

# Química da atmosfera

Macedo Tomás Faustino

# 2015

- Química da atmosfera, è o titulo que se atribui este artigo visto que o
- interesse da química atmosfera reside na possibilidade de compreensão
- da composição química da atmosfera natural, da forma como os gases,
- líquidos e sólidos na atmosfera interactivam uns com os outros e com a
- superfície terrestre e o meio biótico, da forma como as actividades
- humanas podem alterar as propriedades químicas e física da atmosfera,
- dos principais químicos poluentes do meio ambiente.



## INDICE

1.0 Introdução .....	3
1.1. Metodologias usada para elaboração do presente ensaio.....	5
1.2. Nomenclatura de algumas substâncias que entram no estudo da química da atmosfera .....	6
1.3. Objectivos do presente ensaio.....	7
1.4. Questões de reflexão .....	7
2.0. Fundamentação teórica .....	8
2.1.1. Características das camadas da atmosfera .....	8
2.1.2. Composição da atmosfera .....	9
2.2. Alguns elementos químicos que compõe a atmosfera .....	10
2.2.1 Oxigênio.....	10
2.2.2 Carbono e dióxido de carbono .....	11
2.2.3. O azoto (nitrogênio).....	12
2.2.3.1. Ciclo do azoto .....	13
2.3. Poluição do ar .....	14
2.3.1. Principais fontes de poluentes.....	14
2.3.2. Principais poluentes .....	16
2.4. Efeitos de SO <sub>x</sub> no homem .....	17
2.4.1. Controle das emissões de óxidos de enxofre .....	18
2.5. Formação do nevoeiro fotoquímico (SMOG).....	18
2.6. Efeito de NO <sub>x</sub> no homem, animais e plantas.....	20
2.7. Compostos orgânicos voláteis (COVs ou VOCs).....	21
2.7.1. Fontes de VOCs .....	21
2.7.2. Efeitos dos VOCs.....	22
2.8. Matéria particulada .....	22
2.8.1. Origem da matéria particulada.....	22
2.8.1 Classificação das matérias particulada.....	23
2.8.2 Efeitos de VOCs na saúde humana.....	24
2.9. Substâncias que influenciam o equilíbrio de formação e decomposição do ozono .....	24
2.9.1 Destruição da camada estratosférica de ozono .....	25
2.10. Efeito estufa .....	25
2.11. Formação de radicais livres na atmosfera e energia de dissociação de uma molécula....	26
2.12. Formação de iões na atmosfera e energia de ionização de uma partícula .....	27
2.13. Atmosfera como filtro da radiação solar.....	28
3.0. Conclusão.....	30

## 1.0 Introdução

O presente artigo insere-se no âmbito da compreensão sobre a química da atmosfera, visto que é sabido que o interesse da química da atmosfera reside na possibilidade de compreensão da composição química da atmosfera natural, da forma como os gases, líquidos e sólidos na atmosfera interactivam uns com os outros e com a superfície terrestre e o meio biótico, da forma como as actividades humanas podem alterar as propriedades químicas e física da atmosfera, dos principais químicos poluentes do meio ambiente.

No presente ensaio serão discutidos com maior ênfase estes e outros assuntos relacionados a química da atmosfera, mas sem se esquecendo das principais equações químicas que entram no estudo da química da atmosfera, de modo a criar um certo estímulo ao leitor no que concerne a química da atmosfera.

Para melhor compreensão dos conteúdos a se abordar no presente ensaio será pertinente iniciar com uma abordagem minuciosa sobre a atmosfera, onde em seguida far-se-á um estudo profundo sobre as principais transformações que nela ocorrem.

Conclusão geral deste estudo não muda o nosso entendimento predominante do sistema atmosférico: gases de efeito estufa continuar a aquecer a atmosfera a níveis potencialmente perigosos, principalmente impulsionado pelos efeitos causado pelos homens nas emissões de dióxido de carbono. Mas algumas coisas interessantes acontecem quando os efeitos secundários de poluição - como bloquear a formação de aerossóis - são considerados, especialmente com gases mais reactivos. Por exemplo, o metano é o gás de efeito estufa segundo mais poderoso por trás de  $\text{CO}_2$  em volume, mas tem uma radioactivo relativamente baixo forçando por molécula.

Os efeitos secundários são em grande parte aditivo para todos os gases de efeito estufa analisada no estudo, de forma gases que causam o aquecimento continuar a fazê-lo, e aqueles que causam resfriamento ainda fresco, mas ambos os resultados geralmente ocorrem em um grau muito maior. Onde esse conhecimento faz realmente um impacto é de curta duração com espécies de gases, ou seja,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , ou amônia. Esses gases são liberados em um número de processos industriais e de combustão ( $\text{NO}_x$  são um resultado do alto calor de combustão em motores que

---

retiram o nitrogénio atmosférico e transformá-lo em o marrom, o gás de cheiro desagradável que é fácil de ver em toda a área urbana com lotes de carros), e são responsáveis por uma série de doenças respiratórias e os impactos ambientais negativos. Eles também tendem a ter um efeito de resfriamento líquido na atmosfera.

Se nosso objectivo é apenas para diminuir a temperatura, alguns podem argumentar, então não devemos fazer qualquer coisa sobre o dióxido de enxofre e de NOx (e seus respectivos produtos, chuva ácida e smog), que têm uma força negativa na temperatura (e força negativa na o ambiente). Na verdade, essas mesmas pessoas poderiam dizer, talvez devêssemos considerar o bombeamento um monte de SO<sub>2</sub> na atmosfera para esfriar o planeta!

O presente ensaio estará dividido em 3 capítulos, o primeiro capítulo é onde o autor faz um breve resumo sobre o presente trabalho, faz a apresentação dos objectivos sendo objectivo geral e os respectivos objectivos específicos e propõe algumas questões de reflexão. No segundo capítulo autor faz a fundamentação teórica dos tópicos relevantes a química da atmosfera. No terceiro capítulo o autor do presente ensaio tira algumas conclusões sobre o ensaio feito no que concerne a química da atmosfera e propõe algumas considerações.

---

### 1.1. Metodologias usada para elaboração do presente ensaio

Para a concretização do presente artigo o autor tomou como base o método bibliográfico e a pesquisa na internet.

a) **Método Bibliográfico** Consistiu na selecção e leitura de diversas literaturas, relacionado com assuntos ligados directa ou indirectamente com o tema em estudo e que permitiram obter informações para a compreensão de diversos conteúdos relacionados a química da atmosfera em seguida a fases posteriores à elaboração do presente ensaio.

b) **Pesquisa na internet:** Consistiu no estudo, análise, verificação, comparação e leitura de alguns artigos científicos elaborados por vários autores, no que concerne a química da atmosfera e ganhar alguns subsídios para elaborar o presente artigo.

---

## 1.2. Nomenclatura de algumas substâncias que entram no estudo da química da atmosfera

VOC <sub>s</sub>	-----	Substâncias Orgânicas Voláteis
NO <sub>x</sub>	-----	Produzem-se nas combustões interna a alta temperatura
SO <sub>x</sub>	-----	Produzem-se nas combustões de diesel
N <sub>2</sub>	.....	Nitrogénio
C	.....	Carbono
CO	.....	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	.....	Dióxido de Carbono
S	.....	Enxofre
SO <sub>2</sub>	.....	Dióxido de enxofre
SO <sub>3</sub>	.....	Trióxido de enxofre
O <sub>3</sub>	.....	Ozono
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	Ácido sulfúrico
NH <sub>3</sub>	.....	Amoníaco
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	Obtenção de sulfato de amónio
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....	Sulfato de sódio
HCl	.....	ácido clorídrico
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	.....	Glicose
COV	.....	Composto orgânico volátil
CFC <sub>s</sub>	.....	Clorofluorcarbonetos
UV	.....	Ultravioleta

### 1.3. Objectivos do presente ensaio

O presente artigo intitulado *por química da atmosfera, principais químicos poluentes do meio ambiente e reacções químicas fundamentais*. Tem como objectivo geral.

