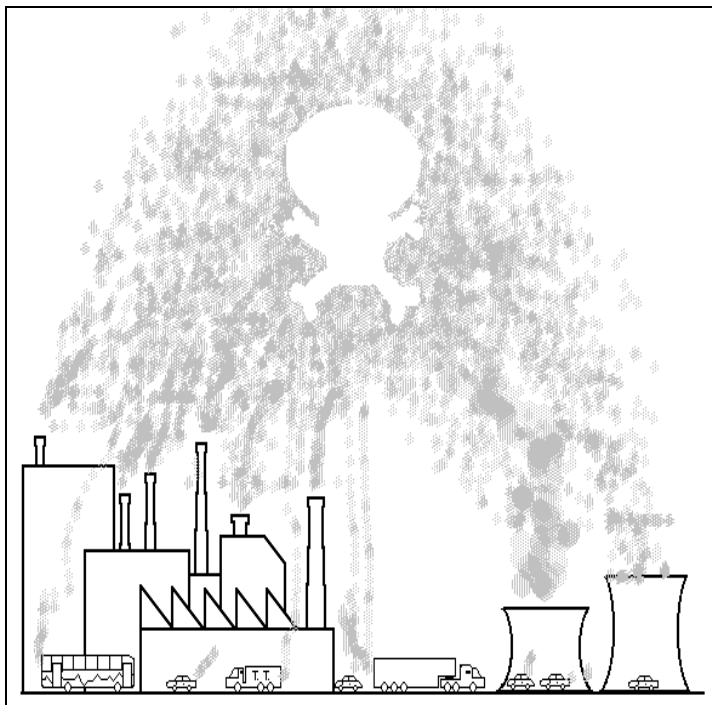




**Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**Instituto de Química**

**Área de Educação Química**



# **POLUIÇÃO DO AR**

José Claudio Del Pino

Verno Krüger

Maira Ferreira

## INTRODUÇÃO

Ao pretender educar para a formação integral do aluno e prepará-lo para o exercício consciente da cidadania, os professores de química buscam com frequência as questões ambientais e seus efeitos com o objetivo de incluí-los dentro dos conteúdos de química.

A abordagem característica das questões ambientais se situa na obviedade da menção e da exemplificação dentro dos conteúdos. Este tipo de abordagem leva a dois equívocos:

- a química estraga, suja e polui o ambiente. É uma ciência perniciosa que não merece o estudo dos alunos.
- usa-se a questão ambiental apenas para exemplificar.

Esses dois equívocos não permitem utilizar a ciência para explicar e buscar soluções para as questões ambientais. Não permite questionar o porquê das situações de desequilíbrio e os mecanismos de transformação do meio ambiente não faz parte do conhecimento dos alunos. A relação entre os vários ramos da ciência sequer é mencionado.

Não sabemos até que ponto um ambiente suporta um determinado tipo de agressão. A questão de se localizar a poluição não tem sentido se servir só para alarmar o aluno. O que aos professores compete é esclarecer que o que ocorre em Cubatão, ocorre na Grande Porto Alegre, mas não no mesmo nível e quantidade.

Toda a questão que aborde poluição deve ensejar a vinculação dos diferentes tipos de poluição em um ciclo fechado. A poluição do ar provoca a poluição da água, que provoca a poluição do solo e vice-versa.

Quanto a poluição do ar, sabe-se que o avanço da tecnologia vem acompanhado de gastos de energia que, tornam viáveis as constantes descobertas. Produzir energia, geralmente, é o principal motivo da poluição do ar, pois os automóveis, fábricas, usinas termoelétricas espalhadas pelo mundo usam, na maioria das vezes, a energia dos combustíveis. Os principais poluentes atmosféricos são os gases tóxicos lançados pelas indústrias e pelos veículos movidos a petróleo e, os compostos tóxicos formados no ar a partir de elementos componentes dos gases desprendidos pelos motores e chaminés que reagem, com o auxílio da luz, com os elementos da atmosfera.

Para que se trabalhe os conteúdos relacionados a esse tema de forma que a aprendizagem dos alunos seja significativa é importante levar em consideração os seguintes aspectos:

- ♦ o assunto abordado deve ser do universo imediato (cotidiano) do aluno.

- ◆ as atividades propostas devem levá-lo a pensar, criar conhecimentos ou recriá-los.

- ◆ as atividades devem oportunizar operações de pensamento.

O ensino como processo , a habilidade de pensar como culminância, a postura aberta para a realidade criam alunos críticos, atentos, criativos, capazes de julgar e influir em mudanças, sustentar e aceitar opiniões. Serão cidadãos no pleno gozo de suas faculdades. É uma opção política do professor enveredar por este caminho.

## JUSTIFICATIVAS TEÓRICAS

Aprender significa interiorizar ações e mudar comportamentos por meio de participação ativa do educando no processo de ensino-aprendizagem.

Para que uma aprendizagem seja significativa são pontos importantes que o assunto abordado seja do universo imediato (cotidiano) do aluno e que sua aprendizagem ocorra com a promoção de atividades que o levem a pensar e a criar conhecimento ou recriá-lo para seu universo.

Esta aprendizagem significativa pode ocorrer através da oportunização de operações de pensamento, como as sugeridas por Louis Raths em seu livro: "Ensinar a Pensar" (Editora Pedagógica e universitária, São Paulo, 1977).

Sustenta ele: "A sociedade livre que tentamos criar exige inteligências livres. Uma população que não possua ou não deseje pensar sobre seus problemas não ficará livre e independente por muito tempo".

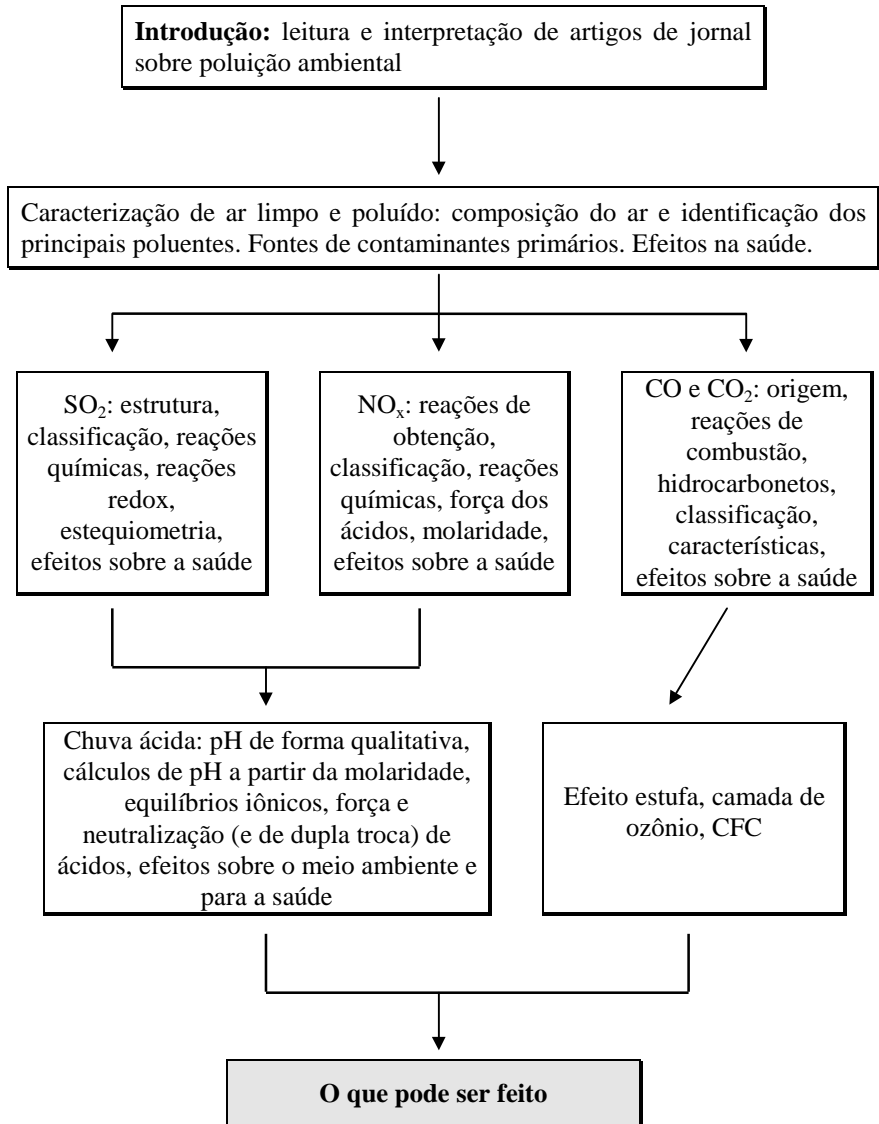
Raths, entende o ensino como um processo e a atividade de pensar sua culminância. Sugere uma série de atividades possíveis em sala de aula que, segundo ele, dão ao aluno oportunidade de pensar.

"O pensamento tem que ser feito sozinho; caso contrário será alguma outra coisa. É necessariamente pessoal e criador". Logo, o professor não ensina a pensar. Cria oportunidades para que os alunos possam exercitar esta faculdade própria do ser humano.

O tema abordado no presente trabalho é o cotidiano de todos nós: a poluição do ar. Procura enfatizar a química que está ao redor de nós, justificando por outro lado o estudo de assuntos normalmente áridos e sem interesse.

É dada ênfase nas operações de pensamento como atividade de "descobrimto" dos assuntos e explicação dos fatos, tais como interpretação de textos, de dados, de tabelas e de gráficos; confecção de tabelas e gráficos e sua interpretação, como elaboração de conclusões a partir dos dados apresentados. Estas operações de pensamento se adequam perfeitamente ao assunto pois o seu domínio faz parte das necessidades diárias de um cidadão plenamente integrado ao seu mundo.

## CONTEÚDOS ABORDADOS



## OPERAÇÕES DE PENSAMENTO PREVISTAS

CONTEÚDO	OPERAÇÕES DE PENSAMENTO
1 - Introdução: leitura do texto	<u>Interpretar</u> o texto; <u>decidir</u> os ítems mais relevantes e a idéia central do texto.
2 - Caracterização do ar limpo e do ar poluído	<u>Comparar</u> ar limpo e ar poluído; <u>interpretar</u> tabela de condições do ar; <u>relacionar</u> concentração de poluentes e efeitos sobre a saúde; <u>identificar</u> as principais fontes poluidoras.
3- Contaminantes primários	<u>Identificar</u> e <u>classificar</u> quimicamente os principais poluentes e as reações químicas que podem provocar; <u>interpretar</u> tabelas de dados e textos sobre os efeitos dos poluentes sobre o organismo humano; <u>interpretar</u> gráfico e <u>concluir</u> pelas fases de operação do motor com máxima e mínima produção de determinado poluente; <u>elaborar</u> tabelas de dados, gráficos e a partir destes <u>concluir</u> pela relação entre a concentração de poluentes e os efeitos sobre o organismo, <u>identificando</u> ainda os limites de tolerância para determinado poluente; <u>relacionar</u> as concentrações de tabela com molaridade.
4 - Chuva Ácida	<u>Interpretar</u> a escala de pH; <u>comparar</u> o pH da chuva normal e da chuva ácida; <u>relacionar</u> variação de acidez com variação de pH; <u>relacionar</u> concentração de poluentes com efeitos sobre o organismo e com a acidez da chuva e os efeitos sobre o meio ambiente.
5 - O que pode ser feito?	<u>Concluir</u> a respeito do grau de poluição dos combustíveis: elaboração de tabelas, gráficos e <u>analisar</u> os gráficos e <u>concluir</u> pelas condições de emissão de poluentes; <u>propor</u> soluções para a <u>diminuição</u> e <u>prevenção</u> da poluição atmosférica.

# DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO

## 1 - INTRODUÇÃO

- a) Leia atentamente os textos extraídos do jornal Zero Hora e da revista Superinteressante. Assinale palavras ou expressões que você não conhece.
- b) Selecione 5 informações que você considera mais relevantes nos textos. Relacione-as com explicações porventura contidas nos artigos.

Informações	Explicações
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.
5.	5.

- c) Quais as idéias centrais dos textos? Indique, a seu juízo, duas idéias secundárias em relação às idéias centrais.

### ***AMBIENTE: PARADOS E SUFOCADOS***

*Com a chegada do inverno, a poluição do ar nas grandes cidades brasileiras aumenta assustadoramente por causa da inversão térmica, fenômeno que faz com que os poluentes se dissipem. A maior culpada pela sujeira é a gigantesca frota de veículos, que emite nove vezes mais substâncias tóxicas do que as indústrias. Com o trânsito parado, tudo fica pior. Por isso foi proposto que São Paulo, a maior metrópole do país, adotasse, a exemplo de outras megalópoles do mundo, o rodízio de carros, com o objetivo de tirar 20% de automóveis das ruas e diminuir o sufoco.*

*Há cem anos, quando o americano Henry Ford começou a produzir carros em série, ninguém imaginava a dor de cabeça que as longas filas de automóveis iriam provocar no futuro. Em São Paulo, onde circulam cerca de cinco milhões de veículos, a média de congestionamento nos horários de pico é de 100 quilômetros e esses carros parados jogam no ar toneladas de gases e*

partículas químicas. Quando a velocidade de 30 quilômetros por hora diminui para 20 quilômetros horários, por exemplo, o consumo de combustível mistura cerca de 30% a mais de substâncias tóxicas no oxigênio que se respira.



**Figura I:** Formação da poluição

Os poluentes jogados pelos veículos são sobras da queima de combustível. A Companhia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) avalia os novos modelos lançados no mercado para garantir que os automóveis e ônibus saiam da fábrica emitindo o mínimo de substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente, mas a quantidade de poluentes também depende do tipo de combustível.

**Tabela I:** Veja o que sai dos escapamentos

	Monóxido de carbono	Hidro-carbonetos	Óxidos nitrosos	Enxofre	Fuligem
Gasolina	27,7	2,7	1,2	0,22	0,21
Álcool	16,7	1,9	1,2	0	0
Diesel	17,8	2,9	13,0	2,72	0,81
Gás natural	6,0	0,7	1,1	0	0



*O álcool polui menos e, por isso, desde 1980 é adicionado a gasolina que é vendida no Brasil, sendo 78% de gasolina e 22% de álcool. Em 1990, surgiu em Porto Alegre o “diesel metropolitano”, uma mistura de combustíveis que hoje é comum em todas as grandes cidades do mundo. A Secretaria de Meio Ambiente de Porto Alegre pressiona a Petrobrás para que faça um composto do diesel importado com o nacional, já que o importado tem alto teor de enxofre, com essa mistura o teor de enxofre baixou de 1,1% para 0,5%. Em janeiro deste ano o uso do gás natural (combustível limpo ) foi liberado para os todos veículos, sendo que até então somente era utilizado nos táxis.*

*Assim como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre também sofrem com a poluição do ar por causa da inversão térmica no inverno. Nas outras estações, o sol aquece a superfície, que por sua vez esquenta a camada de ar acima dele e como esse ar é menos denso ele sobe carregando os poluentes. No inverno, o calor da terra não é suficiente para aquecer o ar, então a camada fria fica presa próxima ao chão, segurando a poluição. Outro agravante é a falta de chuvas, pois os poluentes pairam no ar por mais tempo até se depositarem sobre prédios, casas e carros. Aí, quando a água cai, carrega os gases e partículas que estão em suspensão, esta chuva ácida, ao contrário do que se imagina não é prejudicial nas cidades e ainda ajuda a limpar o ar. O problema é quando os poluentes entram em alguma nuvem e viajam para fora da região metropolitana, contaminando mananciais de água e produção de alimentos.*

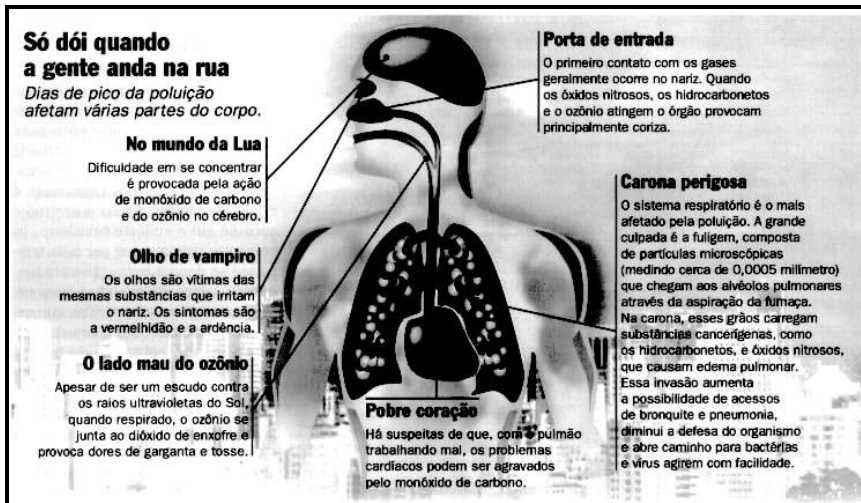
*A irritação que surge nas pessoas presas em um congestionamento é um dos sintomas dos efeitos da poluição no trânsito engarrafado, depois vêm outros problemas: olhos lacrimejantes, ligeira dor de garganta e o pigarro, produzido pelas mucosas da garganta na defesa do organismo. Se o tempo de exposição a poluição for longo, o pulmão e até o coração podem ser afetados.*

Fonte: Superinteressante, junho de 1996.

O efeito estufa é apenas um dos problemas previstos em decorrência da ação dos poluentes atmosféricos. Cada gaúcho, por exemplo, aspira durante o ano mais de 50 quilos de produtos químicos. Estes gases causam danos às edificações, diminuição da capacidade respiratória e da acidez das águas, já detectadas em Porto Alegre.

