

ISSN 0101-708X

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

# G BOLETIM GOIANO.de eografia

INSTITUTO DE QUÍMICA E GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

---

VOL 9/10 Nº 1/2 - JAN/DEZ 1989/1990



## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O OZÔNIO E O PROJETO OZÔNIO EM GOIÁS

Prof. Valter Casseti(\*)

Prof. José Eduardo A.M. Costa(\*)

### 1. INTRODUÇÃO

O ozônio ( $O_3$ ) é uma das formas naturais de associação de átomos de oxigênio, também definido como sendo uma forma alotrópica do oxigênio (oxigênio triatômico).

Sua alta reatividade o converte em elemento tóxico, capaz de destruir microorganismos (proteínas) e prejudicar o crescimento de plantas. Porém, em estado puro e livre na atmosfera, responde pela interceptação dos raios ultravioletas, constituindo-se em importante elemento para a defesa da vida. Diante disso, admite-se que a existência de vida no planeta terra só se tornou possível, a partir do paleozóico, quando a multiplicação de organismos capazes de usar a luz solar para a produção de energia através da fotossíntese, garantiram o suprimento contínuo do oxigênio molecular na atmosfera, iniciando as transformações que culminaram com o surgimento da camada de ozônio.

Na realidade, a denominada camada de ozônio, se comprimida a pressão e temperatura normal da superfície da terra, formaria uma película de apenas três milímetros de espessura, estimando-se uma relação de três moléculas de ozônio para cada dez milhões de outras, na estratosfera. Portanto, ao mesmo tempo que a "concentração" do ozônio na estratosfera se constitui no elemento de grande importância em defesa da vida, absorvendo parcela considerável do ultravioleta emitido, torna-se também indispensável que o mesmo se apresente em níveis reduzidos na baixa troposfera, dado seu caráter tóxico considerado anteriormente (Fig. 1).

---

(\*) Professores do Departamento de Geografia - IQG/UFG

Deve-se considerar ainda, que através de descobertas que possibilitaram a produção artificial do ozônio, abriu-se um importante campo de aplicação dada as propriedades bactericidas, fungicida, virucida e cicatrizante (tratamento de água, conservação de alimentos, desinfecção de lixo, esterilização de ambientes, oxidação do nitrogênio nos gases das formas de coque...).

## 2. A ORIGEM DO OZÔNIO NA ESTRATOSFERA E SUAS IMPLICAÇÕES

Ao mesmo tempo que o ozônio livre na estratosfera se constitui no elemento responsável pela retenção do ultravioleta, admite-se que sua gênese decorre da própria ação do ultravioleta oriundo do sol, suficientemente intenso para separar os dois átomos que compõem a molécula de oxigênio ( $O_2$ ), produzindo o oxigênio atômico ( $O$ ).

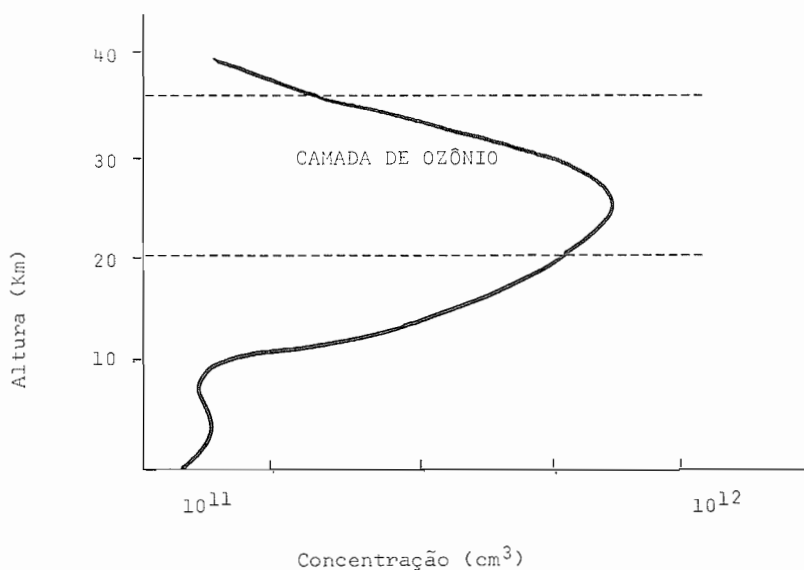


Fig. 1. Perfil Típico de Ozônio

Kirchhoff et Alii (1987) explicitam a noção química desse processo da seguinte forma:



onde  $h\nu$  representa a luz ultravioleta necessária a dissolução do oxigênio. "A produção do ozônio, realizada numa etapa imediatamente posterior, resulta da associação de um átomo de O com uma molécula de  $O_2$ , sempre na presença de um terceiro parceiro M", que pode ser qualquer molécula de gás majoritário, como o nitrogênio ou o próprio oxigênio:



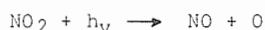
A origem do ozônio é acompanhada por vários gases na estratosfera, como os compostos nitrogenados que atuam em sentido contrário, destruindo a molécula recém-formada.

