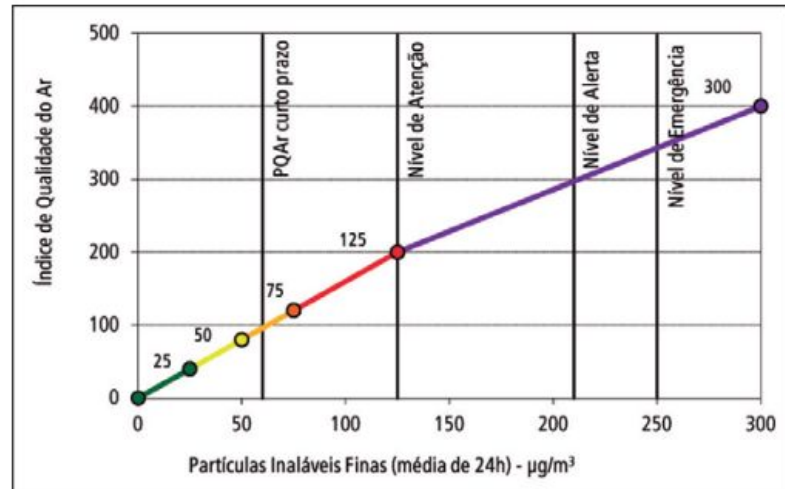
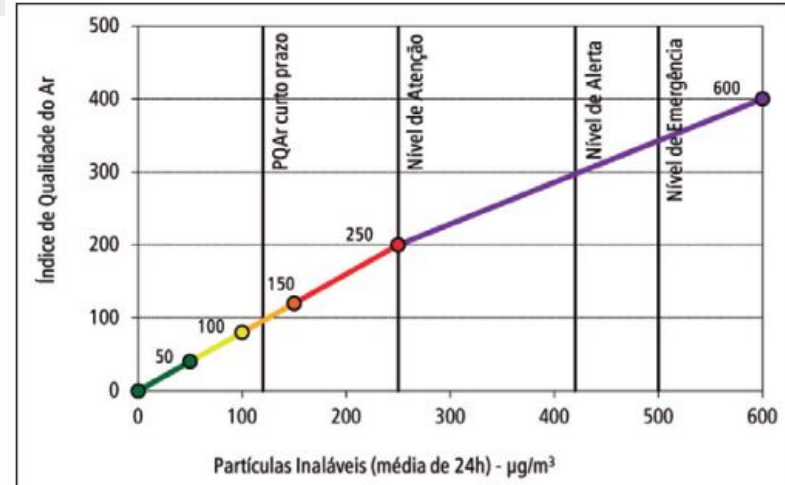
$C$  = the pollutant concentration,

$C_{low}$  = the concentration breakpoint that is  $\leq C$ ,

$C_{high}$  = the concentration breakpoint that is  $\geq C$ ,

$I_{low}$  = the index breakpoint corresponding to  $C_{low}$ ,

$I_{high}$  = the index breakpoint corresponding to  $C_{high}$ .





# Índice

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 8h	CO (ppm) 8h	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1h	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	Fumaça (µg/m <sup>3</sup> ) 24h	Significado
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20	0 - 50	
N2 - MODERADA	41-80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40	>50 - 100	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	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365	>100 - 150	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	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13-15	>320 - 1130	>365 - 800	>150 - 250	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	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.



# Referências

- Carmichael, 2008. Air Pollution Meteorology.  
[http://www.tropmet.res.in/~gurme/Dec%2008%20-%2004%20-%20Carmichael%20-%20Meteorological%20Aspects%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://www.tropmet.res.in/~gurme/Dec%2008%20-%2004%20-%20Carmichael%20-%20Meteorological%20Aspects%20[Compatibility%20Mode].pdf)
- Ahrens, C. D. (2012). Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment. Cengage Learning.
- CPTEC. Análise Sinótica. <https://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/129851>
- CETESB. Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.  
<http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2018/05/relatorio-qualidade-ar-2017.pdf>