## ***POLUIÇÃO: O PERIGO ESTÁ NO AR***

*O ar do Rio Grande do Sul é pesado - literalmente pesado. Cada um dos 9 milhões de gaúchos respirou no ano passado, além do oxigênio, uma mistura com 51 quilos de poluentes variados. Somados, eles se distribuem entre três quilos de gás carbônico, nove quilos de hidrocarbonetos, 13 quilos de óxidos de nitrogênio, 12 quilos de derivados de enxofre e 14 quilos de poeira.*



Fo

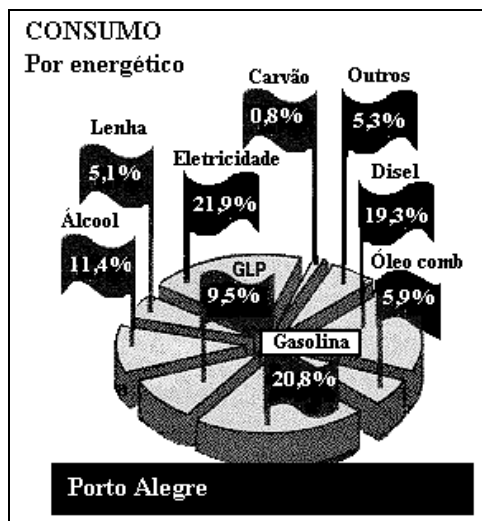
nte: Superinteressante, junho de 1996

**Figura II:** Poluição: o perigo está no ar.

*Este é o teor dos produtos químicos que cada um dos gaúchos ingeriu, tomada como base a análise do material lançado na atmosfera pelas 30.400 indústrias registradas no Estado. Elas liberam, em conjunto, mais de 500 mil toneladas de poluentes atmosféricos por ano. Não estão incluídas neste levantamento, feito a partir de dados publicados por órgãos ambientais estaduais, as emissões provenientes da descarga de veículos - maior fator de poluição aérea em qualquer país.*

*Os veículos liberam, durante a combustão, grandes quantias de CO (monóxido de carbono) e SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), além de outros gases tóxicos cujos efeitos variam de danos aos pulmões humanos até o retardamento no crescimento das plantas.*

*Levantamento realizado este ano através de convênio entre a Prefeitura de Porto Alegre e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) demonstra que 57% dos gastos energéticos na capital gaúcha ocorrem por força dos meios de transporte - proporção que resulta semelhante relação aos poluentes aéreos.*



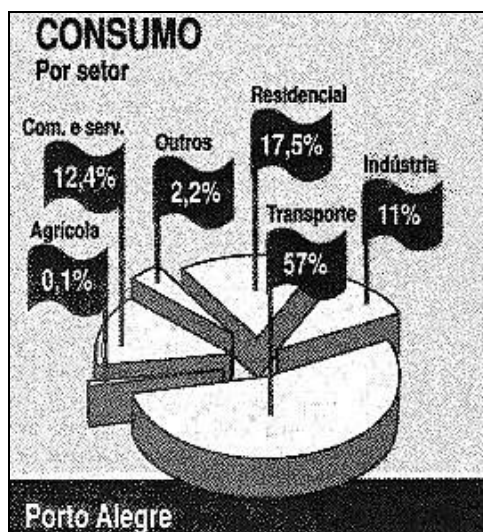
**Figura III:** Consumo de combustíveis

*A frota de veículos particulares responde por 51% dos gastos energéticos com transporte em Porto Alegre. São 500 mil carros de passeio em uma cidade com 1,3 milhão de habitantes. A média, portanto, é de dois passageiros por veículo - uma das mais altas do Brasil e comparável à de países do Primeiro Mundo.*

*Os veículos de carga são responsáveis por 21,5% dos gastos energéticos no transporte da capital gaúcha. Os ônibus consomem 13% da energia do transporte e os táxis, 5%. O restante do consumo é atribuído a outros meios de locomoção.*

*Quando uma pessoa deixa o carro em casa e toma um ônibus, sem saber ela contribui para que seja liberada 340 vezes menos monóxido de carbono, 33 vezes menos compostos de nitrogênio, 34 vezes menos poeira e seis vezes menos dióxido de enxofre.*

*A ação dos poluentes é, compreensivelmente, mais intensa nas zonas industrializadas e menor na área rural. Conforme levantamento realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam), a Região Metropolitana de Porto Alegre responde sozinha por 73% das emanações de gás carbônico (CO) do estado. Ela é responsável, ainda, por 63% dos hidrocarbonetos (HC), 65% dos óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), 56% do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e 42% da poeira lançados no ar que os gaúchos respiram.*



**Figura IV:** Utilização dos combustíveis

*Existem punições previstas nas três esferas legais (federal, estadual e municipal) para os poluidores do ar. Elas variam de simples advertência até o fechamento de estabelecimentos e apreensão de veículos. As leis, de modo geral, especificam que as emissões não podem ultrapassar 240 microgramas de pó químico (CO, SO<sub>2</sub>, etc.) por metro cúbico de ar.*

*Escassos, porém, são os instrumentos que o poder público dispõe para verificar se a lei está sendo cumprida. Os poucos equipamentos existentes medem apenas alguns tipos de poluentes.*

*A Fepam, por exemplo, opera desde 1980 uma rede de monitoramento de qualidade do ar com cinco estações medidoras em Rio Grande, quatro na Grande Porto Alegre, uma em Caxias do Sul e outra em Montenegro. Elas medem apenas*

*dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e outras partículas em suspensão (não detalhadas por tipo de gás).*

*Os últimos levantamentos demonstram que as grandes avenidas de Porto Alegre possuem uma inadequada qualidade do ar, algo já detectado em números por funcionários da Prefeitura e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (veja a Tabela II).*

Fonte: Caderno Vida, Zero Hora, 07/06/92

**Tabela II:** Poluentes lançados pelos meios de transporte nas principais avenidas de Porto Alegre (em toneladas / dia)

Gás Carbônico	35,0
Óxidos de Nitrogênio	4,9
Hidrocarbonetos	4,4
Óxido de Enxofre	1,1
Poeira	0,4

Fonte: Caderno Vida, Zero Hora, 07/06/92

## 2. AR LIMPO X AR POLUÍDO

**Tabela III:** Composição do Ar

Composição média da Atmosfera					
ppm por volume*		%	ppm por volume*		%
N <sub>2</sub>	780900	78,09	CO	0,1	10 <sup>-4</sup>
O <sub>2</sub>	209000	20,01	O <sub>3</sub>	0,02	10 <sup>-6</sup>
Ar	9300	0,90	No <sub>x</sub>	0,002	10 <sup>-7</sup>
H <sub>2</sub> O	0 à 7000	-	Ne	18	0.02
CO <sub>2</sub>	320	0,30	CH <sub>4</sub>	1,5	0,001

\* litros de mistura presentes em 10 milhões de litros de ar

**Tabela IV:** Padrões de qualidade do ar (Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90 - IBAMA)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão	24 horas MGA (2)	240 (1) 80	375	625	875
Dióxido de enxofre	24 horas MAA (3)	365 (1) 80	800	1600	2100
Ozônio	1 hora	160 (1)	400	800	1000
Fumaça	24 horas MAA (3)	150 (1) 60	250	420	500
Partículas inaláveis	24 horas MAA (3)	150 (1) 60	250	420	500
Dióxido de nitrogênio	1 hora MAA (3)	320 (1) 90	1130	2260	3000
Monóxido de carbono	1 hora 8 horas	35 ppm (1) 9 ppm (1)	15 ppm	30 ppm	40 ppm

Fonte: Química Nova 15(2)(1992)

Observações: Todas as unidades em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano

2) Média geométrica anual

3) Média aritmética anual

É definido então como um ar poluído aquele que, além de seus componentes normais, possuir estes outros componentes listados em valores superiores. A situação de alarme é decretada segundo padrões definidos em cada país.

Observe nas Tabelas III e IV os valores dos diferentes poluentes que correspondem aos níveis de atenção, alerta e emergência. Complete suas observações com as análises das Tabelas V e VI.

No Brasil, o trabalho mais completo é o da CETESB-SP que avalia e divulga para população a qualidade do ar.

**Tabela V:** Efeitos e fontes dos principais contaminantes

<b>Contaminantes</b>	<b>Efeitos na saúde</b>	<b>Principais fontes</b>
Monóxido de Carbono - CO	impede o transporte de oxigênio no sangue , causa danos aos sistemas nervoso central e cardiovascular	uso de combustíveis fósseis
Dióxido e Trióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub>	doenças cardiovasculares e respiratórias	combustão de carvão e petróleo com enxofre
Óxidos de Nitrogênio - NO <sub>x</sub>	danos ao aparelho respiratório	combustões a altas temperaturas de combustíveis fósseis
Hidrocarbonetos não saturados e aromáticos	alguns tem propriedades cancerígenas, teratogênicas ou mutagênicas	uso de petróleo, gás natural e carvão
Macromoléculas sólidas e líquidas	aparelho respiratório, gastrointestinal, sistema nervoso central e renal, etc	atividades industriais, transporte e combustão

Fonte: CETESB

- a) Observando a Tabela V, qual a origem principal dos agentes poluentes?
- b) Qual seu efeito principal sobre o organismo humano?

**Tabela VI: Qualidade do ar e efeitos na saúde**

<b>Nível de qualidade do ar</b>	<b>Qualificação</b>	<b>Descrição dos efeitos sobre a saúde*</b>	<b>Precauções</b>
	Boa	-	-
	Aceitável	-	-
Atenção	Inadequada	leve agravamento de sintomas em pessoas suscetíveis; sintomas de irritação na população sadia	pessoas com doenças cardíacas ou respiratórias devem reduzir as atividades físicas
Alerta	Má	decréscimo da resistência física e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardio-respiratórias; sintomas gerais na população sadia	pessoas idosas ou com doenças cardio-respiratórias devem reduzir as atividades físicas e permanecer em casa
Emergência	Péssima	aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas; decréscimo da resistência física em pessoas saudáveis	pessoas idosas e pessoas com enfermidades devem permanecer em casa e evitar esforço físico; a população em geral deve evitar atividades exteriores
Crítico	Crítica	morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas, pessoas saudáveis podem acusar sintomas diversos que afetam sua atividade normal	todas as pessoas devem permanecer em casa, mantendo as portas e janelas fechadas, todas as pessoas devem minimizar as atividades físicas e evitar o tráfego

\* Quando a poluição atmosférica entra em nível de atenção ou pior, aumentam a possibilidade de agravamento de doenças alérgicas e respiratórias, ardor nos olhos, dor de cabeça, tonturas, irritação da mucosa nasal e náuseas.

Fonte: CETESB



## 3. CONTAMINANTES PRIMÁRIOS

### 3.1. Introdução

#### *OS VEÍCULOS E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.*

*Estamos acostumados a ver nas estradas e nas cidades caminhões e ônibus desregulados, que lançam grandes quantidades de fumaça negra, prejudicando até a visibilidade. Já os automóveis, em geral, quase não emitem fumaça. Parece lógico que uma cidade em que todo o transporte fosse feito por automóveis seria muito mais limpa e saudável do que quando há caminhões e ônibus. Mas isso não é verdade.*

*Caminhões e ônibus são, em geral, movidos por um motor de explosão que utiliza o “óleo diesel” como combustível, em lugar de gasolina ou álcool. A principal diferença é que esse tipo de motor funciona a uma temperatura muito maior que o motor a gasolina. Em altas temperaturas, gases como o monóxido de carbono são queimados quase que por completo. As emissões, pelo cano de escapamento, são constituídas quase que exclusivamente de gás carbônico (inevitável em qualquer combustão), vapor d’água e partículas de carbono, que formam a fumaça negra. Esta última só é produzida em motor desregulado, quando a quantidade de combustível fornecida é muito grande em relação ao oxigênio disponível. Muitos acreditam que reduzindo a quantidade de ar o motor trabalha melhor. Na verdade, isso provoca maior consumo de combustível, sem aumento significativo de potência.*

*Essa fumaça, formada predominantemente de gás carbônico, água e partículas de carbono, não é muito tóxica.*

*O automóvel geralmente só emite fumaça quando o motor está quebrado, ou muito gasto, passando a queimar o óleo lubrificante. Por outro lado como funciona a temperaturas muito baixas, produz o monóxido de carbono, um gás invisível e terrivelmente tóxico. Este sim prejudica muito a saúde dos habitantes de uma cidade.*

#### *Qual o melhor: Álcool ou Gasolina?*

*A gasolina é uma mistura de vários compostos orgânicos inflamáveis, porém cada qual com características diferentes quanto à temperatura de combustão e outras. Quando é queimada no motor, por mais regulado que ele*

*esteja, nem todos os componentes são completamente queimados. Assim, em lugar de produzir apenas gás carbônico e vapor d'água, produz também outros compostos, como o monóxido de carbono, óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos.*

*O álcool utilizado nos motores de combustão, pelo contrário, tem compostos quimicamente puros: etanol (álcool de cana) ou metanol (álcool de madeira). Cada um deles tem suas características próprias quanto à temperatura e mistura com o oxigênio para produzir a melhor combustão. Como esses motores trabalham a temperaturas relativamente baixas, há formação de produtos intermediários, como os aldeídos, que fazem arder os olhos. Mas a formação de monóxido de carbono é menor em relação ao que se produz na queima da gasolina.*

### *É possível reduzir a poluição causada pelos motores?*

*Indústrias e laboratórios mecânicos em todo o mundo - inclusive no Brasil - vêm investindo grandes somas no aperfeiçoamento de motores não-poluidores. Os estudos visam sobretudo os sistemas de "queima" do combustível, procurando obter a melhor mistura ar-combustível e a temperatura ideal de combustão, para que seja a mais completa possível. Além disso, procura-se fazer com que os gases emitidos voltem às áreas de combustão, para queima total de resíduos e, finalmente, passem por filtros contendo catalisadores, substâncias que provocam reações químicas que anulam a presença de aldeídos ou monóxido de carbono.*

*O programa de controle de emissões de gases inclui o desenvolvimento de catalisadores, conversor químico instalado no sistema de escapamento, próximo ao motor e antes do silencioso. Ele é responsável pelas reações químicas que permitem converter as emissões de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e hidrocarbonetos (HC) em vapor d'água, nitrogênio e dióxido de carbono. Dentro do catalisador, com os gases de escape a temperaturas acima de 300 graus, processam-se as reações químicas que transformam os gases poluentes em substâncias inofensivas. Seu corpo cerâmico têm minúsculos canais revestidos por uma camada de óxido de alumínio, com grande área superficial, onde também se encontram os metais nobres paládio/molibdênio (álcool). Em contato com esses metais, os poluentes CO, HX e NOx transformam-se em água, gás carbônico, nitrogênio e nitrogênio puro.*

Fonte: Encarte em Isto É, 1995.

## ***A INDÚSTRIA E A POLUIÇÃO DO AR***

*As combustões e seus produtos: todos os combustíveis - substâncias usadas para queimar, gerando calor e outras formas de energia - são compostos orgânicos. E o elemento principal de sua construção é o carbono. Por sua vez, a combustão é sempre uma reação química de oxidação, em que o carbono reage com o oxigênio. A formação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é inevitável, e é o principal produto da combustão.*

*Freqüentemente, durante essa reação, o oxigênio é insuficiente para a transformação completa do carbono em gás carbônico. A reação de oxidação é muito rápida e sem ventilação satisfatória teremos uma combustão incompleta. Nessa condição, parte do carbono é despreendida em partículas, que são fuligens e fumaças, e em compostos de carbono menos oxidados, como o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos e outros.*

*Mas, muitos combustíveis contêm, além do carbono e do oxigênio, outros elementos químicos na própria constituição. A pólvora comum, por exemplo, contém nitrogênio, enxofre e impurezas. A madeira usada como lenha pode conter vários elementos. O próprio ar usado na combustão não é formado só de oxigênio, mas principalmente de nitrogênio.*

*Como consequência inevitável, os produtos da combustão não são constituídos somente de gás carbônico, mas também incluem partículas de carbono, além de monóxido de outros componentes, dependendo tanto do combustível quanto da disponibilidade de oxigênio na reação de combustão. Todos esses elementos - uns mais, outros menos tóxicos - podem sair das chaminés de fábricas pelo processo de combustão.*

*Outros poluentes: entretanto, não é só a combustão que gera produtos gasosos e poeiras lançadas na atmosfera. Inúmeras outras reações químicas que ocorrem durante os processos industriais produzem tóxicos perigosos, como o benzeno, os cianetos, os fluoretos e outros compostos que vão se misturar à atmosfera. Processos mecânicos, como a trituração de rochas fosfáticas, desprendem enormes quantidades de poeira, muitas vezes contendo substâncias tóxicas, como o flúor.*

*As soluções para esses problemas, a cargo das indústrias, consistem principalmente no uso de fontes de calor não poluidoras, como os fornos elétricos; emprego de combustíveis com baixo teor de enxofre, como o petróleo nacional ou o gás natural; uso de chaminés altas, o que permite maior e mais rápida diluição dos poluentes no ar e adoção de sistemas de tratamento de gases*

*e poeira, como os ciclones, os sistemas eletrostáticos, os filtros e os sistemas de lavagem de poeira.*

Fonte: Encarte em Isto É, 1995.

## 3.2. Os Óxidos do Carbono: Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

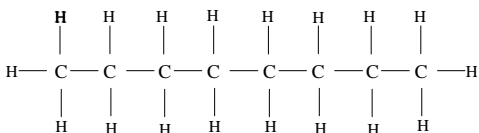
### 3.2.1. - Introdução

A gasolina apresenta em sua composição substâncias químicas chamadas hidrocarbonetos, formados exclusivamente por carbono e hidrogênio. Dentre os hidrocarbonetos encontramos formando a gasolina primordialmente os alcanos, de cadeia carbônica aberta e ligações sigma (simples) entre carbonos. A fórmula geral dos alcanos é C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>, isto é, o número de hidrogênios é o dobro mais dois do número de carbonos. Dos alcanos, o principal componente da gasolina é o n-octano:

Fórmula Molecular



Fórmula Estrutural Plana



O motor usa a energia liberada pela combustão da gasolina:



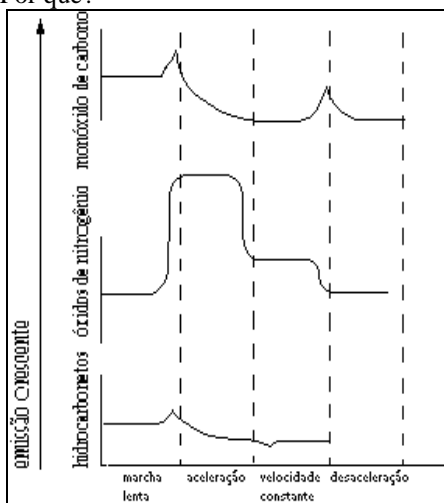
Por uma série de razões, entre as quais a falta de oxigênio presente no momento da combustão, ou seja, a não existência da proporção correta entre os reagentes conforme expressa na equação acima, na combustão produz-se também CO, que é um produto da combustão incompleta da gasolina.

Calcula-se que cada automóvel produza, em média, 0,5 a 1 tonelada/ano de CO. O percentual de monóxido, nos motores em marcha lenta, pode chegar a 10% do total de gases emitidos.



### Atividades:

a) Examine o Gráfico I. Em que fase da operação do motor é máxima a produção de CO? Por quê?



Fonte: Benn & McAuliffe, Química e Poluição

**Gráfico I:** Produção de poluentes e ciclos do motor

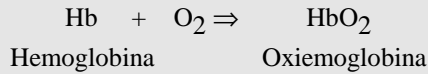
b) Sendo o CO um gás inodoro, é muito perigoso manter ligados em marcha lenta carros em garagens fechadas, cruzamentos muito movimentados e túneis. (Você já observou que na entrada do túnel da Conceição existe um cartaz dizendo: em caso de parada no interior do túnel, desligue o motor). Explique o por quê.

c) O CO é um óxido de carbono classificado como óxido indiferente ou neutro, por não reagir com a maioria dos compostos. Reage no entanto com o oxigênio. Equacione esta reação.

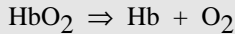
#### 3.2.2. Efeitos do Monóxido de Carbono

O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro, formado pela queima incompleta do combustível. Quando inalado, pode provocar graves danos ao organismo, devido à sua tendência em combinar-se com a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos do sangue.