➤ Compreender os diferentes processos químicos que ocorrem na atmosfera partindo dos principais poluentes do meio ambiente bem como as reacções químicas fundamentais.

E Para a concretização do referido objectivo, o autor do presente artigo, terá como objectivos específico.

- a) Descrever as principais fontes de poluição atmosférica;
- b) Analisar o nível de poluição atmosférica de cada um dos poluentes;
- c) Verificar o processo de formação de um determinado poluente, a partir de uma dada equação química.
- d) Explicar os efeitos de algumas substâncias no homem, nas plantas e nos outros animais.

### 1.4. Questões de reflexão

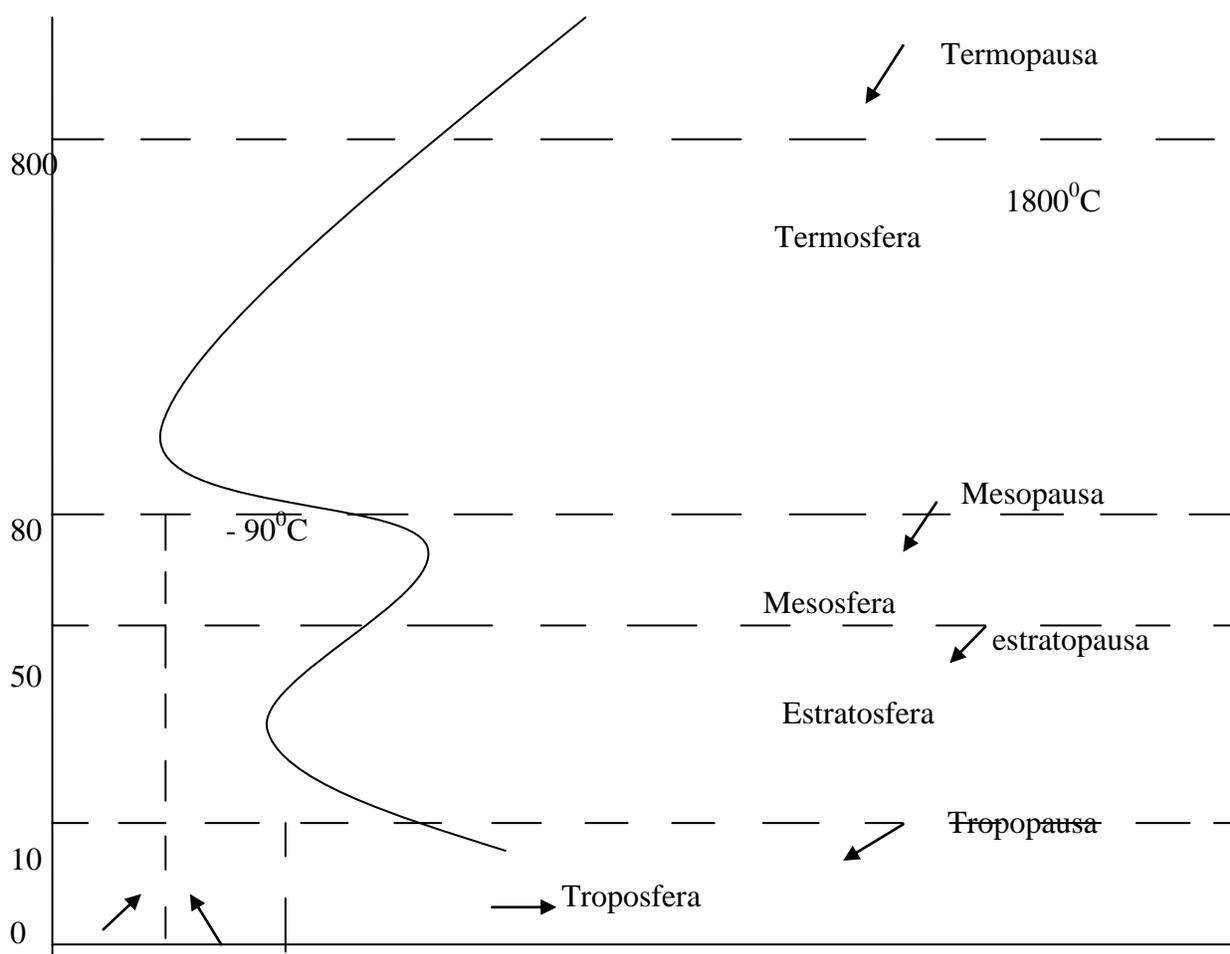
- a) Como que a atmosfera equilibra o processo de poluição, que resulta da combinação de vários elementos químicos?
  - b) Qual será o futuro da atmosfera se elevarmos o número dos agentes poluidores?
  - c) Será que é possível ter uma atmosfera livre da poluição?
-

## 2.0. Fundamentação teórica

### 2.1. Atmosfera<sup>1</sup>

As atmosferas que respiramos são uma mistura relativamente estável de várias centenas de tipos de gases de origem diversas. Esta zona gasosa envolve a terra e que se estende ate cerca de 1000km, gira simultaneamente com ela e tem uma massa aproximada de  $5,15 \cdot 10^{18}$ kg, suportada por atração gravitacional. Esta área gasosa que rodeia o nosso planeta divide-se, usualmente, em várias camadas esféricas concêntricas, separadas por zonas estreitas de transição

#### 2.1.1. Características das camadas da atmosfera



<sup>1</sup> Fonte (Teresa Sobrinho; Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões - Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág. 158)

### 2.1.2. Composição da atmosfera

Para compreendermos o estudo sobre a composição da atmosfera temos que ter em mente que a composição da atmosfera tem sofrido alterações ao longo do tempo e o conhecimento da verdadeira composição só é possível graças aos desenvolvimentos tecnológicos. Observe a tabela abaixo que ilustra claramente a composição da atmosfera de acordo com a progressão do tempo e o desenvolvimento tecnológico.

**Tabela 1. Composição da atmosfera.**

Século	Conhecimento da composição da atmosfera																						
Antes do Sec. XVII	Constituída apenas por um só elemento																						
Sec. XVII	Constituída por um conjunto de vários gases																						
Sec. XVIII	O Antoine Laurent Lavoisier detecta a presença do azoto																						
Sec. XIX	É descoberta a presença dos gases nobre por cientistas ingleses																						
Sec. XX	<p>Balões - sonda e satélites meteorológicos permitem um estudo da composição atmosférica com a precisão, até cerca de 100km de altitude a atmosfera tem a seguinte composição.</p> <p><b>a) Nos maiores componentes</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Percentagem (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Argon (Ar)</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Oxigénio (O<sub>2</sub>)</td> <td>21,0</td> </tr> <tr> <td>Nitrogénio (N<sub>2</sub>)</td> <td>78,0</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>b) Nos menores componentes</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Percentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Xenon (Xe)</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Hidrogénio (H)</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>Kripton (Kr)</td> <td>7,0</td> </tr> <tr> <td>Metano (CH<sub>4</sub>)</td> <td>18,0</td> </tr> <tr> <td>Helio (He)</td> <td>67,0</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento	Percentagem (%)	Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	0,1	Argon (Ar)	0,9	Oxigénio (O <sub>2</sub> )	21,0	Nitrogénio (N <sub>2</sub> )	78,0	Elemento	Percentagem	Xenon (Xe)	1,0	Hidrogénio (H)	4,0	Kripton (Kr)	7,0	Metano (CH <sub>4</sub> )	18,0	Helio (He)	67,0
Elemento	Percentagem (%)																						
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	0,1																						
Argon (Ar)	0,9																						
Oxigénio (O <sub>2</sub> )	21,0																						
Nitrogénio (N <sub>2</sub> )	78,0																						
Elemento	Percentagem																						
Xenon (Xe)	1,0																						
Hidrogénio (H)	4,0																						
Kripton (Kr)	7,0																						
Metano (CH <sub>4</sub> )	18,0																						
Helio (He)	67,0																						

