

Aula 8 – Meio Atmosférico I

Conceitos básicos, poluentes atmosféricos, poluição do ar e medidas de controle.

Poluição Atmosférica

- A **poluição atmosférica** refere-se a mudanças da atmosfera suscetíveis de causar impacto a nível ambiental ou de saúde humana, através da contaminação por gases, partículas sólidas, líquidas em suspensão, material biológico ou energia

Poluição atmosférica

- **Definição:** Poluição atmosférica significa uma introdução antropogénica, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia para o ar, resultando em efeitos prejudiciais de modo a pôr em perigo a saúde humana, danos nos recursos vivos e nos ecossistemas assim como nos bens materiais, pôr em risco ou prejudicar os valores estéticos e as outras legítimas utilizações do ambiente.

Características Importantes da Atmosfera

- Espessura de 950 km;
 - Cientistas de canadenses avaliaram em 118 km.
- Mantém o oxigênio que é vital para a existência de vida;
- Participa nos processos de troca térmica entre o planeta e o espaço;
- Mantém a temperatura do planeta praticamente constante (15,5 °C);
- Bloqueia a radiação proveniente do espaço.

Prof. Mierzwa

Classificação dos Poluentes

- **Poluentes Primários:**
 - São as substâncias lançadas diretamente na atmosfera:
 - CO; NO_x; SO₂; Hidrocarbonetos e material particulado;
- **Poluentes Secundários:**
 - São formados na atmosfera em decorrência da reação entre as substâncias presentes na atmosfera em condições adequadas;
 - SO₃ (reação entre SO₂ e O₂)
 - Ácido Sulfúrico (reação entre o SO₃ e vapor d'água);
 - Ozônio (reação entre óxidos de nitrogênio e oxigênio na presença de luz solar);
- **Ruído e calor também são considerados poluentes.**

Prof. Mierzwa

Principais Poluentes Atmosféricos e Origem

Poluente	Origem
CO	Processos de combustão incompleta.
SO _x	Queima de combustíveis que contenham enxofre em sua composição e processos biogênicos naturais.
NO _x	Processos de combustão em geral, descargas elétricas na atmosfera e processos biogênicos.
Hidrocarbonetos	Queima incompleta de combustíveis e evaporação de combustíveis e solventes orgânicos.
Oxidantes Fotoquímicos	Gerados a partir de poluentes lançados na atmosfera (NO _x , Hidrocarbonetos), que reagem entre si, na presença de radiação solar.
Material Particulado	Dispersão de poeira, fuligem, gotículas de óleo, e pólen.
Metais	Processos siderúrgicos, mineração e queima de carvão.

Prof. Mierzwa

Principais Poluentes Atmosféricos e Origem (cont)

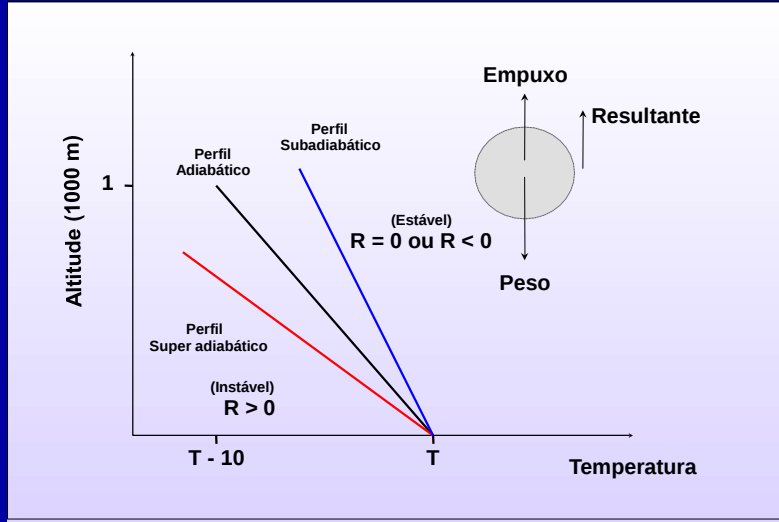
Poluente	Origem
Asbestos	Mineração e processamento do amianto.
Ácido Fluorídrico (HF)	Produção de alumínio e fertilizantes, refinarias de petróleo, indústria de flúor gasoso e ácido fluorídrico.
Amônia	Fabricação de amônia e fertilizantes e processo biogênicos.
Gás Sulfídrico	Refinarias de petróleo, indústria de celulose e papel e processos biogênicos (anaeróbios).
Pesticidas e Herbicidas	Indústrias e aplicação no campo.
Substâncias Radioativas	Explosões nucleares, usinas nucleares, depósitos naturais e queima de carvão.
Calor	Processos de combustão, pela emissão de gases com temperatura elevada.
Ruído	Fontes diversas (Tráfego de veículos, indústrias, etc)

