

O AR QUE RESPIRAMOS

O homem respira cerca de 8 litros de ar por minuto quando em repouso e morre se ficar aproximadamente 5 minutos sem respirar. Isto bem demonstra como é importante esse material na vida do homem. Nos processos de respiração tanto o homem como os animais, consomem o oxigênio do ar, queimando suas reservas de energia e eliminando gás carbônico para a atmosfera.

Por outro lado, as plantas liberam o oxigênio para a atmosfera. Esses dois processos, respiração e fotossíntese, estão aproximadamente em equilíbrio, de forma a não ocorrer um excesso de oxigênio devido à fotossíntese nem sua falta devido à respiração.

Em média o ar seco é composto por Nitrogênio (78%), Oxigênio (21%), Argônio (0,9%), Gás Carbônico (0,3%) e ainda pequenas quantidades de gases inertes, Na atmosfera se encontra também o vapor de água em quantidade variável, dependendo de fatores meteorológicos.

Desequilíbrios no Ar Atmosférico

A revolução industrial que ocorreu de forma intensa a partir do início do Século XIX, alterou profundamente o modo de produção dos bens e se caracterizou pela produção em larga escala, mediante a utilização crescente de máquinas.

Trouxe até nós o que chamamos de progresso, que se dá às custas de um alto consumo de energia para a movimentação de maquinário industrial, o transporte coletivo e os aparelhos eletrodomésticos que vão desde lâmpadas para iluminação até os modernos fornos de microondas. Em que pese no Brasil uma grande parte da energia elétrica ser gerada em usinas hidroelétricas e uma parte dos combustíveis de veículos ser álcool-de-cana, a energia usada em todo o mundo é grandemente proveniente dos combustíveis fósseis: o petróleo, o carvão mineral e o gás natural.

A queima do álcool-de-cana libera para atmosfera dióxido de carbono que já tinha sido dela retirado através do processo de fotossíntese. Já os combustíveis fósseis são constituídos de compostos de carbono que se encontram no subsolo. Ao serem queimados, tais combustíveis liberam para a atmosfera carbono (na forma de gás carbônico) estranho a ela. Dessa forma, tem sido crescente o teor de gás carbônico na atmosfera, desde que o homem passou a utilizar os combustíveis fósseis. Medições precisas mostram que este teor passou de 290 ppm em 1880 a 336 ppm em 1980. Em que pese tal variação não ser danosa aos seres vivos, animais e plantas, tem sido reconhecido ser ela uma das principais responsáveis pelo chamado “efeito estufa” que nada mais é do que o aquecimento gradativo da terra. Os desequilíbrios observados na atmosfera não se devem apenas ao gás carbônico. Outros componentes, resultantes tanto dos processos de combustão como de atividades industriais, são lançados à atmosfera sendo que muitos



deles são agressivos tanto à vida dos animais e dos vegetais como também são destruidores dos materiais.

Estes componentes agressivos, de forma simplificada, podem ser chamados de POLUENTES. Os poluentes já regulamentados na lei brasileira são: Dióxido de Enxofre (SO₂), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃) e Material Particulado (MP), tendo este último três indicadores a saber: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI) e a Fumaça.

Os Poluentes Regulamentados

Dióxido de Enxofre

Tanto o petróleo como o carvão mineral possuem uma certa quantidade de enxofre. Durante a combustão, o enxofre se transforma em dióxido de enxofre que é emitido na forma de gás. Estima-se, que em todo mundo sejam emitidas entre 160 e 180 milhões de toneladas por ano.

Sua presença no ar causa danos aos pulmões, aumentando doenças respiratórias inclusive a bronquite crônica.

Algumas plantas chegam a ser mais sensíveis, tendo suas folhas amareladas ou mesmo morrendo, em concentrações menores das que afetam aos homens. O dióxido de enxofre pode se transformar em ácido sulfúrico na atmosfera. Sendo assim, é um dos componentes da chuva ácida.

