

# TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

Impactos ambientais na operação de sistemas  
de transporte – poluição atmosférica

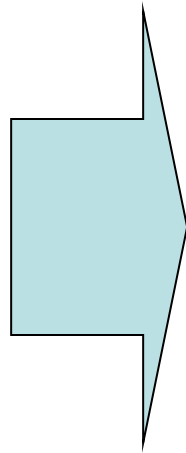
# SUMÁRIO

- Impactos Ambientais e Transporte
- Poluição Atmosférica
  - Local
  - Regional
  - Global

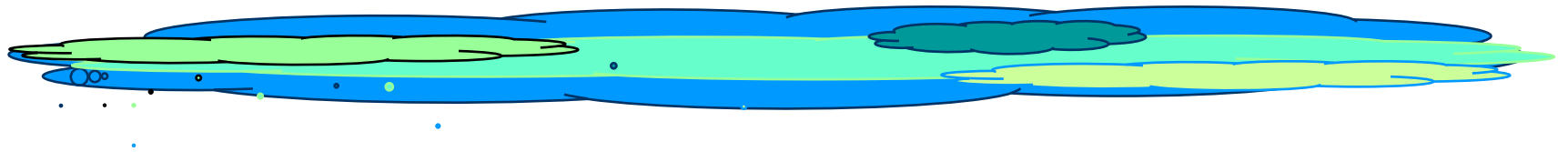
# Impactos Ambientais

**Conceito:** alteração nas características naturais (meio físico) e sócio-culturais de uma região.

**TRANSPORTES**



- Poluição Atmosférica;
- Mudanças Climáticas;
- Exaustão de Recursos Naturais;
- Ruído e Vibração;
- Intrusão Visual;
- Segregação.



# Poluição Atmosférica

# Poluição Atmosférica

Poluição  $\Leftrightarrow$  Degradação

Poluição: Alteração da composição de determinado meio que provoca a sua degradação.

Composição do ar atmosférico

Gases	(%)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	78,11
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	20,95
Argônio (Ar)	0,934
Gás Carbônico (CO <sub>2</sub> )	0,033