Prof. Mierzwa

Dispersão dos Poluentes

- Processo pelo qual a concentração dos poluentes varia após o seu lançamento na atmosfera;
- A massa de poluentes lançada na atmosfera pode ser imaginada como sendo um balão de ar quente;
- Caso este balão seja lançado na atmosfera **e não ocorra troca de calor (sistema adiabático)**, a temperatura do gás contido no mesmo irá diminuir;
- Nesta condição, a variação de temperatura será de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para cada 100 m de elevação;
- Este perfil de variação de temperatura é conhecido como adiabático seco, sendo utilizado como referência para a dispersão;

Prof. Mierzwa



Dispersão Vertical dos Poluentes

Prof. Mierzwa



Efeitos da Estabilidade do Ar na Dispersão de Poluentes

Prof. Mierzwa



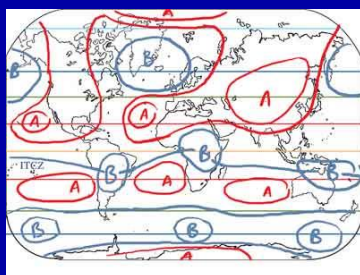
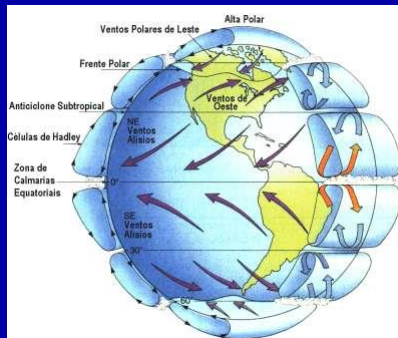
Efeitos da Estabilidade do Ar na Dispersão de Poluentes

Prof. Mierzwa

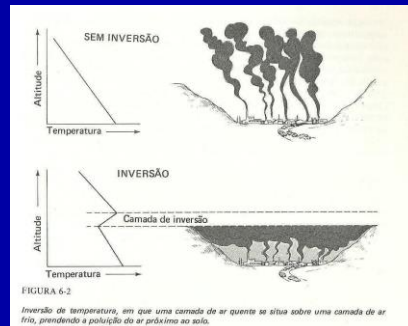
Inversão Térmica

- É um fenômeno natural que pode afetar de forma negativa as condições de dispersão de poluentes;
- Implica na mudança da tendência de variação da temperatura da atmosfera com a altitude;
- Pode ser devida a três fatores distintos:
 - Subsistência de camadas de ar mais quente;
 - Resfriamento rápido da superfície do Planeta;
 - Fluxos de massa de ar próximos à encostas.

INVERSÃO POR SUBSIDÊNCIA

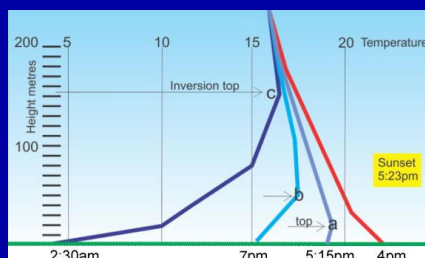
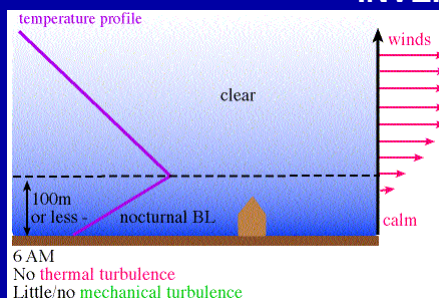