**Fonte:** (Teresa Sobrinho; Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões - Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág.160)

## 2.2. Alguns elementos químicos que compõe a atmosfera

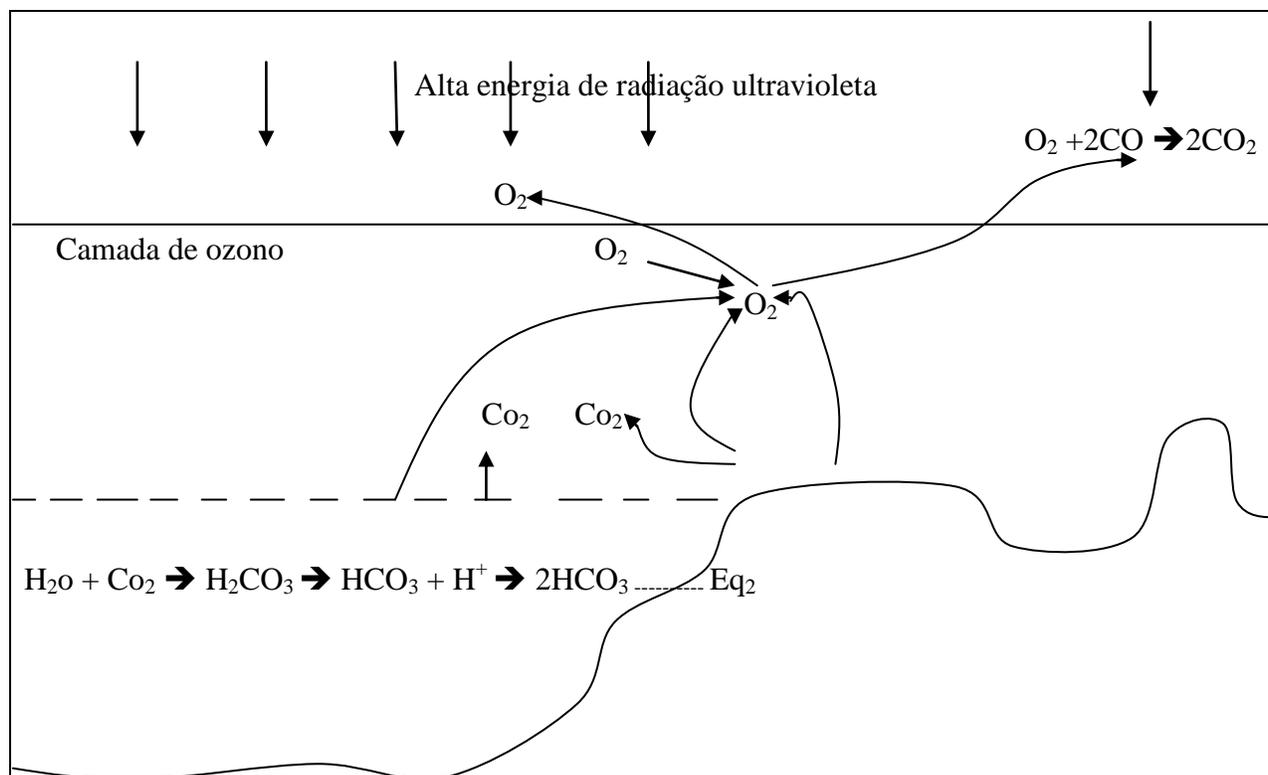
O oxigênio, o dióxido de carbono e o azoto são, pela abundância relativa e pelas suas propriedades os componentes essenciais do ar que permite a sobrevivência dos seres vivos.

### 2.2.1 Oxigênio

Origem – Na formação da terra há cerca de 4.6 bilhões de anos, a atmosfera era composta basicamente por amoníaco, hidrogênio, metano e vapor de água, com o aumento do oxigênio na atmosfera, fez com que algumas moléculas ascendessem a camada mais alta da atmosfera, sofrendo divisão por acção de radiações Ultra- Violeta.  $O_2 + h.f \rightarrow 2O_{(g)}$ . A existência destes átomos de oxigênio permitiu a sua combinação com molécula de oxigênio, formando deste modo, o trioxigenio, vulgarmente denominado **ozono**  $O_2 + O \rightarrow O_3 (g)$  --- Eq (1)

Esta nova molécula de ozono apresentavam um forte poder de absorção das radiações ultravioleta, emitidos pelo sol, esta capacidade permitiu a formação de um escudo protector em torno da terra, filtrando aquelas radiações nocivas a terra.

Esquema.2 Ciclo do Oxigênio



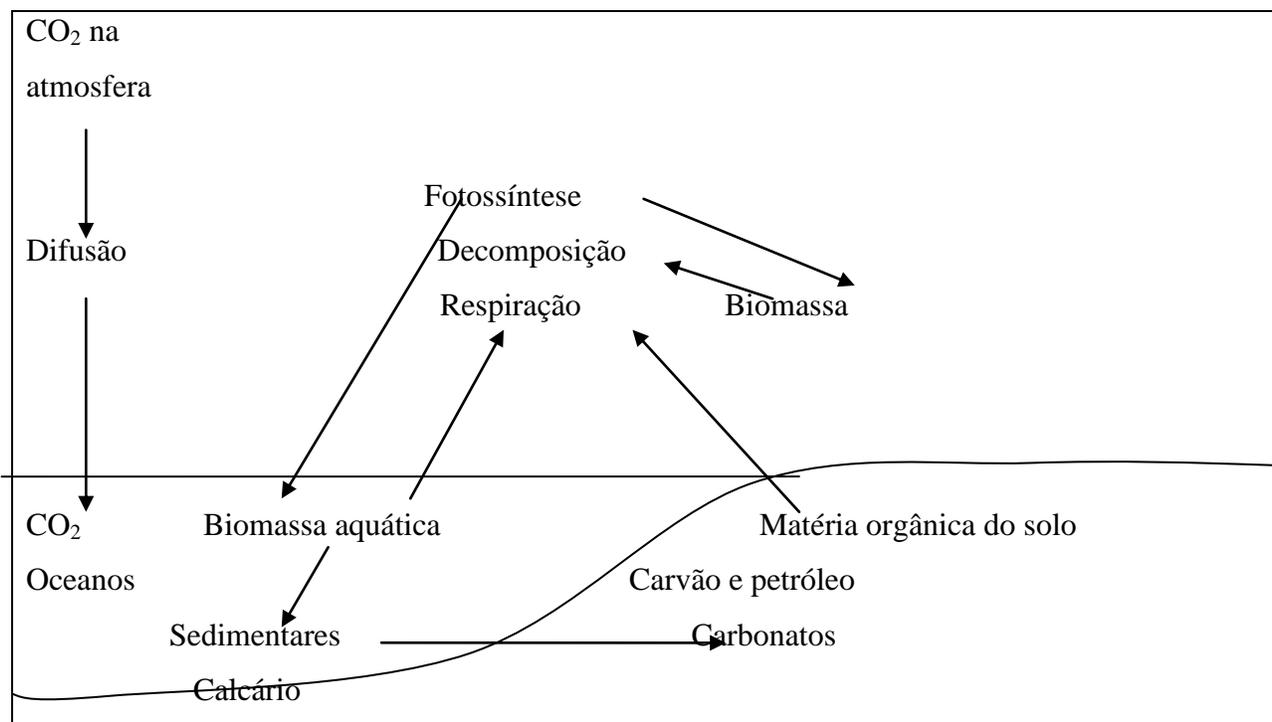
Fonte: (Teresa Sobrinho - Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág. 163)

A partir do esquema acima da para perceber que o ciclo de oxigênio é extremamente complicado, isto porque o oxigênio aparece em muitas formas diferentes. Neste caso podemos concluir que o ciclo do oxigênio refere-se à circulação a traves da atmosfera, a produção natural de ozono faz parte do ciclo do oxigênio. O oxigênio Atmosférico esta permanentemente a ser consumido na respiração dos seres vivos, nos processos industriais, nos motores, sendo constantemente renovado por meio de fotossíntese.