# USO DE ENERGIA NA OPERAÇÃO DE TRANSPORTE

Ferroviário



Diesel

Rodoviário



Gasolina  
Diesel  
Gás Natural

Aquaviário



Diesel  
Óleo  
Combustível

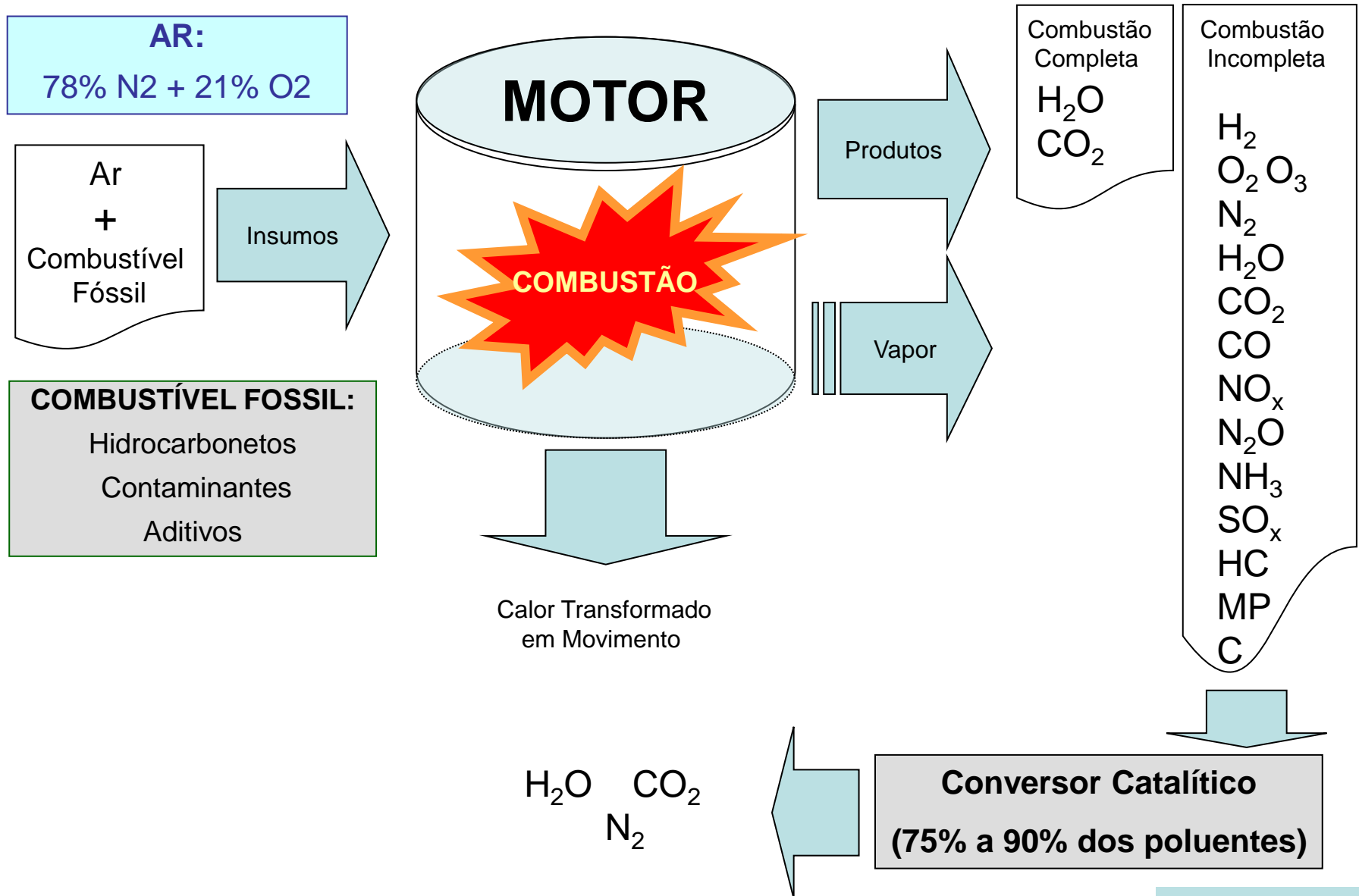
Aéreo



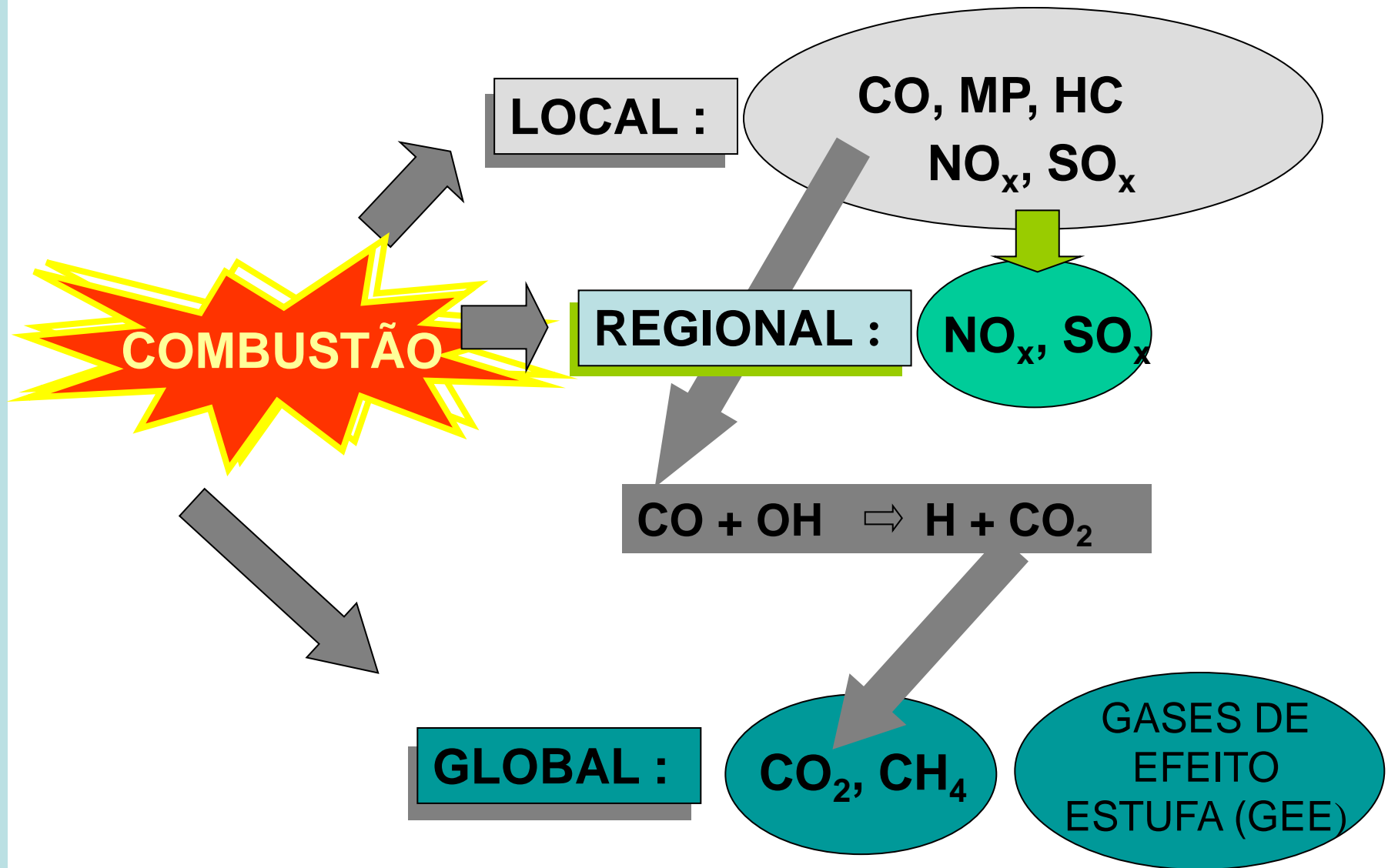
Querosene

Combustíveis fósseis

# Caracterização das Emissões Veiculares

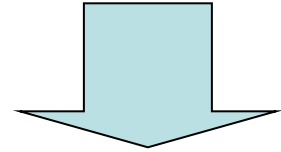


# Impactos dos Poluentes na Atmosfera

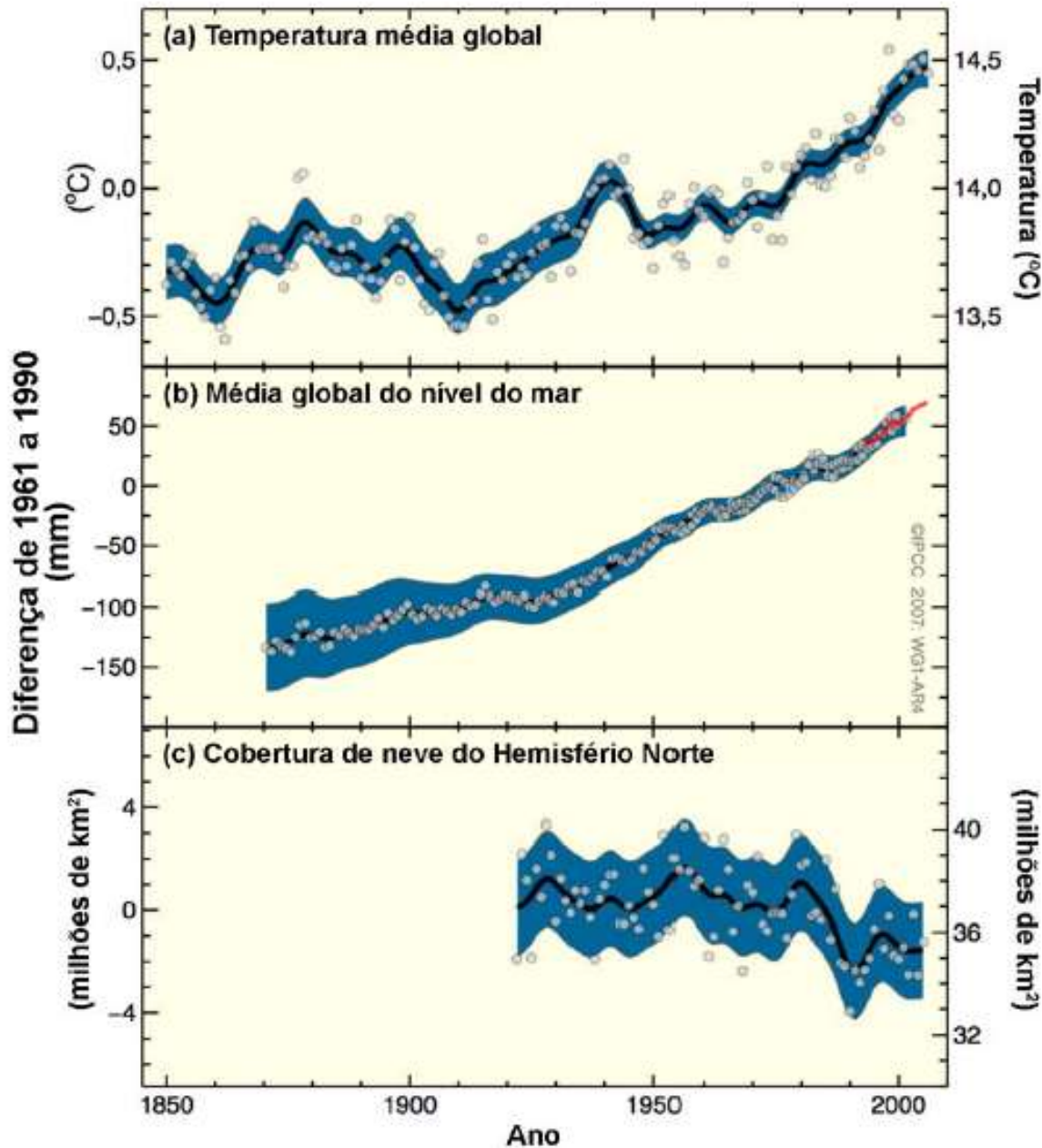




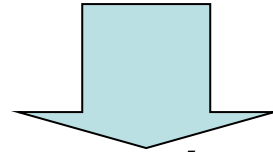
# Globais



“Aquecimento Global”  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$



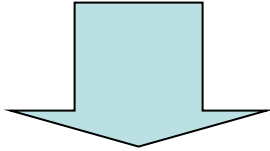
# Regionais



Chuva Ácida  
 $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$



# Locais



Degradação da qualidade do ar

Vegetação / Solo

Corrosão de Materiais

CO, MP, SO<sub>x</sub>



# Emissões Veiculares Locais

Poluentes	Fontes
Monóxido de Carbono (CO)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham carbono</li></ul>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustão completa de combustíveis fósseis e outros materiais que contenham carbono</li></ul>
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> - SO <sub>2</sub> e SO <sub>4</sub> )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Queima de combustíveis que contenham enxofre</li><li>• Processos biogênicos naturais</li></ul>
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	<ul style="list-style-type: none"><li>• Processos de combustão</li><li>• Processos de descarga elétrica na atmosfera</li></ul>
Hidrocarbonetos (HC/HCNM)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Queima incompleta de combustíveis</li><li>• Evaporação de combustíveis, solventes orgânicos etc.</li></ul>
Oxidantes Fotoquímicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reação química de poluentes (hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio) lançados na atmosfera e catalisados pela radiação solar</li></ul>
Material Particulado (MP/PTS/MP10/MP100)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Processos de combustão (fuligem e partículas de óleo)</li><li>• Fenômenos naturais</li></ul>

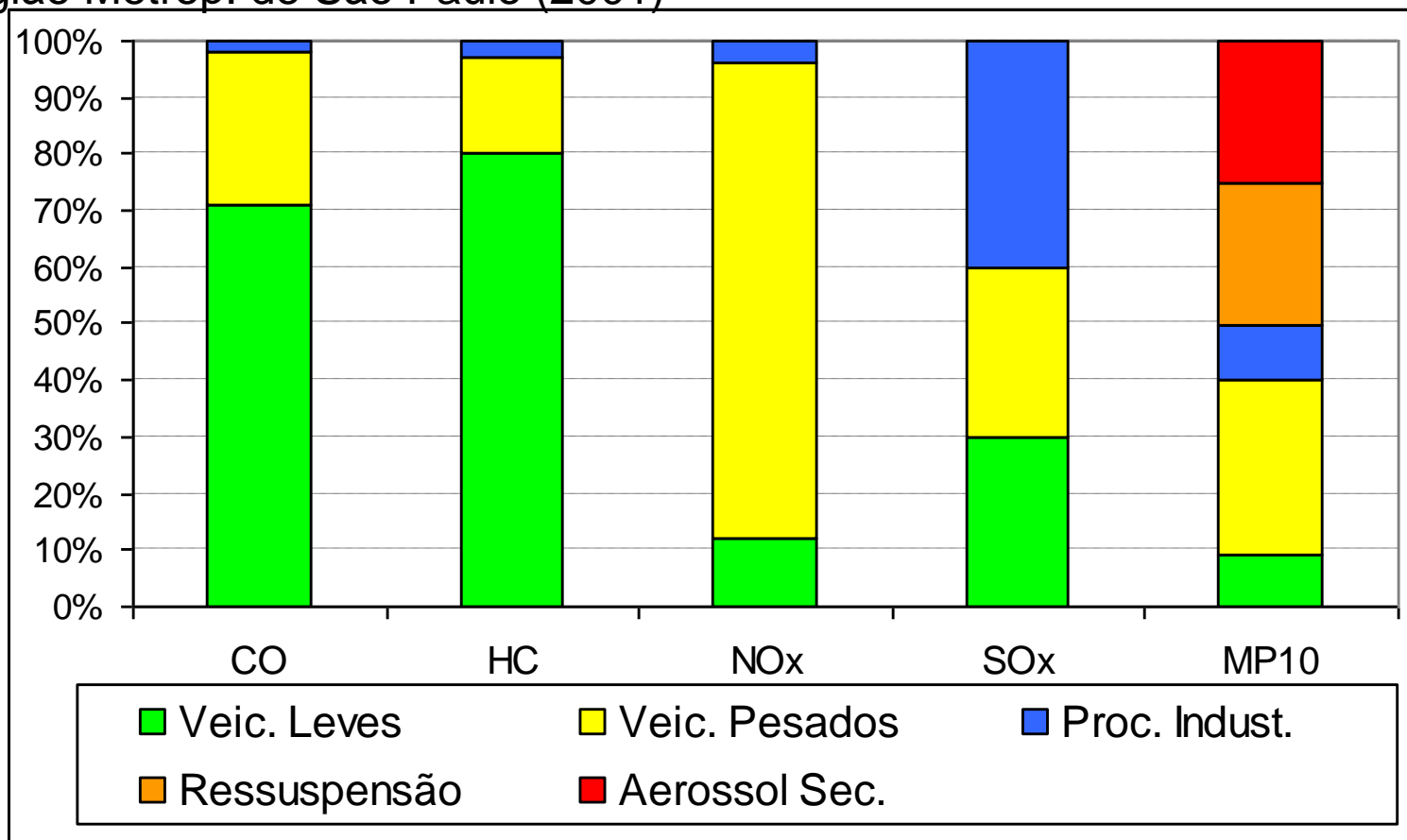
Poluente	Características	Efeitos Gerais Sobre a Saúde
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de Tamanho < 100 micra.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito à saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite.
Partículas Inaláveis (MP 10) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> )	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser transformado a SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma. Doenças crônicas do coração e pulmão são mais sensíveis ao SO <sub>2</sub> .
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, abaixar a resistência às infecções respiratórias.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízo dos reflexos, da capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado, de trabalho e visual.
Aldeídos (R-COH)	São compostos orgânicos que possuem o radical aldeído, ou seja -HC=O.	Causa irritação dos olhos, nariz e garganta. É agente carcinogênico.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposições a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse chiado na respiração. O O <sub>3</sub> tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares
Hidrocarbonetos (HC)	São compostos orgânicos formados por átomos de carbono e hidrogênio.	Considerados carcinogênicos e mutagênicos. Provocam irritação nos olhos, nariz, pele e aparelho respiratório.