- forma centros de alta pressão
- ocorre a 1000m de altitude



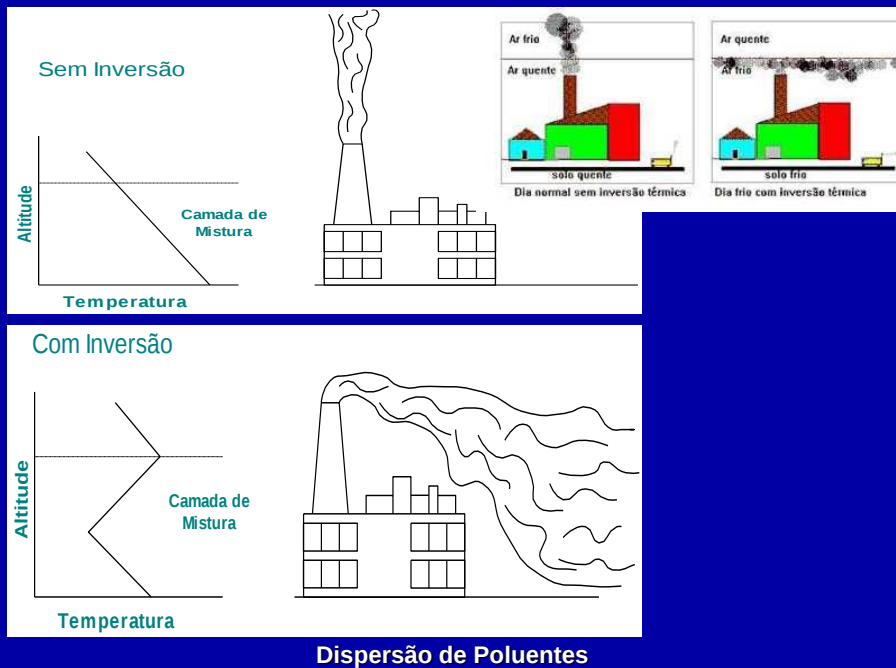
Prof. Mierzwa

INVERSÃO POR RADIAÇÃO



- curta duração
- ocorre a 100m de altitude
- usada para definir alturas de chaminés

Prof. Mierzwa

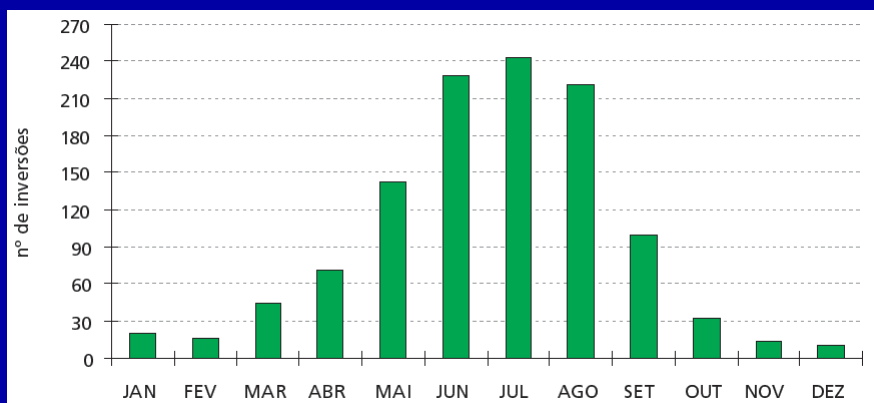


Inversão Térmica no Rio de Janeiro

Prof. Mierzwa

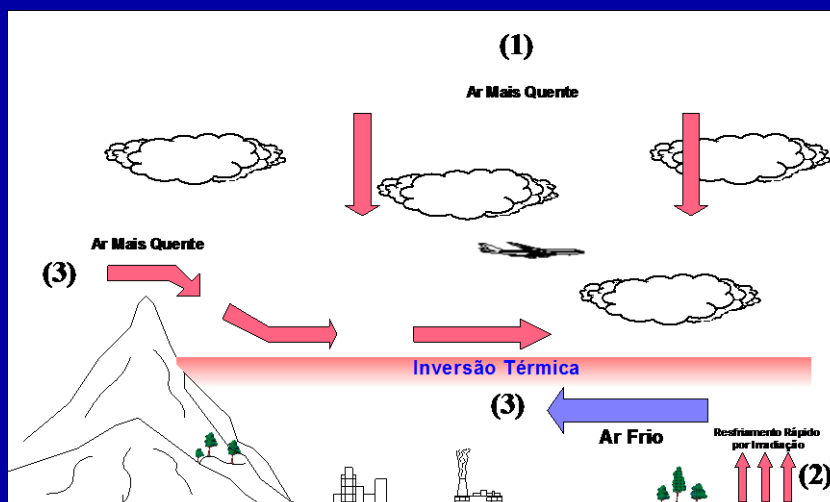


POLUIÇÃO DO AR EM SÃO PAULO



Número de inversões térmicas, abaixo de 200 m, na RMSP de 1985 a 2007)

OUTRAS FORMAS DE INVERSÃO: EM CUNHA



Outros Processos de Inversão Térmica



Inversão Térmica na Cidade do México

Padrões de Qualidade do Ar

- Riscos potenciais associados aos poluentes atmosféricos;
- Problemas de poluição do ar nos grandes pólos industriais e áreas urbanas;
- Necessidade de mecanismos para proteção dos seres humanos;
- Estabelecimento de normas para o controle da poluição.