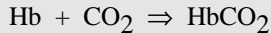
A hemoglobina é responsável pelo transporte do oxigênio a todas as células do corpo. Nos pulmões, ela se combina com o oxigênio inalado (como a hemoglobina possui uma fórmula muito complexa, vamos representá-la pela letras Hb):



e o conduz até as células, onde é liberado:

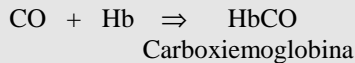


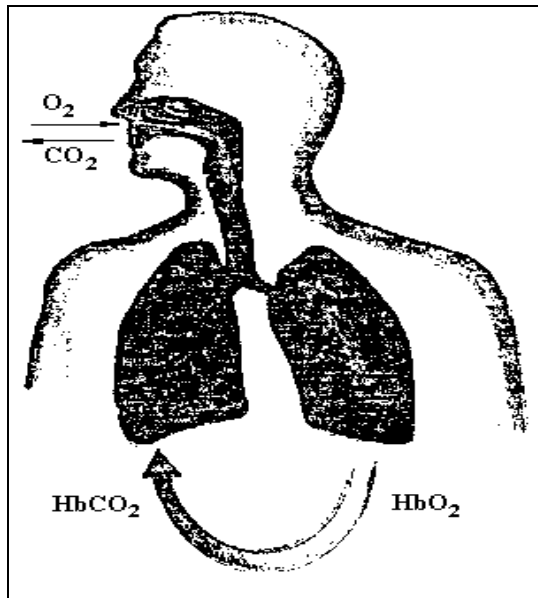
Nas células, o oxigênio queima os alimentos ingeridos. Essa reação produz energia, que necessitamos para viver, e dióxido de carbono, que deve ser eliminado. A hemoglobina entra novamente em ação, combinando-se agora com uma parte do dióxido de carbono:



que é transportado para os pulmões, onde é expelido, e a hemoglobina livre combina-se novamente com o oxigênio inalado, levando-o às células.

Da mesma forma, o monóxido de carbono também é capaz de se combinar com a hemoglobina, e mais facilmente:





**Figura IV:** O oxigênio inalado é transformado em dióxido de carbono, que é expirado.

Se, juntamente com o oxigênio, for respirado monóxido de carbono, a hemoglobina irá se combinar com qualquer uma dessas substâncias. Porém, se as quantidades inspiradas forem iguais, o índice de carboxiemoglobina formada será aproximadamente 220 vezes maior que o de oxiemoglobina.

Desse modo, quando uma pessoa inspira ar contendo monóxido de carbono, a quantidade de hemoglobina disponível para o transporte de oxigênio diminui. Conseqüentemente, menos oxigênio chega às células, provocando vários problemas graves e podendo, inclusive, levar à morte.

Texto extraído de: Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil, Eduardo Roberto da Silva e Ruth Rumiko Hashimoto da Silva; Ed. Scipione; 1989.



#### Atividades:

a) Examine as Tabelas VII a IX:

**Tabela VII:** Desativação de hemoglobina pelo CO

Concentração de CO (ppm*)	Hemoglobina desativada (%)
0	0
50	7
100	14
200	27
300	37
400	45
500	51
600	56
700	61
800	65
900	68
1000	70

Fonte: Unidades Modulares de Química - CESISP

\* **ppm** é uma unidade de concentração: indica quantas partes de uma substância existem em um milhão de partes de outra. Os valores numéricos da tabela indicam quantos gramas de CO há em um milhão de gramas de ar.

**Tabela VIII:** Problemas da desativação da hemoglobina

Hemoglobina desativada (%)	Sintomas
0 a 1,9	nenhum
2 a 7,9	diminuição da capacidade visual
8 a 13,9	dores de cabeça
14 a 26,9	tontura, fraqueza muscular
27 a 32,9	vômitos
33 a 64,9	inconsciência
acima de 65	morte



**Tabela IX:** Efeitos do CO na saúde.

Quantidade de CO (ppm) necessária para desativar a hemoglobina *	Porcentagem de hemoglobina desativada	Efeitos na saúde
55 - 80	3	diminuição da atividade cardíaca, alteração no fluxo sanguíneo
110 - 170	6	problemas de visão; diminuição da capacidade de trabalho
280 - 575	10 - 20	pequenas dores de cabeça; problemas psicomotores
575 - 860	20 - 30	dores de cabeça intensas; náuseas
860 - 1155	30 - 40	náuseas; vômitos; diminuição da visão; dor de cabeça intensa
1430 - 1710	50 - 60	convulsão; coma
1710 - 2000	60 - 70	coma; diminuição das atividades cardíacas e respiratórias; às vezes fatal
2000 - 2280	70 - 80	morte

Fonte: Silva, E.R. & Silva, R.M. em Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil.

\*Tempo de exposição 1 hora

b) Examine e compare as Tabelas VII e IX. Comente semelhanças e diferenças.

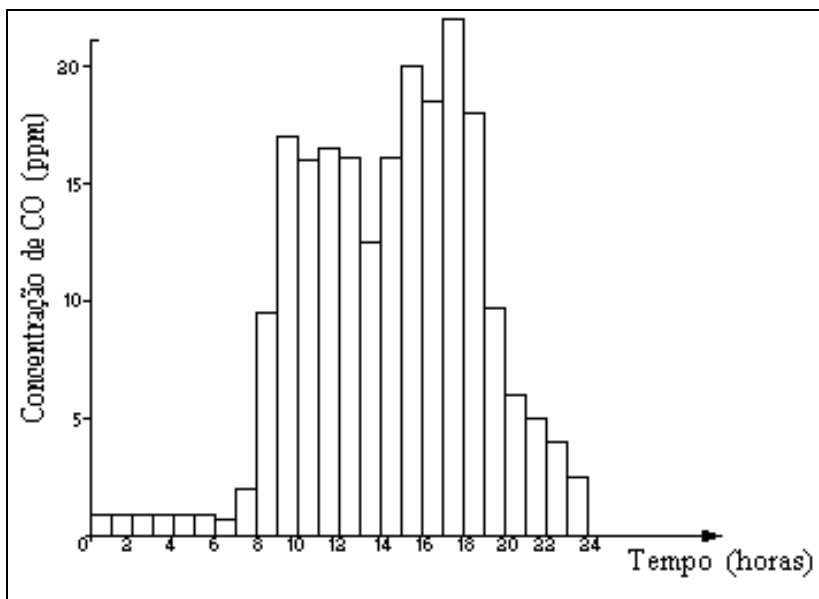
c) Com os dados da Tabela VII construa um gráfico colocando no *eixo y* as porcentagens de hemoglobina desativada e no *eixo x* as concentrações de CO. Explique por que as grandezas estão dispostos desta forma nos eixos.



d) Analise o gráfico quanto aos seguintes aspectos:

- 1- relação entre a concentração de CO e a percentagem (%) de hemoglobina desativada;
- 2- interpolações e extrapolações a partir da curva obtida;
- 3- qual a percentagem de hemoglobina desativada quando no ar há 70 ppm? E quando houver 200 ppm? Que sintomas devem apresentar estas pessoas que inspiram ar com estas concentrações?;
- 4- muitas pessoas já morreram envenenadas por CO em recintos fechados. Qual a concentração mínima que deve ter atingido o CO nestes recintos?;
- 5- prolongue a curva e explique por que nunca será encontrada uma desativação de 100% de hemoglobina.

e) Observando o Gráfico II responda:



Fonte: Unidades Modulares de Química - CESISP.

**Gráfico II:** Concentração de CO durante o dia

1. Em que faixas horárias a concentração de CO foi máxima naquele local onde foi medida a concentração durante o dia? Por que?
2. Que efeitos poderiam ter sido causados na saúde das pessoas que transitaram por estes locais nos períodos de maior concentração?
3. Que conclusões você pode tirar a respeito do tempo de permanência do CO na atmosfera?
4. Que medidas poderiam ser tomadas para evitar que nos grandes centros urbanos o CO atinja concentrações prejudiciais à saúde?

### 3.2.3. Efeito Estufa

Quem usou pela primeira vez o termo *Efeito Estufa* foi o químico sueco Svante Arrhenius, em 1886. Ele é o autor da teoria de que o uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão) aumentaria o nível de dióxido de carbono na atmosfera e conduziria ao aquecimento do planeta. Pelo menos para o Programa das Nações

Unidas para o Meio Ambiente, o cientista era um visionário, pois suas previsões estariam se confirmando agora.

*O mais sonoro sinal de alerta sobre o aquecimento do planeta foi soado em junho de 1988 por James Hansen, um cientista da NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos). Em depoimento no Congresso Americano, ele criou um clima de quase histeria ao anunciar que a temperatura da Terra estava subindo assustadoramente graças ao aumento da concentração de gás carbônico. Os principais culpados: a queima de combustíveis fósseis (carvão e petróleo, em particular) e os desmatamentos, com suas grandes queimadas.*

***Divergências** - Na época, a teoria de Hansen praticamente não teve contestações. Afinal, os Estados Unidos enfrentavam um dos verões mais quentes do século e a Europa passara por um inverno relativamente ameno. Apenas seis meses mais tarde, porém, o Alasca sofreu a pior onda de frio da história, enquanto no norte do território americano as temperaturas caíam até 53°C negativos. A falta de continuidade na previsão acendeu ainda mais a polêmica sobre o Efeito Estufa.*

*Fonte: Zero Hora, 6 de junho de 1991*

Ler e analisar os seguintes textos:

### ***EFEITO ESTUFA CONTINUA DESAFIANDO A COMUNIDADE CIENTÍFICA MUNDIAL.***

*Os gases que provocam o fenômeno estão diminuindo na atmosfera*

*Um novo mistério envolvendo o efeito estufa está chamando a atenção da comunidade científica mundial. Dados recentes obtidos por entidades americanas de pesquisas espaciais mostram que os níveis dos gases que provocam esse fenômeno estão diminuindo na atmosfera. A razão é uma incógnita e tem preocupado os centros de estudos atmosféricos de todos os continentes. A expectativa era que esses elementos químicos continuassem a crescer num ritmo acelerado, dentro das previsões de estudos realizados.*

*Mesmo o gás carbônico, responsável por 60% do efeito estufa - que provoca o aquecimento global - passou a ter sua curva de ascendência diminuída. Os outros gases como o metano, o CFC e o monóxido de carbono também estão em escala regressiva. Todos esses gases são injetados artificialmente e em grandes quantidades na baixa atmosfera ( a 16 quilômetros de altura do nível do*

mar). “Essa é a mais nova incógnita da ciência”, comenta o coordenador de programas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Volker Kirchhoff.

*Essa desaceleração passou a ser percebida nos estudos atmosféricos dos anos de 93 e 94, feitos pela Agência Espacial Norte Americana (Nasa), Universidades de Oregon e Califórnia, além da Administração Nacional dos Oceanos e Atmosferas (NOAA). Segundo o cientista do Inpe, Volker Kirchhoff, até o momento as pesquisas apontam que este ano o comportamento anômalo deverá permanecer. Mas os estudiosos se dividem acreditando que isto é passageiro ou chegou a um ponto de equilíbrio. O nível de concentração destes elementos químicos na atmosfera está sendo totalizado. O instituto brasileiro aguarda os cálculos definitivos.*

*Até agora existem apenas especulações sobre o assunto. Entre elas estaria a quebra do poderio industrial da União Soviética ou uma antiga recessão mundial. Também não se descartam fatos como uma nova atividade biológica ou química nos oceanos resultante de uma mutação e alterações nos padrões de fotossíntese das florestas e algas marinhas. O efeito estufa começou com a intensificação das atividades industriais e urbanas.*

Zero Hora - 08/10/95

## ***PLANETA ESQUENTA.***

*Esta é a única certeza dos pesquisadores que tentam entender porque o tempo parece ter enlouquecido*

*Verões tórridos com temperaturas próximas a 50 °C nos Estados Unidos, fortes chuvas e enchentes na Europa Ocidental, invernos quentes e ensolarados no Sudeste do Brasil. O rosário de alterações no clima e na temperatura causa nos desavisados a sensação de que o clima no planeta enlouqueceu. Pior: produz o medo de que a Terra seja conduzida a uma sucessão de tragédias. Os pesquisadores são menos alarmistas, mas, diante da carência de dados para analisar essa variedade tão complexa de fenômenos, se dividem e permanecem mergulhados em uma atmosfera de incertezas. “Infelizmente, ainda não é possível afirmar se o aquecimento do planeta é anormal ou se o clima na atmosfera terrestre irá mudar de forma preocupante nas próximas décadas”, admite o chefe do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ( Inpe ), Carlos Nobre.*

*As informações confiáveis sobre alterações de clima só começaram a ser registradas nos últimos 125 anos. “O prazo é pequeno”, afirma Nobre. “O planeta pode estar respeitando um ciclo de 300 ou 500 anos, impossível de ser*

mapeado com exatidão.” Nesse período pode-se constatar, no entanto, que a temperatura média da Terra aumentou 0,5°, passando de 15,5° para 16°. Parece pouco. Mas para os especialistas é alarmante. A explicação mais aceita é a de que esse acréscimo se deve ao efeito estufa, o aquecimento gradual da atmosfera terrestre provocado pelos gases liberados com a queima de combustíveis fósseis, como gasolina e óleo diesel, e queimadas em florestas tropicais. No século XVIII, a concentração de dióxido de carbono existente na atmosfera era de 270 (ppm). Hoje ela passa dos 360 ppm e a marca aumenta 1,6 ppm a cada ano. “Os cálculos davam conta de que a temperatura do planeta iria aumentar em um grau nos últimos 125 anos, mas o acréscimo correspondeu à metade do previsto”, diz Nobre. “De qualquer forma, estima-se que, se nada for feito para controlar a emissão dos gases, a concentração baterá nas 540 ppm em meados do próximo século. Acredita-se que uma concentração desse porte poderá aumentar em dois graus a temperatura da Terra.” Tal ocorrência poderá provocar um degelo descontrolado nas calotas polares e conseqüentemente interferir de forma decisiva nas marés, inundando enormes áreas em todo o planeta.

Nobre é cuidadoso ao relacionar a mudança de temperatura ao efeito estufa. E faz um alerta: “é fundamental controlar essas emissões. O CO<sub>2</sub> e os outros gases que formam o fenômeno ficam na atmosfera por no mínimo, 100 anos. Se for provado, no futuro, que eles são os verdadeiros vilões, a situação será preocupante. Não se limpa a atmosfera terrestre da noite para o dia”.

Duas tendências científicas, atesta Leite, brigam para tentar explicar esses fenômenos recentes. Uma delas defende a tese de que as alterações têm origem no Oceano Pacífico e estariam sob a influência do fenômeno El Niño (O menino). Trata-se do aquecimento irregular das águas do Pacífico, ao Norte do Peru, verificado a cada três ou cinco anos.

Outra corrente acredita que a origem dos distúrbios está no Oceano Atlântico, ou seja, sob a influência do La Niña (A menina). O fenômeno ocorre quando fortes ventos do Leste para o Oeste elevam o nível das águas no Oceano Pacífico, próximo à Austrália, em cerca de 50 centímetros. A água aquecida evapora e provoca chuvas na região.

A polêmica aquece quando somada ao buraco na camada de ozônio. No início do mês, foi anunciada uma medição do furo no invólucro que protege o planeta dos potentes raios solares ultravioleta B (UVB), causadores do câncer de pele. O rombo teria as dimensões da Europa.

Se esse acidente cósmico tem influência decisiva no fato de que as temperaturas neste ano parecem ter enlouquecido, ninguém, nem mesmo os mais conceituados cientistas, pode afirmar. Pesquisas americanas feitas na Antártida,

*entretanto, prevêem que a área de degelo neste ano poderá ser recorde. Consequentemente, é de esperar um verão bastante chuvoso no Hemisfério Sul e gigantescas nevascas no Norte. Mas muitos cientistas, apesar de preocupados com o buraco, acreditam que uma coisa não tem rigorosamente muito a ver com a outra. A discussão promete se alongar. Não há consenso de que desastres ecológicos como as queimadas interferem no efeito estufa. Tampouco todos concordam que o Clorofluorcarbono (CFC), liberado pelas geladeiras e sprays, é danoso à camada de ozônio. A única coisa certa é que a Terra está realmente mais quente e que isso, de uma forma ou de outra, interfere na definição das estações climáticas e na vida de cada um dos habitantes deste planeta. O resto é mera especulação.*

Isto É, 27/09/95.

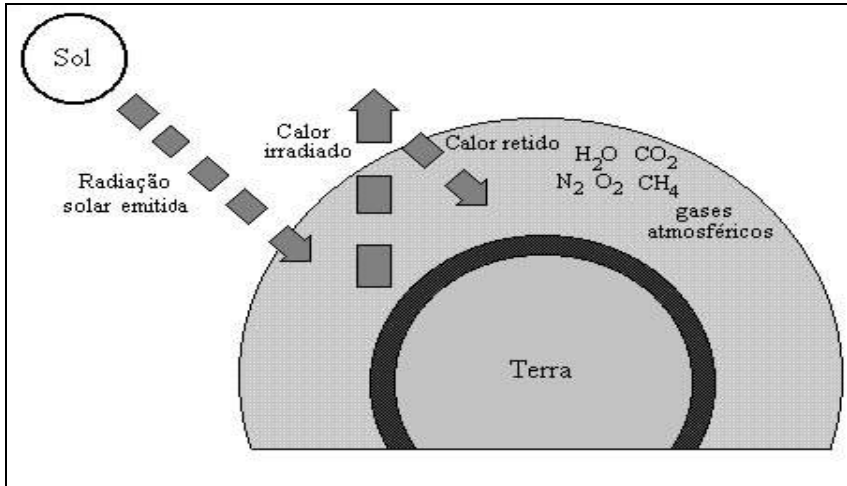
### O que é o efeito estufa?

Quando a radiação solar que chega à Terra, sob a forma de luz visível, atinge o solo, esta é convertida em outras formas de energia, inclusive a radiação infravermelha que está associada ao calor. Se a Terra absorvesse toda a energia solar que recebe, sua temperatura alcançaria níveis insuportáveis. Todavia, existe um ciclo envolvendo todo esse processo e que permite um equilíbrio entre a energia recebida, absorvida e refletida de volta para o espaço.

Quando a radiação solar incide sobre o nosso planeta, encontra em primeiro lugar a atmosfera. Esta é constituída principalmente de N<sub>2</sub> (78%) e O<sub>2</sub> (21%), além de outros gases (por exemplo, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.) em percentagens mínimas (1%) que permitem a passagem de 70% da radiação solar incidente, refletindo de volta os outros 30%. Da radiação que atravessa a atmosfera parte será absorvida, aquecendo o solo, os oceanos e a própria atmosfera, provocando a evaporação (com formação de nuvens e chuvas, ventos e correntes oceânicas).

Neste processo deve ser estabelecido um equilíbrio e parte desse calor, sob forma de radiação infravermelha, deve ser reemitido para o espaço. Para sair da ação da Terra, essa radiação deve atravessar a atmosfera. Entretanto, esta que era praticamente transparente à luz solar, retém a maior parte da radiação infravermelha, pois moléculas de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> entre outros, têm uma estrutura que permite a elas vibrarem nas frequências correspondentes à radiação infravermelha. Isso provoca uma maior absorção de calor pela atmosfera e conseqüentemente maior reflexão de calor para o solo. Apesar destas moléculas existirem em número relativamente pequeno (< 1%), elas estão na concentração adequada para manterem o equilíbrio da temperatura terrestre. Na ausência destas,

a radiação infravermelha emitida pelo solo retornaria para o espaço, provocando muito frio à noite.



