

**Enxofre**

Limite ..... 5 ppm

Aqueça sob refluxo durante 1 hora a banho de água, 2 g de enxofre com 50 ml de água e 5 ml de ácido azótico diluído. Filtre e evapore o filtrado à secura. Ao resíduo junte 1 g de carbonato de sódio anidro e 10 ml de água. Ferva e quando atingir a ebulição junte solução de bromo, gota a gota, até coloração amarela persistente. Junte 5 ml de ácido clorídrico e ferva cuidadosamente para expulsar o excesso de bromo. Junte solução de cloreto estanoso gota a gota para eliminar os vestígios de bromo que ainda possa haver. Junte 50 ml de água, 8 ml de ácido clorídrico estanoso e submeta à técnica geral.

**Fenoltaleína**

Limite ..... 10 ppm

Misture bem 1 g com 2 g de carbonato de sódio e 10 ml de solução de bromo. Evapore à secura a banho de água. Calcine com muito cuidado. Dissolva o resíduo, depois de frio, em 20 ml de ácido clorídrico bromado e 10 ml de água e solução de cloreto estanoso, gota a gota, para eliminar o excesso de bromo. Transfira para um pequeno matrás de destilação e destile 22 ml. Ao destilado junte 40 ml de água e III gotas de solução de cloreto estanoso e submeta à técnica geral.

**Ferro**

Limite ..... 200 ppm

Pese 0,5 g para um matrás de Kjeldahl de 200 ml e junte 18 ml de ácido azótico e 12 ml de água. (Se a amostra for em pó, coloque-a no meio de um pequeno filtro de papel dobrado em forma de saco e deite-a assim para o matrás sem se agarrar às paredes. Neste caso, molhar bem a amostra, quando adiciona o ácido e a água, rodando o matrás). Aquecer até que deixem de libertar-se vapores rutilantes. Arrefecer e juntar 10 ml de ácido sulfúrico. Aquecer até libertação franca de fumos brancos. Arrefecer. Se o líquido não estiver incolor, junte mais 3 ml de ácido azótico e aqueça até à libertação de vapores rutilantes. Arrefeça, junte 10 de água e aqueça até fumos brancos. Arrefeça e passe o conteúdo para um matrás volumétrico de 100 ml, completando o volume com água. Desta solução, tome 10 ml, junte 40 ml de água, 10 ml de ácido clorídrico estanoso e submeta à técnica geral.

**Fosfato Biácido de Cálcio**

Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o Brometo de Amónio.

**Fosfato Monoácido de Cálcio**

Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o Brometo de Amónio.

**Fosfato de Sódio** Limite ..... 5 ppm

Proceda com está descrito para o Cloreto de Cálcio.

**Glicerina** Limite ..... 5 ppm

Proceda como está descrito para o Cloreto de Cálcio.

**Glicerofosfato de Cálcio** Limite ..... 5 ppm

Numa cápsula de porcelana misture 2 g com 3 g de carbonato de sódio anidro e com 10 ml de solução de bromo. Evapore à secura a banho de água. Calcine cuidadosamente. Ao resíduo depois de frio, junte 16 ml de ácido clorídrico bromado e 45 ml de água. Junte solução de cloreto estanoso gota a gota até eliminar o excesso de bromo. Submeta a solução à técnica geral.

**Glicerofosfato de Sódio** Limite ..... 5 ppm

Proceder como está descrito para o Cloreto de Cálcio.

**Glicose** Limite ..... 1 ppm

Proceder como está descrito para o Ácido Cítrico.

**Hexametenatetramina** Limite ..... 2 ppm

Numa cápsula de porcelana, misture 5 g com 3 g de carbonato de sódio anidro e com 10 ml de solução de bromo. Evapore à secura a banho de água. Calcine cuidadosamente. Ao resíduo, depois de frio, junte 16 ml de ácido clorídrico bromado e 45 ml de água. Junte solução de cloreto estanoso gota a gota até eliminar o excesso de bromo e submeta à técnica geral.

**Hipossulfito de Sódio** Limite ..... 5 ppm

Numa cápsula de porcelana misture 2 g, 10 ml de água e 10 ml de ácido azótico e evapore à secura. Refome o resíduo 5 ml de água e filtre por um pequeno filtro de papel. Lave o resíduo e o filtro por 3 vezes com 3 ml de água, juntando as águas de lavagem. Junte 1 ml de ácido sulfúrico e evapore à secura. Aqueça até fumos brancos. Deixe arrefecer, tome o resíduo com 40 ml de água para um matrás de destilação e junte 10 ml de ácido clorídrico estanoso. Destile 40 ml, junte 20 ml de água e III gotas de solução de cloreto estanoso. Submeta à técnica geral.