Prof. Mierzwa

Normas para o Controle da Poluição Atmosférica

- Visam disciplinar a emissão de poluentes para a atmosfera;
- As primeiras iniciativas tiveram como meta o controle da poluição causada pelas indústrias;
- As normas foram aprimoradas e passaram a considerar a poluição causada por veículos automotores.

Prof. Mierzwa

Normas para o Controle da Poluição Atmosférica

- Normas brasileiras de controle de poluição do ar seguem as americanas;
- Nestas normas são estabelecidos padrões de qualidade para o ar visando:
 - Proteger os grupos mais sensíveis;
 - Garantir o bem estar da população em geral e a qualidade do meio ambiente.

Prof. Mierzwa

Normas de Controle da Poluição do Ar

- Federal:
 - Resolução CONAMA nº 18, 06/05/1986:
 - Institui o Programa de Controle de Poluição por Veículos Automotores – PROCONVE.
 - Resolução CONAMA nº 03, 28/06/1990:
 - Estabelece os Padrões de Qualidade do Ar.
 - Resolução CONAMA nº 08, 06/12/1990:
 - Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes novas fixas.

Prof. Mierzwa

Normas de Controle da Poluição do Ar

- Estadual
 - Lei nº 997, de 31/05/1976, regulamentada pelo decreto nº 8.468, que dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente.
 - Título III – Da Poluição do Ar.

Prof. Mierzwa

Padrões de Qualidade do Ar

- Pela Resolução CONAMA nº 03 são estabelecidos padrões primários e secundários de qualidade do ar;
 - Padrões Primários – referem-se às concentrações de poluentes que, ultrapassados, poderão afetar a saúde da população.
 - Padrões Secundários – são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, fauna, flora, materiais e meio ambiente em geral.

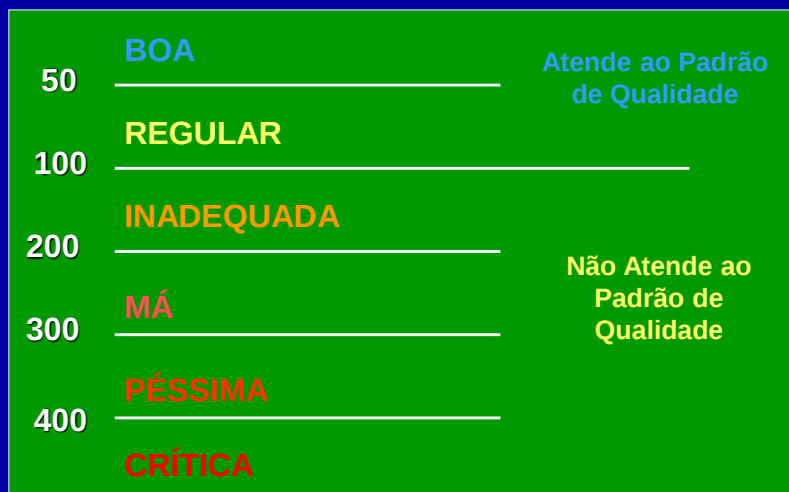
Prof. Mierzwa

Padrões de Qualidade

Poluente	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão	80 (anual) 240 (24 h)	60 (anual) 150 (24 h)
Fumaça	60 (anual) 150 (24 horas)	40 (anual) 100 (24 horas)
Partículas Inaláveis	50 (anual) 150 (24 horas)	
Dióxido de Enxofre	80 (anual) 365 (24 horas)	40 (anual) 100 (24 horas)
Monóxido de Carbono	10.000 (8 horas) 40.000 (1 hora)	
Ozônio	160 (1 hora)	
Dióxido de Nitrogênio	100 (anual) 320 (1 hora)	100 (anual) 190 (1 hora)