# Relevância do Setor de Transporte

## Participação do Setor de Transportes nas Emissões de Poluentes

Região Metrop. de São Paulo (2001)



(CETESB, 2002)

# Percentagem de Poluentes em Função da Fonte de Emissão na Região Metropolitana de São Paulo – (2003)

Fonte de emissão		Poluentes (%)				
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP <sub>10</sub>
Tubo de escapamento	Gasolina	45,6	20,3	11,4	21,4	8,0
	Álcool	12,1	5,7	3,2	-	-
	Diesel	25,4	17,9	81,5	30,8	30,8
	Táxis	0,1	0,1	0,2	0,8	0,1
	Motocicletas e similares	14,6	8,3	0,3	1,3	1,1
Cárter e evaporativa	Gasolina	-	33,3	-	-	-
	Álcool	-	4,1	-	-	-
	Motocicletas e similares	-	4,5	-	-	-
Transferência de combustível	Gasolina	-	2,8	-	-	-
	Álcool	-	0,1	-	-	-
Operação de processo industrial (1990)		2,2	2,9	3,4	45,7	10,0
Ressuspensão de partículas		-	-	-	-	25,0
Aerossóis secundários		-	-	-	-	25,0

# Estimativa de Emissão de Poluentes na Região Metropolitana de São Paulo em 2003 (1.000 t/ano)

Fonte de emissão			Poluentes				
			CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	MP <sub>10</sub>
Móveis	Tubo de escapamento	Gasolina	818,6	84,1	46,7	8,0	5,3
		Álcool	217,9	23,6	13,1	-	-
		Diesel	456,3	74,3	333,2	11,5	20,3
		Táxis	2,4	0,5	0,6	0,3	0,1
		Motocicletas e similares	262,3	34,6	1,3	0,5	0,7
	Cárter e evaporativa	Gasolina	-	138,3	-	-	-
		Álcool	-	16,9	-	-	-
		Motocicletas e similares	-	18,6	-	-	-
	Pneus	Todos os tipos	-	-	-	-	8,6
	Transferência de combustível	Gasolina	-	11,6	-	-	-
		Álcool	-	0,5	-	-	-
Fixas	Operação de processo industrial (1990)		38,6	12,0	14,0	17,1	31,6
	(Número de indústrias inventariadas)		(750)	(800)	(740)	(245)	(308)
Total			1.796,1	415,0	408,9	37,4	66,6



# Tabela de Emissões do PROCONVE - Resolução nº 315/2002

Tipo de Veículo	Poluente							
Leve	CO <sup>(5)</sup> (g/km)	THC <sup>(1)</sup> (g/km)	NMHC (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)		HCO <sup>(2)</sup> (g/km)	MP <sup>(3)</sup> (g/km)	Opacidade ELR
				Ciclo Otto	Ciclo Diesel			
Passageiro	2,0	0,30	0,05	0,12	0,25	0,02	0,05	-
Comercial =< 1.700 kg	2,0	0,30	0,05	0,12	0,25	0,02	0,05	-
Comercial > 1.700 kg	2,7	0,50	0,06	0,25	0,43	0,04	0,06	-
Pesado	CO (g/kwh)	THC (g/kwh)	NMHC (g/kwh)	NO <sub>x</sub> (g/kwh)		CH <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	MP <sup>(4)</sup> (g/kwh)	ELR m
Ensaio ECR e ELR	1,5	0,46	-	3,5		-	0,02	0,05
Ensaio ETC	4,0	-	0,55	3,5		1,1	0,03	-

<sup>1</sup> Somente para veículos a gás natural

<sup>2</sup> Somente para motores do ciclo otto (exceto gás natural)

<sup>3</sup> Somente para motores do ciclo diesel

<sup>4</sup> Não é aplicável a motores alimentados a gás natural

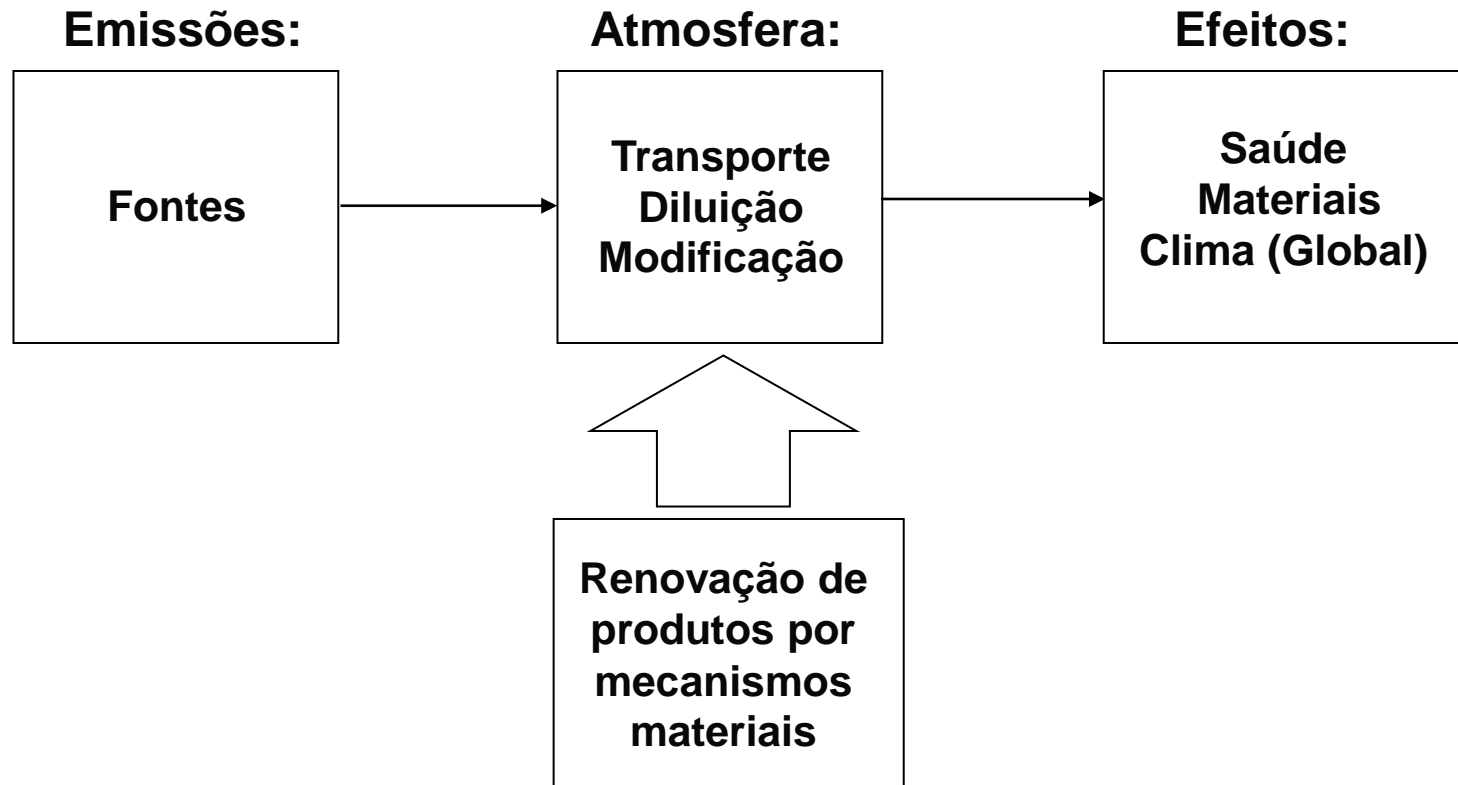
<sup>5</sup> No caso dos veículos leves, o teor de CO em marcha lenta, somente para motores do ciclo Otto: 0,50% vol.

# Emissão: Qualidade da Combustão

## Principais fatores que influenciam a qualidade da combustão:

- Qualidade dos combustíveis;
- Características construtivas dos motores;
- Regulagem dos motores (sistema de admissão de ar; sistema de ignição);
- Manutenção do sistema de alimentação/admissão;
- Manutenção do sistema de propulsão.