### 2.2.2 Carbono e dióxido de carbono

Origem - O ciclo de carbono traduz a transferência de carbono dos seres vivos para atmosfera e vive-versa. O carbono faz parte do ciclo biogeoquímico global e pode ser encontrado armazenado em moléculas orgânicas nos organismos vivos e mortos em biosfera, o primeiro passo do ciclo de carbono efectua-se quando o dióxido de carbono da atmosfera é absorvido pelas plantas através da fotossíntese, em seguida os animais, quando digerem as plantas, decompõem as moléculas de açúcar e libertam carbono para atmosfera, oceano e solo, existe ainda troca de carbono entre o oceano e a atmosfera.

Esquema. 3 Ciclo de carbono



A maior parte do carbono que se encontra no ecossistema entra como dióxido de carbono atmosférico e tem origem fundamentalmente, na combustão da matéria orgânica, o processo de respiração biológica, queimam os compostos orgânicos na presença de oxigénio, libertando CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia.

O dióxido de carbono é então utilizado pelos organismos autotróficos<sup>2</sup> como matéria-prima, na síntese de composto orgânico, através da actividade fotossintética. Que se pode traduzir por meio de uma equação química.  $6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g})$  ---- Eq (3)

Estas moléculas podem, posteriormente, combinar-se com outros nutrientes e formar moléculas mais complexas como a proteína, celulose, aminoácidos,... que passa através da cadeia alimentar por consumo e decomposição.

### 2.2.3. O azoto (nitrogénio)

Origem – Os veículos a motor e os processos de combustão industriais são as principais fontes emissoras dos óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), entre os quais se incluem o NO, o NO<sub>2</sub> e o aerossol NO<sub>3</sub>.

O NH<sub>4</sub><sup>+</sup> provem, quase exclusivamente, das fazendas ou quintas.

Os óxidos de azoto e amónio constituem quase 50% das emissões totais de azoto. Embora ambos contribuam para os fenómenos da eutroficação<sup>3</sup> e da acidificação, só os óxidos tem um papel chave na diminuição do nível de ozono.

O N<sub>2</sub>O pode ter origem em fontes naturais (oceanos, solos tropicais, florestas húmidas, ...) ou antropogénicas, (solos cultivados onde se utilizou fertilizantes com azoto, queima de biomassa ou outros processos de combustão e no processo de produção de ácidos)

---

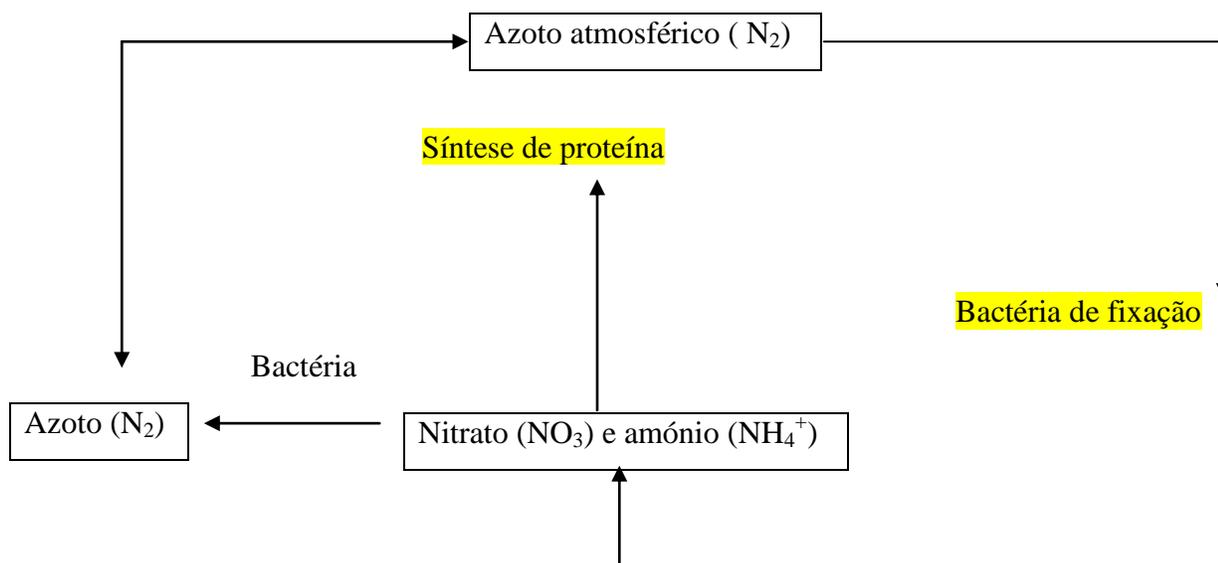
<sup>2</sup> São organismos que produzem os seus próprios alimentos a partir do processo da fotossíntese

<sup>3</sup> Fenómeno causado pelo excesso de nutrientes

### 2.2.3.1. Ciclo do azoto<sup>4</sup>

O ciclo do azoto é uma série complexa de reacções nas quais o azoto é lenta mais continuamente reciclada na atmosfera, terra e oceanos, rios e lagos. Quando as moléculas de azoto e de oxigénio colidem na atmosfera dão origem ao monóxido de azoto (NO). Este reage com o oxigénio gasoso produzindo o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), no entanto, cerca de 50% das emissões de NO e NO<sub>2</sub> (genericamente NO<sub>x</sub>), são de origem antropogénica devido aos fogos nas florestas.

Grande parte de NO<sub>2</sub> é dissolvida pela água da chuva e depositado na superfície terrestre sob forma de nitratos (NO<sub>3</sub>)



#### Esquema 4. Ciclo de nitrogénio

Na superfície terrestre e por acção de determinadas enzimas, o azoto é reduzido através de um conjunto de reacções dando origem a aminoácidos e proteínas.

<sup>4</sup> Fonte: (Teresa Sobrinho Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões -Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág. 165-160)

## 2.3. Poluição do ar

**Tipos de poluentes: primários e secundários.** Como já se referiu que a atmosfera terrestre é composta por várias camadas, onde ocorrem fenómenos diversos, sendo no entanto, aqueles que ocorrem na troposfera que nos causam maior preocupação.

A medida que o ar se move à superfície da terra, arrasta produtos resultantes de actividades naturais (erupções vulcânicas, tempestades de pó e areia...) e produtos resultantes de actividades humanas (gases provenientes de combustões nos transportes, nos processos industriais, domésticos. Fogo...) que formam um conjunto de poluentes designados por **poluentes primários**.

Quando estes poluentes primários reagem entre si ou com outras substâncias existente na composição do ar (a energia normalmente utilizadas nestas reacções é a energia solar) formam novos poluentes denominados poluentes secundários.