Prof. Mierzwa

Índice de Qualidade do Ar



Prof. Mierzwa

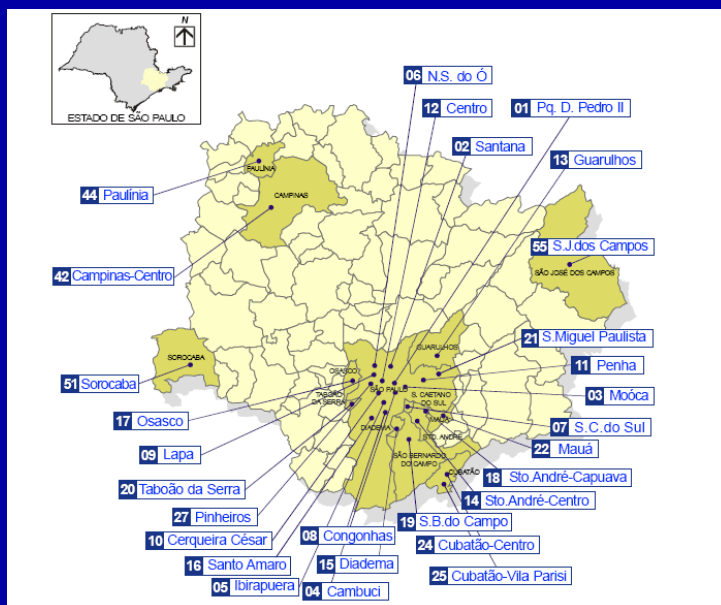
Significado do Índice de Qualidade do Ar

- Utilizado para relacionar as condições de qualidade do ar com os possíveis efeitos sobre a saúde humana e medidas de controle;
- Baseado no indicador americano (Pollutant Standard Index – PSI);
- Relaciona a concentração do poluente na atmosfera e o seu padrão primário de qualidade.

Prof. Mierzwa

Tabela do Índice de Qualidade do Ar da CETESB

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m³)	O ₃ (µg/m³)	CO (ppm)	NO _x (µg/m³)	SO ₂ (µg/m³)	Fumaça (µg/m³)	PTS (µg/m³)	Significado
Boa	0-50	0-50	0-80	0 - 4,5	0-100	0-80	0-60	0-80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51-100	>50-150	>80-160	>4,5 - 9	>100 - 320	>80- 365	>60-150	>80 - 240	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.
Inadequada	101-199	>150 e <250	>160 e <200	>9 e <15	>320 e <1130	>365 e <800	>150 e <250	>240 e <375	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.
Má	200-299	≥250 e <420	≥200 e <800	≥15 e <30	≥1130 e <2260	≥800 e <1600	≥250 e <420	≥375 e <625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares)
Péssima	≥ 300	≥420	≥800	≥30	≥2260	≥1600	≥420	≥625	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.



Localização das Estações da Rede Automática

Prof. Mierzwa



Prof. Mierzwa

Causas da Poluição Atmosférica

- Naturais
 - Erupções vulcânicas;
 - Descargas elétricas na atmosfera;
 - Processos biogênicos;
 - Dispersão de pólen;
 - Incêndios;
- Não Naturais
 - Causadas pelo Homem.

Prof. Mierzwa



**Emissão de Gases do
Vulcão Kilauea (Havaí)**

**Erupção Vulcânica em
Papua Nova Guiné**



Prof. Mierzwa



**Emissão Veicular em
Áreas Urbanizadas**

**Processos de
Incineração**



Prof. Mierzwa

Fontes de Poluição

- Fontes Fixas ou Estacionárias:
 - Indústrias (Celulose e papel, petroquímica, fundição de ferro e aço, química, etc);
 - Qualquer estabelecimento onde ocorra a queima de combustíveis fósseis.
- Fontes Móveis ou Difusas:
 - Automóveis;
 - Queimadas;
 - Incêndios;
 - Utilização de tintas, solventes ou outros produtos químicos disponíveis no mercado.

Prof. Mierzwa

Efeitos ou Escala da Poluição Atmosférica

- Os efeitos da poluição podem ser:
 - Locais:
 - Os problemas de poluição limitam-se a uma região muito pequena, nas proximidades da fonte ou na cidade.
 - Globais:
 - Podem envolver regiões bastante extensas, como várias cidades, estados e até países;
 - Em um sentido mais amplo, os problemas globais de poluição afetam toda a ecosfera.

Prof. Mierzwa

Efeitos Locais da Poluição

- Efeitos sobre o Homem:
 - Problemas de saúde, principalmente doenças respiratórias;
 - Plantas e animais dos quais ele depende são afetados.
- Efeitos sobre o meio ambiente:
 - Fauna → atinge os animais da mesma forma que atinge o Homem;
 - Flora → a absorção de poluentes pode resultar em desfolhamento e morte;
 - Materiais → problemas estruturais ou estéticos em edificações, monumentos culturais e automóveis;
 - Atmosfera → diminuição da visibilidade.