Nessa forma, ele é agente de corrosão de metais, fios elétricos, grades, estruturas metálicas e carrocerias dos automóveis, corrosão de estruturas de concreto e ainda de obras de arte feitas de mármore.

Monóxido de Carbono

A queima de qualquer dos combustíveis atualmente em uso, gera grandes quantidades de gás carbônico (CO₂), além de gerar quantidades menores de monóxido de carbono (CO), resultado da queima incompleta do combustível. É encontrado principalmente nas cidades devido ao grande consumo de combustíveis, tanto pela indústria como pelos veículos. No entanto, são os veículos os maiores causadores deste tipo de poluição, pois além de emitirem mais do que as indústrias, eles praticamente lançam este gás na altura do sistema respiratório. Por isso a poluição por monóxido de carbono é encontrada sempre em altos níveis nas áreas de intensa circulação de veículos nos grandes centros urbanos. Em contraste, grandes pólos tipicamente industriais como Cubatão, apresentam níveis muito baixos desse poluente. O maior perigo deste gás reside no fato dele não possuir cheiro, não ter cor e não causar irritação, ou seja, ele não é percebido pelos nossos sentidos. Automóveis funcionando em garagens fechadas têm levado à morte muitas pessoas que não percebem que estão se intoxicando com o monóxido de carbono emitido.



Este gás age se ligando à hemoglobina do sangue, impedindo que ela cumpra a sua função de transportar oxigênio para todo o corpo. A morte nestes casos ocorre por asfixia.

Os níveis encontrados mesmo nas cidades mais poluídas não são suficientes para causar a morte de qualquer pessoa. No entanto ele causa vários danos como perturbação da visão, diminuição de reflexos e diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo. As pessoas mais sensíveis são as que já possuem problemas circulatórios ou cardiovasculares, particularmente as crianças e os idosos. Altos níveis de monóxido de carbono em áreas de intenso trânsito de veículos tem sido apontados como a causa adicional de aumento de acidentes de tráfego.

Oxidantes Fotoquímicos

A queima incompleta de combustíveis causa também a emissão de combustíveis não queimados ou parcialmente queimados. A combustão também faz liberar para a atmosfera os óxidos de nitrogênio. Novamente são os veículos os maiores emissores destes poluentes. Os combustíveis não queimados e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, principalmente quando ativados pela luz solar, formando um conjunto de gases agressivos chamados de oxidantes fotoquímicos, sendo dentre eles o mais importante o ozônio, que é utilizado como indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Não sendo emitidos por qualquer fonte, mas formados na atmosfera, eles são chamados de poluentes secundários. Tais poluentes formam o chamado “smog” fotoquímico, ou névoa fotoquímica que possui este nome, pois causa na atmosfera uma diminuição de visibilidade. São os oxidantes fotoquímicos os principais responsáveis pela irritação dos olhos e garganta que ocorrem em dias muito poluídos. Causam ainda redução na capacidade pulmonar e agravamento das doenças respiratórias, provocam danos na estrutura pulmonar e diminuem a capacidade de resistência às infecções pulmonares. O Ozônio causa o envelhecimento precoce.

Outro problema sério que estes poluentes causam são os referentes à degradação da vegetação, causando prejuízos às diferentes culturas sensíveis a ele.

Convém lembrar que não sendo emitidos diretamente em qualquer fonte, mas produto de reações químicas de substâncias emitidas nos centros urbanos, os oxidantes também se formam longe dos centros de emissão, ou seja, nas periferias das cidades, locais onde no geral estão concentrados os centros de produção agrícola. Como são agressivos às plantas, o controle dos oxidantes fotoquímicos adquire fortes implicações econômicas.