Antes porém de se fazer algumas considerações a respeito dos efeitos destruidores do ozônio, convém ratificar sua importância na absorção de grande parte do ultravioleta emitido pelo sol. Como se sabe, o ultravioleta é um raio de alta frequência, que segundo Kirchhoff tem propriedades parecidas com as radiações emitidas pelo Césio, apesar de atingir apenas a pele e ser mais fraca. Normalmente chega a superfície terrestre uma quantidade muito pequena.

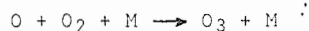
Contudo, além da produção artificial do ozônio, em superfície, com aplicações humanas de importância, o mesmo pode ser produzido de forma involuntária, a partir da emissão do monóxido de nitrogênio, resultante da combustão interna de motores, suficiente para tornar relativamente a subsequente oxidação pela atmosfera:



Este dióxido de nitrogênio, conforme Perry & Slater (1981), absorve eficientemente a radiação do ultravioleta e é visível como "névoa marrom" (smog fotoquímico):



"A fotodecomposição produz átomos de oxigênio bastante ativados, capazes de iniciar uma sequência complexa de reações que conduzem à formação de componentes irritantes aos olhos, como o ozônio, aldeídos, nitratos de peroxiacila e de alquila":



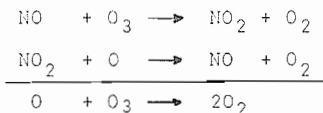
Nas atmosferas poluídas, tanto os átomos de oxigênio como de ozônio (oxidantes) podem reagir posteriormente com outros constituintes, como por exemplo hidrocarbonetos, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e material particulado.

Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade do permanente equilíbrio que permita a "concentração" do ozônio na estratosfera (valores máximos em torno dos 30 quilômetros de altura) e níveis reduzidos na baixa troposfera.

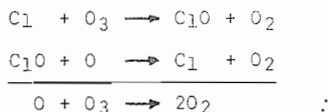
As primeiras preocupações com a camada de ozônio tiveram início em 1970, quando o meteorologista inglês P. Crutzen evidenciou a introdução artificial de óxidos de nitrogênio na estratosfera, por aviões supersônicos, responsáveis pelo ciclo de destruição catalítica do ozônio, o que foi ratificado por H.S. Johnson em 1971, anunciando uma perda de 16% na camada de ozônio em trinta anos. Mais tarde concluiu-se que não apenas os supersônicos, como todos os aviões do tipo Boeing e Airbus, que voavam com frequência na baixa estratosfera, lançando uma grande quantidade de óxido de nitrogênio. Os distúrbios evidenciados na camada de ozônio eram sentidos pela seguinte reação:



Kirchhoff et Alli (1987) demonstram a destruição do ozônio na estratosfera pela adição dos compostos nitrogenados da seguinte forma:



Contudo, não apenas os compostos nitrogenados apresentam uma ação destruidora do ozônio, mas também os óxidos de cloro, conforme pôde ser constatado em 1974 pelos químicos norte-americanos R. Stolarsky e R. Cicerone, semelhante, ao processo mencionado anteriormente:



Portanto, o cloro passou também a se constituir em uma grande ameaça à camada de ozônio, quando incorporado à molécula de uma substância totalmente inerte quimicamente. Assim, não foi difícil identificar os clorofluorcarbonetos (CFC), geralmente designados gás freon, como as substâncias que realizavam o transporte do cloro à camada de ozônio.

O gás freon começou a ser utilizado em 1928, pela General Motors, em geladeiras. À partir da década de sessenta, admitindo que tudo que sobe para a atmosfera acabava sendo diluído, permitiu que a indústria química intensificasse a produção, em grande escala, de substâncias com as mesmas características dos gases de geladeira: os clorofluorcarbonetos ou CFC's. Devido suas excelentes propriedades químicas (são muito estáveis, não inflamáveis, não corrosivos e não tóxicos) foram rapidamente adotados para diferentes usos, como a produção de aerossóis e materiais de limpeza, equipamentos médicos e eletrônicos, conforme tabela que se segue (Tab. 1).

"Os CFCs, que são inertes na baixa atmosfera, após uma lenta trajetória que pode levar vários anos, atingem a estratosfera. Sob o efeito das radiações ultravioletas, muito ativas nesses níveis da atmosfera, estas moléculas se fotodissociam dando origem a átomos de cloro livres. Nessas condições, o cloro e o ozônio se associam. Em seguida, o ozônio se reduz em oxigênio molecular, enquanto o cloro forma o óxido de cloro, que por sua vez captura os átomos de oxigênio livres, produzidos em outras reações. Os dois átomos de oxigênio se associam a uma outra molécula de oxigênio e o cloro, de novo isolado, vai se aliar a outra molécula de ozônio. Nesta sequência, o cloro levado a atmosfera como clorofluorcarboneto, vai destruindo o ozônio" (Guimarães & Mariotti, 1988).

Estima-se que em dois anos, período médio de permanência deste átomo na estratosfera, 100.000 moléculas de ozônio são eliminadas. O cloro não sofre nenhuma alteração, permanecendo como um elemento catalizador e destruidor do ozônio.