# Poluição Atmosférica



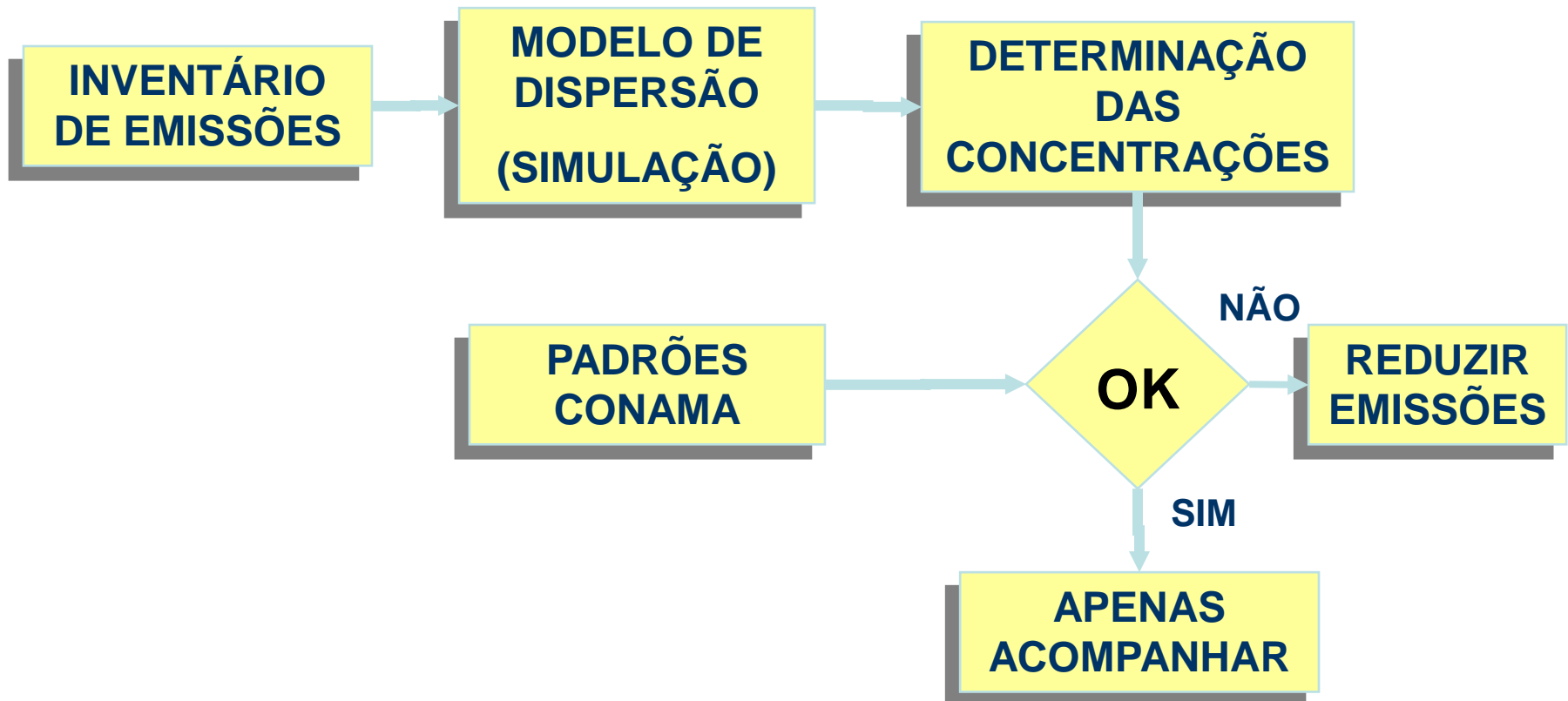
# Poluição Atmosférica

Fatores que influenciam a poluição atmosférica

- Quantidade de poluente emitido;
- Concentração;
- Tempo de Exposição.