**Óxido de Zinco** Limite ..... 10 ppm

Dissolva 1 g em 15 ml de ácido clorídrico bromado e junte 45 ml de água. Elimine o excesso de bromo com algumas gotas de solução de cloreto estanoso. Submeta à técnica geral.

**Solução de Peróxido de Hidrogénio** Limite ..... 2 ppm

A 5 g junte 3 ml de amónia e evapore à secura. Retome o resíduo com 50 ml de água, junte 15 ml de ácido clorídrico estanso e submeta à técnica geral.

**Subazotato de Bismuto** Limite ..... 2 ppm

Num matrás de Kjeldahl misture 5 g com 5 ml de água e junte 2 ml de ácido sulfúrico, aquecendo até fumos brancos. Arrefeça, junte mais 5 ml de água e aqueça novamente até fumos brancos. Arrefeça e dissolva o resíduo em 20 ml de água para um matrás de destilação. Junte 10 ml de água para um matrás de destilação. Junte 10 ml de ácido clorídrico estanso e destile 20 ml. Junte solução de bromo até coloração amarela persistente. Elimine o excesso de bromo juntando solução de cloreto estanso, gota a gota. Junte 40 ml de água e submeta à técnica geral.

**Subcarbonato de Bismuto** Limite ..... 1 ppm

Num matrás de destilação dissolva 10 g em 10 ml de água e 25 ml de ácido clorídrico bromado. Elimine o excesso de bromo com algumas gotas de solução de cloreto estanso. Junte mais 1 ml de solução de cloreto estanso e destile 30 ml. Junte 30 ml de água e submeta à técnica geral.

**Subgalhato de Bismuto** Limite ..... 2 ppm

Numa cápsula de porcelana misture 5 g com 1 g de hidróxido de cálcio e 5 ml de água. Evapore à secura a banho de água e calcine cuidadosamente. Transfira o resíduo para um matrás de destilação com o auxílio de 20 ml de ácido clorídrico bromado e 10 ml de água. Elimine o excesso de bromo com solução de cloreto estanso, gota a gota, e destile 22 ml. Ao destilado junte III gotas de solução de cloreto estanso e submeta à técnica geral.

**Subsalicilato de Bismuto** Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o subgalhato de bismuto.

**Sulfato de Bário** Limite ..... 2 ppm

Disperse 5 g em 50 ml de água, junte 10 ml de ácido clorídrico estanso e submeta à técnica geral.

**Sulfato de Magnésio** Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o brometo de amónio.

**Sulfato de Sódio** Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o brometo de amónio.

**Tartarato de Potásio e Sódio** Limite ..... 2 ppm

Proceda como está descrito para o brometo de amónio.

### CONCLUSÕES:

- Estudado o método em pormenor incluiu-se a técnica que julgamos adequada para o fim em vista.
- Cada uma das substâncias foi ensaiada por este método, sendo os resultados comparados com os obtidos por outros métodos.
- Este estudo incidiu apenas sobre as substâncias que a F. P. IV aconselha a dosagem do Arsénio, sem alterar os limites estabelecidos. Posteriormente será feito não só um outro estudo sobre os actuais limites, mas também o estabelecimento de um limite de Arsénio para outros produtos que se veja justificado interesse.

### RESUMO

O A. faz um estudo crítico do método geral de dosagem do Arsénio da FARMACOPEIA PORTUGUESA, IV, 2.<sup>a</sup> edição e sugere um método para a sua substituição.

### SUMMARY

The A. carry out a study of Quantitive Test for arsenic in FARMACOPEIA PORTUGUESA, 2.<sup>a</sup> edição and he suggests a new on method.