Na década de setenta, quando o problema foi detectado, cálculos preliminares estimavam que a camada de ozônio deveria sofrer, nos próximos cem anos, uma perda de 7 a 13% de sua massa total, admitindo-se acréscimos sucessivos. À partir de 1977, várias equipes começaram a avaliar, através de técnicas diferentes, peque-

TABELA 1 - DESTRUIÇÃO CAUSADA POR CADA TIPO DE CFC\*

SUBSTÂNCIA	APLICAÇÃO	VIDA MÉDIA (em anos)	EMIÇÃO GLOBAL (em 1985, em 10 mil ton.)	CONTRIBUIÇÃO PARA DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO (em %)
C111	Refrigeração e aerossóis	76,5	238	25,8
C112	Refrigeração e aerossóis	138,8	412	44,7
CC14	Solvente Ultrafino	67,1	66	7,6
C1113	Refrigeração e aerossóis	91,7	136	11,7
C1113	Solvente Ultrafino	2,3	474	5,1
C134R	Refrigeração e aerossóis	100,9	3	3,7
C121BA	Extintores de incêndio especiais	12,5	3	0,5
C122	Líquidas (isopores)	22,0	72	0,4

FONTE: UNEP (United Nations Environment Programme, 1987).

nas diminuições da camada de ozônio sobre a Antártida. Em fins de 1982 o mesmo fenômeno foi observado em menor escala na Suíça, Alemanha e Canadá, sendo que nos dois primeiros casos, os decréscimos em relação à média dos anos anteriores foram de 7 a 8% respectivamente. Em outubro de 1983, constatou-se o aparecimento de enorme "buraco" na Antártida, redução essa correspondente à metade do valor normal de concentração. O mesmo se repetiu em 1985, o que pode ser justificado pelos movimentos circulares da atmosfera, que transferem, das menores para as maiores latitudes, clorofluorcarbonetos, que ficam estagnados ou enclausurados em altitude, nos denominados vórtices polares (círculos de ventos de até 100km por hora), dada a estabilização das massas no inverno. Na primavera, o aumento da incidência dos raios solares reativa parcialmente os processos circulatórios, momento que os compostos clorados se dissociam, iniciando uma destruição em larga escala do ozônio local. Tal situação acontece até novembro, quando a circulação se modifica com a entrada de ar proveniente de outras regiões, permitindo a recomposição do ozônio destruído.

Relatórios do UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), demonstram que a recuperação do "buraco" na camada de ozônio vem se tornando cada ano mais difícil: em 1977, os CFCs eram encontrados em 150 PPTV (partículas por toneladas de volume) na atmosfera; em 1986 essa concentração passou para 230 PPTV e através de projeções, estima-se que no ano 2030, mantendo-se a tendência crescente atual, haverá 1.100 PPTV de CFCs.

### 3. EFEITOS DA REDUÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Com base no INPE, a redução da camada de ozônio implica num aumento progressivo da intensidade da radiação ultravioleta, conforme tabela abaixo (Tabela 2).

TABELA 2 - O AUMENTO DE RAIOS ULTRAVIOLETA PELA REDUÇÃO DE OZÔNIO

Diminuição da Camada de Ozônio	Aumento da Intensidade da Radiação Ultravioleta
1	2,5
2	5,2
5	13,6
10	29,0
30	115,2

FONTE: INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais).



A importância da camada de ozônio é medida pelos prejuízos que a exposição aos raios ultravioleta pode causar aos seres vivos, afetando a estrutura celular e provocando:

- Maior incidência de câncer de pele. Estima-se que cada redução de 1% da camada de ozônio, leva a um aumento de 2% nos casos de câncer de pele (nos Estados Unidos constata-se um aumento de 3% a cada ano);

- Maior incidência de queimadura de pele. Incidência de melanose e ceratose solares (tipos de pré-câncer);

- Extinção de certas espécies, principalmente as do plâncton, com consequências em toda a cadeia alimentar;

- Redução de safras agrícolas, uma vez que as plantas não se desenvolvem sob a ação dos raios ultravioletas;

- Incidência de catarata, redução das defesas imunológicas, entre outras.

Independente dos efeitos biológicos diretos, deve-se considerar o acréscimo térmico subsequente, que pode ser inferido através da relação apresentada anteriormente (Tab. 2), além de mudanças substanciais na circulação atmosférica.

É bom lembrar que o aumento de poucos graus centígrados na temperatura do globo pode desencadear um degelo polar, com conseqüente transgressão marinha (eustatismo positivo), suficiente para causar inundações, sobretudo nas regiões costeiras dos continentes.

Cientistas calculam que persistindo a atual situação, o clima da terra terá um acréscimo de 4°C em menos de 100 anos, o equivalente a cinco ou dez vezes o aumento de temperatura que marcou o fim da era glacial. Diante disso, além dos efeitos considerados, a evaporação da água dos oceanos aumentaria, causando violentas tempestades tropicais, além da evidente concentração de produtos químicos na atmosfera, com o metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), emitidos pela queima de combustíveis fósseis e pela queima de florestas.