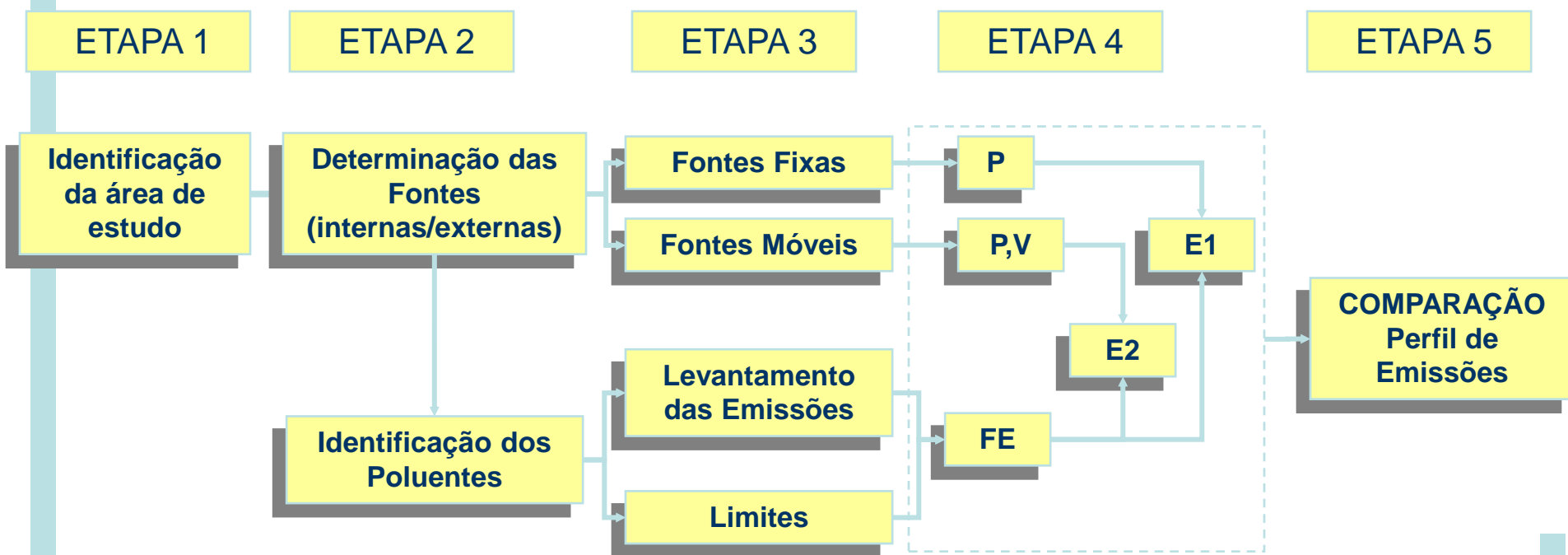
# Poluição Atmosférica

## PROCEDIMENTO:



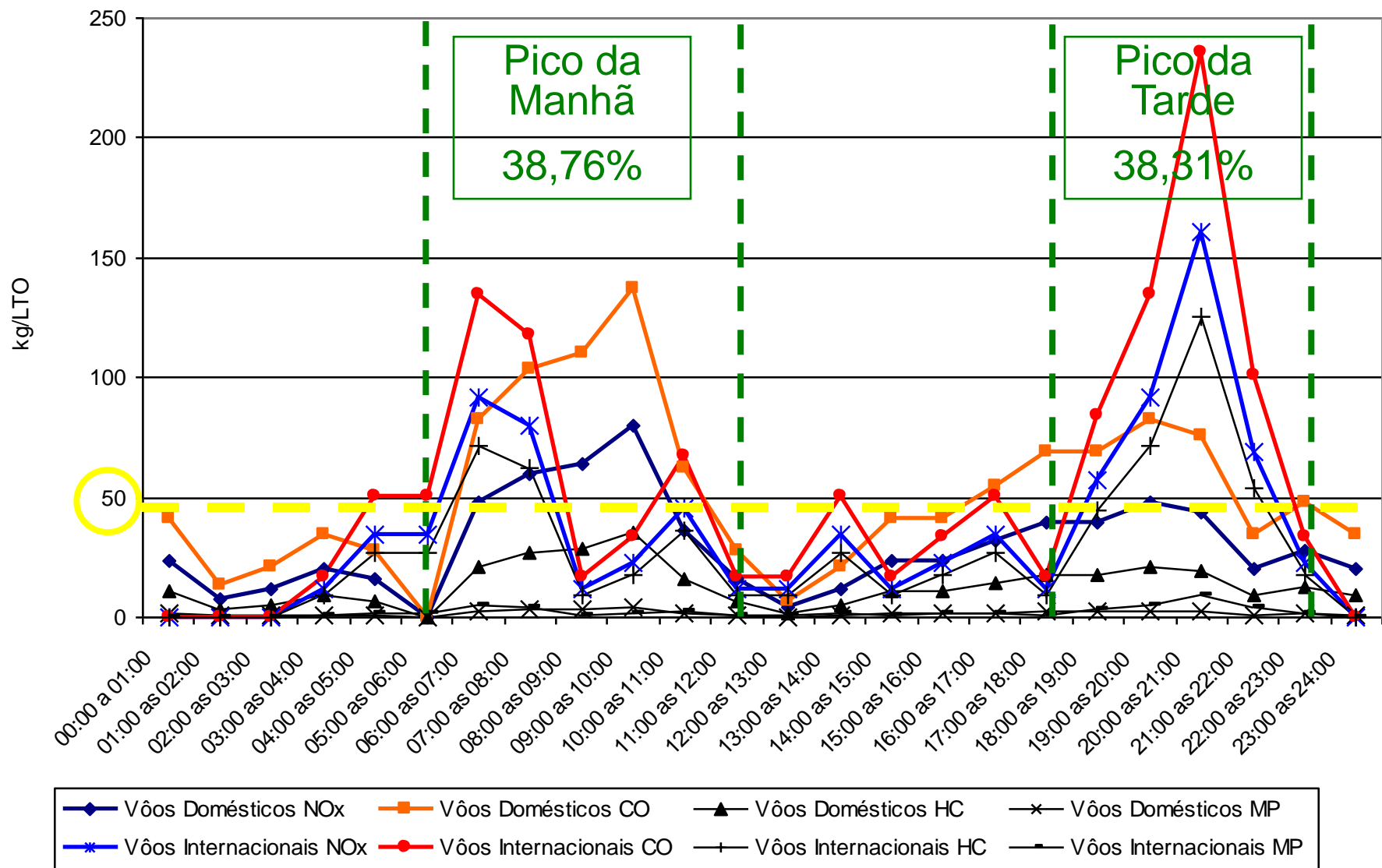
# Poluição Atmosférica

## INVENTÁRIO DE EMISSÕES FLUXOGRAMA DE ETAPAS:

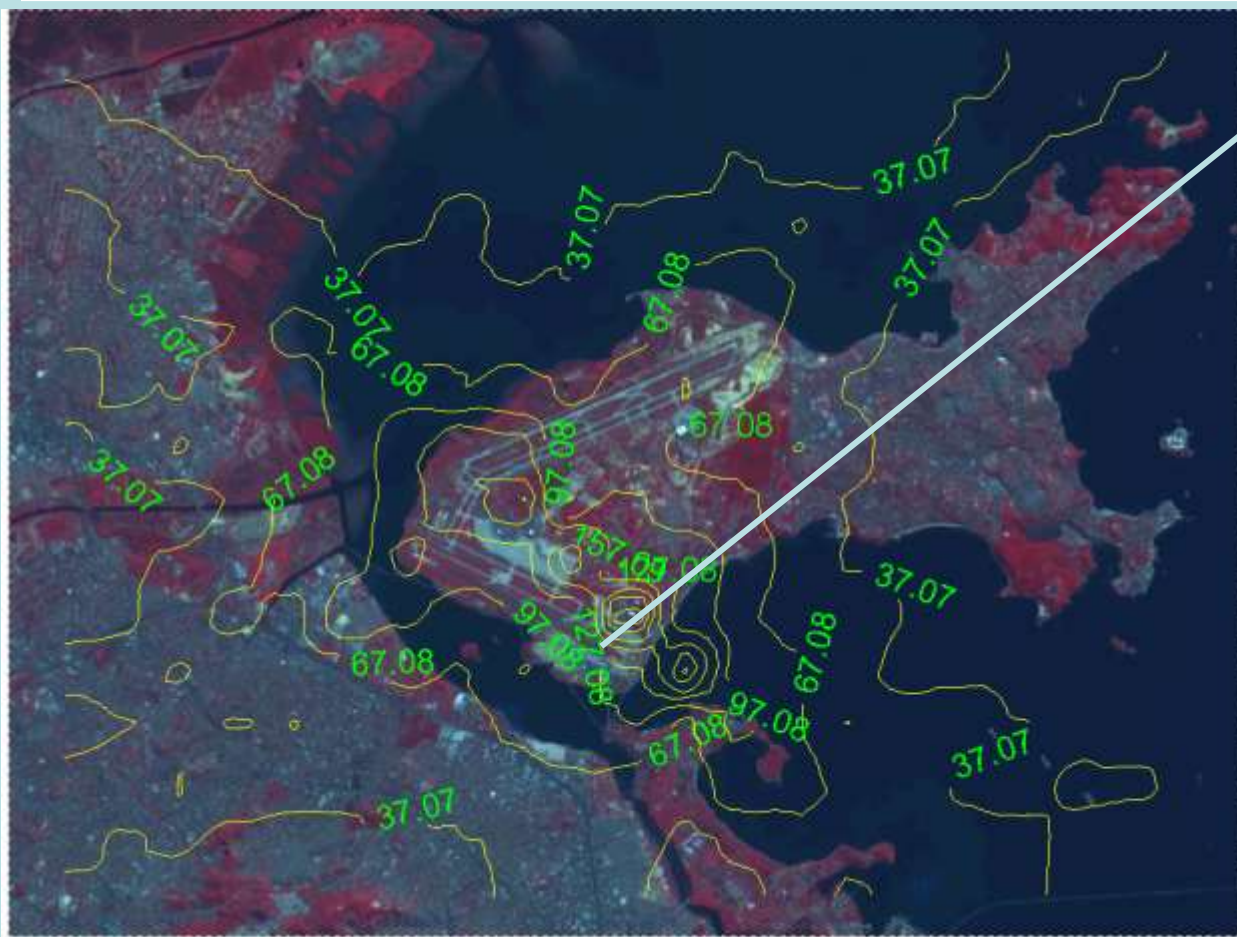


**Onde:** P - Tipo do poluente; V - Volume de atividade; FE - fator de emissão do poluente [g/s]; Ei - Volume de emissões [g]

# PERFIL DE RESULTADO TÍPICO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES



# CONCENTRAÇÃO



**Máximo obtido:**  
**0,307 g/m<sup>3</sup>**

**Padrão CONAMA:**  
**40 g/m<sup>3</sup>**

**RESULTADO**  
**SATISFATÓRIO,**  
**NADA A FAZER**

**Resultado do Modelo de**  
**Dispersão - Isolinhas de CO**



# Poluição Atmosférica

## Dispersão de Poluentes

- É afetada pela variação da velocidade e direção dos ventos. Se a direção do vento é constante, uma determinada área será sempre atingida, se é mutante, a área será maior, reduzindo a concentração na área total.
- Há também o fenômeno da turbulência ( térmica e mecânica ), ou seja, o movimento do vento não é uniforme.
- A dispersão de poluentes depende de: natureza do poluente/ parâmetros meteorológicos/localização da fonte/topografia

# Padrões de Qualidade do Ar

- Um padrão de qualidade do ar define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas.
- Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

# Padrões de Qualidade do Ar: Primário e Secundário

- São denominados padrões primários as concentrações de poluentes que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos e que exigem a implementação de medidas a curto e médio prazo.
- Os padrões secundários são as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê mínimos efeitos adversos sobre o bem estar da população, bem como mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como sendo os níveis desejados de concentração de poluentes, para os quais podem ser estabelecidas metas a longo prazo.

# Padrões de Qualidade do Ar no Brasil

Poluente	Tempo Médio	Padrões	
		Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}_3$ )	Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}_3$ )
MP	24 h (*)	240	150
	MG anual	80	60
SO <sub>2</sub>	24 h (*)	365	100
	MA anual	80	40
CO	1 h (*)	40.000	40.000
	8 h (*)	10.000	10.000
O <sub>3</sub>	1 h (*)	160	160
Fumaça	24 h	150	100
	MA anual	60	40
Partículas inaláveis (<10 $\mu\text{m}$ )	24 h	150	150
	MA anual	50	50
NO <sub>2</sub>	1 h (*)	320	190
	MA anual	100	100

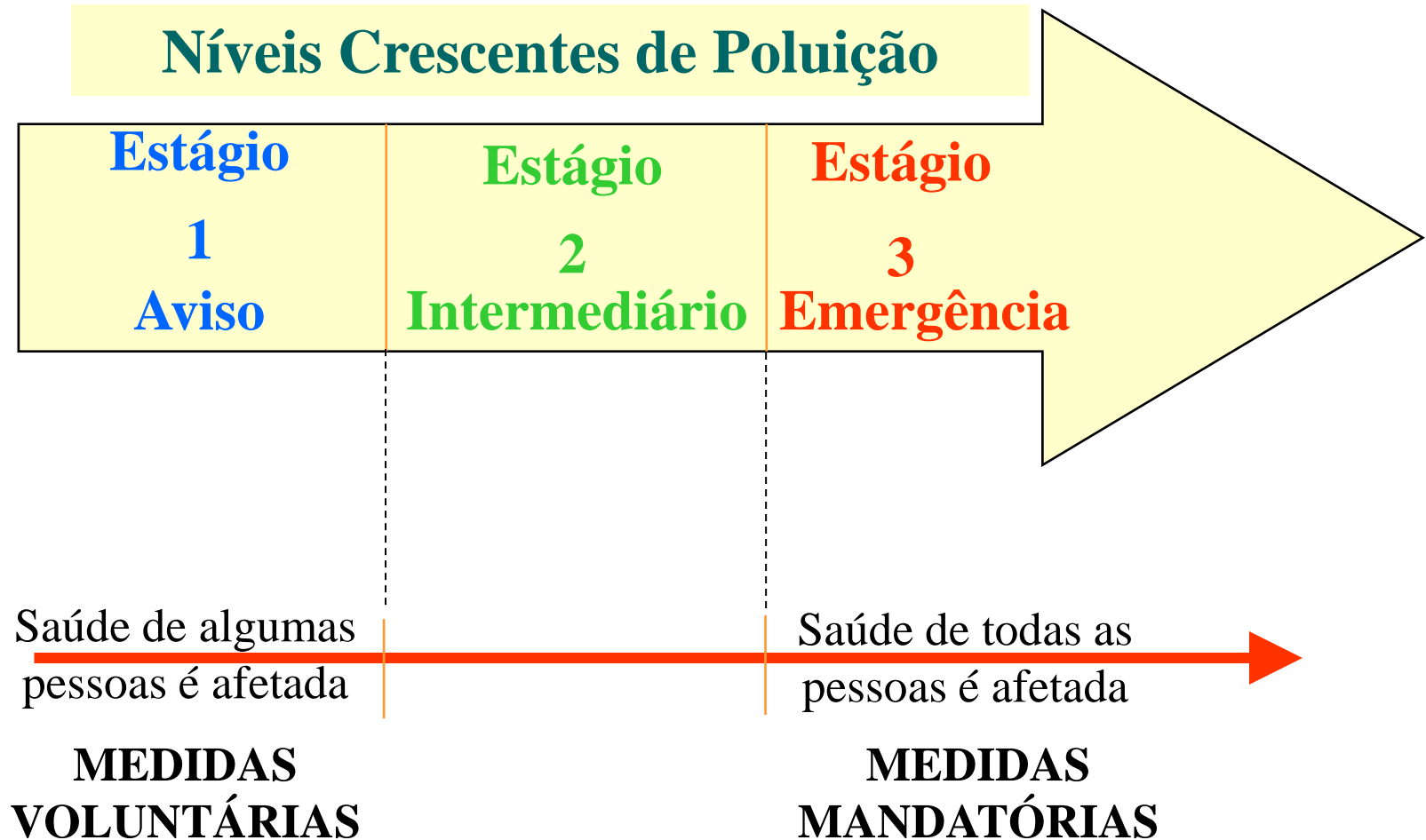
(\*) Não pode ser excedido mais que uma vez ao ano  
 MG – média geométrica; MA – média aritmética

Fonte: CONAMA  
 Resolução 3 6/90 (1990)

# Objetivos do Monitoramento do Ar

- Controlar a qualidade do ar para evitar que a concentração de poluentes ofereça risco à saúde da população;
- Identificar os períodos em que a concentração de poluentes excede os padrões de qualidade a fim de permitir alertar e orientar a população para minimizar os danos;
- Identificar os fatores que aumentam as concentrações de poluentes no ar para estabelecer programas de prevenção;
- Estabelecer tendências, traçar históricos para tentar correlacionar as concentrações encontradas com as características (naturais ou não) do fenômeno analisado;
- Validar modelos numéricos de predição e melhorar a acuidade dos resultados dos modelos;
- Prover informações para a elaboração de EIA/RIMA.