Prof. Mierzwa

Efeitos dos Poluentes Atmosféricos sobre a Saúde Humana

Poluente	Efeito da Exposição
CO ₂	Dores de cabeça, tonturas, agitação, transpiração, dispnéia, sensação de desconforto.
CO	Dores de cabeça, náusea, fraqueza, tontura e alucinações, exposições prolongadas podem resultar em morte.
SO ₂	Irritação das mucosas dos olhos, nariz e garganta, coriza, tosse e brônquio constrição.
NO ₂	Irritação das mucosas dos olhos, nariz e garganta, dispnéia, edema pulmonar, diminuição da funções pulmonares, bronquite crônica, dores no peito e taquicardia.
O ₃	Irritação das mucosas dos olhos, nariz e garganta, edema pulmonar doenças crônicas do sistema respiratório.

Fonte: U.S. Department of Health and Human Services, Pocket guide to chemical hazards. NIOSH, 1994.

Prof. Mierzwa



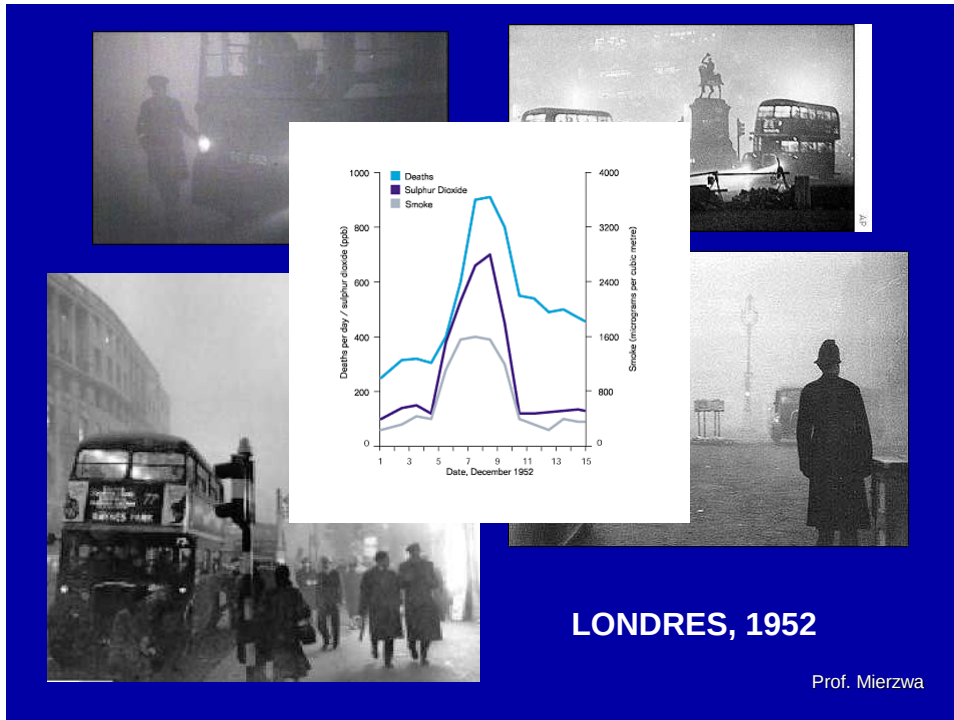
Smog Industrial

Prof. Mierzwa

Smog Industrial

- Regiões frias e úmidas;
- Ocorrência no inverno;
- Resulta da queima de carvão e óleo combustível;
- Regiões industrializadas ou nas proximidades de usinas termelétricas;
- Principais componentes são o SO_2 e Material particulado;

Prof. Mierzwa



Smog Fotoquímico

- Típico de cidades ensolaradas, quentes e de clima seco;
- Ocorre devido aos veículos automotores que emitem:
 - Hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono.
- Na presença de luz solar dão origem a novos poluentes:
 - Ozônio e Peroxiacetil nitrato (PAN).

Prof. Mierzwa



MEXICO CITY



LOS ANGELES



Prof. Mierzwa



PEQUIM

Prof. Mierzwa



SANTIAGO

Prof. Mierzwa



SÃO PAULO



Prof. Mierzwa

Controle da Poluição do Ar

- Medidas Preventivas
 - Melhora da qualidade dos combustíveis;
 - Uso de combustíveis com baixo teor de enxofre;
 - Substituição de combustíveis fósseis por fontes alternativas;
 - Manter programas de avaliação dos sistemas de combustão;
 - Manter programas de manutenção preventiva nos sistemas relacionados à combustão.