### BIBLIOGRAFIA

#### Revistas:

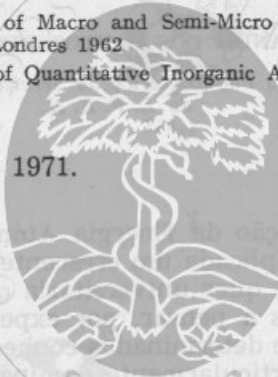
- [1] CROSSLEY, H. E. — J. S. C. I., 1936, 55, 273 T.
- [2] MERCERON e BERGERET — Compt. Rend., 1874, 79, 118 por J. S. C. I., 1936, 55, 273 T.
- [3] GOODE e PERKINS — J. S. C. I., 1906, 25, 507 por J. S. C. I., 1936, 55, 273 T.
- [4] LERRIGO — Analyst, 1928, 53, 90 por J. S. C. I., 1936, 55, 273 T.
- [5] SANGER e BLACK — J. S. C. I., 1907, 26, 1115, por J. C. S. I., 1936, 55, 273 T.
- [6] CRIBIER, J. — J. Pharm. Chim., 1921, 24, 241.
- [7] DAVIS, W. A. e MALTBY, J. G. — Analyst, 1936, 61, 96.
- [8] GAUTIER — Bull. Soc. Chim., 1906, 35, 239 por J. S. C. I., 1936, 55, 273 T.



## Livros:

- Analar Standards, 1957
- Ibidem, 1967
- B. P. 1968, 1242
- Farmacopée Française, VIII ed., 1965, 1592
- Farmacopeia dos Estados Unidos do Brasil, 2.<sup>a</sup> ed., 1959, 920
- F. P. IV, 2.<sup>a</sup> edição, 1946, 671
- Garrat, D. C. — The Quantitative Analysis of Drugs, Chapman and Hall, Londres, 1955
- N. F. XIII, (1970), 777
- Official Methods of Analysis of the AOAC, 7.<sup>a</sup> ed., Washington, 1950
- Ph. Europ., 1969, 106
- Ph. Helv., V, supl. III (2.<sup>a</sup> série), 1960
- Ph. Internat., 1.<sup>a</sup> ed., (1955), 308
- U. S. P. XVII, 868
- Vogel, A. — A Text-Book of Macro and Semi-Micro Qualitative Inorganic Analysis, 4.<sup>a</sup> ed., Longmans, Londres 1962
- Vogel, A. — A Test-Book of Quantitative Inorganic Analysis, 3.<sup>a</sup> ed., Longmans, Londres 1961.

Lisboa, Novembro de 1971.



## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

# REVISÕES DE CONJUNTO

## ALGUMAS UNIDADES DE MEDIDA DAS RADIAÇÕES ATÓMICAS

ARMANDO DOS SANTOS DINIS ROSA

*Responsável pelo Controlo Farmacológico do Serviço de Investigação de Biologia  
do I. F. E. N.*

### 1. PREÂMBULO

O estudo e aplicação da Energia Atómica tem levado aos Centros de Investigação Aplicada um crescente número de colaboradores de diferente formação, quer universitária quer técnica.

Tal facto leva-nos a pensar, por experiência própria, que uma grande parte carece de determinados conhecimentos basilares, à margem do sector que particularmente domina, e que procura em vasta bibliografia especializada.

Com o propósito de transmitir um pouco do que foi a nossa própria tentativa acerca de um assunto que nos mereceu, por necessidade e satisfação íntima, todo o interesse, resolvemos coligir estes apontamentos.

Abordaremos neles, despretensiosamente, algumas das unidades utilizadas no sector das radiações nucleares, dando particular relevância às que se nos afiguram de maior interesse.

### 2. O CURIE E O RUTHERFORD

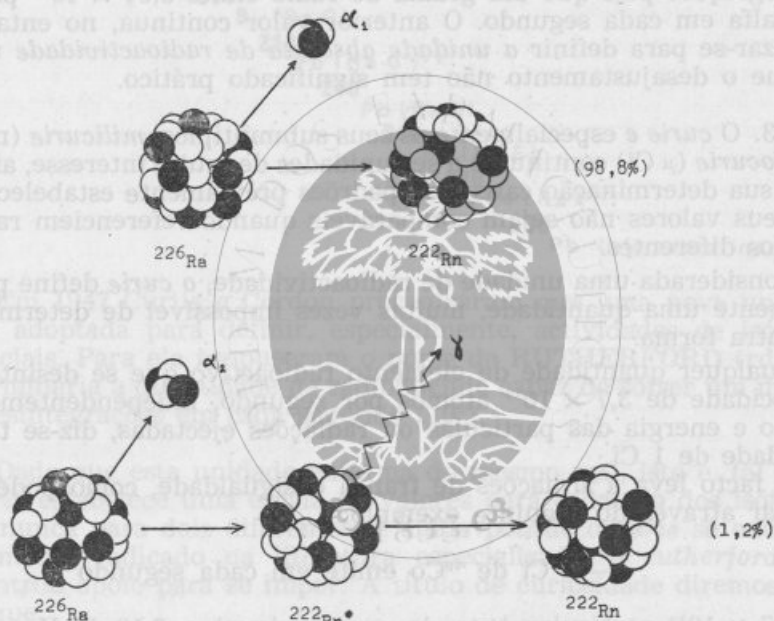
2.1. Desdê o advento da radioactividade até aos anos cinquenta o *curie* (C ou Ci) foi definido como a quantidade de radão em equilíbrio radioactivo com um grama de rádio.