"Resultados recentes publicados pelo Centro de Graduação de Oregon (EUA) mostram que nos últimos dez anos, os cloro-fluorcarbonos duplicaram sua concentração atmosférica" (Kirchhoff et alli, 1987). Contudo, mostram que cresceu menos na segunda metade da última década, fenômeno provavelmente relacionado à proibição, nos Estados Unidos, da utilização de embalagens do tipo aerosol para produtos não essenciais. Associado ao aumento geral dos cloro-fluorcarbonos, foram registrados aumentos significativos de gás carbônico ( $CO_2$ ), óxido de nitrogênio ( $N_2O$ ) e metano ( $CH_4$ ). "Estes, a semelhança do ozônio, são gases que podem atuar como fonte secundária de calor, provocando o efeito estufa", a ser considerado a seguir.

O Protocolo de Montreal, relativo às substâncias destruidoras da camada de ozônio, foi decorrente da Conferência realizada em Montreal, em setembro de 1987, da qual participaram 54 países, inclusive o Brasil.

Para efeito de limitação de produção, seu texto divide em dois grupos os países consumidores de CFC e estabelece as seguintes metas:

1. Países de alto consumo (acima de 300g por habitante):
  - Congelar a produção à partir de 1986, por período de 04 anos;
  - Reduzir à partir de julho de 1994 a quantidade produzida em 20%;
  - Reduzir mais 30% da produção à partir de julho de 1998.
2. Países de baixo consumo (abaixo de 300g por habitante):
  - Possuem liberdade para aumentar a produção, desde que não ultrapasse 300g por habitante em um período de 10 anos (até 1997);
  - A partir de 1998, devem congelar a produção ou nível total de 1997 (Pnuma, 1987).

#### 4. O EFEITO ESTUFA E AS IMPLICAÇÕES DAS QUEIMADAS

Infelizmente as consequências da redução da camada de ozônio não são especulações teóricas. Só para se ter uma idéia, mesmo se parasse totalmente a emissão de clorofluorcarbonetos para a atmosfera, levariam 100 anos para a recuperação da deficiência do ozônio provocada sobre a Antártida.

Como se pode observar, um dos efeitos determinados pela redução da camada de ozônio seria o aumento do "efeito estufa" através da concentração de certos componentes, como o metano e gás carbônico, determinado pela queima da própria cobertura vegetal, resultante do acréscimo da intensidade do ultravioleta.

Contudo, o aumento da intensidade do ultravioleta não foi suficiente para processar distúrbios dessa natureza, devendo-se atribuir ao sensível acréscimo do "efeito estufa" a ação direta das atividades humanas, que incorporam na baixa troposfera, um bem número de substâncias químicas, sobretudo o dióxido de carbono.

Cálculos apresentados por Bach (1986) demonstram que nas últimas décadas, a concentração de determinados gases contribuíram para um aumento do efeito estufa em 33,29K, com participação assim distribuída: 20,6K (H<sub>2</sub>O), 7,2K (CO<sub>2</sub>), 2,4K (O<sub>3</sub>), 1,4K (N<sub>2</sub>O), 0,8K (CH<sub>4</sub>) e 0,8K por clorofluormetanos (CFM), amônia (NH<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>.

Os efeitos considerados foram esquematicamente representados por Ramanathan (1980), podendo-se evidenciar a principal origem das emissões antropogênicas, através da queima de combustíveis fósseis (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> e N<sub>2</sub>O), fabricação de fertilizantes (N<sub>2</sub>O), além de refrigerações e propelentes (CFMs), que exercem modificações climáticas na troposfera. Os últimos considerados conforme pode ser observado (Fig. 2), discutidos anteriormente, res podem pela destruição da camada de ozônio na estratosfera.

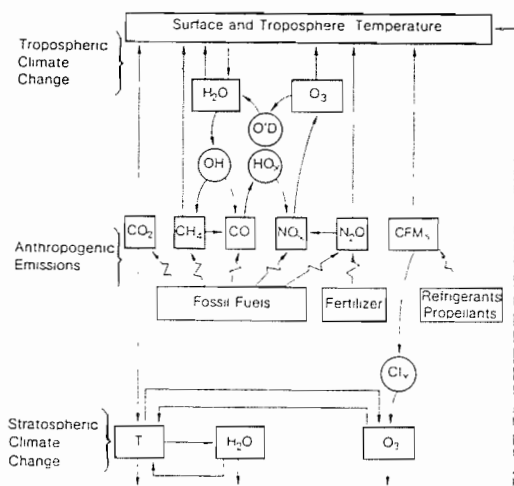


Fig. 2. Alterações Climáticas processadas por traços de gases (Cf. Ramanathan(1980)).

Primeiras mensurações sistemáticas realizadas no Hawaii revelaram um aumento do CO<sub>2</sub> em torno de 8% entre 1958 e 1983 (de 315 ppmv em 1958, para 342 ppmv em 1983), conforme pode ser observado através da transcrição que se segue (Fig. 3).