Material Particulado

Sob a denominação geral de material particulado se encontra uma grande classe de poluentes constituídas de poeiras, fumaças e todo o tipo de material



sólido e líquido que devido a seu pequeno tamanho, se mantém suspenso na atmosfera. As fontes emissoras desse poluente são as mais variadas, indo desde as incômodas “fuligens” emitidas pelos veículos até as “fumaças” expelidas, pelas chaminés industriais, passando pela própria poeira depositada nas ruas e que são levantadas pelo vento e veículos. Este poluente causa efeitos danosos tanto à saúde como ao meio ambiente. Causam irritação nos olhos e garganta, reduzem a resistência às infecções e ainda provocam doenças respiratórias crônicas. Partículas finas, como as da fumaça de cigarro, quando respiradas atingem as partes mais profundas dos pulmões. Algumas partículas, como as emitidas pelos veículos, são altamente suspeitas de serem cancerígenas. As partículas causam ainda o desgaste de edifícios, danos à vegetação e são grandes responsáveis na redução da visibilidade. Até 1989, a legislação brasileira preocupava-se apenas com as “Partículas Totais em Suspensão”, ou seja, com todos os tipos e tamanhos de partículas que se mantêm suspensas no ar, a grosso modo partículas menores que 100 µm. No entanto, pesquisas recentes mostraram que as partículas mais finas, simplificadaamente as menores que 10 µm, são as que penetram mais profundamente no aparelho respiratório, são as que apresentam efetivamente mais riscos à saúde. Dessa forma, a legislação brasileira passou também a se preocupar com essas partículas, as “Partículas Inaláveis” a partir de 1990.

Também nessa nova legislação é mostrada a importância dada às fuligens criando-se, a necessidade da verificação dos índices de “Fumaça”. Na apresentação da situação da qualidade do ar em São Paulo e Cubatão, no item material particulado, se faz menção apenas às partículas inaláveis, enquanto que, no interior do Estado, as referências se farão apenas fumaças, uma vez que são estas partículas que são medidas de forma rotineira nas diferentes regiões. Dessa forma, poderão ser apresentados de forma sucinta os dados que melhor representa cada região.

Influências Meteorológicas

A atmosfera é o meio propagador dos poluentes emitidos e são os movimentos atmosféricos que determinam a frequência, a duração e a concentração dos poluentes a que estão expostos os possíveis receptores. Vários estudos foram realizados verificando-se que há uma relação entre os altos índices de poluição e os fenômenos meteorológicos (inversões térmicas, ventos fracos, calmaria, presença de altas pressões e outros) que caracterizam uma região. Olhando de maneira mais global para a situação mundial quanto aos problemas de poluição do ar, nota-se que várias vezes ocorreram casos de poluição do ar com conseqüências desastrosas para a população.

Alguns deles são indicados na tabela que segue com o excesso retirado do número de mortes esperadas.

Ano	Local	Excesso de mortes
1930	Bélgica-Vale do Rio Mouse	60
1948	Estados Unidos-Donora	20
1952	Inglaterra-Londres	4.000



1955	México	22
1962	Inglaterra-Londres	100
1962	Japão-Osaka	60
1966	Estados Unidos-Nova York	168

Esses acontecimentos, provocados por altos níveis de poluição foram associados principalmente à ocorrência de inversões térmicas, de ventos fracos, de elevada porcentagem de calmaria, de atuação de sistemas de alta pressão e dos efeitos da topografia da região. No casos das inversões térmicas ou de temperatura, elas ocorrem freqüentemente na baixa atmosfera (troposfera) e consistem, sem dúvida, um fator importante na concentração dos poluentes, pois funcionam como um tampão para a dispersão dos poluentes atmosféricos, limitando o volume de ar para a sua diluição.