Estes poluentes com longo tempo de vida, são transportadas para grandes distâncias antes de regressarem para terra sob forma de partículas, de gotas ou de químicos dissolvidos na água de precipitação.

### 2.3.1. Principais fontes de poluentes

Como já se referiu, as principais fontes poluentes do ar são as emissões gasosas provenientes dos processos industriais que envolvem combustões, centrais termoeléctricas, emissões de veículos motorizadas, incineração e outras. Cada uma destas fontes contribui de uma forma mais ou menos significativa para a contabilidade total dos principais poluentes do ar. Observe a tabela

Tabela. 2. Principais fontes de poluentes

<b>Tipos</b>	<b>Principais fontes</b>	<b>Exemplos</b>
Óxidos de carbono CO, CO <sub>2</sub>	Veículos motorizados, combustões domésticas e industriais e respiração	Transportes – 69% Incineração – 2% Combustão – 16% Centrais termoelétricas – 3% Outras – 10% <b>Monóxido de carbono</b>
Óxidos de enxofre SO <sub>x</sub> (Primário) SO <sub>3</sub>	Centrais termoelétricas, combustões domésticas, refinarias de petróleo, siderurgias	Transportes – 2% Combustão – 18% Centrais termoelétricas – 70% Industria – 10% <b>Dióxido de enxofre</b>
Óxido de azoto NO <sub>x</sub> (NO, NO <sub>2</sub> e N <sub>2</sub> O)	Veículos motorizados, fábricas de ácidos nítricos e fertilizantes, centrais termoelétricas, siderurgias e fábricas de aços	Transportes – 64% Industria – 3%    Outras 1% Combustão – 10% Centrais termoelétricas – 22% <b>Óxido de azoto</b>
Compostos orgânicos voláteis (COV) CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CFC <sub>s</sub>	Veículos motorizados e refinarias de petróleo, sprays, frigoríficos e arcas congeladoras	Transportes – 40% Industria – 5% Combustão – 16% Outras – 39% <b>Compostos orgânicos voláteis</b>
<b>Matéria particulada</b> Partículas sólidas (poeira, fuligem, amianto, chumbo), gotas de líquidos (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; PCB <sub>s</sub> ; dioxinas, pesticidas	Todas as fontes anteriores e ainda fábricas de cimento, fundições, estufas, incineradores	Transportes – 3% Industria – 68% Combustão – 14% Centrais termoelétricas – 7% Outras – 8% <b>Matéria particulada</b>
Oxidantes fotoquímicos	Várias indústrias	
Substâncias radioactivas	Várias indústrias	Radon 222, Iodo 131, Estrôncio, 90 Plutónio, potássio 40, tanto como gases como partículas em suspensão.
Compostos tóxicos	Várias indústrias	Vestígios de substâncias tóxicas 239

**Incineração** é o processo de queima de resíduos sólidos que são utilizados como fuel<sup>5</sup> para obtenção de vapor ou electricidade. A determinação dos tipos e quantidade de poluentes contidos na atmosfera de um determinado local, exige aparelhos complexos para a recolha das amostras e que não existem nas escolas secundárias.

Há no entanto, possibilidade de fazer uma recolha simples e directa com uma seringa própria para a recolha de gases, a partir, por exemplo, do escape de um automóvel. Também se podem preparar as atmosferas provocadas com os principais poluentes, que posteriormente serão identificados e doseados.

### 2.3.2. Principais poluentes

**Óxidos de carbono.** Para além do CO<sub>2</sub>, cuja origem já é conhecida e que tem o efeito de maior importância no efeito estufa, o monóxido de carbono é um dos principais poluentes atmosféricos, ao contrário de outros óxidos, o monóxido de carbono, provem na sua maior parte de fontes naturais.

**Óxido de enxofre.** Os óxidos de enxofre, vulgarmente designados por Sox, compreendem o SO<sub>2</sub> (poluente primário) e SO<sub>3</sub> (poluente secundário).

**Fontes de Sox.** A maior parte de SO<sub>2</sub> é resultante da actividade humana e é libertada na atmosfera pela combustão e do fuel em centrais termoeléctricas. A percentagem de SO<sub>2</sub> proveniente de emissões vulcânicas é pequena, embora a emissão de enxofre elementar seja grande. Exemplo. Após a única erupção vulcânica no monte Santa Helena (1980), eram visíveis depósitos de enxofre sólido junto a zona de erupção.

Este enxofre resulta em grande parte das reacções de oxidação do sulfureto de hidrogénio expelido, pelo oxigénio e pelo dióxido de enxofre que pode ser traduzida por:

---

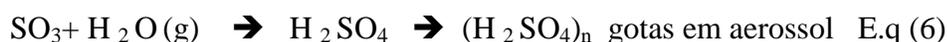
<sup>5</sup> Todas as substâncias usadas como combustível



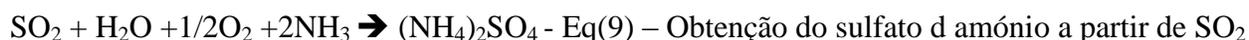
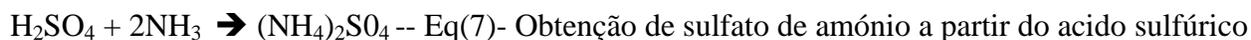
A combustão de qualquer substância que contenha enxofre, implica a formação em simultâneo de  $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ .  $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$  --- Eq (5)  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$  --- Eq (5.1)

O  $\text{SO}_2$  libertado è oxidado, na estratosfera, a  $\text{SO}_3$ , sendo a conversão lenta na ausência de catalisadores. Existe no entanto dois mecanismos pelos quais a oxidação do  $\text{SO}_2$ , pode ser acelerada. (1)  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  (2)  $\text{SO}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_3(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$

Em seguida, o trióxido de enxofre é convertido em aerossóis de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , segundo o mecanismo complicados que se podem sintetizar.



Em seguida, o dióxido de enxofre reage com agua segundo  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$  que é um acido facilmente convertido em  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , na presença de sais metálicos existentes nas partículas sólidas da atmosfera. O ácido sulfúrico na presença de amoníaco ou iões metálicos, da origem a sulfatos de forma geral  $\text{XSO}_4$ .



## 2.4. Efeitos de SOx no homem

Os efeitos nefastos que os SOx provocam as pessoas manifestam-se para teor muito superiores aos que causam danos nas plantas, podendo estas servir de indicadores de poluição.

- Menor concentração de SOx (0,2 ppm), provocam resposta no homem é o limite para a indução de reflexos condicionados, centrados no córtex cerebral;
  - Concentração de SOx (0,3 ppm) è o limite para o reconhecimento de sabores;
  - Concentração de SOx (8 – 12 ppm), Provoca uma irritação imediata na garganta;
  - Concentração de SOx (10 ppm), Provoca irritação nos olhos;
  - Concentração de SOx (20 ppm), Provoca tosse imediata.
-

### 2.4.1. Controle das emissões de óxidos de enxofre

A combustão de carvão em muitos Países, entre os quais, Portugal, é a principal responsável pela poluição por oxido de enxofre. Surgiram então diversas tecnologias para o controle de SO<sub>x</sub>, traduzida em três aspectos diferentes.