A primeira vista pode parecer que tal definição não se coaduna com o propósito de significar uma quantidade de radioactividade, e muito menos uma quantidade de elemento radioactivo, mesmo levando em conta que tivesse sido proposta numa época em que o material de investigação era, principalmente, o rádio e seus derivados, e os instrumentos de detecção das radiações muito rudimentares. Cecemos pois por fazer alguns esclarecimentos marginais.

2.2. O rádio (Ra) é um elemento naturalmente radioactivo que se transforma espontaneamente, se bem que com certa morosidade, num gás igualmente radioactivo, o radão (Rn).

Essa transformação processa-se de duas formas, ainda que associadas e com predominância de uma delas (fig. 1).

Como facilmente se pode verificar, a cada desintegração dum átomo de Ra corresponde o aparecimento dum átomo do elemento gasoso (Rn), muito mais acessível de avaliação, nessa época de pioneirismo, do que as partículas ou a radiação geradas no processo.



## Centro de Documentação Farmacêutica

Fig. 1

### da Ordem dos Farmacêuticos

Queremos ainda esclarecer que ao referir dois tipos de partículas alfa, estamos a fazer alusão ao seu conteúdo energético.

Se colocarmos um grama de rádio num ambiente completamente fechado, podemos apreciar o aparecimento de quantidade crescente de radão, só possível por emissão de partículas alfa do primeiro.

Algum tempo depois (cerca de um mês), estabelece-se um equilíbrio entre o número de desintegrações de um e outro, uma vez que o radão também se desintegra, que torna praticamente constante a quantidade de gás presente no ambiente hermético.

É neste ponto que se atinge o equilíbrio radioactivo que condiciona a definição de *curie*.

Sabe-se hoje que a massa de radão em equilíbrio com um grama de rádio, quando em ambiente fechado, é  $6,51 \times 10^{-5}$  gramas e que

o volume que lhe corresponde, em condições normais de pressão e temperatura, é  $0,66 \text{ mm}^3$ .

Sabe-se também que o número de transformações sofridas em cada segundo por essa quantidade é muito aproximadamente  $3,7 \times 10^{10}$ .

Na posse destes conhecimentos e com o propósito de alargar o âmbito da definição, *o curie* passou a significar, a partir de 1950, a quantidade de qualquer radionuclido que sofre em cada segundo  $3,7 \times 10^{10}$  desintegrações.

Determinações recentes levaram à rectificação do número de desintegrações pois que um grama de rádio emite  $3,61 \times 10^{10}$  partículas alfa em cada segundo. O anterior valor continua, no entanto, a utilizar-se para definir a *unidade absoluta de radioactividade* uma vez que o desajustamento não tem significado prático.

2.3. O *curie* e especialmente os seus submúltiplos, *milicurie* (mCi) e *microcurie* ( $\mu$  Ci) continuam a ser unidades de muito interesse, ainda que a sua determinação careça de padrões previamente estabelecidos e os seus valores não sejam comparáveis quando referenciem radionuclidos diferentes.

Considerada uma unidade de radioactividade, *o curie* define principalmente uma quantidade, muitas vezes impossível de determinar por outra forma.

Qualquer quantidade de elemento radioactivo que se desintegre à velocidade de  $3,7 \times 10^{10}$  átomos por segundo, independentemente do tipo e energia das partículas ou radiações ejectadas, diz-se ter a actividade de 1 Ci.