**Figura V:** O efeito estufa ocorre quando certos gases - principalmente CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono ou gás carbônico) e vapor d'água provocam o aquecimento da superfície do planeta. Estes gases permitem que a luz do sol atinja a superfície (são transparentes), mas interceptam e enviam de volta parte da radiação infravermelha (calor) que a Terra irradia para o espaço. A presença de CO<sub>2</sub> e vapor d'água aumenta a temperatura da Terra em cerca de 35 graus centígrados acima da temperatura que ela teria se eles não existissem.

O mesmo ocorre, também, nos automóveis fechados, sob a ação da luz solar: a radiação solar penetra no veículo, através dos vidros, provoca o aquecimento interno e ao tentar devolver parte desta energia, sob forma de radiação infravermelha, esta é retida pois só uma pequena parte consegue atravessar o vidro, que é isolante térmico. Deste modo a temperatura interna torna-se bem maior do que a externa. Este efeito corresponde ao que ocorre numa estufa e por isso é denominado de *Efeito Estufa*.

Um dos fatores que podem alterar o equilíbrio térmico do ambiente é a concentração dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Desde meados do século passado, devido ao desenvolvimento tecnológico e à destruição das florestas, verificou-se um aumento da quantidade de dióxido de carbono, metano, óxido



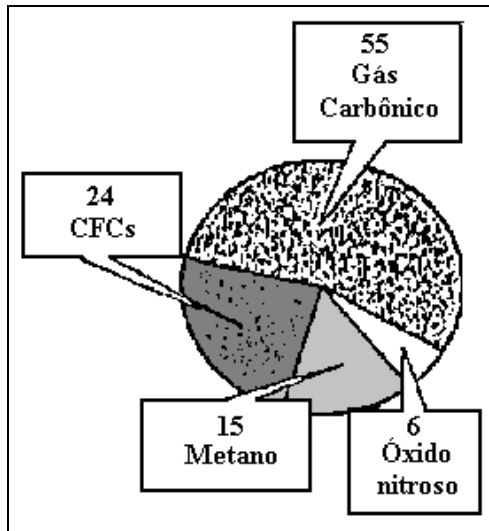
nitroso, clorofluorcarbonetos (CFC), ozônio e outros gases de origem natural e antropogênica. Só a emissão de CO<sub>2</sub> causada pela queima de combustíveis fósseis foi avaliada em 5 bilhões de toneladas anuais, em todo o mundo, e mais 0,4 a 2,5 bilhões provocados pelo desmatamento. Em 1880 a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera era da ordem de 280 ppm, hoje os valores são cerca de 350 ppm e uma projeção para o ano 2050 prevê 500 a 700 ppm, caso nenhuma medida seja adotada.

O aumento da pressão parcial<sup>(1)</sup> de CO<sub>2</sub> é preocupante, pois este gás é fundamental para processos como a fotossíntese, regulação da alcalinidade da água do mar, composição dos exoesqueletos de animais marinhos, etc. Um aumento na concentração do CO<sub>2</sub> pode favorecer algumas culturas de alimentos e fibras, mas pode prejudicar o rendimento de outras. Mesmo nos casos em que poderá haver aumento na produção, existirá simultaneamente um maior consumo de nutrientes, cuja reposição se constituirá em sério problema para alguns países, pois forçaria o uso de adubos artificiais.

Os demais gases, ainda presentes em concentrações bem menores, também são importantes devido às propriedades que apresentam: enquanto o CO<sub>2</sub>, tem uma vida aproximada, na atmosfera, de 500 anos, a do CH<sub>4</sub> é 7-10 anos porém a sua capacidade de acumular calor é 20 vezes maior do que aquele gás; a molécula de um CFC dura cerca de 75-100 anos e retém 20.000 vezes mais calor do que o dióxido de carbono.

---

<sup>(1)</sup> para gases equivale à concentração

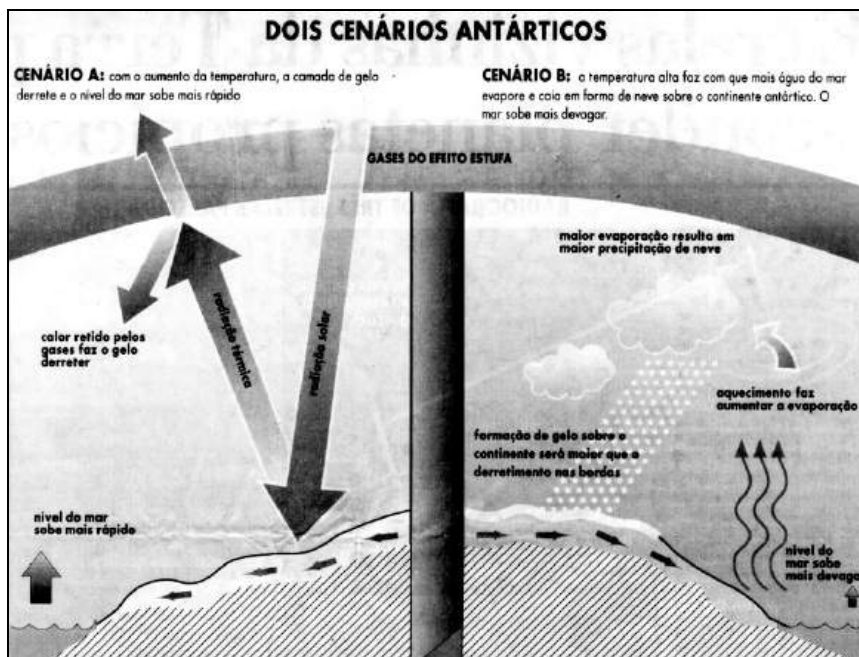


**Figura VI:** Contribuição de cada composto para o efeito estufa

O aumento de temperatura causada pelo efeito estufa não seria uniforme, mas seus efeitos afetariam todas as áreas do globo terrestre. Calcula-se que um aumento de um a dois graus Celsius seriam suficientes para provocar enormes danos. As consequências mais sérias que podem ser previstas são:

- i) degelo das calotas polares, provocando um aumento no nível do mar, com inundação de muitas áreas costeiras e cidades;
- ii) modificações graves na geografia econômica, pois terras atualmente férteis poderiam se transformar em desertos.

Esta situação impôs maiores estudos sobre o fenômeno efeito estufa em si mesmo, bem como a necessidade de medidas que restrinjam a emissão descontrolada de gases nocivos para a atmosfera.



Fonte: Folha de São Paulo, 21/06/1991

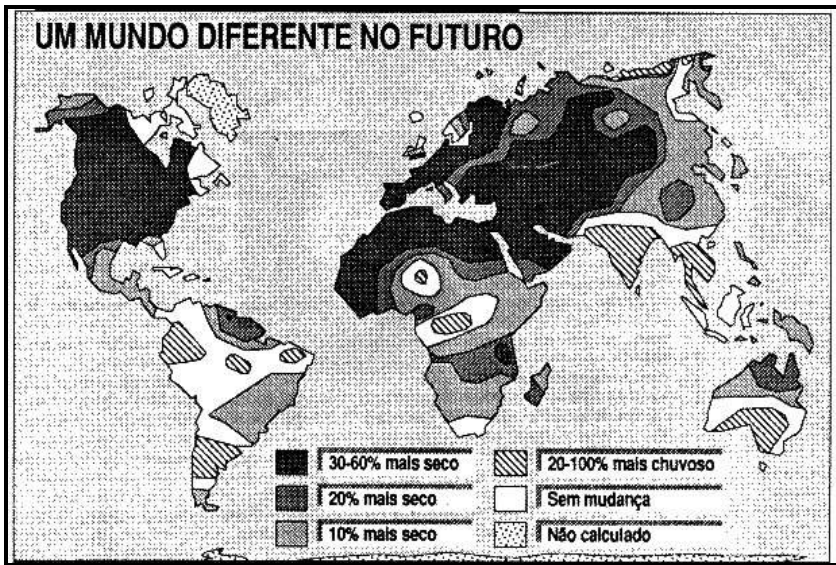
**Figura VII:** Possibilidades decorrentes do efeito estufa

### *CONSEQUÊNCIAS DO EFEITO ESTUFA*

*Doenças - Os países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos também seriam mais vulneráveis às consequências para a saúde trazidas pelas mudanças climáticas. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, transtornos no abastecimento de comida e água potável atingiriam milhões de pessoas e afetariam a ocorrência de algumas enfermidades "de forma perigosa e imprevisível". Como não se sabe até que ponto pode haver a elevação da temperatura, a própria ONU reconhece ser praticamente impossível ajustar com precisão novas estratégias sanitárias e de nutrição.*

*Um clima em mudanças alteraria principalmente os ecossistemas causadores de doenças, como vírus, bactérias, parasitas e insetos. Com o aumento da temperatura, algumas doenças tropicais poderiam se espalhar para*

regiões onde elas eram conhecidas apenas na literatura médica. No caso específico da malária, por exemplo, o ritmo de desenvolvimento do mosquito transmissor cresce em temperaturas mais altas.



**Figura VIII:** Possíveis alterações climáticas causadas pelo efeito estufa

As alterações climáticas, contudo, também poderiam ter alguns efeitos benéficos no caso de doenças com tendência à transmissão no inverno. A hepatite-B, meningite, poliomielite e disenteria costumam se propagar com mais facilidade em climas cálidos e úmidos.

Inundações - O aumento das chuvas afetaria zonas já regadas: assim, as áreas temperadas da Europa e até os grandes rios chineses sofreriam inundações colossais, enquanto as regiões atualmente desérticas se estenderiam mais ainda. Quanto à elevação do nível dos mares, devido essencialmente à fusão do gelo dos pólos, podemos adivinhar seus efeitos: da costa leste do Estados Unidos (Flórida, Luisiânia) até Bangladesh, passando pelos grandes deltas do Mar do Norte (Países Baixos) ou do Mediterrâneo, boa parte do litoral ficaria inundado. Os Países Baixos já colocaram em estudo projetos para proteger seu litoral e sobretudo o porto de Roterdã.

*Fome - Uma das conseqüências menos previsíveis do aquecimento do planeta seria a dramática mudança no perfil da agricultura. O Programa das Nações Unidas para O meio Ambiente alerta que a subida da temperatura "altera as precipitações e algumas partes do mundo ficarão quentes ou secas demais". Em regiões mais frias, contudo, poderia haver um aumento da produtividade e a abertura de novas áreas de plantio*

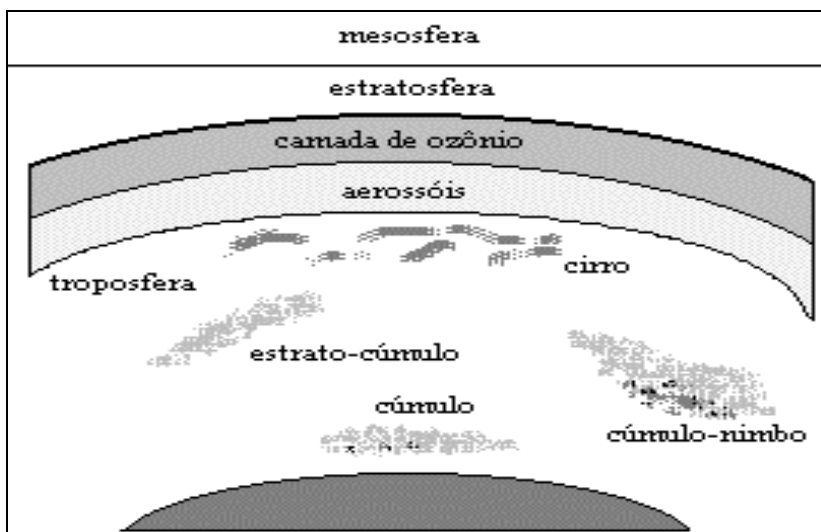
Fonte: Zero Hora, 05 de junho 1991

#### 3.2.4. Camada de Ozônio

Quando se fala em camada de ozônio, a idéia que se tem é a de que existe na atmosfera uma espessa manta formada por este gás. Impressão falsa. A atmosfera terrestre é composta basicamente de nitrogênio (78%) e oxigênio (21%). O 1% restante é uma mistura de grande número de outros gases, em concentrações muito baixas, mas razoavelmente constantes - como é o caso dos gases nobres. Encontram-se ainda constituintes gasosos em densidades relativamente baixas e bastante variáveis como o vapor de água, o dióxido de carbono e o ozônio.

A camada de ozônio - que funciona como filtro dos raios ultravioletas - formou-se há milhões de anos. As moléculas de oxigênio ( $O_2$ ), ao absorverem as radiações ultravioleta, se dissolvem, liberando os dois átomos de oxigênio. Esses átomos livres colidem com as moléculas de  $O_2$  formando ozônio ( $O_3$ ).

Muito instável, o ozônio pode ser facilmente dissociado por raios ultravioletas em moléculas de  $O_2$  e átomos livres de oxigênio. É esse precário equilíbrio entre a formação e a dissociação de ozônio que está sendo rompido de forma acelerada por produtos lançados pelo homem na atmosfera.



A partir dos 20 quilômetros de altura, já na estratosfera, começa uma concentração alta de ozônio, de 8 ppm, o que, nas circunstâncias, é um nível elevado. Essa "camada de ozônio" permanece até pouco além dos 30 quilômetros. Acima dessa altitude, a concentração desse gás, formado por três átomos de oxigênio ( $O_3$ ), começa de novo a baixar.

**Figura X:** Camadas atmosféricas e a camada de ozônio

Pesquisas recentes mostram que o aumento na atmosfera de produtos químicos principalmente dos processos à base de cloro, flúor e carbono (os chamados CFCs) influi decisivamente na formação e ampliação dos buracos de ozônio. Os CFCs constituem uma família de produtos químicos sintéticos, inventados nos anos 30.

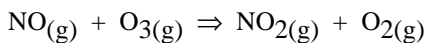
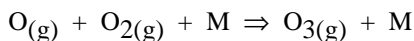
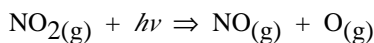
Os CFCs - basicamente empregados em refrigeração, equipamentos de ar condicionado, aerossóis, inseticidas, tintas e na fabricação de material isolante térmico - são altamente estáveis ao nível do solo. Aos poucos, por sua difusão natural, sobem e atingem a atmosfera superior, ainda na condição de estáveis. Na atmosfera, quando ultrapassam a camada de ozônio, sofrem a ação dos raios ultravioletas e se decompõe liberando átomos de cloro. Esses átomos livres se combinam com as moléculas de ozônio produzindo oxigênio ( $O_2$ ) e óxido de cloro ( $ClO_2$ ).

O óxido de cloro, por sua vez, reage com os átomos livres de oxigênio, formando moléculas de  $O_2$  e deixando o cloro livre. Este reinicia o processo,

desfazendo continuamente o ozônio. Calcula-se que cada átomo de cloro pode destruir cerca de 100 mil moléculas de ozônio antes de descer às camadas mais baixas da atmosfera.

Na troposfera, a região mais baixa da atmosfera terrestre e onde vivemos, a situação em relação ao ozônio é o inverso da estratosfera, onde este é bem vindo. O  $O_3$  é um poderoso oxidante e como tal ataca as plantas, os pulmões, borrachas, obras de arte, etc., além de reagir com outros poluentes do ar formando substâncias irritantes para os olhos e pulmões.

A única rota conhecida de formação de  $O_3$  na troposfera é através da fotólise do  $NO_2$ . Por sua vez, o ozônio oxida o NO para formar  $NO_2$ , não resultando em aumento na concentração de  $O_3$ :



onde  $h\nu$  representa a energia dos raios ultravioletas e M uma molécula de oxigênio ou nitrogênio que permanece inalterada na reação.

Entretanto, a fotólise e oxidação de compostos orgânicos produzem radicais livres que oxidam o NO sem destruir o ozônio, contribuindo assim para o aumento na concentração de  $O_3$  na troposfera, o que é indesejável.

#### 3.2.4.1. *Problemas decorrentes da diminuição da camada de ozônio*

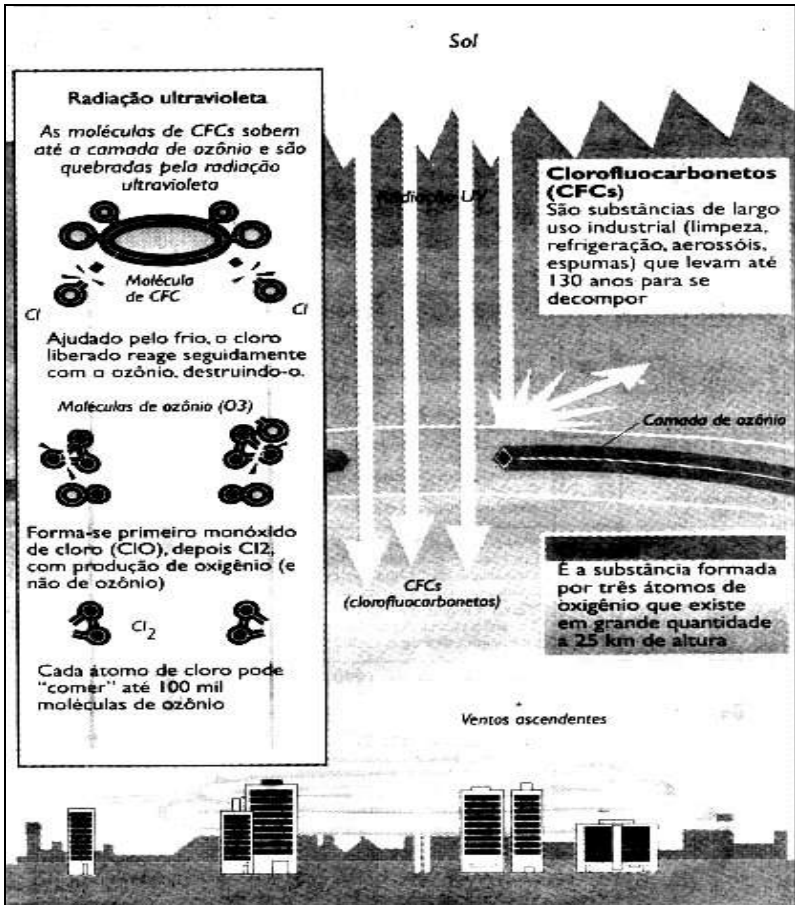
A camada de ozônio que fica a aproximadamente 16 km de altura, tem a função de absorver parte da radiação ultravioleta (ver explicação abaixo) originada no sol e responsável, entre outros, pelo câncer de pele.

Pelo uso de clorofluorcarbonos, já mencionado, houve, segundo a ONU, um declínio de 2,5% na camada de ozônio entre as latitudes 65°N e 65°S, isto é, a maior parte do mundo habitado.

Prevê-se que na próxima década poderá haver uma diminuição de mais 3% nestes níveis.

No hemisfério sul, a partir da Antártida, o buraco de ozônio se intensifica a cada primavera, iniciando em final de agosto, atingindo seu pico na metade de outubro e se desfazendo em meados de dezembro.

O efeito mais sério se verifica nas cidades localizadas na ponta sul do continente, principalmente Punta Arenas (Chile) e Ushuaia (Argentina), mas se estendendo até o paralelo 30S, onde se localizam Santiago do Chile e Porto Alegre, onde a previsão é de, em 5 anos, haver diminuição de até 30% na camada de ozônio.