<b>Diminuição da emissão de SO<sub>2</sub></b>	<b>Tentativas para cumprir as normas de qualidades do a relativamente a SO<sub>2</sub></b>	<b>Processo de controlo de SO<sub>2</sub></b>
Substituição de carvão por combustíveis de baixo teor de enxofre	Construção de chaminés suficientemente altas	Uso de escovas húmidas de cal viva e cal apagada
Extracção prévia do enxofre do carvão	Utilização de carvão pobre em enxofre	Uso de escova baseada no sódio
Recursos a alternativas energéticas como a energia nuclear	Utilização de petróleo e do gás natural	Oxidação catalítica de SO <sub>2</sub>

### 2.5. Formação do nevoeiro fotoquímico (SMOG)<sup>6</sup>

Quando se queima um fuel fóssil, por exemplo gasolina, são emitidos para a troposfera uma grande variedade de poluentes. Entre estes, são de considerar os hidrocarbonetos voláteis (VOCS) (fuel não queimado) e o monóxido de azoto (NO).

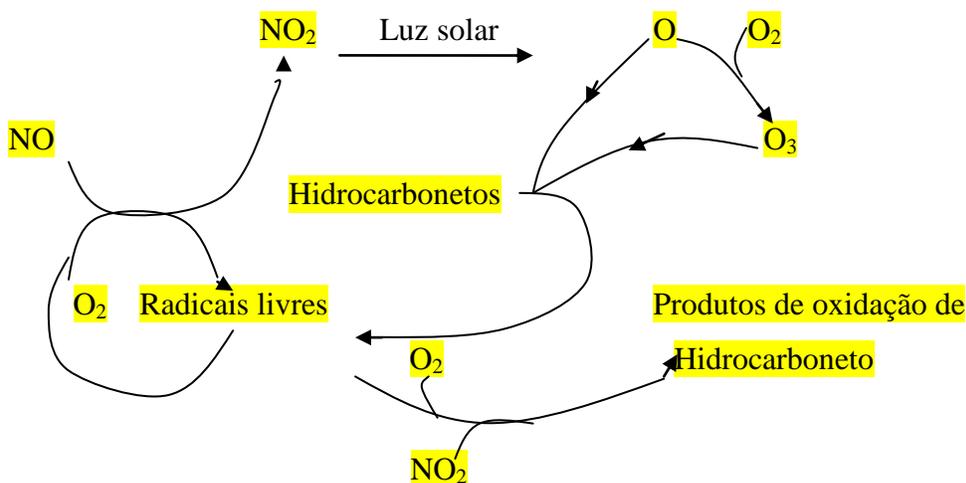
No momento em que estes poluentes atingem níveis de concentrações elevadas, ocorre uma reacção em cadeia provocada pela interacção da energia solar com o NO, dando origem ao dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>).

---

<sup>6</sup> Fonte:(Teresa Sobrinho, Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões -Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág. 186)

Para além dos efeitos perigosos que o  $\text{NO}_2$  pode ter sobre a superfície terrestre, **o maior problema deste gás** reside na possibilidade que ele tem de absorver radiações electromagnéticas, quebrando ligações intramoleculares, dando origem  $\text{NO}$  e átomos de  $\text{O}$  que por sua vez reagem com o  $\text{O}_2$  do ar dando origem ao ozono ( $\text{O}_3$ ) troposférico (**mau ozono**).

**O nevoeiro fotoquímico** é uma mistura de poluentes primários e secundários, que se forma quando alguns dos poluentes primários são sujeitos a acção de radiações electromagnéticas do sol.



Esquema.5. Formação do nevoeiro fotoquímico

A formação do nevoeiro fotoquímico pode resumir-se em três fases:

1ª – Emissão de  $\text{NO}_x$  e  $\text{VOC}_s$

2ª – Absorção de radiação solar (mecanismos Básicos)



$$\lambda < 430\text{nm}$$



3ª Oxidação de  $\text{VOC}_s$  pelo ozono, com a formação de aldeídos, cetonas e outros, que se condensam em aerossóis, diminuindo a visibilidade



$\text{R}^*$ ,  $\text{RCO}_2^*$  são radicais livres (partículas com electrões desemparelhados)

Esta mistura (smog) resultante de mais de cem produtos químicos é denominada pelo ozono ( $\text{O}_3$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e aldeídos.

O nevoeiro fotoquímico<sup>7</sup> é frequente em muitas cidades mas, no entanto, é mais vulgar ocorrer em cidades rodeadas por montanhas, com dias quentes, soalheiros e secos e com excesso de veículos motorizados, como por exemplo, Los Angeles, Buenos Aires, cidade do México, etc.

Quanto mais quente for o dia, mais teor de ozono atinge valores máximos no princípio da tarde, irritando os olhos humanos e as vias respiratórias.

Fonte: (Teresa Sobrinho, Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões -Técnicas laboratoriais de química III- Porto Editora. Pág. 187)

## 2.6. Efeito de $\text{NO}_x$ no homem, animais e plantas

As elevadas concentrações destes óxidos na atmosfera tem diversas consequências como:

- Formação de chuvas ácidas; Destruição da cama de ozono; Formação do smog; Aumento da eutoficação; Inibição do crescimento das plantas;
- Alterações na saúde humana: problemas pulmonares e baixa resistência a infecções respiratórias como a gripe.

Todas estas consequências advêm de um conjunto de reacções em que os óxidos são os protagonistas e que se podem resumir.

---

<sup>7</sup> Transformação de uma certa substância sob acção da luz



As reacções (1) e (2) não se dão a temperatura ambiente, onde as reacções (2) e (3) provocam a destruição da camada de ozono, sendo a reacção (2) é uma reacção muito lenta e o  $\text{NO}_2$  é muito instável a altas temperaturas, não sendo por isso frequente encontrar quantidades significativas de  $\text{NO}_2$  em misturas gasosas.

## 2.7. Compostos orgânicos voláteis (COVs ou VOCs)

A maioria dos compostos orgânicos pode ser incluídas nos designados compostos orgânicos voláteis e que são de um modo geral, prejudiciais ao ambiente da saúde.

No entanto, de entre eles, pode salientar-se, pela sua abundância relativa, o metano ( $\text{CH}_4$ ), o metanol, o benzeno, os clorofluorcarbonetos, o formaldeído e o propano.

### 2.7.1. Fontes de VOCs

Os VOCs tanto podem ter origem biogénica como antropogénica e tanto podem ser considerados poluente de exterior como poluente de interior.

A poluição do interior (poluição dentro de casa) podem ser mais prejudicial para o organismo que a poluição atmosférica exterior.

Neste momento por exemplo qualquer parede pinta com tinta normal esta libertar gases como o formaldeído e o 1, 1, 1 – Tricloroetano. A presença destes gases podem provocar dores de cabeça, náuseas, fadiga, garganta seca... Sintomas que muitas vezes são conotadas com reacções alérgicas, quando, na realidade, são intoxicações perigosas.

---

Os tapetes e carpetes que se utilizam nas nossas casas, por exemplo libertam um cocktail de compostos impronunciáveis indo a maior parte deles “ atacar” o nosso sistema imunológico. A presença destes compostos designados por COVs ou VOCs, podem ser atacada onde houver tintas, descorantes ou vernizes, por mais asseados que sejam o local.

### 2.7.2. Efeitos dos VOCs

O problema da presença quase permanente destes compostos existe porque, embora inicialmente a sua libertação de substrato se de a uma elevada velocidade (por isso se sentem dores fortes e a potencial toxidade e perceptível), a sua libertação continua por períodos longos de tempo, as maiores velocidades e sem que por isso a sua presença seja identificada ao tomarem consciência da potencial perigosidade dos produtos que contem os VOCs as próprias industrias procuraram descobrir novas técnicas de produção e, ate mesmo os novos produtos com menos ou nenhuns VOCs, como, por exemplo as tintas de agua. Uma outra consequência pela da sua presença `e facilitar a oxidação do NO a NO<sub>2</sub>, interferindo na formação de ozono troposférico (mau ozono).