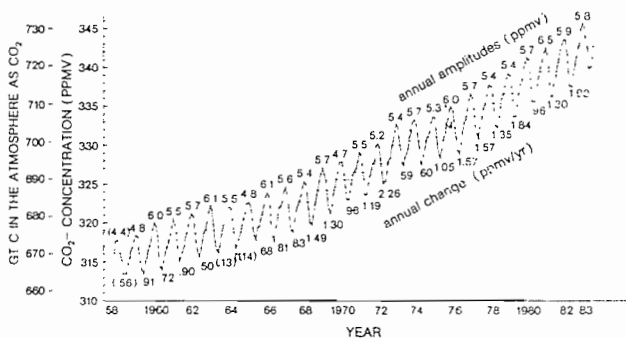


Fig. 3. Aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera de Mauna Loa, Hawaii (1958-1983). Cf. Keeling e Allli (1976), Farrel (1980) e Schönweise (1984).

O maior responsável pela produção de gás carbônico na faixa intertropical tem sido entendido como as queimadas.

Dados levantados pelo INPE através do satélite NOAA-9, mostram que no período de maio à outubro de 1987, os estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Goiás e Maranhão, queimaram 205 mil quilômetros quadrados de cobertura vegetal (Tab. 3), ou praticamente o dobro do que foi devastado em 1985. A área devastada na Amazônia pelas queimadas em 1987 corresponde a dez vezes o estado de Israel, duas vezes a Ilha de Cuba, ou ainda, a soma dos territórios da Suíça, Escócia, Dinamarca e Bélgica.

Estimativas de especialistas é de que tais queimadas, em 1987, lançaram cerca de 500 milhões de toneladas de gás carbônico na atmosfera. Conforme imagens da Discovery, de setembro de 1988, o fogo destruiu cerca de 130 mil quilômetros quadrados da Amazônia, proporcionando uma nuvem de fumaça que encobria praticamente um terço do país (cerca de 2,5 milhões de quilômetros quadrados).

TABELA 3 - O QUE SE QUEIMOU NA FLORESTA AMAZÔNICA EM 1987

ESTADO	ÁREA QUEIMADA* Km <sup>2</sup>	% DA ÁREA DO ESTADO
Rondônia	45.452	18,7
Mato Grosso	78.718	8,9
Goiás	38.940	6,1
Acre	7.274	4,8
Maranhão	13.766	4,2
Pará	19.363	1,6
Amazonas	1.093	0,1
TOTAL	204.608	

(\*) Este valor representa 4% do total da floresta Amazônica sobre território brasileiro. Cf. Espacial (9), 1988.

Segundo Paul Crutzen, diretor do Instituto Max Planck, um dos principais especialistas na questão do ozônio, as queimadas são destruidoras da camada de ozônio quanto a emissão de substâncias industrializadas, como o CFC.

## 5. O PROJETO OZÔNIO NO BRASIL

O Projeto Ozônio no Brasil nasceu de uma consulta do governo norte-americano, através da NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço) à COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais), representada pelo INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais).

Em 1978 foi realizada a primeira medida de ozônio no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, localizada em Natal, utilizando-se de foguete do tipo Loki e Super-Loki, equipado com espectrofotômetro Dobson (atingem no máximo 35/40 quilômetros de altura, o que permite determinar a quantidade total de ozônio ao longo da linha de visada do fotômetro). Desde então, foram feitos, em média, dois lançamentos por mês.

Atualmente funcionam seis estações de superfície: Natal, Fortaleza, Manaus, Recife, Cuiabá e Brasília que oferecem subsídios para inferir o comportamento da camada de ozônio, uma vez que registram a intensidade do ultravioleta que chega à superfície

Na superfície terrestre, a concentração média observada em Natal é de 0,25 ppm, ou seja, quatro a cinco vezes menor que os níveis responsáveis por efeitos prejudiciais a saúde humana (a partir de 0,18 ppm a função pulmonar é afetada).

"Já, a concentração máxima na mesma região ocorre em uma altura de 28 quilômetros, faixa que registra  $4 \times 10^{12}$  moléculas de  $O_3$  por centímetro cúbico, quantidade um milhão de vezes menor do que a de moléculas de nitrogênio ali existentes" (Kirchhoff, et Alii, 1987).

"Outras características que ressaltam de nossas medições são as seguintes:

- a) o conteúdo total de ozônio medido é 15% maior do que o registrado por satélites nas regiões equatoriais;
- b) a correlação entre a concentração de ozônio e a temperatura é positiva abaixo da faixa estratos-

... a ... é nega

) ...

### 6. O PROJETO OZONIC EM GOIÁS

... ( - ) ...

... ( - ) ...

... ( - ) ...

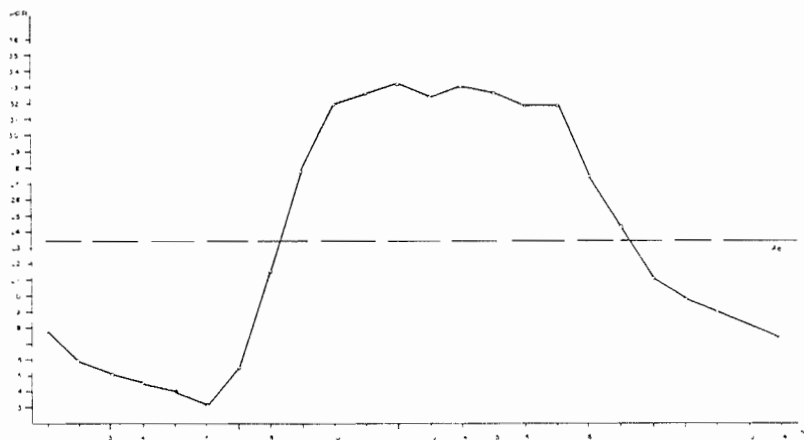
... ( - ) ...