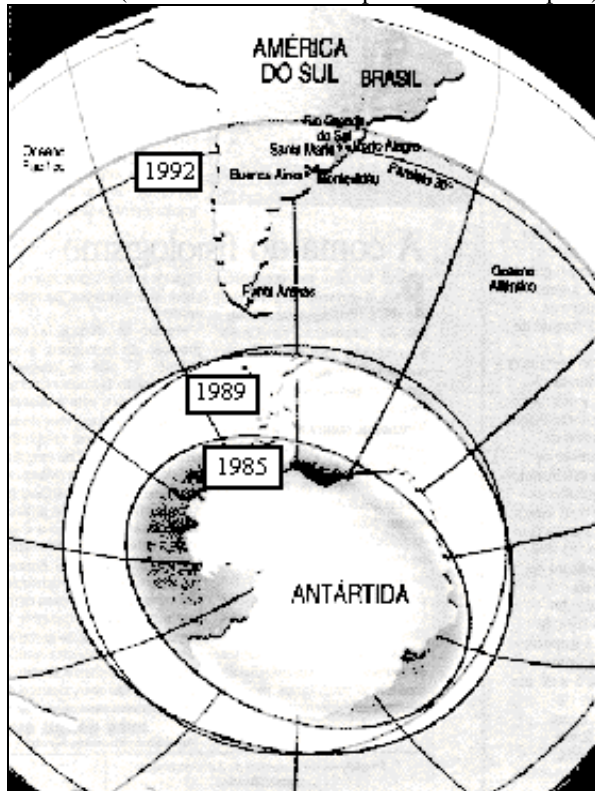
Fonte: Folha de São Paulo, 10/05/1992

**Figura XI:** A ação dos CFC's e a destruição da camada de ozônio



Por estas razões, os habitantes das regiões localizadas no sul do paralelo 30 deverão ter cada vez mais cuidados na sua exposição ao sol.

O aumento de raios ultravioletas na superfície da terra ataca plantas, prejudicando seu crescimento e, principalmente, afetando os olhos e a pele das pessoas expostas ao sol (onde causa diversos tipos de câncer de pele).



Fonte: Zero Hora, 24/05/1992

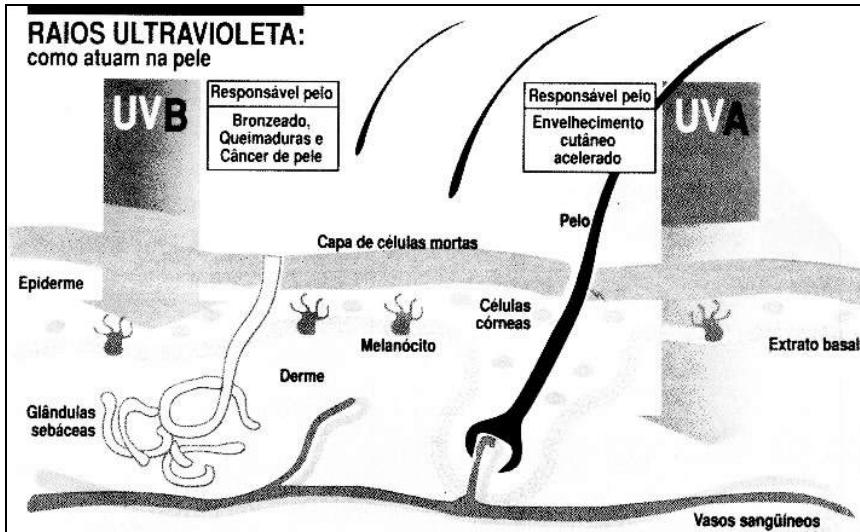
**Figura XII:** O aumento do buraco na camada de ozônio

#### 3.2.4.2. Três tipos de raios UV

Os raios ultravioletas (UV) fazem parte do espectro eletromagnético das radiações, que inclui, entre outros, os raios cósmicos, o X, a luz visível, os infravermelhos, as ondas curtas de rádio, as médias e longas.

O espectro produzido pelo sol, e que afeta a Terra, corresponde a luz UV, a branca visível e a infravermelha. De acordo com o comprimento de onda, os raios UV se dividem em UVA (320 a 400 nm)<sup>(2)</sup>, UVB (290 a 320 nm) e UVC (100 a 290 nm).

A camada de ozônio, que circunda a Terra numa altura que varia entre os 20 e 40 quilômetros, filtra os raios UV impedindo a chegada dos UVC ao planeta e atenuando as emissões dos UV dos outros dois comprimentos de onda e deixando-os com uma intensidade compatível com a vida. Os raios UVC, fortemente bactericidas e agressivos aos seres vivos, tornariam inviável a vida neste planeta; o excesso dos outros dois tipos de UV traz problemas à sanidade dos homens, animais e plantas.



Fonte: Zero Hora 27 de setembro 1992

**Figura XIII:** Os raios UV e a pele

Os raios solares, de manhã cedo e à tarde, penetram obliquamente na atmosfera terrestre, o que significa que atravessam uma camada mais espessa de ozônio. Ao meio-dia ultrapassam na parte menos espessa e são, em consequência

<sup>(2)</sup> nm representa uma unidade de medida chamada nanômetro, que corresponde a  $10^{-9}$  metros.

menos filtrados. Por tal razão médicos e cientistas não recomendam os banhos solares nos horários em que os raios se aproximam do ângulo reto em relação à atmosfera (entre 10 e 15 horas).

### ***REGRAS DE PROTEÇÃO***

- ♦ *Não tome sol em demasia. Tente evitar o sol quando seus raios estão mais fortes, entre 10 e 15 horas;*
- ♦ *Os que não puderem evitar a exposição ao sol devem utilizar roupas para cobrir a maior superfície de pele possível. Um filtro com fator de proteção solar (FPS)<sup>(2)</sup> pelo menos 15 deve ser aplicado nas áreas expostas;*
- ♦ *Não utilize lâmpadas ultravioletas ou bronzamento por aparelhos;*
- ♦ *Examine periodicamente sua pele. Qualquer lesão estranha como uma ferida que não cicatriza, uma verrucosidade que ulcera, um "sinal" que aumenta e escurece, o crescimento de uma mancha preta de contorno irregular, devem ser analisados por um médico.*

*Fonte: Zero Hora, 27 de setembro de 1992.*

## **3.3 - NO<sub>x</sub>: Óxidos de Nitrogênio**

### 3.3.1 Principais Óxidos de Nitrogênio

A) Óxido nítrico ou monóxido de nitrogênio (NO):

É um gás incolor e inodoro que reage facilmente com o oxigênio formando o dióxido de nitrogênio.

Ele se forma de N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> como consequência de descargas na atmosfera inferior e radiação ultravioleta na atmosfera superior. É também produzido quando ocorrem faíscas de alta temperatura, inclusive aquelas que ocorrem nos motores de automóveis. Pode ser obtida a partir da redução do ácido nítrico.

---

<sup>(3)</sup> O FPS - bloqueador solar é um filtro para os dois tipos de UV, tanto UVA como UVB, que teoricamente bloqueia todo o espectro UV, não permitindo nem a queimadura nem o bronzado. Geralmente possuem substâncias químicas que absorvem quase todo o espectro do UV e também substâncias opacas que bloqueiam os raios por ação físicas, sendo mais compactos, opacos e gordurosos.

**B) Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>):**

É um gás castanho, de odor forte e asfíxiante, formado pela oxidação do NO. Pode ser obtido também pela redução do ácido nítrico concentrado por alguns metais ou pela decomposição térmica de nitratos.

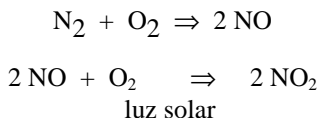
**C) Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O):**

Comparado com os outros óxidos de nitrogênio, o óxido nitroso é surpreendentemente estável e não reativo, pelo menos a temperatura ambiente. É conhecido como gás hilariante, pois a inalação do mesmo produz euforia.

3.3.2. Reações dos contaminantes NO<sub>x</sub>

O monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) são também contaminantes primários do ar.

A formação de gases se dá também em altas temperaturas quando do uso de combustíveis fósseis a partir do nitrogênio do ar:



Cerca de 40% do NO<sub>x</sub> produzidos derivam do uso de gasolina e óleo diesel como combustíveis; 48% provém de usinas termoeletricas (gás natural ou carvão). Nos carros à gasolina a quantidade de gases de nitrogênio aumenta com a rotação do carro. Já um motor diesel produz menos NO<sub>x</sub> que um motor à gasolina.

Cerca de 10.000 carros/hora produzem 3 toneladas de NO<sub>x</sub>.

[

**Atividades:**

a) Observe o gráfico do item 3.2.1: em que modo de operação do motor ocorre maior produção de NO<sub>x</sub>? Por que?

b) Na atmosfera, por reações com os radicais hidroxila, o dióxido de nitrogênio é convertido em ácido nítrico. Equacione a reação.

c) Outros sustentam que o dióxido de nitrogênio reage com a água produzindo os ácidos nítrico e nitroso. Equacione a reação. Verifique que se trata de uma reação redox e determine o NOX dos elementos antes e depois da ocorrência da reação.

### 3.3.3 Os efeitos para saúde são assim caracterizados (para o NO<sub>2</sub>):

**Tabela X:** Efeitos sobre a saúde (em ppm)

0 - 12 ppm:	limite de percepção do odor
10 - 40 ppm:	efeitos respiratórios crônicos
25 - 75 ppm:	efeitos respiratórios mais severos, mas a recuperação é completa terminada a exposição

Fonte: in Heichlen, Juliam: Atmospheric Chemistry. Academic Press, New York, 1976.

Em 1972 foi estabelecido, nos Estados Unidos, o limite de 5 ppm para exposição de 8 horas/dia durante 40 h/semana.

O padrão americano para o NO<sub>2</sub> é de 0,25 ppm para exposição de 1 hora e de 0,05 ppm como taxa anual média.

**Tabela XI:** Efeitos sobre a saúde (em mg/L)

mg/L	Efeitos
3	concentração mínima detectada pelo olfato
13	irritação de nariz, garganta e olhos
25	congestão e enfermidades pulmonares
1000	pode ser fatal, inclusive exposição breve

Fonte: in Albert, Lillia A., in Toxicologia Ambiental, 1985.

No estado alemão de Hessen são acionados alarmes para concentrações verificadas a partir de 0,3 mg de NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de ar. Para o Brasil reveja os dados da Tabela IV e compare com os de outros países.



### Atividades:

- a) Leia a notícia a seguir, publicada na Zero Hora, e comente:
  - 1) os valores apresentados
  - 2) os efeitos causados

### ***POLUIÇÃO DE ATENAS JÁ ESTÁ MANDANDO GENTE PARA HOSPITAL***

*Centenas de pessoas foram hospitalizadas desde o início desta semana devido a problemas respiratórios e cardíacos causados pela crescente poluição que assola Atenas, a capital da Grécia. Por isso, foi proibido ontem, durante cinco horas, o trânsito de qualquer tipo de veículo motorizado pelo centro da cidade.*

*A medida foi adotada na noite de terça-feira, quando o índice de poluição, causada especialmente por dióxido de nitrogênio, ultrapassou o máximo permitido em vários bairros de Atenas. Na manhã de ontem, esse índice era de 611 miligramas por metro cúbico de ar, quando o índice de "alerta" é de 200 mg, e o de "emergência", 500 mg (compare com a Tabela IV). O ozônio e o monóxido de carbono também estão ultrapassando os níveis de alerta.*

*O aumento brutal da poluição desde o início da semana, devido ao calor e à falta de ventos, contribui para o internamento de várias pessoas com problemas respiratórios e cardíacos desde segunda-feira. A névoa tóxica que assola a cidade, e que foi batizada, na capital de quatro milhões de habitantes, de Nefos, é formada em 74% de gases dos canos de descarga dos automóveis. Um milhão de veículos circulam diariamente por Atenas. Desses, quase 800 mil são particulares, e 13 mil táxis (APP).*

Fonte: Zero Hora de 04 de outubro de 1990.

b) Equacione a reação de transformação do  $\text{NO}_2$  em ácido nítrico e a equação de ionização.

c) Supondo uma concentração de  $0,03 \text{ mg de NO}_2/\text{m}^3$  de ar e supondo uma transformação completa do  $\text{NO}_2$  em  $\text{HNO}_3$ , calcule:

- 1) a molaridade do  $\text{HNO}_3$
- 2) Sabendo que o  $\text{HNO}_3$  é um ácido forte (grau de ionização 92%), qual a molaridade de íons  $\text{H}^+$  no ambiente?

### 3.4 SO<sub>x</sub>: Óxidos de Enxofre

#### A) Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

Quando o enxofre é queimado no ar, há produção de dióxido de enxofre. Este é um gás incolor que se condensa a 10°C (a 1 atm). Ele é tóxico, mas seu odor extremamente irritante torna virtualmente impossível inalar uma dose fatal. Já foi utilizado em refrigeradores comerciais e domésticos, mas agora é praticamente produzido para oxidação posterior na fabricação de ácido sulfúrico.

O SO<sub>2</sub> é o anidrido do ácido sulfuroso e as soluções aquosas do SO<sub>2</sub> são referidas como tal.

#### B) Trióxido de Enxofre (SO<sub>3</sub>)

A oxidação do SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> pelo oxigênio é espontânea, mas muito lenta. Essa reação constitui uma etapa-chave da fabricação do ácido sulfúrico pelo processo de contato. Adicionando água ao SO<sub>3</sub> obtém-se o ácido. Na prática esta reação é lenta, o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tende a formar uma névoa cujas moléculas costumam a se unirem. O problema industrialmente é resolvido pela adição de SO<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

O SO<sub>3</sub> é o anidrido do ácido sulfúrico. O ácido sulfúrico comercial contém aproximadamente 95% em massa e constitui uma solução 18 M.

### ***UM PERIGOSO COQUETEL DE SUBSTÂNCIAS DESTRUIDORAS***

*A fumaça negra das fábricas e dos carros cobrem o ar de Porto Alegre, sem qualquer controle. Há muito tempo sumiram os mecanismos de fiscalização.*

*Qualquer pessoa teria calafrios se refletisse demoradamente sobre o ar que respira. Substâncias de nomes complicados, decorados com dificuldade e tédio durante as aulas na adolescência, compõem a pestilenta mistura que forma a atmosfera nas grandes cidades. O veneno mais conhecido é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado pelo escapamento dos carros. Além dele, os automóveis lançam óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>), enquanto o óleo diesel dos ônibus e caminhões é pródigo em dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) também presente em grandes quantidades na fumaça das fábricas e na combustão do carvão. Misturados com as nuvens carregadas de umidade, de dois elementos corrosivos muito divulgados em filmes de terror: os ácidos sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e nítrico (HNO<sub>3</sub>). Um verdadeiro coquetel gasoso - e nocivo. Que atinge tanto cidades como o campo, pois se propaga com a chuva.*

*Diversas podem ser as conseqüências desse fenômeno, denominado chuva ácida, porque ocorre durante as precipitações. Recentemente, 700 cientistas de todo o mundo reuniram-se na Carolina do Norte (U.S.A.) para discutir o assunto, tendo sobrado relatos alarmantes. Cerca de 10 mil lagos na Suécia perderam suas algas, peixes e pássaros, o mesmo tendo ocorrido em duas mil lagoas da Noruega. Quase a metade das florestas da Alemanha apresenta manchas amareladas (por falta de cálcio e magnésio) e estão perdendo a folhagem. Especialistas denunciam que o mármore dos templos gregos e do famoso Taj Mahal, na Índia, está se transformando em gesso macio - devido à corrosão.*

*Malefícios - É lógico que algo capaz de desmanchar prédios não poderia ser benéfico aos humanos. E o primeiro a "sentir o cheiro do problema no ar" é mesmo o nariz, que fica mais afeto à sinusite, trancado pelo muco e irritação para quem tem alergias como a asma. A conjuntivite nos olhos é um segundo malefício, bem como a disposição a infecções nos brônquios e pulmões.*

*Estariam os porto-alegrenses sujeitos a esse fenômeno? Dificilmente, pelo menos a curto prazo. Embora a concentração de poluentes esteja acima do tolerável em algumas áreas da cidade (notadamente na Ceasa, pela proximidade com indústrias, e na Praça XV), cálculos feitos um ano atrás demonstram que o pH ali situa-se ao redor de 5, isto é, cerca de cinco vezes mais ácido que uma chuva normal, com pH 5,6. A medida é o potencial de íons positivos de hidrogênio em uma determinada solução. Quanto menor for o pH, maior a acidez - que ainda não atemoriza os cientistas gaúchos.*

*A explicação pode estar no solo do estado. É necessário ressaltar que a formação de chuva ácida depende também das substâncias terrenas. Quando a terra é bastante alcalina (básica ou salgada, com pouca acidez), ocorre o chamado tamponamento, ou seja, o ácido é neutralizado. Parece ser esta a situação do território gaúcho, bombardeado durante os últimos 25 anos com milhares de toneladas de calcário - justamente para a correção de acidez, aumento da fertilidade do solo e maior produtividade da lavoura. Prática condenável em alguns aspectos, mas que pode reduzir a ameaça da poluição corrosiva.*

Fonte: Zero Hora, 18 de maio de 1990.



### **Atividades:**

- a) Destaque no texto lido o indicativo da origem do SO<sub>2</sub>.



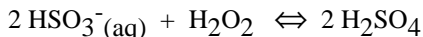
- b) Quais as características físicas e químicas do enxofre?  
 c) Equacione a reação de obtenção do SO<sub>2</sub>.  
 d) Represente um modelo para a molécula de SO<sub>2</sub>.  
 e) A que classe de composto químico pertence o SO<sub>2</sub>? Qual seu comportamento na água? Por que?  
 f) Equacione a reação.  
 g) Se você obteve na reação acima H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, está correto. No entanto, o SO<sub>2</sub> retorna à terra como ácido sulfúrico.

Existem dois mecanismos propostos para a transformação do SO<sub>2</sub> em ácido sulfúrico:

- 1) O dióxido de enxofre reage com peróxido de hidrogênio, presente no ar. Equacione a reação.
- 2) O dióxido de enxofre reage com o vapor da água, conforme você equacionou na questão 'f'. O ácido sulfuroso então se dissocia:



O íon bissulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) reage então com peróxido de hidrogênio (esta é uma reação redox):



h) Pode-se dizer que o peróxido de hidrogênio é o agente oxidante na transformação do SO<sub>2</sub> em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O ácido sulfúrico, em sua forma ionizada, é um dos componentes da tão temida chuva ácida. Equacione a ionização do ácido sulfúrico.

i) Para calcular:

Em 1990 eram eliminados diariamente 2,5 ton de resíduos de SO<sub>2</sub> no ar de Porto Alegre por dia. Considerando estes dados e a equação de combustão do enxofre, calcule a quantidade de enxofre queimada diariamente em Porto Alegre.

#### 3.4.1 Efeito do SO<sub>2</sub> na fotossíntese.

*O SO<sub>2</sub> bloqueia a fotossíntese por destruição da clorofila. No interior das células o SO<sub>2</sub> reage com a água formando o H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, podendo atingir uma acidez bastante elevada que provoca o bloqueio da enzima ribulose difosfato carboxidismutase, fundamental para a fixação do CO<sub>2</sub>, e que também estimula a respiração. Os íons SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> podem combinar-se com uma série de proteínas e com as membranas das células, perturbando não só o equilíbrio hídrico como o*

*metabolismo das células; isto leva à alterações fisiológicas como a morte ou destruição de grupos de células.*

Fonte: Química Nova, julho de 1990, volume 13 número 3

Observação: Um detalhe interessante é que o  $\text{SO}_2$  é utilizado como conservante, principalmente em bebidas alcóolicas, sendo admitidos 0,002%. Você pode saber se sua bebida contém este conservante procurando no rótulo pelo código P.V.

