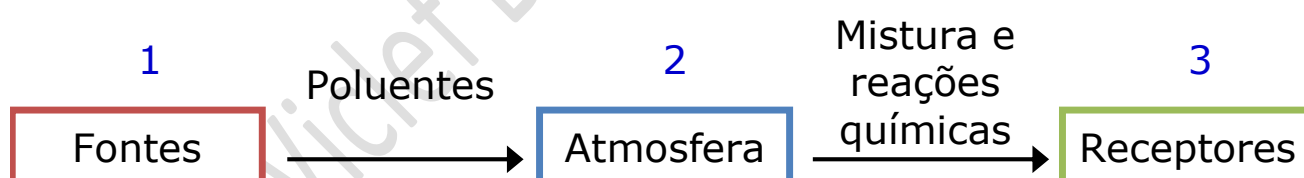


2 - POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Ao tratarmos de poluição, há que se definir, primeiramente, o que é poluição. O artigo 3º, inciso III, da Lei Federal nº 6.938/81 define poluição como sendo “a *degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos*”.

A atmosfera torna-se poluída quando ela é alterada pela adição de partículas, gases ou formas de energia, tais como calor, radiação ou ruído, que causem prejuízos à saúde e bem-estar humanos, à fauna, à flora, aos ecossistemas ou aos recursos naturais e biológicos disponíveis no meio ambiente.

O problema da poluição do ar pode ser descrito pela presença de três componentes básicos:



A principal questão a qual devemos responder é: **Qual a melhor maneira para a redução da poluição do ar?** A resposta, sem dúvida, envolve substancial investimento econômico, mudança de comportamentos, uso racional de energia, melhoria dos processos produtivos, empenho da sociedade e governantes, pesquisa científica e bom senso.

A avaliação das fontes de emissão requer conhecimento dos processos físicos e químicos envolvidos, aspectos de engenharia relacionados ao projeto de equipamentos.

O entendimento do comportamento físico e químico dos poluentes na atmosfera requer conhecimento de meteorologias, mecânica dos fluidos, química da atmosfera, física dos aerossóis.

A avaliação dos efeitos dos poluentes em pessoas, animais e plantas, requer conhecimento de fisiologia, medicina, fitologia.

A origem da poluição do ar está na fonte de emissão. As principais fontes são: transporte, geração de energia elétrica, queima de resíduos, queima de combustíveis (industrial e residencial), processos industriais.

O uso de "limpadores" de gases, a substituição de combustíveis e a modificação (otimização) de processos produtivos, são algumas ações de controle das fontes.

FONTES DE EMISSÃO

As fontes de emissão de poluentes atmosféricos podem ser classificadas em:

Antropogênicas: aquelas provocadas pela ação do homem (indústrias, transporte, geração de energia, etc...).

Naturais: causadas por processos naturais (emissões vulcânicas, processos biológicos, etc...).

Podem ainda ser divididas em:

Estacionárias (ou fixas): indústrias, hotéis, usinas geradoras de energia, etc.

Móveis: automóveis, trens, aviões, embarcações.

Veículos automotores são responsáveis por cerca de 90% da poluição atmosférica das grandes metrópoles. A poluição do ar causada pelo homem tornou-se um sério problema de saúde pública.

Principais fontes de poluição e poluentes atmosféricos

Fonte	Particulados	Emissões gasosas
Caldeiras e fornos industriais	Cinzas e fuligem	NO _x , SO ₂ , CO, aldeídos, ácidos orgânicos, 3,4-benzopireno.
Motores de combustão interna	Fuligem	CO, NO _x , aldeídos, hidrocarbonetos, 3,4-benzopireno.
Indústria de refino do petróleo	Pó, fuligem	SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , NO _x , CO, hidrocarbonetos, mercaptanas, ácidos, aldeídos, cetonas, substâncias orgânicas carcinogênicas.
Indústria química	Pó, fuligem	Dependente do processo (H ₂ S, CS ₂ , CO, NH ₃ , ácidos, substâncias orgânicas, solventes, orgânicos voláteis COV, sulfetos, etc.)
Metalurgia e química do coque	Pó, óxidos de ferro	SO ₂ , CO, NH ₃ , NO _x , compostos de flúor, substâncias orgânicas.
Indústria extrativa mineral	Pó	Em dependência do processo (CO, compostos de flúor, substâncias orgânicas).
Indústria alimentícia	Pó	NH ₃ , H ₂ S (misturas multicomponentes de compostos orgânicos).
Indústria de materiais de construção	Pó	CO, compostos orgânicos.