Prof. Mierzwa

Controle da Poluição do Ar

- Medidas corretivas ou de controle:
 - Utilização de sistemas ou dispositivos que visam remover ou reduzir a quantidade de poluentes das correntes gasosas lançadas na atmosfera;
 - Filtração;
 - Separação;
 - Remoção de gases ácidos;
 - Controle de NOx;
 - Uso de catalisadores;

Prof. Mierzwa

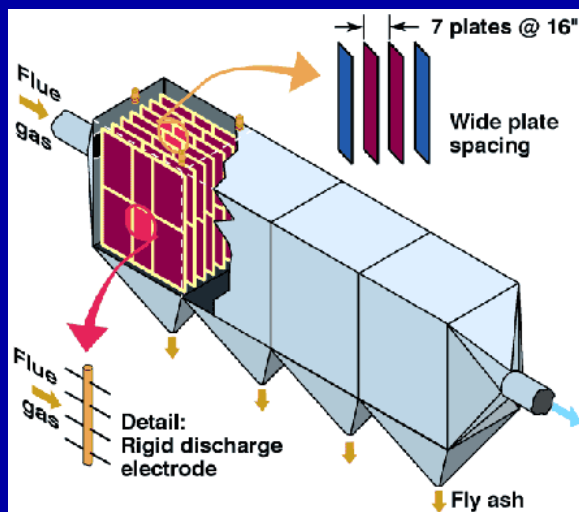
Poluição Industrial

Prof. Mierzwa



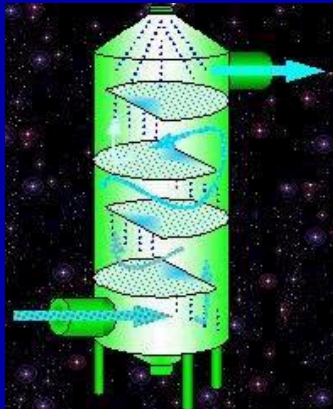
Filtro de Manga Pulsado

Prof. Mierzwa



Precipitador Eletrostático

Prof. Mierzwa



LAVADOR DE GASES

Prof. Mierzwa



COLETOR CICLÔNICO

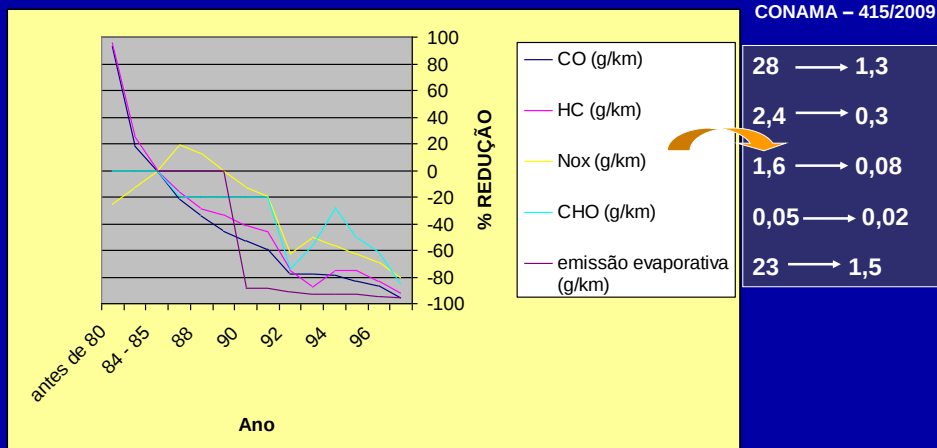
Prof. Mierzwa

Poluição Veicular

Prof. Mierzwa

Medidas Preventivas

• Iniciativas do PROCONVE



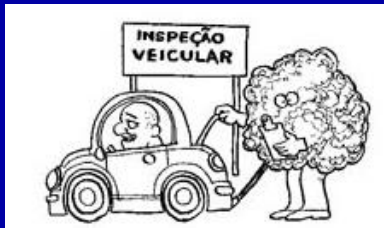
Redução de poluentes tendo como referência valores de 1985 (ano de início de atuação do PROCONVE)

Prof. Mierzwa

Normas para o Controle da Poluição Atmosférica

- Visam disciplinar a emissão de poluentes para a atmosfera;
- As primeiras iniciativas tiveram como meta o controle da poluição causada pelas indústrias;
- As normas foram aprimoradas e passaram a considerar a poluição causada por veículos automotores.