## 4 - CHUVA ÁCIDA

### *A CHUVA ÁCIDA JÁ CHEGOU*

*A deterioração da qualidade da água e as chuvas são uma realidade na Região Metropolitana de Porto Alegre. A constatação é de duas pesquisadoras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que nos últimos cinco anos realizaram monitoramento constante da presença de compostos de enxofre (S) e cloro (Cl) na atmosfera úmida da capital gaúcha.*

*A engenheira civil Liana Milano e a engenheira química Carmen Castro, ambas funcionárias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, fizeram de 1985 a 1990 análises sistemáticas da qualidade da água da chuva coletada em 23 pontos diferentes da região metropolitana. A pesquisa faz parte de um convênio com o setor de meio ambiente da refinaria Alberto Pasqualini, da Petrobrás.*

*Os resultados obtidos são inquietantes. Durante o ano de 1987 foi constatado em um dos pontos da cidade, por exemplo, que 65% das coletas apresentaram precipitação de chuva ácida - aquela que tem pH (potencial de Hidrogênio) igual ou inferior a 5,6.*

*A chuva ácida é uma das piores conseqüências da ação de poluentes na atmosfera. Compostos de enxofre (S), nitrogênio (N) e cloretos (Cl), por exemplo, se transformam em ácidos quando em contato com atmosfera úmida. São indicadores, portanto, de altos índices de poluição.*

*Estes ácidos, liberados para o ar pelos canos de escapamento dos veículos e descargas industriais, voltam à terra com as precipitações pluviométricas. A chuva ácida é extremamente nociva a vegetais e também apontada como responsável pelo extermínio da vida em grandes mananciais de água.*

*Floresta Morta - Usinas termoelétricas dos Estados Unidos e Canadá foram recentemente denunciadas como causa da matança de florestas de coníferas nos montes Apalaches e também pela morte de 10% dos lagos no nordeste da América do Norte. A causa seria chuva ácida.*

*Já na Europa o cálculo é de que 70 milhões de toneladas anuais de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) foram liberadas na última década, provocando chuvas ácidas que afetaram 41% das florestas da Europa Oriental.*

*A chuva ácida na região metropolitana de Porto Alegre jamais trouxe efeitos alarmantes como as registradas na Europa e Estados Unidos - mas é uma novidade preocupante. É nesta área que o Estado concentra 30% da população*

gaúcha, 70% da frota de veículos e 70% das atividades industriais, o que explica a existência de intensa poluição atmosférica.

As suspeitas veiculadas anteriormente são de que apenas a região de Bagé poderia apresentar no Estado este tipo de poluição, em virtude das emanações da usina termoeletrica de Candiota (elas chegaram inclusive a gerar protestos oficiais do governo do Uruguai, que se diz atingido pela chuva ácida originada na indústria brasileira).

Efeito neutralizante - As pesquisadoras da UFRGS constataram que a ocorrência de chuva ácida é maior nos dias frios. Seria o princípio de uma inversão térmica (queda de poluentes, provocada pelo esfriamento da atmosfera)? Liana e Carmen não se atrevem a afirmar isso, até por falta de exames aprofundados.

O fenômeno, curiosamente, parece ter diminuído de intensidade nos anos posteriores. Em 1988 foi constatada chuva ácida em 50% das amostras coletadas. O número caiu para 33% em 1989 e atingiu 22% de frequência em 1990.

Uma explicação possível para a queda nos registros de chuva ácida é a presença cada vez maior de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) na atmosfera metropolitana. Estes elementos químicos, apesar de poluentes, são básicos - elevam o pH e neutralizam em parte a acidez. A análise do ar, ano a ano, reforça esta hipótese. O pH médio de 1987 foi de 5,2, com baixa carga neutralizante. Em 1988 o pH médio subiu para 5,6 e em 1990 chegou a 6,2 com alto índice de compostos neutros.

O IPH possui instalado, no alto de um prédio, um aparelho para a coleta de chuva ácida. Faltam verbas para incrementar as medições, que diminuíram no início desta década. Os indícios, porém, não mentem. O que fazer? As técnicas da UFRGS recomendam as providências clássicas, como redução nas emissões de enxofre e instalação de catalisadores nos automóveis (ainda na fábrica, providência que só agora chegou ao Brasil)

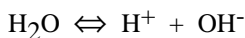
Fonte: Zero Hora/ Caderno Vida de 7 de junho de 1992.

#### 4.1. - A água da chuva

A água destilada é convencionalmente dita neutra, isto é, possui um equilíbrio entre íons  $H^+$  e  $OH^-$ , de acordo com a equação:



ou, simplesmente:

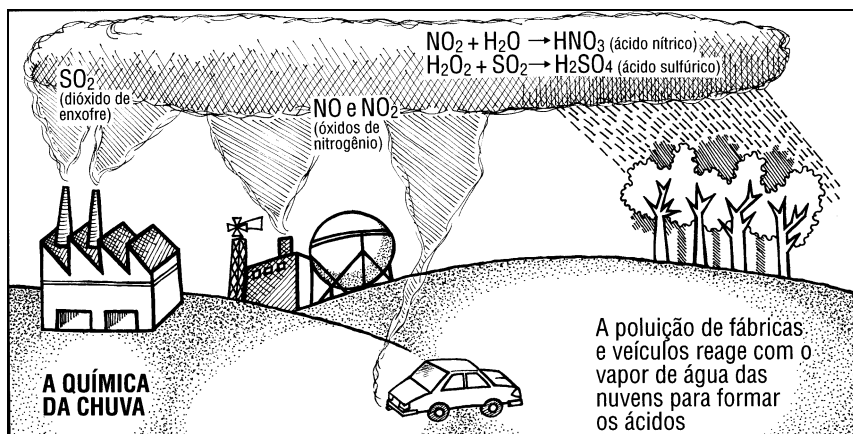


A 25°C, por determinações experimentais, se observou que o produto iônico da água era  $10^{-14}$  M, ou seja:

$$K_w = 10^{-14} = [\text{H}^+] [\text{OH}^-]$$

donde se conclui que

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M}$$



**Figura XIV:** A química da chuva

O químico sueco Sörensen estabeleceu, em 1909, uma escala de acidez e basicidade, mais prática de ser usada e as chamou, respectivamente de pH (potencial de hidrogênio para a acidez) e pOH (potencial oxidriliônico para a basicidade) e as definiu como sendo o logaritmo negativo, respectivamente, das concentrações hidrogeniônica e oxidriliônica:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = \log 1/[\text{H}^+]$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = \log 1/[\text{OH}^-]$$

Daí vem, para a água destilada:

$$[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ M} \quad ; \quad \text{pH} = 7$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M} \quad ; \quad \text{pOH} = 7$$

que são consideradas substâncias neutras de acordo com as definições de ácidos e bases de Arrhenius e as de Sörensen. A escala criada vai de 0 a 14, sem unidade, conforme pode ser visto abaixo:



Fonte: Superinteressante, maio/90

Figura XV: Escala de pH



### Atividades:

- Explique por que quanto menor o pH maior a acidez.
- Na Figura XV se observa que o pH da chuva normal é 5,6. Por quê?

A chuva não é uma substância pura. Apresenta dissolvidos uma série de substâncias tais como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  e também a dissolução do  $\text{CO}_2$  atmosférico com estabelecimento do equilíbrio:



Os íons acima são principalmente provenientes da evaporação da água do mar e o  $\text{CO}_2$  é próprio da atividade vital na superfície do planeta. O determinante na acidez da chuva normal, não poluída, é o  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , um ácido fraco.

Embora se aceite como padrão de acidez da chuva o valor de pH 5,6, estes podem mudar em função de condições locais. Por exemplo, na floresta amazônica a chuva é ligeiramente mais ácida devido à grande atividade da floresta.

Convencionalmente, no entanto, se definiu uma chuva ácida como sendo aquela onde os valores de pH são inferiores a 5,6.

Os ácidos sulfúrico e nítrico, conforme já visto, são ácidos fortes e portanto tem alto grau de ionização (respectivamente 61% e 92%). Sua presença na atmosfera influencia fortemente o pH da chuva.

c) Represente as equações de ionização dos ácidos sulfúrico e nítrico.

d) Por que, conforme o texto, um pH = 5 é cinco vezes mais ácido que um pH = 5,6 e um pH = 4,5 é dez vezes mais ácido que um pH = 5,6 ?

e) Relacione e explique, baseado no texto, os prejuízos causados ao meio ambiente pela chuva ácida.

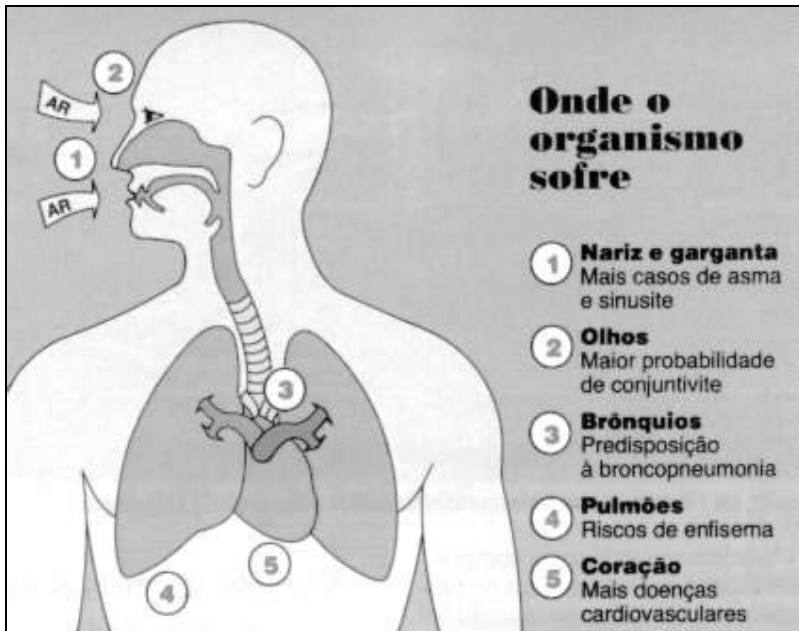
#### 4.2. - Males para a saúde

*Desde que os cientistas começaram a estudar os efeitos da chuva ácida, especulou-se sobre os danos que causaria ao organismo humano. Mas os médicos não chegaram a resultados conclusivos. Segundo o patologista Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da USP, tudo indica que as partículas ácidas presentes na chuva têm efeito cumulativo sobre o organismo, podendo acelerar o desenvolvimento de doenças em pessoas menos saudáveis. Em geral, antes de alcançar os pulmões, as partículas se acumulam no nariz e na*

garganta, informa: "quando isso acontece, pioram os casos de asma, rinite e sinusite alérgica".

Se as partículas de ácido sulfúrico e ácido nítrico solúveis na chuva se infiltram nos brônquios, reduzem os seus mecanismos de defesa contra infecções. Isso, segundo Saldiva, predispõe ao aparecimento de broncopneumonias. "Se chegam aos pulmões", diagnóstica, "podem aumentar os riscos de enfisemas." Ele acredita que o acúmulo de secreção, a forma de defesa do organismo contra os intrusos, pode obrigar o coração a um trabalho extra para bombear o sangue através dos pulmões - o que predisporia a doenças cardiovasculares. Por último, os olhos expostos à poluição da chuva têm probabilidade maior de apresentar conjuntivite.

Fonte: Zero Hora



Fonte: Superinteressante, maio/90

**Figura XVI:- Males da chuva ácida sobre o organismo**





### Atividades:

a) Por que a chuva ácida ataca fundamentalmente o sistema respiratório e os olhos?

b) No texto do item 3 temos a afirmação: "Quase a metade das florestas da Alemanha apresenta manchas amareladas (por falta de cálcio e magnésio) e estão perdendo a folhagem".

Observe a Figura XVII e explique a afirmativa do texto.

A função dos elementos químicos: N, P, K, Ca, Mg, e S nas plantas.

Nitrogênio (N) - favore o crescimento vegetativo e a folha-gem mais verde.

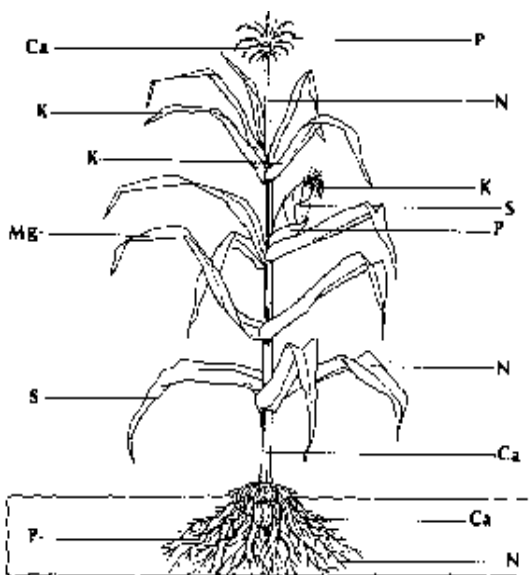
Fósforo (P) - formação de raízes, flores, frutos e sementes. Respiração dos vegetais

Potássio (K) - restência das fol-has a doenças, formação de car-boídratos, colmos resistentes.

Cálcio (Ca) - formação das pa-redes celulares e raízes. Absor-ção de nutrientes.

Magnésio (Mg) - constituinte essencial da molécula de clo-rofila e ativador de enzimas.

Enxofre (S) - Composição de aminoácidos e vitaminas.



**Figura XVII:** Nutrientes minerais e sua função nas plantas

c) Ainda na mesma parte do texto se lê:

"Especialistas denunciam que o mármore dos templos gregos e do famoso Taj Mahal, na Índia, está se transformando em gesso macio - devido à corrosão".

Explique a afirmativa, justificando-a com a reação química que ocorre com o mármore (Carbonato de cálcio).

d) Por que a chuva ácida não causa ainda preocupação aos cientistas gaúchos?

e) No Brasil já está havendo preocupação com os efeitos da chuva ácida, principalmente na Floresta da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro; no Parque Florestal do Rio Doce, nas proximidades do Vale do Rio do Aço em Minas Gerais e na Serra do Mar entre São Paulo e Cubatão. Por que?

f) Equacione a reação de neutralização da chuva ácida (considerando-a formada pelos ácidos sulfúrico e nítrico) que poderia estar ocorrendo nos solos do Rio Grande do Sul por efeito do tamponamento ocasionado pelo uso extensivo do calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) para correção de acidez do solo.

g) A Usina Termoelétrica de Candiota II despeja na atmosfera, diariamente, cerca de 45 toneladas de enxofre. Cada 100 toneladas de carvão que são queimados para a geração de energia elétrica, produzem 1 tonelada de enxofre.

- 1) Quantas toneladas de carvão são queimadas diariamente? Qual a percentagem de enxofre do carvão?
- 2) Quanto de  $\text{SO}_2$  é produzido por dia?
- 3) Supondo uma transformação de 100%, quanto de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  seriam produzidos por dia pela usina?

## 5. COMBUSTÍVEIS

### 5.1. - Introdução

*O meio ambiente conta com limitadas possibilidades de absorver as substâncias tóxicas e regenerar-se. Até agora temos ignorado este fato elementar, usando como ponto de referência as exigências de uma máquina produtiva que raciocina exclusivamente com base na quantidade e no lucro. E esta alteração violenta do equilíbrio ambiental criou o hábitat ideal para o desenvolvimento dos tumores.*

Fonte: Cesar Maltoni, do Instituto Oncológico de Bologna, Itália in Combustível Verde - O grande jogo de interesses, Zero Hora, 14/08./91

#### ***GAÚCHOS USAM ADITIVO SUSPEITO A Adição do MTBE à gasolina foi proibida no Paraná e em outros estados brasileiros***

*A maioria dos 22,9 milhões de veículos do Rio Grande do Sul usa desde 1990 um aditivo na gasolina que está sendo proibido em outras cidades do Brasil e do Exterior. Recentemente, as autoridades do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná vetaram a mistura do composto chamado MTBE (metil tercio butil éter) na gasolina, porque agravaria a poluição, aumentaria o consumo de combustível em 5% e desregularia os motores dos automóveis. Baseado em laudo da Universidade de Virgínia (Estados Unidos), o prefeito de Curitiba, Rafael Greca (PDT), alertou que o MTBE pode causar até câncer. O presidente da Petrobrás, Joel Mendes Rennó, anunciou ontem que o aditivo será usado por pouco tempo, até a retomada da produção de álcool. Segundo Rennó, pesquisas feitas nos últimos 15 anos não comprovaram a nocividade do produto.*

*A Petrobrás está misturando 14% de MTBE na gasolina em substituição ao álcool anidro, que começou a faltar nas refinarias. No Rio Grande do Sul, o MTBE vem sendo utilizado há seis anos, porque custava mais caro trazer álcool anidro de Ourinhos, São Paulo. O superintendente da Refinaria Alberto Pasqualini (Refap), Kuniyuki Terabe, garante que o MTBE não polui nem afeta a saúde das pessoas. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) autorizou o uso do MTBE, que é volátil como o éter e produzido a partir do petróleo.*

*Nos últimos dias, porém, autoridades do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná deflagraram campanha contra o MTBE. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (Cetesb) reclamou que o aditivo polui, aumenta o consumo e desregula motores. Na segunda-feira passada, o prefeito de Curitiba, Rafael Greca, proibiu o MTBE. Na noite de terça, o governador Jaime Lerner (PDT) estendeu o veto a todo o Paraná.*

*O prefeito de Curitiba recebeu estudo do professor Michael Walsh, da Universidade de Virgínia, que aponta o MTBE como causador de câncer, náusea e irritação dos olhos. Rafael Greca também desconfia dos argumentos da Petrobrás sobre a suposta escassez de álcool anidro, que é adicionado na proporção de 22% à gasolina. A Associação dos Produtores de Álcool do Paraná informou a Greca que as 28 indústrias do Estado produziram 1,07 bilhão de litros na safra 1995/96. A ministra da Indústria, do Comércio e do Turismo, Dorothea Werneck, deve se reunir hoje com Jaime Lerner. Se estiver sobrando álcool no Paraná, o MTBE não será usado.*

*O exemplo paranaense está se alastrando. Ainda na segunda-feira, os prefeitos de Ribeirão Preto, Araraquara e Piracicaba, em São Paulo, proibiram a venda da gasolina com MTBE. Na terça-feira, foi a vez de Campinas. Outros 200 municípios paulistas podem fazer o mesmo nas próximas horas. A filial brasileira do Greenpeace - o maior grupo ecológico do mundo - também está alertando para os riscos do MTBE. Roberto Kishinami, do Greenpeace de São Paulo, lembrou que a Environment Protection Agency (a EPA, Agência de Proteção Ambiental dos EUA) descobriu, no final do ano passado, que o MTBE pode causar câncer nos operários das refinarias e frentistas de postos de combustível. A EPA constatou que pedestres e motoristas, se expostos por muitos anos às emanções do aditivo, também podem contrair câncer.*

### ***O QUE É O ADITIVO?***

#### ***O MTBE foi autorizado pela FEPAM***

*O superintendente da Refinaria Alberto Pasqualini (Refap), Kuniyuki Terabe, garantiu ontem que o aditivo MTBE não aumenta a poluição e continua sendo usado nos Estados Unidos, Japão, Canadá e países da Europa. “Se tem alguma coisa de ruim, é como a gasolina e o óleo diesel”, observou Terabe, ressaltando que os Estados Unidos consomem 200 mil barris de MTBE por dia - o equivalente a toda a gasolina gasta no Brasil no mesmo período. A Refap passou a utilizar o álcool anidro em substituição ao chumbo-tetra-etila, que comprovadamente causa câncer e deformações genéticas. Com a escassez do álcool, a Refap optou pelo MTBE a partir de 1990.*

*A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam), que autorizou a mistura do MTBE à gasolina, concorda com a Refap. “Não é tão violento como estão falando”, disse o engenheiro de qualidade do ar da Fepam Tarcísio Isaía. Testes feitos pela Petrobrás detectaram que o MTBE aumenta em 41,5% as emissões de monóxido de carbono, mas diminui em 7% a poluição de hidrocarbonetos e dióxido de nitrogênio. A Fepam está instalando três estações na Capital, para medir a poluição do ar.*

*O Estado não tem estudos conclusivos sobre os possíveis malefícios do MTBE. O especialista em saúde pública Fernando Pohlmann Livi entende que o aditivo não é o único responsável. Professor de geografia da UFRGS, Livi alertou que o mais grave são as emissões de monóxido de carbono (queima de combustível) e o material particulado (fumaça de óleo diesel, desgaste de pneus, poeira).*

*A gaúcha Copesul produz o MTBE desde 1990. Atualmente, são 10 milhões de litros por mês. O executivo comercial da empresa Bruno Piovesan, garantiu ontem que o MTBE melhora a qualidade da gasolina. Segundo, a poluição é causada pela queima de qualquer tipo de combustível. O MTBE tem a função de oxigenar a gasolina, diminuindo a poluição.*

Fonte: Zero Hora, 25/04/96.