Extraído de: LORA, E. E. S.

Embora os programas de controle da poluição estejam direcionados para a poluição antropogênica, não devemos desconsiderar a significância da poluição natural [erupções vulcânicas, incêndios florestais, tempestades de areia, ciclones e furações, decomposição de plantas e animais, erosão do solo, pólen, esporos de fungos, névoas oceânicas, hidrocarbonetos voláteis (HV) emitidos pela vegetação, ozônio formado em tempestades, poeira cósmica, reações fotoquímicas].

Poluentes naturais podem causar sérios problemas de alteração da qualidade do ar, principalmente quando são gerados, em quantidades significativas, próximos a aglomerados humanos.

Há uma crescente evidência que os HV's emitidos pela vegetação têm grande importância na oxidação fotoquímica em áreas urbanas e rurais.

Mas, em geral, a poluição natural tem efeitos relativos na saúde e no bem-estar do homem, porque (1) os níveis de poluentes são geralmente baixos, (2) grandes distâncias separam a fonte de poluição dos grandes aglomerados humanos e (3) as principais fontes de poluição natural, como incêndios, furações e vulcões, são episódicas e descontínuas.

POLUENTES ATMOSFÉRICOS (extraído de: www.cetesb.sp.gov.br)

Poluente atmosférico é toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. Para facilitar esta classificação, os poluentes são divididos em duas categorias:

Poluentes Primários: aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão.

Poluentes Secundários: aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

As substâncias, usualmente, consideradas como poluentes podem ser classificadas da seguinte forma:

1. Compostos de Enxofre: SO_2 , SO_3 , H_2S , mercaptanas (CH_3SH), sulfatos;

2. Compostos de Nitrogênio: NO, NO₂, NH₃, HNO₃, nitratos;
3. Compostos Orgânicos: hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos;
4. Óxidos de Carbono: CO, CO₂;
5. Compostos Halogenados: HCl, HF, cloretos, fluoretos;
6. Material Particulado: mistura de compostos no estado sólido ou líquido;
7. Compostos Radioativos.

A interação entre os poluentes e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais.

A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento.

O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são:

Material Particulado (MP): conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspensos na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho.

As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, etc.

O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV's), que são emitidos principalmente em

atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores as partículas, maiores são os efeitos provocados. Podem reduzir a visibilidade na atmosfera. Pode ser classificado como:

Partículas Totais em Suspensão (PTS): aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 50 μm . Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.

Partículas Inaláveis (MP_{10}): aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 μm . As partículas inaláveis podem ainda ser classificadas como partículas inaláveis finas: $\text{MP}_{2,5}$ (diâmetro < 2,5 μm), e partículas inaláveis grossas: $\text{MP}_{2,5-10}$ (diâmetro entre 2,5 e 10 μm). As partículas finas, também chamadas de partículas respiráveis, devido ao seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares, já as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

Fumaça (FMC): está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

Dióxido de Enxofre (SO_2): resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. É um dos

principais formadores da chuva ácida. O dióxido de enxofre pode reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera.

Monóxido de Carbono (CO): é um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa, etc.). Em geral é encontrado em maiores concentrações nas cidades, emitido principalmente por veículos automotores. Altas concentrações de CO são encontradas em áreas de intensa circulação de veículos.

Ozônio (O₃) e Oxidantes Fotoquímicos: "oxidantes fotoquímicos" é a denominação que se dá à mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo estes últimos liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes.

O principal produto desta reação é o ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou "smog fotoquímico", que possui este nome porque causa na atmosfera diminuição da visibilidade.

Além de prejuízos à saúde, o ozônio pode causar danos à vegetação. É sempre bom ressaltar que o ozônio encontrado na faixa de ar próxima do solo, onde respiramos, chamado de "mau ozônio", é tóxico. Entretanto, na estratosfera (a cerca de 25 km de altitude) o ozônio tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol.

Hidrocarbonetos (HC): são gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. Diversos

hidrocarbonetos, como o benzeno, são cancerígenos e mutagênicos, não havendo uma concentração ambiente totalmente segura. Participam ativamente das reações de formação da “névoa fotoquímica”.