Prof. Mierzwa



Prof. Mierzwa

Alguns itens de manutenção podem reprovar ou rejeitar o veículo movido a álcool, gasolina ou Flex.

- a-) Em uma análise visual com relação à cor, combustível e categoria, o veículo é compatível com o que está cadastrado no DETRAN;
- b-) O funcionamento do motor está regular;
- c-) Não há emissão de fumaça visível (exceto vapor d água);
- d-) Não apresenta vazamentos de óleo, água ou qualquer outro líquido;
- e-) O sistema de escapamento não apresenta alteração, como: corrosão excessiva, furos ou falta de algum componente;
- f-) Os componentes e sistemas originais de controle e/ou redução de emissões de gases e evaporativas estão preservados;
- g-) Os níveis de óleo lubrificante e da água estão adequados;
- h-) A rotação de marcha lenta está em conformidade com as especificações do fabricante.

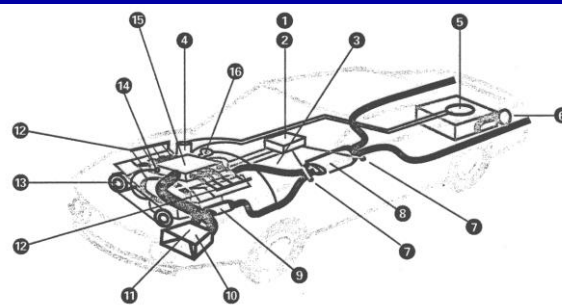
Prof. Mierzwa

LIMITES DAS EMISSÕES PARA VEÍCULOS PESADOS A DIESEL (g/kW.h)								
PROCONVE	EURO	CO	HC	NOx	MP	Vigência	NORMA (Conama)	Teor de Enxofre
Fase I (P1)	Sem espec.	14,00*	3,50*	18,00*	-	1989 a 1993	Res.18/86	-
Fase II (P2)	Euro 0	11,20	2,45	14,40	0,60*	1994 a 1995	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase III (P3)	Euro 1	4,90	1,23	9,00	0,40 ou 0,70 ⁽¹⁾	1996 a 1999	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase IV (P4)	Euro 2	4,00	1,10	7,00	0,15	2000 a 2005	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase V (P5)	Euro 3	2,10	0,66	5,00	0,10 ou 0,13 ⁽²⁾	2006 a 2008	Res. 315/02	500 a 2.000 ppm
Fase VI (P6)	Euro 4	1,50	0,46	3,50	0,02	2009 a 2012 ⁽³⁾	Res. 315/02	50 ppm
Fase VII (P7)	Euro 5	1,50	0,46	2,00	0,02	a partir de 2012	Res. 403/08	10 ppm

Fonte:
<http://www.cntdespoluir.org.br/Downloads/A%20Fase%20P7%20do%20Proconve%20e%20os%20seus%20impactos%20no%20Setor%20de%20Transporte.pdf>

Prof. Mierzwa

Melhorias nos Veículos Automotores



- | | |
|---|---|
| 1 Engine Control Module, ECM. The on-board computer that controls all electronic engine management (fuel injection and ignition) systems. First used in 1968. | 7 O ₂ sensor. First used in 1977. |
| 2 On-Board Diagnostic (OBD) System. Monitors engine and emission control system for malfunctions. OBD I was first used in 1988 and OBD II 1994. | 8 Catalytic Converter, first used in 1975. |
| 3 Check engine light. Alerts driver to emission system or engine malfunction. | 9 Location of close-coupled catalytic converter. |
| 4 Charcoal Canister, Fuel Evaporative Loss System. First used in 1970. | 10 Thermostatic Air Cleaner, first used in 1966. |
| 5 Fuel Tank and Vapor Liquid Separator, Fuel Evaporative Loss System. | 11 Air Flow Sensor. |
| 6 Pressure Vacuum Relief Filler Cap, Fuel Evaporative Loss System. | 12 Air Manifold, Air Injection System. System first used in 1966. |
| | 13 Air Pump, Air Injection System. |
| | 14 Positive Crankcase Ventilation (PCV) system, first used in 1964. |
| | 15 Fuel Injection System, Heated intake Manifold. |
| | 16 Exhaust Gas Recirculation (EGR) System. First used in 1973. |

Prof. Mierzwa