## **5.2 Principais Combustíveis**

### GASOLINA

Gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos (naftas), variando de quatro a doze átomos de carbono e sua faixa de destilação situa-se entre aproximadamente 35°C a 220°C. Os constituintes da gasolina são da série parafínica, olefínica, naftênica e aromática e suas proporções resultantes dos processos de refinação balanceadas de modo a atender aos requisitos de desempenho do produto final.

Os principais tipos de naftas que constituem a gasolina são obtidos a partir do gás natural, que é constituída de hidrocarbonetos leves apresentando alta pressão de nafta e baixa densidade e devido as suas características de volatilidade não pode ser utilizada diretamente nos motores, e de diversos processos de refino. No Brasil os principais processos de refino são a destilação direta e o craqueamento catalítico. No processo de destilação direta obtém-se a nafta leve e pesada, ambas com alto teor de hidrocarbonetos parafínicos, devendo portanto serem misturadas a outras correntes de refinaria para constituírem a gasolina. As naftas pesadas servem ainda de carga para a unidade de reforma catalítica.

Entre as propriedades da gasolina, destaca-se a volatilidade, que permite a vaporização no carburador e a mistura com o ar antes de se introduzir nos cilindros. Conseguem-se, assim, uma boa partida no motor, com um consumo pequeno de combustível.

Com referência ao poder antidetonante, convém esclarecer que se trata de outra importante propriedade da gasolina, seu comportamento varia em função da chamada razão de compressão do motor, que vem a ser a proporção entre a quantidade máxima e mínima de espaço pelos gases no cilindro, antes e depois da explosão. As propriedades antidetonantes da gasolina são traduzidas pelo índice de octanos, este índice é conseguido pela comparação com misturas padrões de isoctano puro.

### ETANOL

O etanol ou álcool etílico é o álcool comum. No Brasil é obtido por fermentação do açúcar de cana, a invertase e a zimase são duas enzimas que catalisam essas reações, elas são produzidas pelo microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, encontrado no fermento ou levedura de cerveja.

O álcool anidro possui índice de octano superior ao da gasolina. Por isso, quando utilizado em mistura com esse derivado aumenta a octanagem.

No Brasil, o álcool etílico produzido atualmente, 85% são destinados como combustíveis, distribuindo-se entre anidro para mistura com a gasolina e hidratado para ser usado em veículos com motor especialmente desenvolvido para este combustível.

### ÓLEO DIESEL

O óleo diesel é um líquido mais viscoso que a gasolina, de cor que varia do amarelo ao marrom, possuindo fluorescência azul. Sua viscosidade, no caso dos motores diesel de alta velocidade, é característica primordial, considerando que através dessa viscosidade é garantida a lubrificação do mecanismo de injeção de óleo e se obtém uma atomização adequada.

O fato de ser mais viscoso que a gasolina faz com que não ocorra perdas por evaporação. É um combustível que praticamente não oferece risco de incêndio em caso de acidente.

O óleo diesel é classificado como sendo produto constituído de frações superiores ao querosene e inferiores aos lubrificantes.

### Diesel Metropolitano

Em agosto de 1992, o jornal Zero Hora publicava uma matéria afirmando que naquele ano a Refinaria Alberto Pasqualini (Refap) iria triplicar o

fornecimento de diesel metropolitano, uma vez que esse combustível tem menor teor de enxofre, consequentemente o nível de poluição causado é menor. O diesel metropolitano continua sendo usado justamente por ter sido provado que é menos poluente.

Esse diesel tem 0,5% de enxofre, a metade de enxofre do diesel comum, foi desenvolvido pela Refap a partir de maio de 1990, em um sistema pioneiro de seleção de qualidade de petróleo. O Petróleo tem diferenças de características desde a sua origem, entre estas diferenças está o teor de enxofre. A idéia foi, então, separar o petróleo de baixos teores de enxofre desde a chegada na refinaria e não permitir mais que ele se misture com o produto de alto teor de enxofre até o refino completo e a distribuição pelas companhias distribuidoras.

### GÁS NATURAL

Gás exalado da terra em várias regiões petrolíferas, essencialmente constituído de metano ( $\text{CH}_4$ ). Proveniente do petróleo, podendo também ser obtido através da reciclagem do lixo, tem composição de 1 a 2 carbonos e possui ponto de ebulição entre  $-162^\circ\text{C}$  e  $-75^\circ\text{C}$ .

O gás natural é ótimo combustível, não só pelo seu alto poder calorífico como também pelo fato de ser menos poluente que os derivados do petróleo. E também uma ótima matéria prima para a indústria petroquímica, já que contém menos impurezas.

### METANOL

O metanol é um tipo de álcool que pode ser produzido a partir de madeira, do carvão mineral, do gás natural e de outras fontes menos utilizadas. Usado no Brasil para suprir a falta de etílico, o metanol causou muita polêmica por ser uma substância tóxica.

Vários processos industriais aplicam o metanol. A indústria de cosméticos praticamente não existiria sem o metanol. A fórmula Indy e até o "hobby" do aeromodelismo consomem metanol. No Brasil, o preconceito com o metanol surgiu da falta de informação. A gasolina também é uma substância tóxica mas as pessoas se acostumaram a lidar com ela.

A mistura de álcool com metanol utilizada no Brasil diminuía os riscos de intoxicação pelo manuseio, uma vez que o álcool atua no organismo humano como uma espécie de antídoto do metanol. Estudos de organizações ambientais americanas afirmam inclusive que o metanol age positivamente na reconstituição da camada de ozônio, uma das maiores preocupações dos ecologistas.

## ELETRICIDADE

Os carros elétricos, movidos à bateria, podem ser uma excelente solução sob o ponto de vista ambiental. O problema é que não há ainda tecnologia para viabilizar seu uso em larga escala, principalmente quanto a autonomia. Para que os carros elétricos se tornem comercialmente viáveis, é necessário desenvolver baterias de longa duração, capazes de rodar muitos quilômetros sem precisar de recarga.

### 5.3- As emissões automotivas

#### 5.3.1 - Combustão

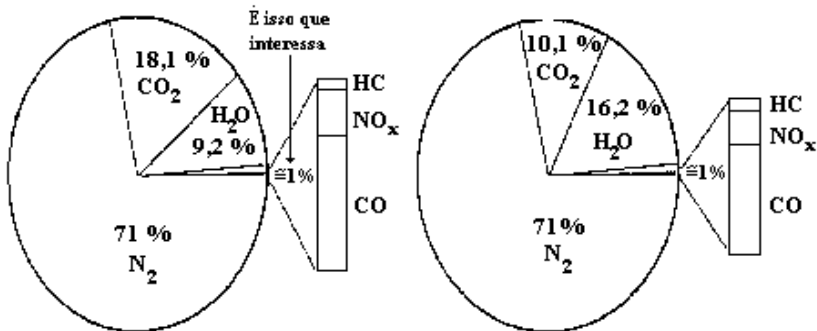
Sob condições ideais, o combustível é transformado em energia mecânica, e do processo de combustão restariam apenas: o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), sendo estes componentes inofensivos ao meio ambiente.

Porém, na realidade, 1% do que é expelido pelo escapamento corresponde a gases tóxicos que se formam devido à combustão incompleta ou às altas temperaturas da câmara de combustão.

Assim sendo, os gases emitidos pelo automóvel compõem de cerca de 99% de elementos inofensivos. Apenas a parte restante, de aproximadamente 1%, é composta de parcelas consideradas relevantes ao meio ambiente.

Emissões de veículos a gasolina

Emissões de veículos a álcool



Observação: Os dados acima foram obtidos com o veículo em movimento, com velocidade constante, e sem nenhum sistema de controle de emissões incorporado.

#### 5.3.2. - Razão Estequiométrica



Chamamos de razão estequiométrica a relação ar/combustível dos motores de combustão interna e foi simbolizada por uma letra do alfabeto grego, lambda.

A relação ideal para motores a gasolina é de aproximadamente 14:1, quando teremos lambda igual a 1. Isto significa que para queimarmos 1 Kg de gasolina (combustível) são necessários 14 Kg de ar (comburente).

Uma mistura de 16:1 indica uma mistura pobre com lambda maior que um ( $\lambda > 1$ ), (muito  $O_2$ ).

Uma relação de 12:1 indica uma mistura rica com lambda menor que um ( $\lambda < 1$ ), (pouco  $O_2$ ).

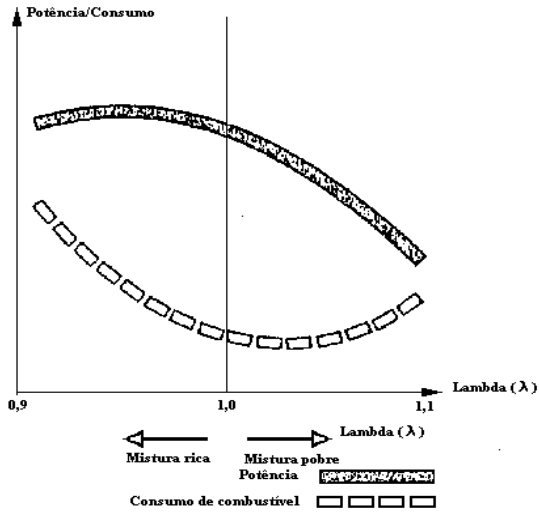
Dependendo do combustível utilizado, teremos razões estequiométricas distintas. Por exemplo, para a gasolina com 22% de álcool teremos lambda igual a 1 com uma razão por volta de 13:1, enquanto que para o álcool combustível lambda igual a 1 equivale a aproximadamente 9:1.

### 5.3.3. - Relação entre lambda e potência de consumo

Os motores alcançam a máxima potência com lambda entre 0,9 e 0,95, e o menor consumo entre 1,0 e 1,1, conforme o gráfico.

Os limites de funcionamento estão entre lambda 0,7 e 1,3, ou seja uma mistura fora destes limites não queima.

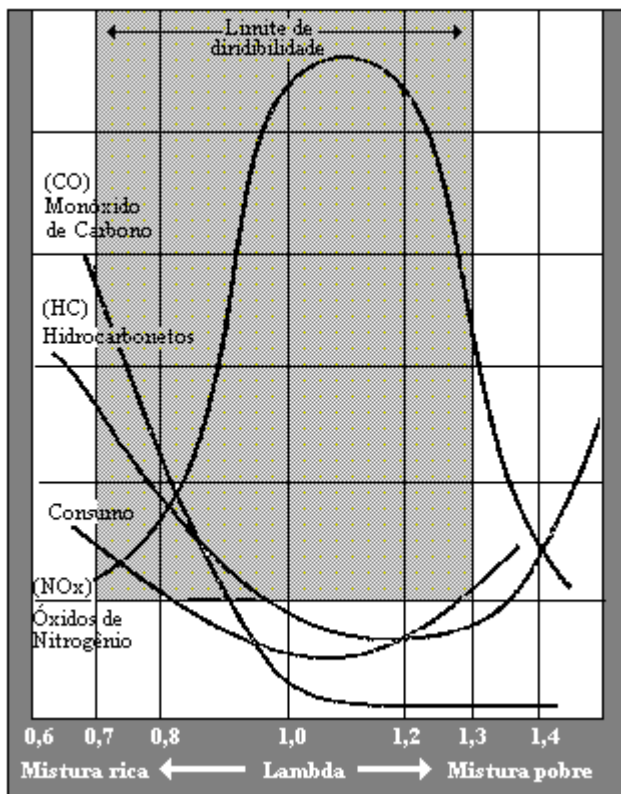
Conforme a proporção da mistura, os motores emitem mais ou menos poluentes.



Obs.: Estes dados são referentes a um veículo movido a gasolina em movimento, com velocidade constante e sem nenhum sistema de controle de emissões.

**Gráfico III:** Lambda X Potência/Consumo

Abaixo temos um gráfico que ilustra a participação do monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) em relação a lambda (λ).



**Gráfico IV:** Participação dos poluentes na razão estequiométrica

Justifique os valores deste gráfico em função de  $\lambda$ .

#### 5.4 -O que pode ser feito

Vimos, nas páginas anteriores, as características, dimensões e problemas da poluição do ar. Estudamos a química do envenenamento do ar. Constatamos que tudo começou com a Revolução Industrial e com a ânsia de progresso e lucro a qualquer preço das elites econômicas e políticas da humanidade.

Sabemos também que os ambientalistas, rotulados de loucos há alguns anos, hoje são vozes respeitadas e ouvidas porque suas previsões alcançam também a casa e a vida dos ricos.

Também não ignoramos que estamos todos, ricos e pobres, Primeiro e Terceiro mundos, no mesmo barco, na mesma nave Terra, cujo naufrágio afundará a todos.

Por isto, independente de qualquer posição política, precisamos todos agir, e rápido, para revertermos esta situação.

Este é o objetivo principal deste trabalho que será alcançado na medida em que maior número de pessoas tiverem conhecimento e consciência da situação.

Assim como vimos a química explicar o envenenamento da atmosfera, vamos ver também o que ela faz e pode fazer para que esta situação se modifique.

A mudança de comportamento deve se dar tanto no individual como no coletivo.

## **5.5 - Mecanismos de controle de poluição**

### 5.5.1. - Catalisador

Conhecido também como conversor catalítico de três vias, é assim chamado porque reduz em cerca de 70% os três principais poluentes produzidos pelos motores a álcool e a gasolina:

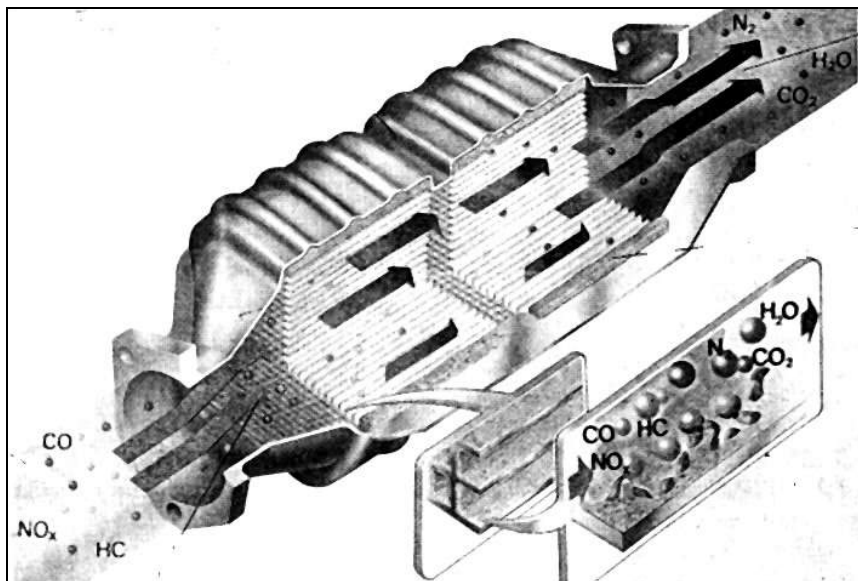
- Monóxido de carbono (CO)
- Hidrocarbonetos (HC)
- Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

O catalisador possui dois elementos CERÂMICOS com formato de colméia, os quais recebem, um tratamento superficial de metais ativos permitindo assim uma grande área de contato com os gases.

A manta de amianto, além de proporcionar isolamento térmico, possibilita a dilatação da colmeia sem danificá-la devido às altas temperaturas de funcionamento.

Os veículos com emissões controladas são equipados com dois catalisadores diferentes, um para veículos a álcool e outro para veículos a gasolina, embora seu funcionamento seja basicamente o mesmo.

A diferença nos dois componentes se deve à aplicação de metais ativos. Para o álcool são usados o paládio (Pd) e o molibdênio (Mo) e para a gasolina o paládio (Pd) e ródio (Rh).



Fonte: AUTOLATINA

**Figura XVIII:** Alquimia antipoluição

Os gases de escapamento contendo hidrocarbonetos (HC) e monóxido de carbono (CO) passam pelo catalisador e o paládio (Pd) inicia um processo de OXIDAÇÃO (reação de queima) e como resultado teremos vapor d'água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

Para controlar os óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) é necessário uma reação de separação chamada REDUÇÃO, que é na realidade o contrário da OXIDAÇÃO, pois remove o oxigênio ( $O_2$ ) dos óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) transformando-o em nitrogênio ( $N_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ). Essa redução utiliza o molibdênio (Mo) ou o ródio (Rh) - dependendo do catalisador - para facilitar a reação química.

Os metais ativos paládio (Pd), molibdênio (Mo) e o ródio (Rh) utilizados nas reações acima são elementos catalisadores pois auxiliam os processos de redução e oxidação. Daí o nome conversor catalítico ou simplesmente catalisador.

A oxidação libera calor. Por esse motivo, a temperatura de trabalho do catalisador é de aproximadamente  $350^\circ C$ , quando ele apresenta 100% de rendimento. Isso quer dizer que, por exemplo, nos primeiros momentos de

funcionamento do motor, quando o catalisador ainda estiver abaixo de 250°C ele não fará integralmente a conversão dos gases.

Outra necessidade para o rendimento total do catalisador é a mistura. O valor de lambda deve estar entre 0,95 e 1,05. Caso a mistura esteja muito rica, com lambda menor que 0,95, não haverá oxigênio suficiente para a oxidação do monóxido de carbono (CO) e dos hidrocarbonetos (HC), caso contrário, mistura pobre com lambda maior que 1,05 a reação de redução (retirada de oxigênio) dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) não será adequada devido ao excesso de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) nos gases de exaustão.