Óxido de Nitrogênio (NO) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂): são formados durante processos de combustão. Em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação de luz solar se transforma em NO₂ e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. Dependendo das concentrações, o NO₂ causa prejuízos à saúde.

A concentração de poluentes está fortemente relacionada às condições meteorológicas. Alguns dos parâmetros que favorecem altos índices de poluição são: alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e inversões térmicas a baixa altitude. Este fenômeno é particularmente comum no inverno paulista, quando as noites são frias e a temperatura tende a se elevar rapidamente durante o dia, provocando alteração no resfriamento natural do ar. A inversão térmica se caracteriza por uma camada de ar quente que se forma sobre a cidade, “aprisionando” o ar e impedindo a dispersão dos poluentes.

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. São baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Em 2005, a Organização Mundial da Saúde publicou um guia da qualidade do ar, com apresentação de novas concentrações para alguns poluentes. Veja abaixo:

Table 5. Updated WHO Air quality guideline values

Pollutant	Averaging time	AQG value
Particulate matter PM _{2.5}	1 year	10 µg/m ³
	24 hour (99 th percentile)	25 µg/m ³
PM ₁₀	1 year	20 µg/m ³
	24 hour (99 th percentile)	50 µg/m ³
Ozone, O ₃	8 hour, daily maximum	100 µg/m ³
Nitrogen dioxide, NO ₂	1 year	40 µg/m ³
	1 hour	200 µg/m ³
Sulfur dioxide, SO ₂	24 hour	20 µg/m ³
	10 minute	500 µg/m ³

Disponível: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_aqg/en/index.html

Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, por meio da RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491, de 19 de novembro de 2018. São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar:

- Padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas.
- Padrão de qualidade do ar final - PF: valores guias definidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005.

Os parâmetros regulamentados são os seguintes: Material Particulado - MP_{2,5}, Dióxido de Enxofre - SO₂, Dióxido de Nitrogênio - NO₂, Ozônio - O₃, Fumaça, Monóxido de Carbono - CO, Partículas Totais em Suspensão - PTS, Chumbo - Pb.

Os padrões nacionais de qualidade do ar são apresentados na tabela a seguir:

**Padrões nacionais de qualidade do ar
(Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/2018)**

Poluente Atmosférico	Tempo de amostragem	PI-1	PI-2	PI-3	PF	ppm
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual ¹	20	17	15	10	-
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual ¹	40	30	20	-	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	-
	Anual ¹	60	50	45	40	-
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual ¹	40	35	30	20	-
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual ⁴	-	-	-	80	-
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5	-

1 - média aritmética anual; 2 - média horária; 3 - máxima média móvel obtida no dia; 4 - média geométrica anual; 5 - medido nas partículas totais em suspensão.

Disponível: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>

O decreto 59.113, de 23 de abril de 2013, estabelece novos padrões de qualidade do ar para o Estado de São Paulo. Estabelece os seguintes critérios: I - Metas Intermediárias - (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução gradual das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável; II - Padrões Finais (PF) - Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

Os padrões estaduais de qualidade do ar são apresentados na tabela a seguir:

Padrões estaduais de qualidade do ar (Decreto 59.113, de 23 de abril de 2013)

Poluente	Tempo de amostragem	MI1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP ₁₀	24 horas MAA	120	100	75	50
		40	35	30	20
MP _{2,5}	24 horas MAA	60	50	37	25
		20	17	15	10
SO ₂	24 horas MAA	60	40	30	20
		40	30	20	-
NO ₂	1 hora MAA	260	240	220	200
		60	50	45	40
O ₃	8 horas	140	130	120	100
CO	8 horas	-	-	-	9 ppm
PTS	24 horas MGA	-	-	-	240
		-	-	-	80
Pb	MAA	-	-	-	0,5

Disponível: <https://www.al.sp.gov.br/norma/170057>

CONCENTRAÇÃO

As unidades: partes por milhão (ppm), partes por bilhão (ppb) e partes por trilhão (ppt), são usadas para expressar a concentração de espécies presentes em misturas de gases e líquidos em quantidades muito pequenas. Representam a fração mássica (p/ líquidos) ou a fração molar (p/gases) das espécies presentes.