... ( - ) ...

... ( - ) ...

tata-se que o pico máximo de concentração encontrada ocorreu no período de maior incidência de radiação solar (11:00:00 a 14:00:00 horas), região em que se registra o maior teor de vapor de água e o maior teor de partículas (11:00:00 a 14:00:00 horas).

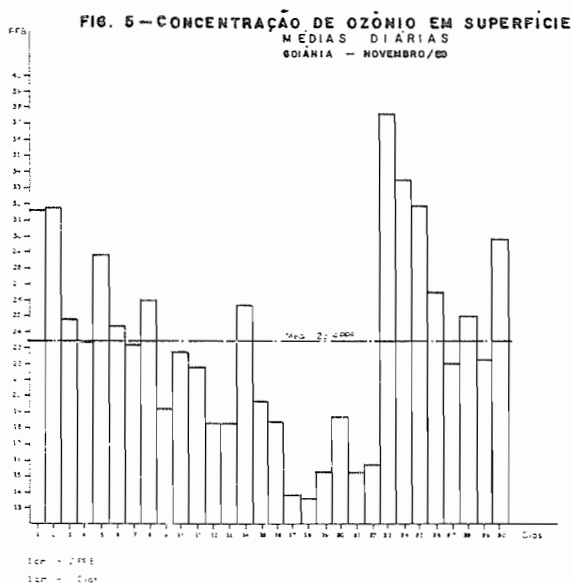
**FIG. 4 - CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO EM SUPERFÍCIE**  
MÉDIAS HORÁRIAS  
SOÂNIA - NOVENBRO / 89



Observa-se, portanto, que a maior concentração de ozônio é dada entre o período das 11:00:00 a 14:00:00 horas, período de maior incidência de radiação solar. A concentração de ozônio em superfície, em função da radiação solar, é diretamente proporcional, que significa um processo de formação de ozônio a partir de outros gases resultante da atividade humana, como o metano, o carbono, gás carbônico, metano, etc., a partir da fotólise. Deve-se notar que a pequena redução constatada às 11:00:00 horas (11,7 ppb) encontra-se justificada pelo aumento da nebulosidade no período em questão.

Em se observar o gráfico da concentração de ozônio em superfície (Fig. 4), em referência, constata-se uma queda da concentração de ozônio em função da nebulosidade. Tal fato, associado com as baixas temperaturas frias, implica na redução de concentração de ozônio em superfície, por atenuar a incidência dos raios solares e, portanto, a radiação solar, inclusive do próprio ultravioleta, responsável pelos processos fotoquímicos ou reações com os demais gases, conforme se comentou anteriormente.





Conforme exemplo que se segue (Fig. 6), relativo ao dia grama de concentração do ozônio em superfície no dia 05.11.89, constata-se que a concentração máxima aconteceu às 9:00 horas (51 ppbv), evidenciando-se sensível redução às 12:00 horas (47 ppbv), o que pode ser justificado pela elevação da nebulosidade ocorrida entre 10:00 e 12:00 horas.

Através da representação da concentração do ozônio em superfície, referente às médias diárias do mês de novembro de 1989 (Fig. 5), verifica-se que a média mensal calculada foi de 23,4 ppbv. Durante 13 dias os valores ficaram acima da média da série. A maior concentração ocorreu no dia 23 de novembro, com 37,6 ppbv e as menores nos dias 17 e 18, com 12,6 ppbv.

Deve-se observar contudo, que apesar do máximo constatado no dia 23, a referida concentração não chega a preocupar, uma vez que somente a partir de 100 ppbv é que se constata distúrbios orgânicos, como irritação dos olhos. Acima de 140 ppbv os problemas são mais sérios, podendo responder por implicações de natureza pulmonar.

Em síntese, pode-se concluir que a concentração do

Os dados experimentais relativos a estas condições, relativamente baixas, o que se observou foi uma redução, antecedente, tais valores podem ser já atribuídos ao período de estufa, preservando-se grande autenticidade dos dados. Assim, a redução observada-se no período "antes", "durante" e "depois" da exposição à radiação ultravioleta, por períodos de 15, 30 e 45 minutos, respectivamente.