O facto leva a situações de franca desigualdade, como podemos apreciar através do seguinte exemplo:

— 1 Ci de  $^{60}\text{Co}$  emite em cada segundo

$3,7 \times 10^{10}$  partículas beta de energia igual a 0,10 MeV

$3,7 \times 10^{10}$  radiações gama de energia igual a 1,17 MeV

$3,7 \times 10^{10}$  radiações gama de energia igual a 1,33 MeV

— 1 Ci de  $^{32}\text{P}$  emite em cada segundo

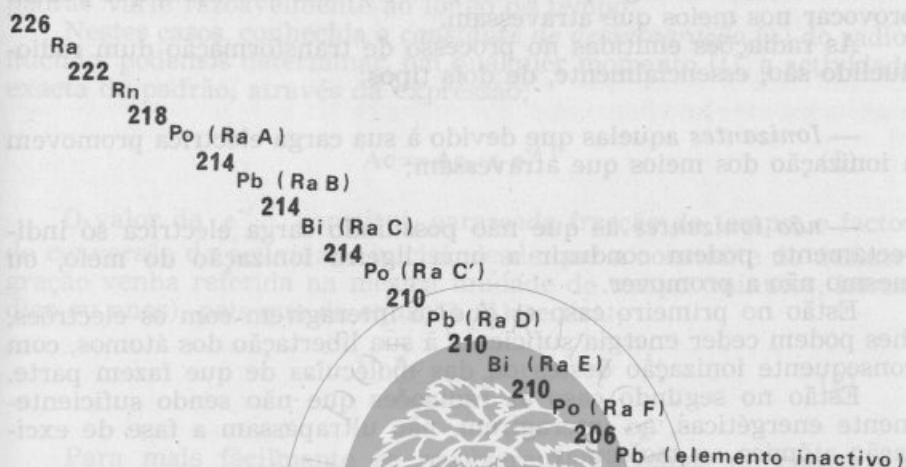
$3,7 \times 10^{10}$  partículas beta de energia igual a 0,69 MeV

Desta forma se pode avaliar a diversidade de comportamentos que condicionam um mesmo valor de actividade, pois que cada radionuclido tem o seu esquema de desintegração, diferenciado quer no tipo das radiações emitidas quer nas energias que lhes estão associadas.

2.4. Com o incremento da radioactividade artificial, de que vivemos ainda o entusiasmo, uma extraordinária gama de isótopos radioactivos gerou um certo clima de desacordo quanto à utilização do *curie* como *unidade de radioactividade*, pela incoerência do número



de desintegrações que representa, quando referida a elementos radioactivos que não o rádio e seus descendentes.



Em 1947 Curtis e Cordon preconizaram que uma nova unidade fosse adoptada para definir, especialmente, actividades de isótopos artificiais. Para ela propuseram o nome de RUTHERFORD (rd) que determinaria a quantidade de radionuclido capaz de sofrer um milhão de desintegrações em cada segundo ( $10^6$ ).

Dado que esta unidade enferma do mesmo mal, isto é, tal como o *curie* estabelece uma escala de valores para cada um dos isótopos, mas nunca para dois diferentes, e ainda porque o *curie* se encontra fortemente radicado na literatura especializada, o *rutherford* não encontrou apoio para se impor. A título de curiosidade diremos apenas que:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^4 \text{ rd} \quad \text{ou} \quad 1 \text{ rd} = 0,27 \times 10^{-4} \text{ Ci}$$

2.5. A radioactividade dum composto que tem na molécula um isótopo radioactivo é determinada em relação a um padrão desse isótopo — fonte calibrada — e expressa, geralmente, em curies (Ci), millicuries (mCi), ou microcuries ( $\mu\text{Ci}$ ). Se o composto se apresenta na forma de solução é costume exprimir essa mesma actividade em função do volume unitário (ml) passando deste modo a chamar-se *concentração radioactiva* (Ci/ml; mCi/ml;  $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ ).

Os elementos radioactivos, sós ou fazendo parte de compostos, vem frequentemente acompanhados de seus isótopos inactivos, que se por um lado aumentam a quantidade total, por outro diluem a radioactividade.

É costume chamar, à razão entre o número de átomos radioactivos e o número total de átomos dum mesmo elemento, *actividade ou radioactividade específica* e exprimir-se em Ci, mCi e  $\mu\text{Ci}$  por g, mg e  $\mu\text{g}$  ou por moles, milimoles ou micromoles.

2.6. Para fazer a determinação da radioactividade dum elemento, a técnica lança mão das propriedades físicas das radiações que acompanham a sua desintegração, principalmente das alterações que podem provocar nos meios que atravessam.