Por exemplo, 1 ppm é igual a razão entre um volume unitário de um dado gás (substância) misturado a um milhão de volumes da mistura gasosa (ar + gás):

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ volume do gás}}{10^6 \text{ volumes da mistura gasosa}}$$

Podemos também expressar a concentração, C_A , de um poluente em massa por volume ($\mu\text{g}/\text{m}^3$):

$$C_A[\mu\text{g}/\text{m}^3] = \left(\frac{\text{ppm}}{10^{-3}} \right) \frac{PM_A}{RT}$$

P = Pressão (atm)

M_A = Massa molar do gás (g/g-mol)

R = Constante dos gases (0,08206 L.atm/g-mol.K)

T = Temperatura (K)

Para condições de 25 °C e 1 atm:

$$C_A[\mu\text{g}/\text{m}^3] = 40,87(\text{ppm})M_A$$

FATORES DE EMISSÃO

Um fator de emissão é um valor representativo que relaciona a quantidade de um poluente liberado para atmosfera associado a uma atividade ou processo específico.

Esse fator é usualmente expresso como a razão da quantidade de poluente gerado por uma unidade de massa, volume ou duração da atividade (ex. kg de material particulado/kg de carvão queimado).

São utilizados para o cálculo preliminar das quantidades emitidas de determinados poluentes (MP, SO₂, NO_x, COV, etc.) na atmosfera, a partir de uma fonte de emissão.

O Decreto Estadual 8.468/76, e suas alterações, apresenta, em seus anexos, uma lista de alguns fatores de emissão para algumas atividades. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/62153>

ANEXO 6

(INCLUÍDO PELO DECRETO N. 15.425, DE 23.07.80 E ALTERADO PELO DECRETO N. 16.266, DE 02.12.80)

AO REGULAMENTO APROVADO PELO DECRETO N° 8.468 DE 8 DE SETEMBRO DE 1976, A QUE SE REFERE O ARTIGO 33 - A, DO MESMO REGULAMENTO E ACRESCENTADO PELO ARTIGO 6° DO DECRETO N° 15.425, DE 23 DE JULHO DE 1980

(Padrões de Emissão para Material Particulado)

PADRÃO DE EMISSÃO (PE)

ATIVIDADE	FONTES	FORMULAÇÃO	UNIDADE ^a	NOTAS ^b
Fundição de Aço	Forno Elétrico e Arco	PE = 1,650 X ^{-0,221}	Kg/t carregada	1,4
	Forno Siemens-Martin	PE = 5,080 X ^{-0,463}	Kg/t carregada	1,3
	Conversor a Oxigênio	PE = 6,000	Kg/t produzida	
Fundição de Ferro	Forno Cúbilo	PE = 1,373 Y ^{-0,212}	Kg/t carregada	2
	Forno Cadinho	PE = 0,400 X ^{-0,155}	Kg/t carregada	1
	Forno Revérbero	PE = 0,400 X ^{-0,155}	Kg/t carregada	1
	Forno Rotativo	PE = 1,500 X ^{-0,221}	Kg/t carregada	1
Produção de Ferro	Alto Forno	PE = 9,000	Kg/t carregada	
Fundição de Latão e Bronze	Forno Candinho	PE = 1,800 X ^{-0,367}	Kg/t carregada	1
	Forno Estétrico	PE = 0,500 X ^{-0,155}	Kg/t carregada	1
	Introdução	PE = 7,000 X ^{-0,231}	Kg/t carregada	1
	Forno Revérbero	PE = 7,500 X ^{-0,306}	Kg/t carregada	
Fundição de Alumínio Secundário	"Sweating Furnace"	PE = 1,885 X ^{-0,252}	Kg/t carregada	1
	Forno Revérbero	PE = 0,538 X ^{-0,139}	Kg/t carregada	1
	Forno Caldinho	PE = 0,285 X ^{-0,067}	Kg/t carregada	1
Fundição de Magnésio	Forno Cadinho	PE = 0,400 X ^{-0,111}	Kg/t carregada	1
Produção de Cimento	Forno de Calcinação	PE = 6,000	Kg/t carregada	
	Secadores	PE = 3,000	Kg/t carregada	
	Moinhos	PE = 3,000	Kg/t carregada	
Produção de Concreto Asfáltico	Secador Rotativo	PE = 4,500 C ^{0,651}	Kg/h	5
Produção de Artefatos Cerâmicos	Secadores	PE = 9,500 C ^{0,811}	Kg/h	5
	Moinhos	PE = 9,500 C ^{0,811}	Kg/h	5
Beneficiamento de Pedra	Moinhos	PE = 1,500 C ^{0,766}	Kg/h	5
	Peneiras	PE = 1,500 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Rocha Asfáltica	Moinhos	PE = 1,875 C ^{0,766}	Kg/h	5
	Secadores	PE = 1,875 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Fertilizantes Fosfatos Simples e Triplos	Secadores	PE = 1,125 C ^{0,766}	Kg/h	5
	Moinhos	PE = 1,125 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Fosfatos de Amônia DAP e MAP	Reação, Secagem e Resfriamento	PE = 10,000 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Cal	Moinhos	PE = 3,875 C ^{0,766}	Kg/h	5
	Fornos Rotativos de Calcinação	PE = 25,000 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Gesso	Secadores	PE = 5,000 X ^{-0,234}	Kg/t carregada	1
	Calcinadores	PE = 10,000 X ^{-0,234}	Kg/t carregada	1
	Moinhos	PE = 3,875 C ^{0,766}	Kg/h	5
Produção de Fritas	Forno Contínuos	PE = 3,175 C ^{0,857}	Kg/h	5
	Forno Periódicos	PE = 5,099 X ^{-0,110}	Kg/t carregada	1
	Forno Rotativos	PE = 1,570 X ^{-0,143}	Kg/t carregada	1