Assim, a redução da concentração de ozônio presente na rede de distribuição de gás canalizado, em estufa prolongada (período de 45 minutos), pode ser atribuída a:

- a) radiação ultravioleta, que implica na formação de radicais livres, que reagem com o gás canalizado e com os componentes da rede, através de processos fotoquímicos;
- b) reações químicas que ocorrem, que implicam na liberação de gás carbônico e demais elementos produzidos para o ambiente, que reagem com o ultravioleta, formando radicais livres, como o ozônio;
- c) formação de radicais livres, responsável por diversas reações, retendo os gases mais pesados do gás canalizado, como o gás carbônico, produzindo uma maior concentração de ozônio resultante.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Convenção de Viena, realizada na Áustria (18 a 22 de março de 1985), que contou com a participação de 48 países, inclusive o Brasil, estabelece a obrigação de adotar medidas apropriadas para a proteção da saúde humana e meio ambiente, inclusive legislação comum ou medidas administrativas destinadas ao controle, limitação, redução ou prevenção das atividades que possam colocar em risco a integridade da camada de ozônio.

Prevê o estabelecimento de Protocolos, bem como cooperação científica e tecnológica entre os países signatários.

A contribuição do Brasil na redução da destruição

da camada de ozônio é extremamente importante, sobretudo através da eliminação de queimadas. Contudo, o Protocolo de Montreal somente será cumprido se houver a participação, em especial, dos países desenvolvidos do hemisfério norte, responsáveis por 95% da produção mundial de CFC.

Se 40% dos clorofluorcarbonetos que estes países produzem são empregados em aerossóis, acredita-se na possibilidade de uma redução praticamente imediata, considerando a existência de gases naturais que permitem a substituição, como o butano ou o propano. Nos Estados Unidos, a utilização de CFCs em aerossóis é proibida desde 1978.

Conforme dados da Associação Brasileira de Aerossóis, são produzidos no Brasil 11 mil toneladas/ano de CFC, dos quais 70% são destinados à indústria de refrigeração, 17% para solventes industriais e 8% para aerossóis. Além disso, o Brasil consome anualmente 150 milhões de latas de aerossóis.

A decisão da Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul, de proibir a venda e comercialização de produtos com CFC, desencadeou uma preocupação nacional pelo tema "ozônio", que já vinha sendo amplamente discutido nos meios científicos. A exemplo do projeto do Deputado gaúcho José Antônio Daudt, foram apresentados projetos nos estados de São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Goiás, o último aprovado em junho de 1988.

Atualmente encontra-se em discussão na Câmara dos Deputados, o projeto de lei apresentado pelo Deputado Federal Fábio Feldman, que procura regulamentar a produção, importação e consumo de CFCs no Brasil. A redução é discutida no art. 5º do referido projeto, que além de outros pontos, necessita de melhor esclarecimento, uma vez que estabelece consumo máximo de 300g/habitante, o que permite acréscimo na produção de clorofluorcarbonos, em função do evidente crescimento populacional. Portanto, a medida parece ser apenas reguladora de consumo, deixando de proporcionar a redução desejada, mesmo considerando a participação minoritária do Brasil a nível de produção mundial.

Fig. 6. - Diagrama de concentração de Ozônio em superfície.  
dia 05.11.89.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACH, W. Trace gases and their influence on climate. Natural Resources and Development, v. 24, Inst. Scientific Co-operation. Tübingen, 1986.
2. BARBANTI, O. Ameaça dos Aerossóis ao Ozônio Movimento Político. Folha de São Paulo, de 05.06.88.
3. BROWELL, E.V. et Alii, Tropospheric ozone and aerosols distributions across the Amazon Basin, J. Geophys. Res. (93): 1431-1451, 1988.
4. CARVALHO, F. Perigo do Sol. Rev. Isto É de 25.11.87.
5. DEIA, C. Cresce Devastação da Floresta Amazônica. Espacial (INPE), (68) (9) 10, 1988.
6. DETE, K. Aumento do conteúdo de ozônio na troposfera e diminuição na estratosfera. Com. pessoais e relatórios apresentados ao observatório alemão Hohenpeissenber, 1986.
7. GUIMARÃES, M.C. & Mariotti, S.R. (Org.). Camada de Ozônio - Situação atual e perspectivas para o futuro. Frente Nacional de Ação Ecológica na Constituinte, Brasília, 1988.
8. KIRCHHOFF, V. W. J. H. et Alii. Tropical Ozone: seasonal variations in the troposphere at 6°S, UNPE-3555 PRE/766, Apres. Reunião Anual da SBPC de 1985.
9. KIRCHHOFF, V. W. H. H. et Alii. Camada de Ozônio - um filtro ameaçado. Ciência Hoje, 5 (28): 28-33, 1977.
10. KIRCHHOFF, V. W. J. H. & Marinho, E. V. A. Recentes observações de monóxido de carbono em floresta Amazônica, 2ª Enc. Reg. de Geofísica, Salvador, nov. 1987.
11. KIRCHHOFF, V. W. H. J. & Silva, I.M.O. da. Recentes medidas de ozônio em floresta Amazônica. 2ª Enc. Reg. Geofísica, Salvador, 1987.
12. KIRCHHOFF, V. W. J. H. Diagnóstico sobre a química da atmosfera através de medidas de ozônio. : 39ª Reunião Anual da SBPC, Brasília, 1987.