# Estágios de Esquema de Alerta



# Danos Provocados pela Poluição Atmosférica à Saúde

- Para fazer qualquer afirmação significativa sobre os efeitos da poluição do ar na saúde do homem, deve-se considerar as dosagens que as pessoas estão recebendo:

$$\text{Dose} = \int (\text{Concentração do ar inspirado}) \times d(\text{tempo})$$

- Interesse atual na poluição atmosférica e saúde é mais direcionada ao longo prazo, baixas concentrações de exposição (que levam a problemas crônicos).
- Curto prazo, altas concentrações de exposição (que levam a efeitos agudos) ocorrem somente em acidentes industriais ou episódios de poluição atmosférica emergenciais.

# Efeitos da Poluição nas Propriedades

- Os metais são corroídos e pinturas/revestimentos externos são danificados mais rapidamente em ambientes urbanos e industriais do que nas áreas rurais;
- Pneus e outras borrachas se tornam quebradiços pela ação do ozônio atmosférico (ozônio ruim). Para reduzir este tipo de danos estes produtos atualmente contém aditivos anti-oxidantes;
- A vegetação pode ser prejudicada por poluentes atmosféricos;
- Um tipo de dano a propriedade que preocupa bastante são os danos aos monumentos históricos;
- No entanto, essas preocupações não são comparáveis à preocupação com a saúde do ser humano.



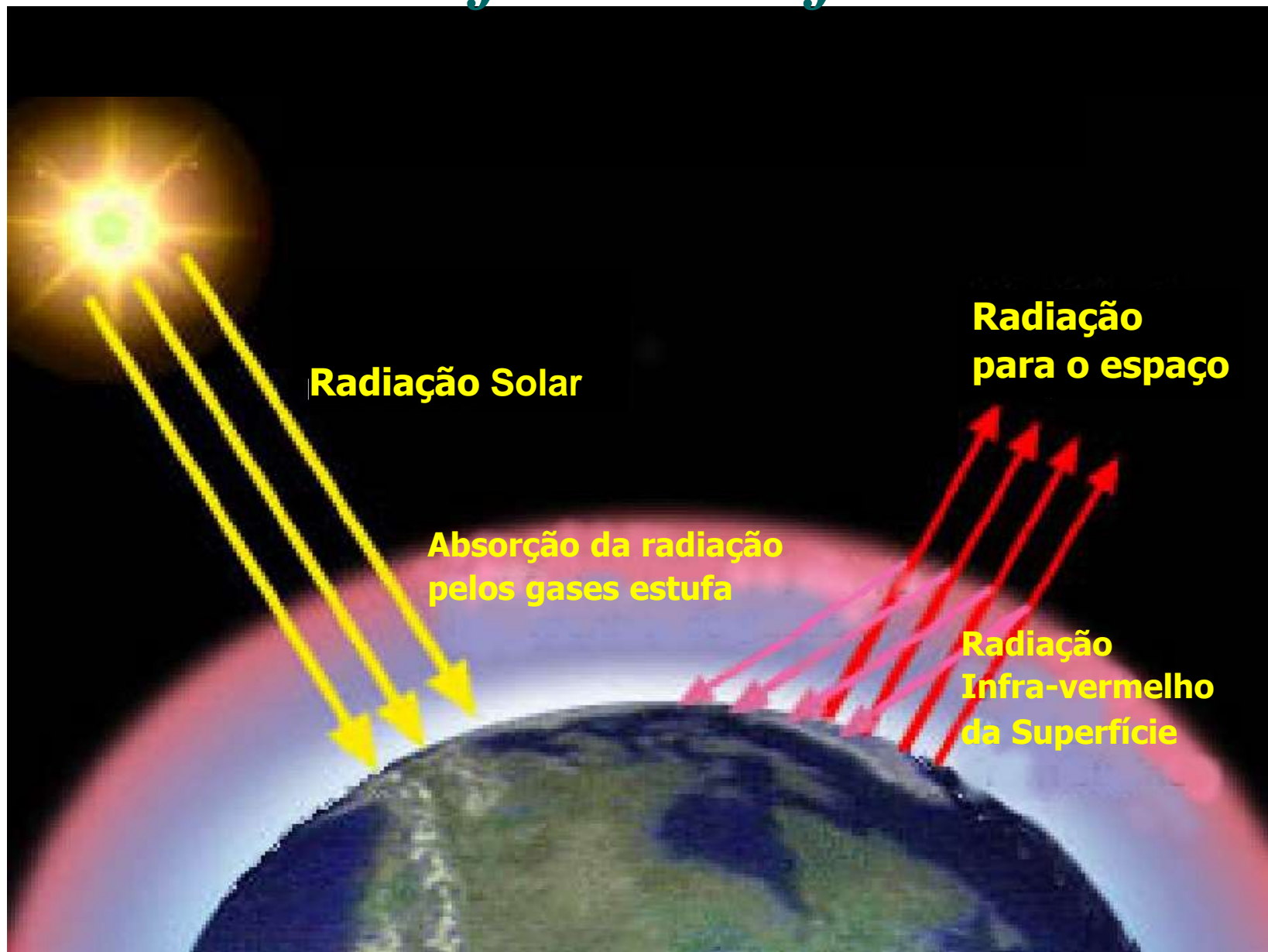
# Efeitos da Poluição na Visibilidade

- A maioria dos poluentes atmosféricos mais comuns é transparente; com exceção do  $\text{NO}_2$ , que é marrom.
- O flúor, o cloro, o bromo, o iodo e alguns vapores orgânicos são coloridos, mas esses são raramente emitidos na atmosfera em quantidades significativas.
- Algumas fumaças urbanas (“smog”) são amarronsadas devido ao  $\text{NO}_2$  que elas contém;
- A maior parte dos efeitos visíveis da poluição do ar são provocados pela interação da luz com as partículas em suspensão.

# TRANSPORTE E MEIO AMBIENTE

Aula 8 – Impactos ambientais na operação de  
sistemas de transporte – gases de efeito estufa

# *O Efeito Estufa*



# *Efeito Estufa*

- **Efeito Natural;**
- **Atmosfera da terra é formada por uma camada de gases ;**
- **Sem o efeito estufa a temperatura da Terra seria - 18 °C;**
- **Gases responsáveis pelo efeito estufa:**
  - **Vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ )**
  - **Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )**
  - **Metano ( $\text{CH}_4$ )**
  - **Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )**

# *Variações nos Gases Estufa*

	CO2 (ppm)	CH4 (ppb)	N2O (ppb)	CFC-11 (ppt)	HFC-23 (ppt)	CF4 (ppt)
<b>Concentração Pré-Industrial</b>	<b>280</b>	<b>700</b>	<b>270</b>	<b>Zero</b>	<b>zero</b>	<b>40</b>
<b>Concentração 1998</b>	<b>365</b>	<b>1.745</b>	<b>314</b>	<b>268</b>	<b>14</b>	<b>40</b>
<b>Taxa Anual de Mudança</b>	<b>1.5</b>	<b>8.4</b>	<b>0.8</b>	<b>1.4</b>	<b>0.55</b>	<b>1</b>
<b>Potencial de Aquec. Global</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>306</b>	<b>-</b>	<b>12.000</b>	<b>5.700</b>
<b>Tempo de Vida Atmosférico (anos)</b>	<b>50-200</b>	<b>12</b>	<b>114</b>	<b>45</b>	<b>257</b>	<b>50.000</b>