a) As unidades utilizadas representam a massa total de particulados emitidos por unidade de massa de carga produzida ou carregada.

b) Notas:

1. X representa a massa total carregada (t);

2. Y representa o diâmetro interno do Cúbilo (m);

3. Para fornos com capacidades nominais maiores ou iguais a 20t. Para fornos com capacidade menor,

PE = 1,300 Kg/t carregada;

4. Para fornos com capacidades nominais maiores ou iguais a 2t. Para fornos com capacidades menores,

PE = 1,650 Kg/t carregada;

5. C representa taxa de carregamento (t/h);

OBS.: No cálculo dos Padrões de Emissão, os valores obtidos deverão ser considerados até a 3ª (terceira) casa decimal.

As fontes existentes para as quais ainda não se estabeleceu padrões de emissão específicos, ficam sujeitas às emissões máximas permissíveis obtidas pelas seguintes formulações:

PE = 0,007	$Q^{0,865}$	para		Q	-	250Kg/h
PE = 0,023	$Q^{0,656}$	para	250	< Q	-	500Kg/h
PE = 0,042	$Q^{0,557}$	para	500	< Q	-	950Kg/h
PE = 0,054	$Q^{0,522}$	para	950	< Q	-	1400Kg/h
PE = 0,051	$Q^{0,529}$	para	1400	< Q	-	1850Kg/h
PE = 0,047	$Q^{0,540}$	para	1850	< Q	-	2950Kg/h
PE = 0,028	$Q^{0,602}$	para	2950	< Q	-	5000Kg/h
PE = 0,012	$Q^{0,706}$	para		< Q	>	5000Kg/h

Tanto Q (taxa de carregamento) como o padrão de emissão (PE) são expressos em Kg/h

OBS.: No cálculo dos Padrões de Emissão, os valores obtidos deverão ser considerados até a 3ª (terceira) casa decimal.

ANEXO 8

(INCLUÍDO PELO DECRETO N. 18.386, DE 22.01.82)

AO REGULAMENTO APROVADO PELO DECRETO N° 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976, A QUE SE REFERE O ARTIGO 33-B, DO MESMO REGULAMENTO, ACRESCENTADO PELO DECRETO N° 18.386, DE 22 DE JANEIRO DE 1982

Atividade Industrial	Fonte de Emissão	Padrão de Emissão	Observações
Indústria siderúrgica	conversor LD	100 mg/Nm ³	Padrão de emissão por fonte
	moagem	0,2 Kg/t processada	
Processamento de rocha fosfática	secagem	0,2 Kg/t processada	Padrão de emissão por fonte
	outras fontes não especificadas	0,1 Kg/t processada	
Produção de fertilizantes fosfatados	fabricação de super fosfato granulado	1,5 Kg/t processada	Padrão de emissão global do estabelecimento
	fabricação de super fosfato não-granulado	0,45 Kg/t processada	
Produção de cimento	secador, moagem, separador ciclônico, peneira vibratória, sistema de transportes, silios e ensacadeiras	0,5 Kg/t processada	Padrão de emissão global do estabelecimento
Produção de sulfato de cálcio	secador, calcinador	0,7 Kg/t processada	Padrão de emissão por fonte
	outras fontes não especificadas	0,05 Kg/t processada	

Observações:

1 - considerar-se como toneladas processada todas as substâncias adicionadas ao processo exceto combustíveis.