Na troposfera, à medida que nos distanciamos da superfície da Terra, normalmente o ar vai se resfriando. Isto ocorre pelo fato de que o ar mais próximo do solo absorve diretamente o calor irradiado pela Terra, tendo aí aquecimento máximo. Ocorre que, muitas vezes, esse comportamento da temperatura não se mostra tão uniforme, encontrando-se elevações de temperatura à medida que se distancia do solo. A esse fenômeno damos o nome de inversão térmica ou de temperatura. Existem vários tipos de inversões térmicas, entre elas citamos:

1. As inversões de subsidência: são causadas por movimentos atmosféricos descendentes sobre uma camada de ar, ocasionando seu aquecimento por compressão, enquanto que o ar sob esta camada permanece mais frio, portanto, mais pesado, ficando confinado nas camadas da baixa atmosfera;
2. As inversões de radiação: ocorrem freqüentemente quando o solo se resfria por irradiação durante a noite com céu claro e ventos fracos, ficando mais frio o ar em contato com a superfície. As inversões de radiação e subsidência estão associadas a sistemas de alta pressão estáveis. No inverno podem persistir por muito tempo em virtude do aquecimento solar não suficiente para quebrar as inversões.

Estes dois tipos de inversões podem se estender por grandes áreas e são as piores para a qualidade do ar. Os ventos são o resultado das diferenças de pressão que são produzidas pela maior ou menor energia recebida do Sol. A direção e velocidade do vento exercem um papel importante. Quanto maior for a velocidade do vento maior será a turbulência, conseqüentemente maior será o volume para a diluição e mais rápida será a dispersão dos poluentes.

Entretanto, no inverno, devido à persistência de sistemas de altas pressões estáveis, ocorrem longos períodos de calmaria ou de fracos movimentos do ar, o que facilita a concentração de poluentes. Durante a noite, devido à ausência do aquecimento do Sol, as camadas mais baixas da atmosfera tornam-se mais estáveis, ocasionando ventos fracos e calmarias; durante o dia o efeito é



inverso, aumenta a velocidade do vento o que favorece os movimentos turbulentos da atmosfera, facilitando a dispersão dos poluentes. Os ventos locais podem ser diferentes dos grandes deslocamentos atmosféricos predominantes na região, especialmente se o sistema de grande escala é fraco em áreas da costa ou de grandes lagos; a diferença de aquecimento entre a terra e a água são suficientes para haver a circulação do mar para a terra durante o dia e da terra para o mar durante a noite, é a brisa. Essa mudança de direção do vento pode facilitar ou dificultar a dispersão dos poluentes. A influência da topografia é importante devido ao aquecimento diferenciado do solo; topos de montanhas se aquecem e se resfriam mais rapidamente que vales, reforçando circulações localizadas e inversão durante a noite. A presença de um vale é geralmente desfavorável à dispersão dos poluentes. As camadas de ar frio mais denso se acumulam no fundo dos vales acentuando a estabilidade e, portanto, facilitando o acúmulo dos poluentes.

Padrões de Qualidade do Ar

Um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um poluente atmosférico, de tal forma que seja garantida a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidades do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos pelos poluentes e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os padrões primários e os secundários. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Eles devem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosférico, constituindo-se para locais poluídos, em metas de curto e médio prazos.

Os padrões secundários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes de atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população assim como, o mínimo de dano à flora, aos materiais, ao meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentrações de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Através da Resolução CONAMA n 3 de 28/06/90, o IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, ampliando o número de parâmetros regulamentados através da Portaria GM 0231 de 27/04/76. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas inaláveis, partículas totais em suspensão, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Os padrões nacionais de qualidade do ar são apresentados na tabela abaixo.



**Padrões Nacionais de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA n 3 de
28/06/90**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (ug/m3)	Padrão Secundário (ug/m3)	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1) MGA (2)	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Dióxido de Enxofre	24 horas(1) MAA(3)	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora (1) 8 horas (3)	40.000 (35ppm) 10.000 (9ppm)	40.000 (35ppm) 10.000 (9ppm)	Infra-vermelha não dispersivo
Ozônio	1 hora(1)	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas (1) MAA (3)	150 60	100 40	Refletância
Partículas Inaláveis	24 horas (1) MAA (3)	150 50	150 50	Separação Inercial/ Filtração
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1) MAA (3)	320 100	190 100	Quimiluminescência

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) Média geométrica anual

(3) Média aritmética anual

Em região altamente poluída, para proteger a saúde da população, durante a ocorrência de episódios críticos de poluição do ar, quando podem ocorrer riscos eminentes à saúde, são formulados planos de emergência nos quais são especificados certos níveis de poluição, os chamados critérios de episódios e medidas devem ser tomadas quando estes níveis são atingidos. Esses critérios, estabelecidos na mesma resolução, são apresentados na tabela abaixo.

**Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA
n.3 de 28/06/90)**

Parâmetro	Atenção	Alerta	Emergência
Dióxido de Enxofre (ug/m3)-24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) (ug/m3)-24 h	375	625	875
SO2 x PTS (ug/m3)x(ug/m3)-24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm)-8 h	15	30	40
Ozônio (ug/m3)-1 h	400	800	1.000
Partículas Inaláveis (ug/m3)-24 h	250	420	500
Fumaça (ug/m3)-24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio (ug/m3)-1 h	1.130	2.260	3.000



Verificação da Qualidade do Ar

Índices de Qualidade do Ar

Para simplificar o processo de comunicação dos dados de poluição do ar para a população, a CETESB utiliza um índice de Qualidade do Ar. Através do quadro 1 pode-se entender o significado da escala utilizada para classificar a qualidade do ar.

Quadro 1- ESTRUTURA DO ÍNDICE

Índice	Qualidade do Ar	Significado
0 - 50	Boa	Índice abaixo da metade dos padrões
51-100	Regular	Índice abaixo dos padrões
101-199	Inadequada	Índice acima dos padrões
200-299	Má	Índice acima do nível de atenção
300-399	Péssima	Índice acima do nível de alerta
> 400	Crítica	Índice acima do nível de emergência

Topografia e Meteorologia

Quando estudamos o problema de poluição do ar na Região devemos considerar a influência das estações do ano na atuação dos sistemas atmosféricos. No verão, devido a maior incidência de radiação solar e ao deslocamento do centro das massas de ar polar e subtropical mais para o Oceano, ocorre grande instabilidade sobre o continente (linhas de instabilidade, sistema de baixas pressões, grande ocorrência de precipitação, etc) o que favorece muito a dispersão de poluentes. No inverno, as massas de ar subtropical e polar avançam mais para o continente originando grande estabilidade (movimentos de ar descendente ventos fracos, muitas horas de calmaria, diminuição da pluviosidade, ocorrência de freqüentes inversões térmicas em baixa altitude). A posição da região no continente Sul Americano é privilegiada, pois se encontra em zona de freqüentes passagens de frentes que, em geral, proporcionam muita instabilidade e a conseqüente variação da atuação dos sistemas de alta pressão: ora subtropical ora polar proporcionando a troca sucessiva de ar na região.

A Região da Grande São Paulo

A região da Grande São Paulo está localizada na latitude do Trópico de Capricórnio em uma área rebaixada do Planalto Atlântico que dificulta a dispersão dos poluentes.

A topografia da região é caracterizada por elevações que chegam a atingir 650m de altitude ao Sul, a área é limitada pela Serra do Mar e pela de Paranapiacaba.

Vários estudos sobre as inversões térmicas da Região da Grande São Paulo mostraram que no "período do inverno" sua ocorrência tende a provocar



condições desfavoráveis à dispersão dos poluentes, devido às inversões ocorrem muito próximas à superfície; serem muito freqüentes no período da noite e madrugada e pelo grande número de horas consecutivas de sua ocorrência. Estudos sobre a ventilação mostram que a direção predominante do vento na região é de sudeste. Há uma variação da velocidade do vento: mais intenso durante o dia, devido ao aquecimento solar e enfraquecendo a medida que se inicia o resfriamento noturno. A brisa marítima atua, principalmente, no período da tarde e dependendo da direção do vento de grande escala pode aumentar sua velocidade. Quando os sistemas de grande escala (altas ou baixas pressões) intensos atuam sobre a região, anulam os efeitos da brisa e da topografia em relação a direção do vento que passa a ser a mesma em toda a região.

A topografia somente interfere na velocidade do vento: ora intensificando ora diminuindo a mesma.