## 2.8. Matéria particulada

Matéria Particulada (MP, em português e PM em inglês) e o termo genérico usado para um tipo de poluente do ar e que consiste numa complexa e variada mistura de matéria sólida ou gotas liquidas provenientes de fumos, pós, cinza voadoras ou vapores condensados que podem estar suspensas por largos intervalos de tempo. Estas partículas estão presentes em toda a parte, mas, em determinadas circunstancias, foram detectadas em elevadas concentrações de tipos específicos, considerados extremamente prejudiciais para a saúde humana.

### 2.8.1. Origem da matéria particulada

A matéria particulada, resulta de quase todos os tipos de combustões. Estas partículas podem ser proveniente de:

---

- Combustão incompleta do fuel nos veículos motorizados; Combustões da madeira nos fogões e lareiras;
- Combustões de centrais termoeléctricas; Subproduto das emissões de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> (partículas de sulfatos e nitratos).

Originalmente, as normas da qualidade do ar referiam-se ao termo PTS (Partículas totais em suspensão), como sendo a concentração das partículas de diâmetro até cerca 25 – 45 micrómetro. Este valor de TSP e normalmente uma media dos registos de um ciclo de 6 dias.

As PM-10, são partículas com diâmetro efectivos  $\leq 10$  micrómetros, são também denominados por partículas inaláveis, por terem um tamanho suficientemente pequeno para entrarem pela boca e algumas penetrarem nos pulmões.

As PM -2,5, por exemplo, dizem respeito a partícula de diâmetros efectivos  $\leq 2,5$  micrómetros e que podem ultrapassar a filtração de nariz e ser depositadas nos pulmões.

### **2.8.1 Classificação das matérias particulada**

As matérias particuladas podem ser classificadas em:

- Partículas, Particuladas e aerossóis; Partículas finas; Partículas grosseiras.

Quando se referem os termos partículas, particuladas e aerossóis, em qualidade do ar, está-se a se referir a partículas com diâmetro inferiores a 40 micrómetros (o tamanho de um grão de pólen) e que são suficientemente para serem transportadas em algumas distâncias através do movimento do ar.

Quando se emprega o termo partículas finas, está-se a referir as partículas com diâmetros entre 0,01 micrómetros e 2,0 micrómetros. A maior parte delas são o resultado de processos industriais e combustões naturais ou antropogenicas<sup>8</sup>. Nelas estão incluídas as partículas de fumo.

---

<sup>8</sup> Impacto sobre o meio ambiente gerado por acções do homem

---

O termo partículas grosseiras refere-se aquelas partículas com o diâmetro compreendido entre 2,0 micrómetros e 100 micrómetros, incluem as PM -10. A maior parte aparece na atmosfera de forma natural (Origem na erosão da crosta terrestre). Estando também incluídos os pólen e esporos.

### 2.8.2 Efeitos de VOCs na saúde humana

Os efeitos da matéria particulada sobre a saúde humana podem ser traduzido por:

- Maior mortalidade as altas concentrações de PM-10, e algum aumento de risco de mortalidade, mesmo a baixas ou muito baixas concentrações dessas partículas (pessoas mais idosas e com problema de brônquios);
- Aumento de risco de sintomas alérgicos (maior sensibilidade), devido a consecutiva exposição a essas partículas;
- Agravamento de brônquios e diminuição das funções pulmonares em crianças.

### 2.9. Substâncias que influenciam o equilíbrio de formação e decomposição do ozono

Existia um equilíbrio dinâmico, entre a formação e a decomposição do ozono, com velocidades iguais, que mantinha constante a concentração do ozono na atmosfera terrestre.

Quando a velocidade com que o ozono se decompõe se torna maior que a velocidade com que é formado, este equilíbrio dinâmico é alterada.

Certas substâncias, presentes na estratosfera, mesmo em muito pequena quantidade, aceleram a reação de decomposição do ozono, actuando como catalisadores<sup>9</sup>, como os **óxidos de azoto** e substâncias que originam radicais Cl\*, como os **CFCs**.

---

<sup>9</sup> Substâncias aceleradoras ou retardadoras da velocidade de uma reação

---

### 2.9.1 Destruição da camada estratosférica de ozono

Tal como já se referiu, foi devido a evolução da fotossíntese e dos organismos produtores de oxigénio, que a terra adquiriu uma camada estratosférica que se foi construindo a longo de 450 milhões de anos – **camada de ozono**

Atendendo à expressão "buraco na camada de ozono" podemos ser levados a pensar que existe um buraco no sentido estrito da palavra. Não Existe sim é uma diminuição da concentração de ozono para valores muito abaixo dos normais.

Através desse "buraco", que corresponde a uma zona onde existe uma muito menor capacidade de filtração da radiação UV, passam raios UV que, não sendo absorvidos pelo ozono, contribuem para o aquecimento do planeta, alterando o clima, podendo interagir com as moléculas orgânicas, podendo comprometer a manutenção da vida no planeta e, a curto prazo, estando na base do aumento de incidência de cancros de pele na espécie humana.

### 2.10. Efeito estufa

O efeito estufa é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar reflectida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido dinitrogénio ( $\text{N}_2\text{O}$ ), os clorofluorcarbonetos (CFC) e também o vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ), designados por gases estufa.

Estes efeitos é de vital importância dentro de um determinado limite, pois sem ele, a vida na terra como a conhecemos não poderiam existir.

Na verdade ele serve para manter o planeta aquecido e, desse modo garantir a manutenção da vida, com as temperaturas mais amenas e adequadas. Porém, o efeito estufa pode tornar-se catastrófico se houver um agravamento do mesmo, provocando a desestabilização do equilíbrio energético da terra e, conseqüentemente, o aquecimento global.

---

Isto tem ficado cada vez mais claro, pois a poluição dos últimos anos tornou a camada de gases de estufa existente na atmosfera, o que impede a dispersão de energia proveniente do sol, que aquece e ilumina a terra, e também retêm a radiação infravermelha emitida pela superfície do planeta.

### **2.11. Formação de radicais livres na atmosfera e energia de dissociação de uma molécula**

O efeito químico da radiação solar manifesta-se na quebra de ligações químicas nas moléculas e na ionização de átomos ou moléculas. As reacções químicas desencadeadas pela acção da radiação solar designam-se por reacções fotoquímicas ou fotólises.

Na estratosfera não existe vida porque a abundância de radiações UV destruiria as moléculas dos seres vivos. Nessa zona da atmosfera, as ligações covalentes, ligações em que há partilha de electrões, podem ser destruídas, originando átomos ou grupos de átomos com electrões desemparelhados, a que chamamos radicais. Ficando disponíveis para novas reacções, estas partículas tomam o nome de radicais livres, e que são partículas muito reactivas.

As reacções fotoquímicas que levam à ruptura de ligações são dissociações de moléculas, e que ocorrem na parte superior da troposfera e na estratosfera, das quais resultam os radicais livres, como o  $\text{OH}^*$ ,  $\text{O}^*$ ,  $\text{Cl}^*$  ou o  $\text{Br}^*$ , podem ser esquematizadas a seguir:

$\text{O}_2 \text{ ----} \rightarrow \text{O}^* + \text{O}^*$  (por acção da radiação UV o oxigénio molecular dissocia-se em oxigénio atómico)

$\text{H}_3\text{C-H} \text{ ----} \rightarrow \text{CH}_3^* + \text{H}^*$  (por acção da radiação UV o metano, um hidrocarboneto, dissocia-se nos radicais metil e hidrogénio atómico)

$\text{H}_3\text{C-Cl} \text{ ----} \rightarrow \text{CH}_3^* + \text{Cl}^*$  (por acção da radiação UV o clorometano, um hidrocarboneto, dissocia-se nos radicais metil e cloro atómico)

$\text{H}_3\text{C-Br} \text{ ----} \rightarrow \text{CH}_3^* + \text{Br}^*$  (por acção da radiação UV o bromometano, um hidrocarboneto, dissocia-se nos radicais metil e bromo atómico)

---

$O^* + H^* \rightarrow OH^*$  (formação do radical hidróxilo, muito reactivo e um dos mais abundantes). Cada molécula, para se dissociar, necessita de um valor mínimo de energia, designada por energia de dissociação.