**Outros Gases Estufa: gases industriais (ex: SF6), outros HFCs, e gases de efeito indireto (Vapor d'água, NOx)**

Fonte: IPCC,1995

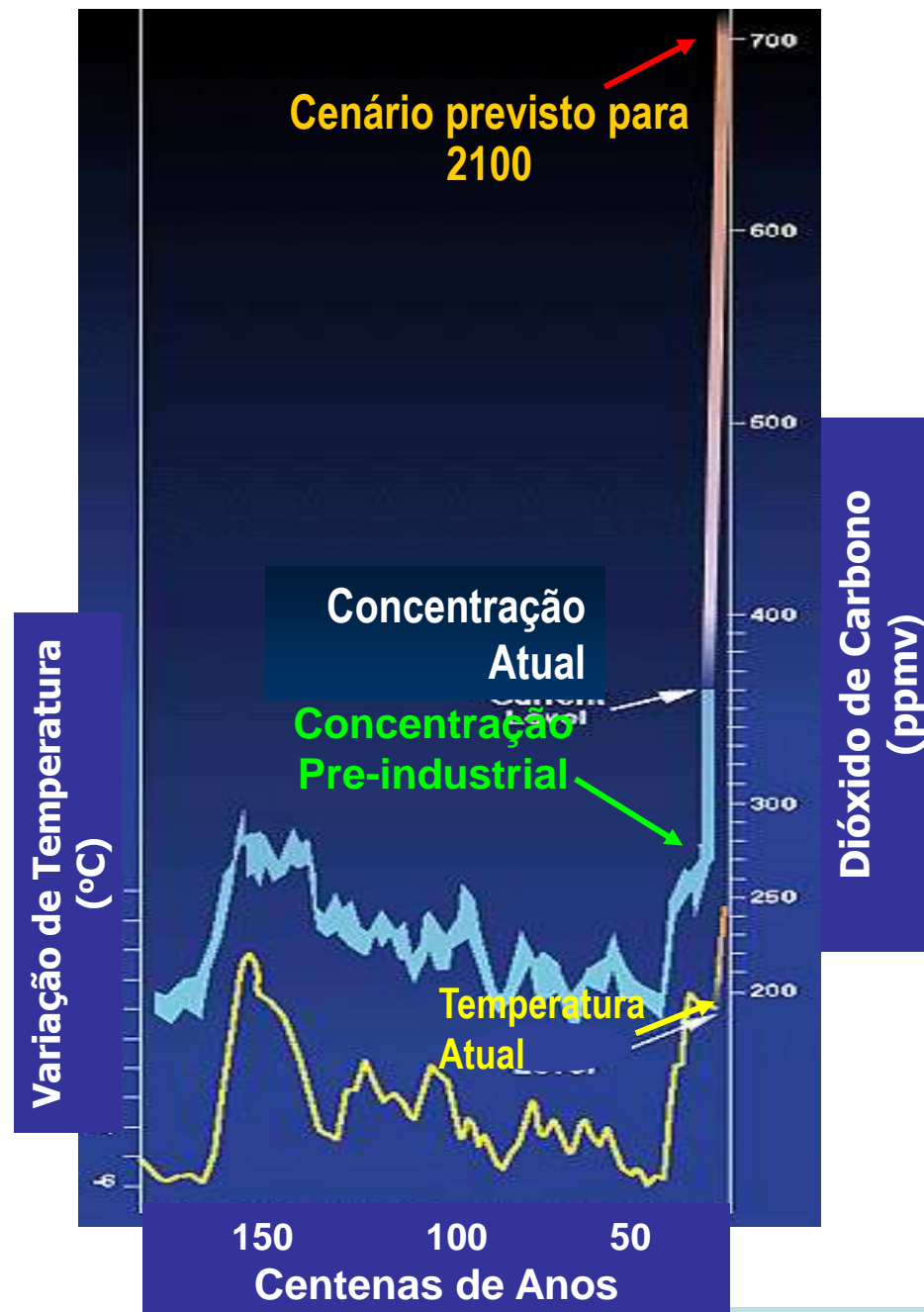
# Concentração de CO<sub>2</sub> na Atmosfera e as Mudanças na Temperatura Terrestre