2 - Processamento de rocha fosfática - Os padrões não se aplicam às operações de recebimento descarga, manuseio e armazenamento da rocha.

Na página da EPA (U. S. Environmental Protection Agency) podemos encontrar uma lista mais completa de fatores de emissão, na publicação:

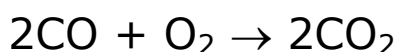
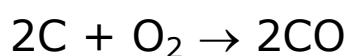
AP 42, Fifth Edition
Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1:
Stationary Point and Area Sources

Disponível em: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>

Óxidos de Carbono

Quantidades significantes de óxidos de carbono, CO e CO₂, são produzidos por fontes naturais e antropogênicas. Devido aos problemas de saúde, CO é considerado o principal poluente atmosférico. CO₂ é considerado, relativamente, não tóxico, contudo tem papel importante nas alterações climáticas.

Monóxido de Carbono: gás incolor, inodoro e insípido. Produzido em grandes quantidades pela combustão incompleta de combustíveis fósseis e outras matérias orgânicas.



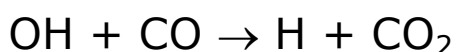
Na indústria do aço, CO é usado para reduzir óxidos de ferro em ferro metálico. CO é produzido pela reação de CO₂ e carbono (carvão): CO₂ + C → 2CO.

CO é produzido naturalmente nas erupções vulcânicas, fotólises do metano e terpenos, decomposição da clorofila, incêndios florestais e ação microbiana nos oceanos. Fontes

antropogênicas incluem veículos, queimadas, indústria, etc.

A concentração média global é de cerca de 0,19 ppm, variando ao longo do dia, das estações do ano e localização.

CO pode ser removido da atmosfera pela ação de microrganismos do solo, convertendo-o para CO₂. O mecanismo de remoção de CO na atmosfera é a reação com hidroxila (OH):



A oxidação do CH₄ é uma importante fonte de CO. O tempo de residência do CO na atmosfera é estimado entre 0,1 e 0,3 ano.

Dióxido de Carbono: CO₂ é produzido na queima ou na decomposição biológica de matéria orgânica. É removido da atmosfera pelas plantas na fotossíntese e participa de reações biológicas (metabolismo).

Durante milhões de anos CO₂ esteve "armazenado" no carvão, no petróleo e no gás natural. O uso intensivo desses combustíveis resultou no aumento significativo dos níveis de CO₂ na atmosfera.

Devido a sua solubilidade em água, os oceanos são a principal fonte de absorção. As florestas tropicais também absorvem CO₂.

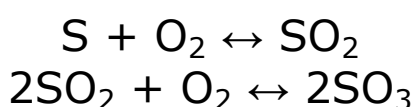
O efeito estufa da atmosfera é potencializado pela presença adicional de CO₂ proveniente de fontes antropogênicas, causando mudanças no balanço global de energia e no clima.

Compostos de Enxofre

Vários compostos de enxofre são lançados na atmosfera por fontes naturais e antropogênicas. Os mais importantes são os óxidos de enxofre (SO_x) e o sulfeto de

hidrogênio (H_2S). Embora significantes quantidades de SO_x venham de erupções vulcânicas, fontes antropogênicas são as principais.

Óxidos de Enxofre: Produzidos pela queima de combustíveis fósseis e de enxofre sólido. Apenas SO_2 é encontrado em quantidades apreciáveis na atmosfera. SO_3 é também formado pela oxidação do SO_2 na atmosfera e devido sua alta afinidade com a água, é rapidamente convertido para ácido sulfúrico:



SO_2 é um gás incolor. Ele pode ser detectado pelo olfato na concentração entre 0,38 e 1,15 ppm. Acima de 3 ppm tem odor extremamente irritante. Sua concentração na atmosfera está em torno de 1 ppb.

Após entrar na atmosfera, SO_2 é quimicamente transformado por uma série de reações gasosas e líquidas, incluindo oxidação direta (reação acima), oxidação catalítica e processos fotoquímicos.

SO_2 pode ser removido da atmosfera pelas plantas, pode se dissolver na água, formando soluções diluídas de ácido sulfuroso (H_2SO_3) ou sofrer um processo de oxidação para H_2SO_4 . Ácido sulfúrico reage com amônia (NH_3) para formar sais, como o bissulfato de amônia (NH_4HSO_4) e sulfato de amônia [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$].