## 2.12. Formação de iões na atmosfera e energia de ionização de uma partícula

Se houver uma ionização, a energia da radiação solar absorvida pelas partículas é utilizada para a remoção de um electrão, ficando cada partícula com carga +1.

Se esta radiação tiver energia igual ou superior à energia mínima de remoção, a radiação solar consegue retirar um electrão à partícula, ionizando-a.

Essa energia mínima de remoção designa-se por **energia de 1ª ionização ( $E_1$ )** e na tabela seguinte temos alguns exemplos.

Devido ao facto das energias de ionização serem relativamente elevadas, as ionizações são mais frequentes na termosfera e menos frequentes na mesosfera.

Apesar destas camadas da atmosfera serem muito pouco densas, os gases aí predominantes são o azoto ( $N_2$ ) e o oxigénio ( $O_2$ ). São eles que absorvem a radiação solar e que se ionizam. Podem ocorrer também dissociações seguidas de ionizações.

---

### 2.13. Atmosfera como filtro da radiação solar

As radiações absorvidas na parte superior da troposfera e na estratosfera são radiações UV de energia compreendida entre  $6,6 \times 10^{-19}$  J e  $9,9 \times 10^{-19}$  J.

Os gases que absorvem estas radiações são, principalmente, o oxigénio ( $O_2$ ) e o ozono ( $O_3$ ). Podem também absorver estas radiações os CFCs, os compostos de bromo, os óxidos de azoto,...

Estas radiações absorvidas possuem energia suficiente para dissociar as moléculas dos gases aí existentes, mas não para as ionizar. Formam-se assim, preferencialmente, radicais livres.

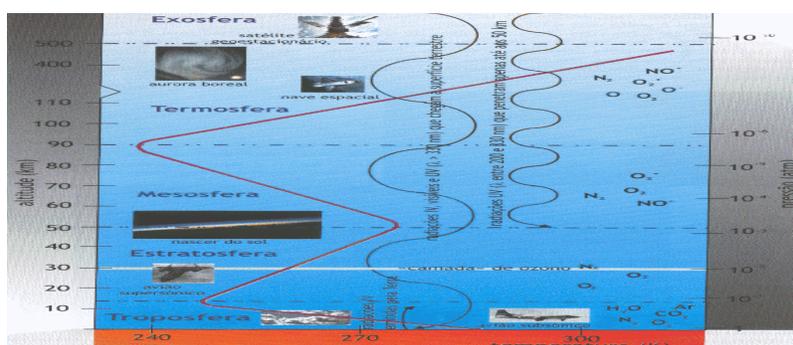


Fig. 6. Atmosfera como filtro solar

Na mesosfera superior e na termosfera, as radiações absorvidas possuem energia superior a  $9,9 \times 10^{-19}$  J, o que já vai provocar ionização. Se se compararem os valores das Tabelas 1 e 2, concluímos que as energias de ionização são superiores às de dissociação, o que implica que os processos de ionização ocorram.

**Assim, na termosfera verifica-se:**

- A dissociação das moléculas  $N_2$  e  $O_2$  e a formação dos respectivos radicais livres  $N^*$  e  $O^*$
- A ionização das partículas existentes - formação, principalmente, de  $N_2^+$  e  $O_2^+$  e  $O^{*+}$
- O aumento da energia cinética destas partículas, devido ao excesso de energia absorvida relativamente ao efeito químico (dissociação ou ionização)

$$E_{\text{cinética}} = E_{\text{radiação absorvida}} - E_{\text{necessária para o efeito químico}}$$

Existe então, na termosfera, e também na mesosfera superior, para além de moléculas e correspondentes radicais livres, uma grande quantidade de iões positivos e de electrões livres, pelo que a esta região da atmosfera podemos chamar, como já foi indicado, **ionosfera**.

A presença de algumas espécies químicas na atmosfera evita que certas radiações emitidas pelo Sol cheguem à superfície terrestre, ou pelo menos minimizam substancialmente a sua chegada

-



### 3.0. Conclusão.

Química da atmosfera é um capítulo ou ramo da química que se preocupa em descrever os principais componentes que interagem na atmosfera e o impacto que estas podem causar sobre a atmosfera. A mudança climática é realidade. Hoje, o nosso mundo está mais quente do que, foi há dois mil anos. O aquecimento global é um dos desafios mais graves de que estamos enfrentando hoje. Devemos reduzir as emissões de calor - Gases, dióxido de enxofre, VOCs, os PM, os dióxido de carbono, se quisermos proteger o meio ambiente, a saúde e o bem-estar econômico das gerações presente e futuro. O aquecimento global é causado pelas emissões de dióxido de carbono, impedindo o calor de escapar e manter mais quente a terra para sustentar a vida. Embora o dióxido de carbono não é o mais poderoso desses gases, é o mais significativo, em termos de efeitos humanos por causa da grande quantidade que são emitidos. Dióxido de carbono e de calor - são emitidos gases que retêm calor principalmente pela queima de combustíveis fósseis por mais de um século, as pessoas têm contado com a queima de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás para suas necessidades energéticas. Fábricas, estações de energia e os carros são todos bombear para fora a poluição na atmosfera. O desmatamento de florestas tem um efeito semelhante, reduzindo o número de árvores disponíveis para usar o dióxido de carbono no processo de fotossíntese.

Com o presente ensaio, o autor acredita que, com o método de investigação baseada na experimentação verifica-se a existência de várias partículas, sendo elas elementares ou compostas e os aerossóis, que na forma combinada com outras substâncias, poderá resultar um novo agente nocivo a atmosfera, dando origem a uma atmosfera poluída de aerossóis e substâncias químicas como é o caso de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outras, provocando assim um desequilíbrio sobre a atmosfera, criando condições para que ocorra o efeito estufa.

O estudo revela que: Quanto mais desenvolvido for um determinado País, maior será o nível de produção de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e alguns compostos orgânicos voláteis, causadores da poluição atmosférica, mas com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia será possível controlar o nível de poluição, criando assim mecanismos possíveis de chegarmos a um futuro com uma atmosfera livre da poluição, livre das substâncias químicas pairando sobre a atmosfera, dando assim mais vida a nossa atmosfera.

---

#### 4.0 Bibliografia:

- a) Mendonça, Lucinda; Dantas, M<sup>a</sup> da Conceição; Ramalho, Marta Duarte ; Jogo de Partículas, Química, Ciências Físico-Químicas 10<sup>o</sup> ano, Texto Editora, pág.s 136-138, 168-173 e 177-178.
  - b) Paiva, João; Ferreira, António José ; Ventura, Graça ; Fiolhais, Manuel; Fiolhais, Carlos ; 10 Q, Química, Ciências Físico-Químicas 10<sup>o</sup> ano, Texto Editora, pág.s 142, 144, 145 e 163-172.
  - c) Teresa Sobrinho Simões; Maria Alexandra Querois; Maria Otilde Simões, Técnicas laboratoriais de química – bloco III – Porto Editora, pág.s 158 – 177
  - d) José António Barros. Química 10<sup>a</sup> classe plural editora – pág.s 26 e 27
-