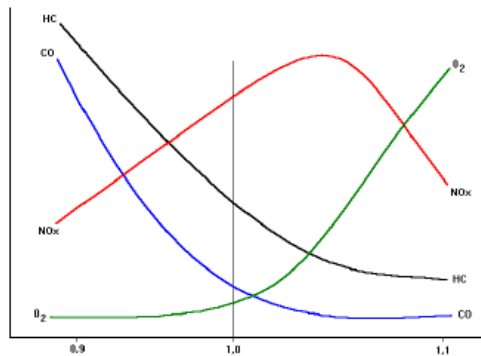
O catalisador normalmente assimila uma pequena quantidade de sais de enxofre. Caso a mistura se torne rica o catalisador tende a liberar esse enxofre o que será facilmente notado pela presença de um odor desagradável.

#### Observações:

- ♦ O Chumbo, aditivo anti-detonante para a gasolina, assim como alguns outros metais, reagem com os metais ativos, inutilizando o catalisador.
- ♦ A presença de óleo no catalisador cobre a colmeia não permitindo que ocorram as reações químicas.
- ♦ Combustível no catalisador também é prejudicial, pois a 300°C poderá entrar em combustão caso haja qualquer infiltração de ar (comburente) pelo sistema de escape ou pelas juntas do catalisador.

A seguir, podemos observar dois gráficos que mostram os efeitos do catalisador sobre os gases tóxicos e sobre o oxigênio.

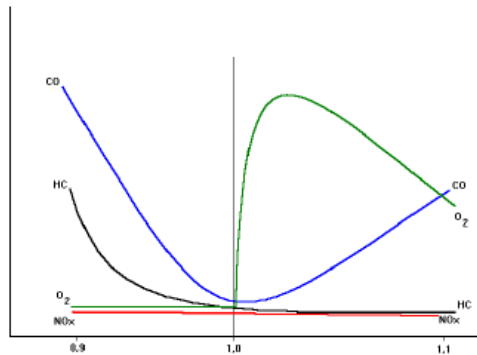
*HC - Hidrocarbonetos*  
*CO - Monóxido de carbono*  
 *$\text{NO}_x$  - Óxidos de nitrogênio*  
 *$\text{O}_2$  - Oxigênio*



Fonte: AUTOLATINA

**Gráfico VI:** Medição dos gases antes do catalisador

*HC - Hidrocarbonetos*  
*CO - Monóxido de carbono*  
*NO<sub>x</sub> Óxidos de nitrogênio*  
*O<sub>2</sub> - Oxigênio*



Fonte: AUTOLATINA

**Gráfico VI:** Medição dos gases antes do catalisador

Compare os dois gráficos e tire conclusões sobre o efeito do uso de catalisadores na composição dos gases emitidos:

Cuidados a serem tomados em veículos equipados com catalisador:

Combustível:

- ◆ Utilize somente gasolina do tipo "C", sem chumbo e com 21 a 23% de álcool etílico anidro.
- ◆ Nos motores a álcool utilize álcool etílico hidratado com no máximo 3% de gasolina.
- ◆ Nunca utilize aditivos ao combustível a não ser quando recomendado pelo fabricante.

Óleo:

- ◆ O nível do óleo lubrificante nunca deverá estar acima da marca "máx.", pois o excesso de óleo poderá impregnar o catalisador prejudicando a conversão dos gases.

Na oficina:

- ◆ Examinar o sistema de escapamento, caso haja algum ruído anormal.
- ◆ Verificar o estado das juntas de vedação do catalisador.
- ◆ Verificar a incidência de odores desagradáveis, pois isto indica que a mistura está desregulada.

- ♦ Checar os componentes dos sistemas de emissões, sistema elétrico e de recirculação dos gases.

Na viagem de experiência:

- ♦ Partida:

- i) Utilize corretamente o afogador no processo de partida a frio.
- ii) Se o motor não pegar em 5 a 10 segundos repita a operação obedecendo um intervalo de 30 segundos entre tentativas.
- iii) Nunca tente colocar o motor em funcionamento empurrando o veículo (pegar no tranco).
- iv) Nunca acelere o motor desnecessariamente.

- ♦ Trânsito:

- i) Evite transitar em locais alagados que venham cobrir o sistema de escapamento.
- ii) Evite trafegar com o motor falhando.
- iii) Ao ultrapassar obstáculos cuide para não danificar o catalisador.
- iv) Nunca estacione o veículo sobre materiais ou produtos inflamáveis.

- ♦ Parada:

- i) Somente desligue a ignição com o veículo parado e com motor em marcha-lenta.

### 5.5.2 - Injeção eletrônica

#### ***A ERA DA ELETRÔNICA EMBARCADA***

*Se pudéssemos falar numa briga entre a injeção eletrônica e o velho carburador, teríamos que admitir: não foi um combate justo. Porque o "i" da "fuel injection" trouxe, para lutar a seu lado, um brutamonte imbatível, o "e", de "eletronic". De fato, a injeção de combustível só garante muito maior economia, potência e, principalmente, menos poluição, porque o injetor, e todos os seus movimentos mecânicos, são controlados por um módulo eletrônico, ou seja, um microcomputador digital, que tem como cérebro um microprocessador de 8 bits e controla todas as funções do sistema de alimentação do motor.*

*O módulo de controle eletrônico é alimentado por um conjunto de sensores espalhados por todo o carro, que vão carregando a memória do computador com as informações necessárias para comandar o tipo de mistura ar/combustível que deve ser enviado para os cilindros do motor. Ele recebe, por exemplo, informações sobre a rotação do motor, a pressão interna do coletor de*



admissão (o depósito de combustível), a temperatura da água, a altitude (pressão e temperatura) do local onde o veículo se encontra e a posição da borboleta de aceleração. Mas também sobre o avanço da ignição, ou seja, o instante em que vai se dar a faísca da vela.

Com essas informações, o módulo de controle faz um completo mapeamento da ignição, de forma a regular a injeção em função da faísca. Isso evita, entre outras coisas, a detonação, conhecida popularmente como "batida de pino". E controla o injetor de combustível, de forma a produzir uma adequada relação ar-combustível, em qualquer condição de funcionamento do motor. Com a dosagem certa da mistura ar-combustível sendo produzida, obtêm-se melhor desempenho do veículo, menor consumo (uma vez que a mistura passa a ser menos rica, e portanto menos esbanjadora) e menor poluição, pois a queima de gases será obrigatoriamente menor.

Mas as virtudes da injeção eletrônica não param aí. Graças aos sensores, o módulo central comanda também a válvula de controle de ar da marcha lenta, nas mais variadas condições de operação do motor. E ainda por cima, através de um sistema de autodiagnóstico, reconhece e identifica qualquer problema operacional do sistema e comunica ao motorista acendendo uma luz no painel de instrumentos. Para os mais exigentes, algumas montadoras, como a General Motors, oferecem um serviço adicional: com a ajuda de um sensor instalado no cabo de transmissão, o computador corta o combustível do motor no momento de desaceleração, propiciando uma economia ainda maior.

Os injetores eletrônicos de combustível que estarão equipando os carros da linha 92 são de dois tipos: o chamado "single point" (ponto único), produzido pela Rochester e o adotado pela General Motors, e "multi point" (pontos múltiplos), fabricado pela Bosch e usado nos carros da Autolatina (Ford e Volkswagen), da Fiat e também em alguns modelos da GM. Ambos são injetores eletrônicos de combustível e têm a mesma finalidade: melhorar a qualidade da dosagem do combustível. Mas o "single" tem um injetor de combustível único, e portanto distribui uma dosagem igual para todos os cilindros. Já o "multi" é mais preciso na distribuição, pois conta com uma válvula de injeção para cada cilindro, que funciona comandada por computador. Neste caso, a dosagem é diferente para cada cilindro, pois as correntes de fluxo de combustível nas paredes de cada duto nunca são iguais.

Mas o injetor "single point" parece que terá um fim semelhante ao reservado ao velho carburador. A melhor forma de cumprir a lei - e poluir menos - é combinar o "multi point" com o catalisador.

*Apenas uma questão ainda está em aberto: o governo brasileiro conseguirá manter o fornecimento do mesmo tipo de combustível em todos os postos de serviço? Porque se a mistura encontrada hoje não for definitivamente padronizada, não há injetor que funcione satisfatoriamente. Nem com ajuda da eletrônica.*

Fonte: Carburador com os dias contados. Globo Ciência. v.1, n.2.

### 5.5.3 - Recomendações gerais

*O Que fazer para economizar mais e poluir menos ?*

A economia de combustível está diretamente ligada ao estado do carro e à maneira de dirigir.

*Quanto ao carro, a recomendação é tomar os seguintes cuidados básicos para poupar combustível:*

- Manter o carburador bem regulado. Um motor bem regulado, além de proporcionar uma economia de mais de 10% no consumo de combustível, evitar a emissão excessiva de gases nocivos na atmosfera.
- Trocar as velas na quilometragem aconselhada pelo fabricante do veículo.
- Substituir o filtro de ar sempre que estiver sujo. O filtro sujo funciona como um afogador: deixa entrar menos ar e queima mais combustível.
- Manter a bateria carregada e em boas condições de uso.
- Conservar o óleo do motor sempre no nível.
- Rodar com a pressão adequada nos pneus. O ideal é verificar a calibragem toda a vez que for abastecer. Pneus mal calibrados ou em mau estado aumentam o consumo de combustível.
- Evitar carregar peso inútil. Um bagageiro que não está sendo usado, por exemplo, é um peso morto.

*O motorista, por sua vez, pode dirigir com mais economia, adotando hábitos de bom senso, como:*

- Trocar de marcha na rotação correta. "Esticar" as marchas provoca maior consumo.

- Evitar reduções constantes de marcha, acelerações bruscas e freadas em excesso.
- Evitar paradas prolongadas com o motor funcionando. Nestes casos, é melhor desligar o motor e dar a partida de novo.
- Não andar a velocidades excessivas.
- Usar o afogador manual somente no momento de dar partida no carro e empurrar o afogador aos poucos, conforme o motor for esquentando.
- Não esquentar demais o motor do carro na garagem. Além de não trazer nenhum benefício para o veículo, contamina o ar. É mais econômico e mais ecológico gastar esse combustível com o carro em movimento. O certo é esperar somente os segundos necessários para fazer o óleo circular.
- Tentar manter uma velocidade constante, de preferência em marchas mais altas.
- Tirar o pé do acelerador quando o sinal à frente estiver fechado ou houver um congestionamento adiante. Também economiza os freios e pneus.
- DICA VERDE - Economia de combustível faz bem para o meio ambiente e para o bolso. Mais quilômetros por litro poupa dinheiro e polui menos.



### Atividades:

- a) Observe a Tabela XIV e relacione, num gráfico de colunas, a quantidade de CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e partículas sólidas lançadas no ar, por carro/ano.
- b) Qual tipo de veículo que mais lança monóxido de carbono no ar ? Por quê?
- c) Qual tipo de veículo que mais lança NO<sub>x</sub> no ar ? Por quê?
- d) E SO<sub>2</sub> ? Por quê?

**Tabela XIV:** Lançamento de poluentes em uma grande cidade (toneladas/dia).

TIPO DE FONTE	Número de veículos	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	Partículas sólidas
Automoveis gasolina	1195593	2768	302,7	114,7	23,6	16,9
Utilitários leves (gasolina)	578336	1339	146,3	55,5	11,4	8,2
Caminhões médios (gasolina)	19213	163,4	33,1	5,5	1,3	0,7
Caminhões pesados (gasolina)	35514	576,0	113,3	16,3	5,4	2,9
Caminhões (diesel)	70370	137,3	22,4	100,3	52,4	8,6
Ônibus	21787	57,5	10,9	58,4	29,6	4,3
TOTAL	1920783	5041,2	628,7	350,7	123,7	41,6

Fonte CETESB

Gráfico:

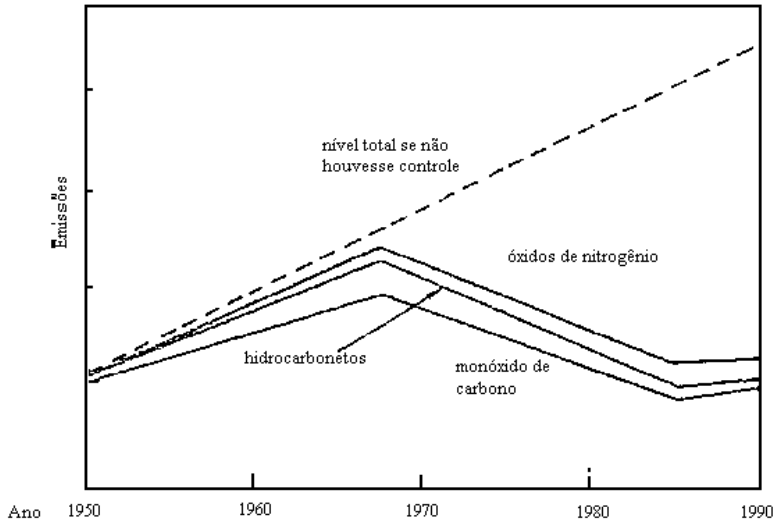


e) Será que a situação hoje em dia melhorou ou piorou ? Por quê?

f) Levando em conta a crise energética na década de 70 e as medidas tomadas pelo governo brasileiro, explique o gráfico abaixo considerando:

1) a curva tracejada

2) os pontos de inflexão observados no gráfico



Fonte: Silva, E.R. & Silva, R.H. em Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil.

**Figura XIX:** Tendências previstas nas emissões dos veículos.

g) A substituição de combustíveis derivados do petróleo por outros, provenientes de recursos renováveis, eliminaria os riscos de poluição atmosférica? Justifique sua resposta baseando-se na tabela a seguir.

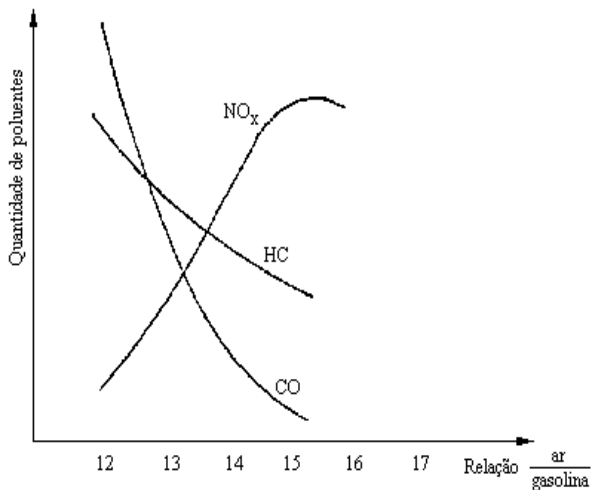
**Tabela XIV:** Poluentes liberados pelo álcool e pela gasolina.

POLUENTES VEÍCULOS A	CO	HC	NO <sub>x</sub>
ÁLCOOL	18,8	1,6	1,1
GASOLINA	40,5	3,8	1,4

Fonte: Murgel, E.M., Revista de Engenharia Sanitária, ABES, Vol 26, nº 3, 1984.

h) Compare estes dados com os fornecidos pelo Gráfico 1.

A quantidade de poluentes emitido pelo escapamento dos automóveis está relacionado com a proporção de mistura ar-combustível. Observe a Figura XX.



Fonte: Unidades Modulares de Química - CESISP

**Figura XX:** Relação ar-combustível e a emissão de poluentes.

i) Explique a variação de cada um dos poluentes acima listados em função do aumento da relação ar-gasolina?

j) Qual é a proporção ideal para se obter a combustão completa de gasolina? Por que?

k) Após os estudos aqui efetuados, que medidas você sugeriria para diminuir a poluição atmosférica?

l) Analise os 5 maiores valores de cada um dos poluentes, relacionando-os com a cidade onde ocorrem e as causas prováveis destes valores, na Tabela XV.

**Tabela XV:** Emissões atmosféricas industriais no ano de 1991.

Município	CO	HC	NO	SO <sub>2</sub>	Poeira
Triunfo	10.300	20.471	33.518	18.969	9.914
Charqueadas	1.346	192	12.216	16.335	16.634
Porto Alegre	2.671	6.060	7.353	9.920	10.107
Canoas	408	2.922	2.880	13.634	3.710
Pelotas	215	1.619	5.331	3.273	7.711
Rio Grande	192	295	1.661	1.082	2.169
Sapucaia do Sul	4.820	1.308	1.098	3.416	11.189
Caxias do Sul	1.602	3.840	3.962	4.550	6.838
Novo Hamburgo	1.184	7.019	2.913	2.983	2.046
Guáíba	329	438	7.695	4.558	1.915

Fonte Zero Hora

m) Explique as conseqüências para a saúde (ver Tabela III e IX) de uma pessoa que permaneça por 1 hora nas cercanias do Viaduto Obirici (Assis Brasil - POA) e justifique estes valores.

**Tabela XVI:** - Dióxido de Enxofre

<b>Dióxido de Enxofre (Junho a agosto/92 - em <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	
João Pessoa	30
HPS	50
Rodoviária	20
Viaduto Obirici	130
Mediã anual aceitável	80

Fonte Zero Hora



## BIBLIOGRAFIA

- ALBERT, Lilia A. Curso básico de toxicologia ambiental. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Organización Pan-Americana de Salud, 1985.
- AMBROGHI, Angélica et alli. Unidades modulares de química. São Paulo: Hamburg, CESISP, 1987.
- FOLHA DE SÃO PAULO, jornal. São Paulo.
- FRANÇA, Martha S. J. Castigo que vem do céu. Superinteressante. São Paulo, volume 4, número 5, páginas 26-30, maio 1990.
- GLOBO CIÊNCIA, revista. São Paulo.
- GOETZE, F. & GLÖCKNER, W. Anorganische und allgemeine chemie. Bamberg: C.C. Büchner Verlag, 1978.
- HEICKLEN, Julian. Atmospheric chemistry. New York: Academic Press, 1976.
- MELLO, William Z. & MOTTA, Jandira S. Acidez da chuva. Ciência Hoje. Rio de Janeiro, volume 6, número 34, página 40-43, agosto 1987.
- MÜZINGER, Wolfgang. Chemie in Projekten. Kiel: Institut für die Pedagogik der Naturwissenschaften, 1986.
- RATHS, Louis E. Ensinar a pensar. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1977.
- SILVA, Eduardo R. & SILVA, Ruth H. Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil. São Paulo: Scipione, 1989.
- SILVA, Eduardo R. et alli. Notícia de jornal: recurso didático. Revista de Ensino de Ciências. São Paulo, número 16, 1989.
- SILVA, Ronaldo H et alli. Curso de Química. Volume 2, 2ª edição. São Paulo, Harbra, 1992.
- SUPERINTERESSANTE, revista. São Paulo.
- ZERO HORA, jornal. Porto Alegre.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
JUSTIFICATIVAS TEÓRICAS	03
CONTEÚDOS ABORDADOS	04
OPERAÇÕES DE PENSAMENTO PREVISTAS	05
DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO	06
Introdução	06
Ar Limpo X Ar Poluído	13
Contaminantes Primários	16
Chuva Ácida	47
Combustíveis	55
BIBLIOGRAFIA	75