Sulfeto de Hidrogênio: H_2S é um gás muito tóxico com odor característico de "ovo podre". Este odor pode ser detectado em concentrações abaixo de 0,5 ppb. Os níveis desse poluente na atmosfera são baixos, cerca de 0,05 ppb. Fontes naturais incluem a decomposição anaeróbia de

matéria orgânica e vulcões. Fontes antropogênicas incluem a extração e refino de gás e petróleo.

O principal processo de absorção de H_2S da atmosfera é sua conversão para SO_2 .

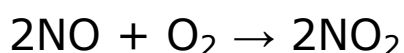
Compostos de Nitrogênio

Existem cinco principais formas gasosas de nitrogênio na atmosfera, incluindo o nitrogênio gasoso (N_2), amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2). Nitrogênio gasoso é o principal componente atmosférico. Os demais compostos são poluentes importantes. NO e NO_2 são designados NO_x .

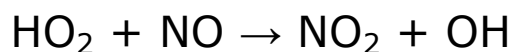
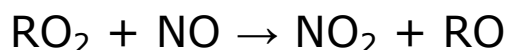
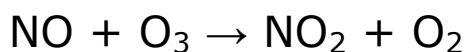
Óxido Nitroso: gás incolor, levemente doce, e não tóxico. É um constituinte natural da atmosfera com concentração em torno de 0,30 ppm. É chamado gás do riso. É produzido naturalmente por bactérias anaeróbias do solo. Pode ser dissociado fotoquimicamente para produzir NO .

Óxido Nítrico: gás incolor, inodoro, insípido e, relativamente, não tóxico. É produzido naturalmente por processos biológicos anaeróbios no solo e água, por processos de combustão e pela destruição fotoquímica de compostos de nitrogênio na estratosfera. As principais fontes antropogênicas são veículos e processos de combustão.

Dióxido de Nitrogênio: gás colorido (marrom/vermelho), com odor fortemente irritante. É relativamente tóxico e altamente corrosivo. Pode ser produzido por oxidação direta:



Reações fotoquímicas com O_3 , peróxidos (RO_2) e espécies hidrogenadas (OH , H_2O_2 , etc.) são meios para converter NO em NO_2 :

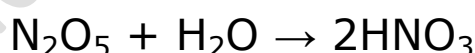
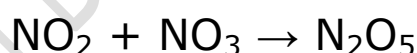


As concentrações de NO e NO₂ na atmosfera são de ±0,5 e ±1 ppb, respectivamente. Os níveis de NO são cíclicos, variando ao longo do dia e com as estações do ano.

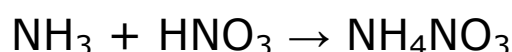
O principal processo de absorção de NO é sua conversão, por oxidação direta e processos fotoquímicos, para NO₂. Para o NO₂ é sua conversão em ácido nítrico:



em que M pode ser O₂ ou N₂. Outras reações envolvendo O₃:



Pentóxido de nitrogênio (N₂O₅) reage rápida e irreversivelmente com H₂O para produzir HNO₃. Reações envolvendo o ácido nítrico podem também ocorrer na atmosfera:



Hidrocarbonetos e Derivados

Hidrocarbonetos (HC) representam uma enorme variedade de espécies químicas, compostas somente de

átomos de hidrogênio e carbono. Possuem estrutura molecular variada, podem ser saturados (cada átomo de carbono é ligado a outros quatro átomos de carbono) ou insaturados (possuem uma ou mais ligações duplas, ou triplas). Devido a sua alta reatividade, HC's insaturados tem considerável significância nos processos fotoquímicos atmosféricos.

Podem reagir com oxigênio, nitrogênio, cloro e enxofre para formarem uma grande variedade de HC derivados. Os HC oxigenados, que incluem aldeídos, ácidos, álcoois, éteres, cetonas e ésteres, têm grande importância como poluentes atmosféricos, pois participam de reações fotoquímicas.

Os HC's de maior importância são os gases ou líquidos voláteis, os quais têm menos de 12 átomos de carbono. Aqueles com massas moleculares maiores são sólidos e estão normalmente condensados na atmosfera (aerossóis).

Existem três principais classes de HC: parafinas ou alifáticos, olefinas e aromáticos.