**Concentração de CO<sub>2</sub>:**

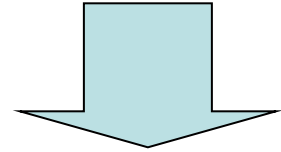
**Pré-Industrial:  
280 ppm**

**Cenário "Business-as-usual" concentração de CO<sub>2</sub> em 2100:  
700 ppm**

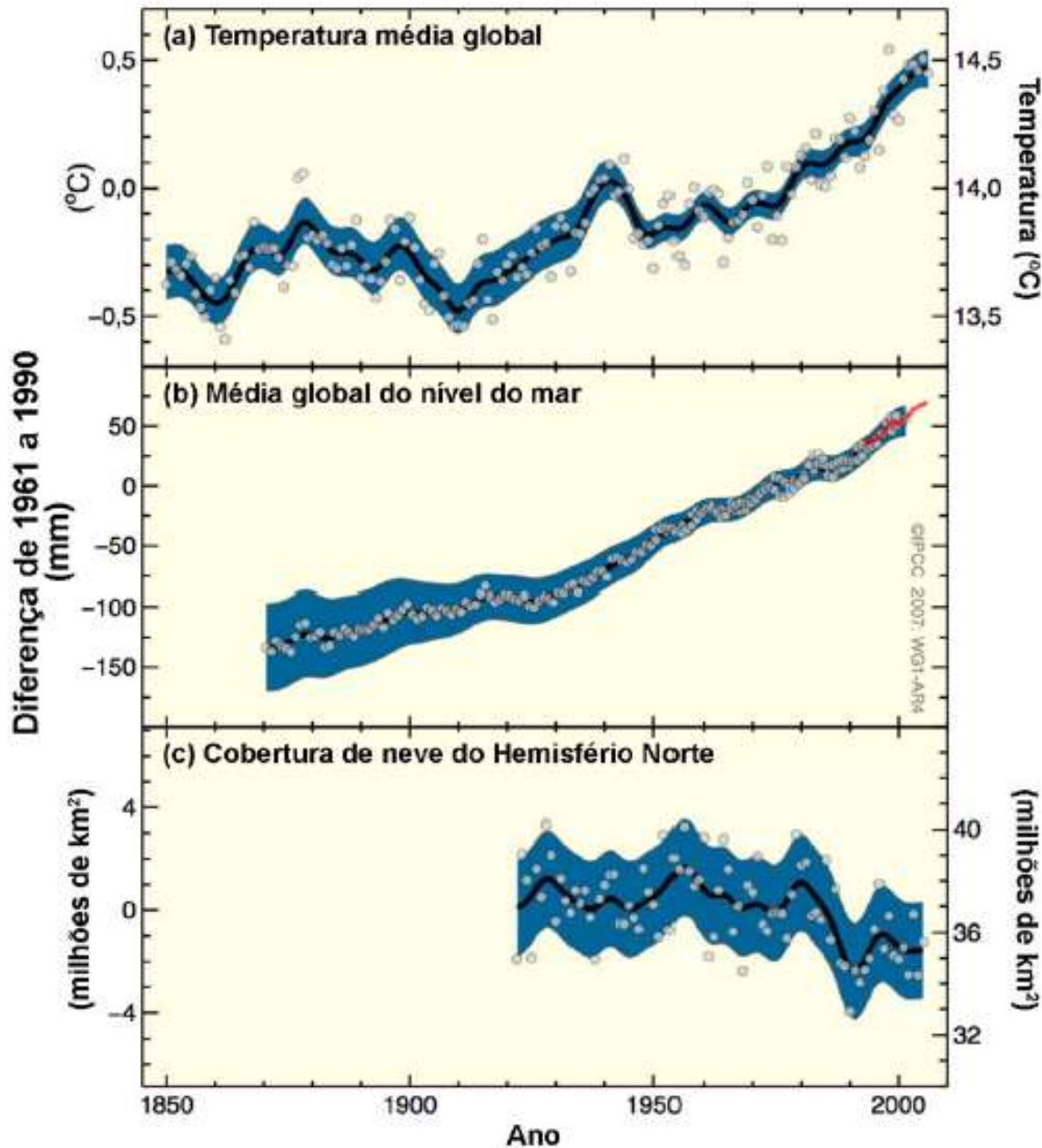
Fonte:  
IPCC, 1995



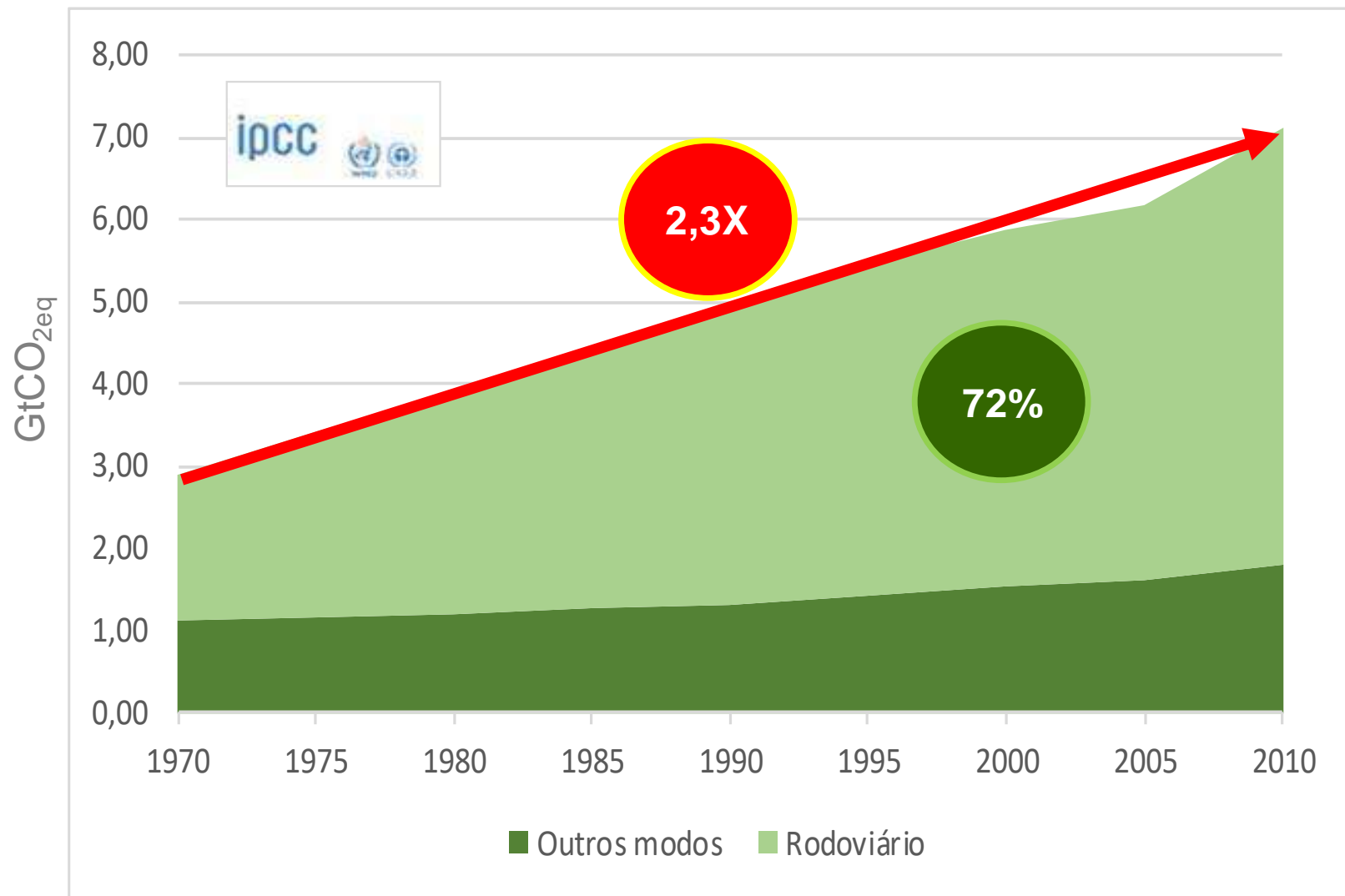
# Globais



“Aquecimento Global”  
 $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$

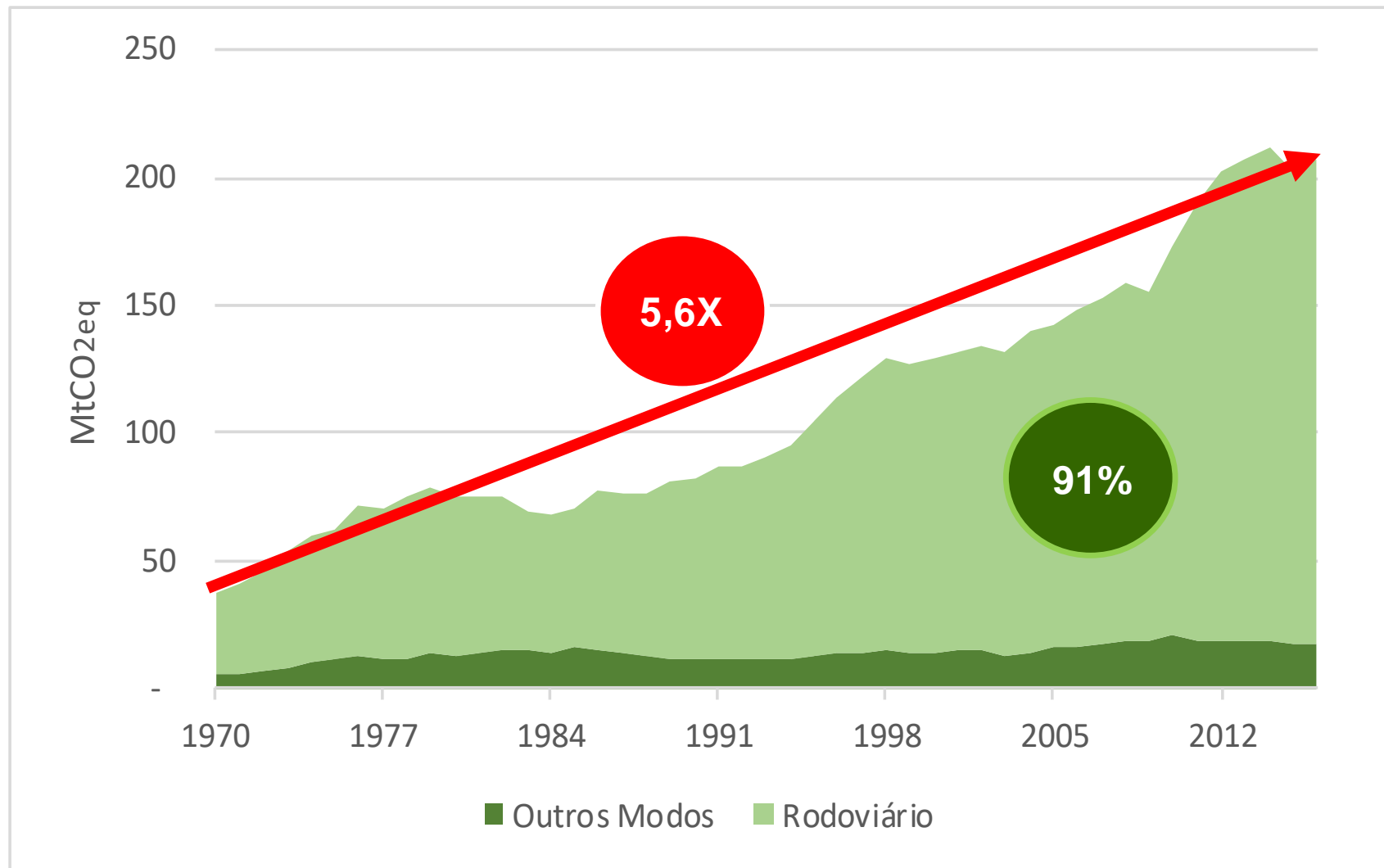


# Emissão de GEE pelos Transportes - Mundo

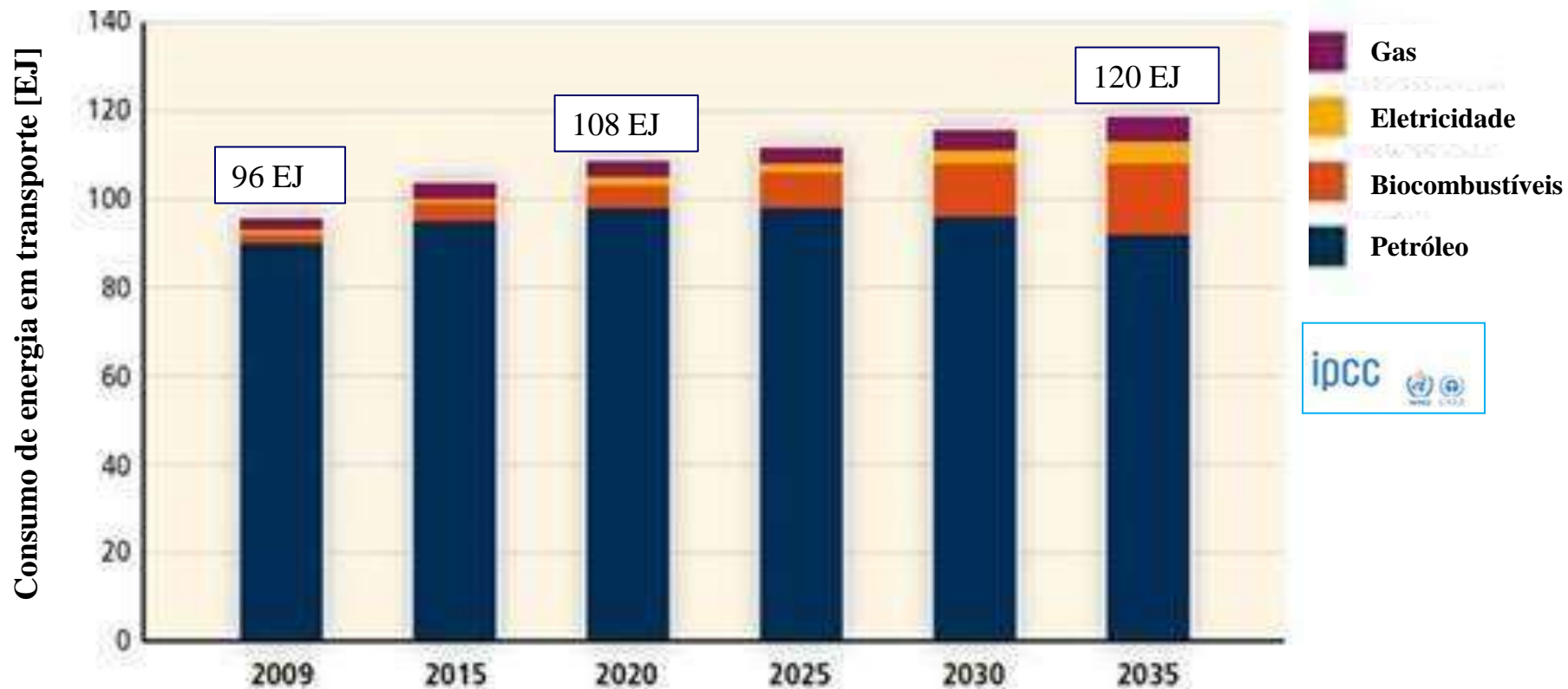




# Emissão de GEE pelos Transportes - Brasil



# Emissão de GEE pelos Transportes



# Fatores de emissão de CO2

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (kg/L)	Etanol Hidratado (kg/L)	Etanol Anidro (kg/L)	Diesel Mineral (kg/L)	Biodiesel (kg/L)	GNV (kg/m <sup>3</sup> )
1980	2,209			2,631		
1981	2,209			2,646		
1982	2,212			2,656		
1983	2,261			2,649		
1984	2,258			2,674		
1985	2,278			2,665		
1986	2,275			2,686		
1987	2,261			2,680		
1988	2,281	1,457	1,526	2,671		
1989	2,266			2,686		
1990	2,261			2,686		
1991-1997	2,261			2,674		
1998	2,243			2,646		1,999
1999	2,232			2,631		
2000	2,220			2,613		
2001-2004	2,212			2,603		
2005-2012	2,212			2,603	2,431	

# Fatores de emissão de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>

Categoria	N <sub>2</sub> O (g/km)
Comerciais Leves Diesel	0,02
Ônibus	0,03
Caminhões	0,03

			2003	2004	2005	2006	2007	2008
			(g/km)					
FE CH <sub>4</sub>	Gasolina	Gasolina C	0,0274	0,0274	0,0249	0,0199	0,0265	0,1393
	Etanol	Etanol	0,0426	0,0452	0,0452	0,0319		
	Flex	Gasolina C	0,0125	0,0199	0,0274	0,0249	0,0332	0,0229
		Etanol	0,0399	0,0372	0,0372	0,0293	0,0399	0,0188