13. KIRCHHOFF, V. W. J. H. & Marinho, E.V.A. A concentração de monóxido de carbono no ar como parâmetro de pureza, 39<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, Brasília, 1987.
14. KIRCHHOFF, V. W. J. H, Diminuição de ozônio pode gerar catástrofes. *Fau Brasil*, (16): 57-62, 1987.
15. KIRCHHOFF, V. W. J. H. et Alii, Ozone Profile measurements in Amazônia, submitted to *Jo. Geophys, Res.*
16. KRAPPENBAUER, A. Emissões gasosas e seus efeitos para as florestas. Trabalho apresentado no Seminário "Emissões Gasosas efeitos para as florestas". Monte Alegre, 1988.
17. MARINHO, E. V.A. & Kirchhoff, V. W. J. H. Medidas de monóxido de carbono em diferentes ecossistemas brasileiros. 2<sup>a</sup> Enc. Reg. de Geofísica, Salvador, 1987.
18. MEDEIROS, L.A. Cientista brasileiro reconhece os danos do cloro-fluorcarbono. *Jorn. Gazeta Mercantil* de 14.11.87.
19. MOURÃO, R.R.F. A Camada de Ozônio: dos supersônicos aos "sprays" *Jornal do Brasil* de 13.06.88.
20. PERRY, R. & Elater, D.H. *Poluição do Ar. Química e Poluição.* LTC Edusp, S. Paulo, 1981.
21. PNUMA. Convênio de Viena para la Proteccion de la capa de ozônio. Viena, 1985.
22. PNUMA. Protocolo de Montreal relativo as las substâncias de la capa de ozônio. Acta Final, Montreau, 1987.
23. RAMANATHAN, V. Climatic effects of antropogenic trace gases. *Interactions of Energy and Climate.* Dordrecht, 1980.
24. ZAN, P. Destruição do ozônio ameaça a terra. *O Estado de São Paulo*, 08.11.87.

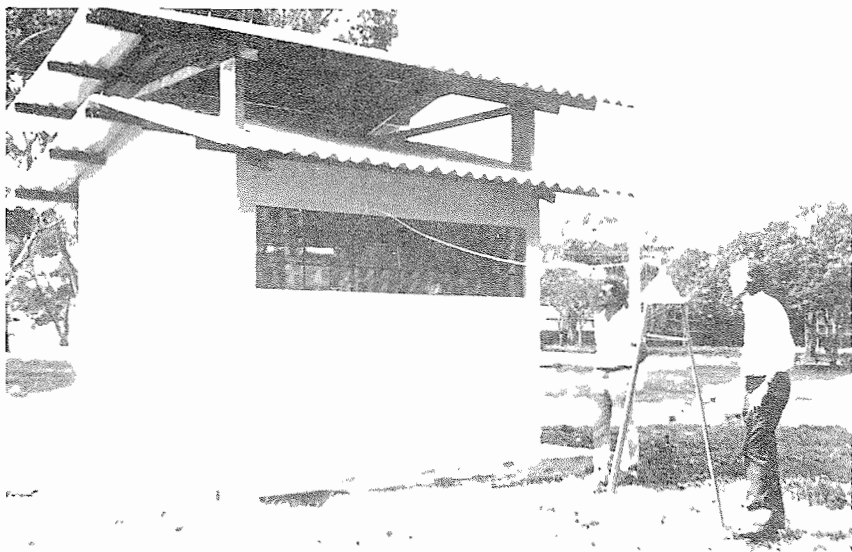


Foto 1 - Laboratório de Ozônio localizado no Campus II (IQC) da UFV. Observa-se o coletor externo.

Foto: Amâncio Alves - ASCOM - UFV.

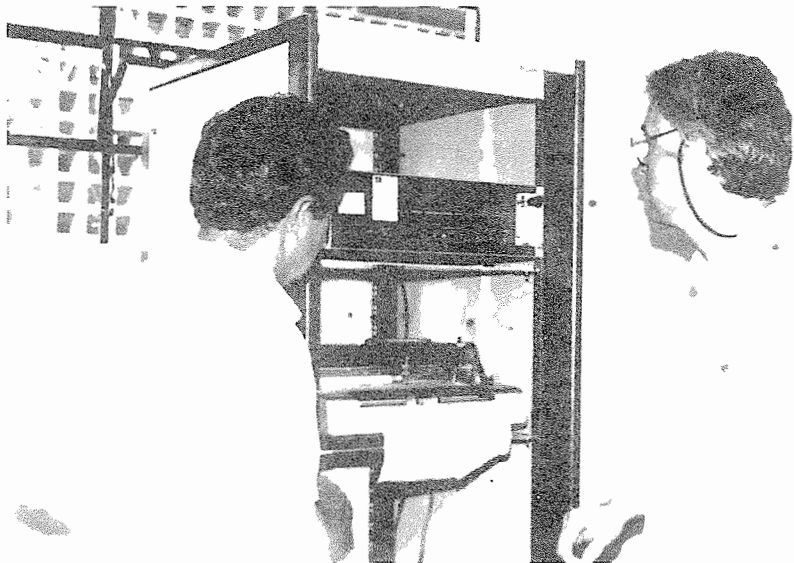


Foto 2 - Interior do Laboratório de Ozônio da UFV. Observa-se sensor e registrador de  $O_3$  em superfície.

Foto: Amâncio Alves - ASCOM-UFV.