As radiações emitidas no processo de transformação dum radionuclido são, essencialmente, de dois tipos:

— *Ionizantes* aquelas que devido à sua carga eléctrica promovem a ionização dos meios que atravessam;

— *não ionizantes* as que não possuindo carga eléctrica só indirectamente podem conduzir a uma ligeira ionização do meio, ou mesmo não a promover.

Estão no primeiro caso as que ao interagirem com os electrões, lhes podem ceder energia suficiente à sua libertação dos átomos, com consequente ionização destes ou das moléculas de que fazem parte.

Estão no segundo caso as radiações que não sendo suficientemente energéticas, ao interagirem, não ultrapassam a fase de excitação atómica ou molecular.

Estão também neste caso as radiações emitidas no processo de transformação de alguns radionuclidos, cuja instabilidade do núcleo é responsável pela absorção de electrões orbitais (*captura electrónica*), geralmente da camada K. O fenómeno dá origem à transformação dum próton num neutrão, e do facto resulta o aparecimento de *isóbaros*.

O preenchimento das órbitas em défice por electrões de outras camadas é acompanhado de emissão de raios X.

Do que se disse depreende-se serem os sistemas detectores de radiações nucleares, essencialmente, de dois tipos:

— os que revelam a presença de iões, como sejam as câmaras de ionização, os contadores proporcionais e os Geigers;

— os que revelam a presença de radiações não ionizantes, como sejam as emulsões fotográficas e os cintiladores.

Os primeiros aproveitam a ionização produzida pela passagem das radiações através de gases ou vapores; para que se não recombinaem os iões formados, estes são colectados em eléctrodos. Consoante a diferença de potencial entre eléctrodos assim estaremos em presença de câmaras de ionização (100 a 300 volts), contadores proporcionais e Geigers (1.000 a 2.000 volts).

Os segundos aproveitam a acção fotoquímica ou foto-eléctrica das radiações sobre determinadas substâncias, nomeadamente o iodeto de prata (emulsões) e o iodeto de sódio (cintiladores).

Qualquer que seja o processo, é fundamental que o aparelho possua um sistema detector de radiações representativas do radionuclido, acoplado dum sistema de leitura capaz de converter os fenómenos em unidades de actividade, ou em quaisquer outras com elas relacionáveis, através de curvas de calibração obtidas com padrões.

A segunda hipótese constitui um processo generalizado para determinar a actividade de radionuclidos de vida curta, dado que para elaborar uma curva de calibração é necessário que a actividade do padrão varie razoavelmente ao longo do tempo.

Nestes casos, conhecida a constante de desintegração ( $\lambda$ ) do radionuclido, podemos determinar, em qualquer momento ( $t$ ), a actividade exacta do padrão, através da expressão;

$$Ac = Ac_0 \times e^{-\lambda t} \quad (1)$$

O valor de  $e^{-\lambda t}$  constitui, para cada fracção de tempo, o factor de conversão da actividade inicial, desde que a constante de desintegração venha referida na mesma unidade de tempo (minutos, horas, dias ou anos), pois que da equação (1) se tira:

$$\frac{Ac}{Ac_0} = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Para mais facilmente se resolverem problemas de conversão, podem ser consultadas tabelas que dão, directamente, a partir do valor do produto  $\lambda t$ , o valor da expressão  $e^{-\lambda t}$ .

Por exemplo, a constante de desintegração do  $^{131}\text{I}$  é, aproximadamente,  $0,086 \text{ dias}^{-1}$  ( $\lambda$ ). Com este valor podemos determinar os produtos  $\lambda t$  referentes a vários dias e com eles procurar na tabela os correspondentes factores de conversão ( $e^{-\lambda t}$ ). Assim, para o caso do iodo 131 teremos:

t em dias	$\lambda t$	$e^{-\lambda t}$
2	0,172	0,8414
4	0,344	0,7082
6	0,516	0,5964
8	0,688	0,5056
10	0,860	0,4230

O factor de conversão permite corrigir, ao longo do tempo, o valor da actividade inicial. Por seu turno, as leituras, efectuadas nos mesmos intervalos de tempo, fornecem valores diferenciados e relacionáveis com os anteriores. Os dois conjuntos de valores permitem elaborar uma curva de calibração do aparelho, específica de cada radionuclido (fig. 2).

Na determinação de actividades utilizam-se hoje aparelhos de registo automático. Estes vem, geralmente, acompanhados de fontes calibradas de rádio com as quais se promove uma afinação periódica das escalas.

O *Mediac* por exemplo, é uma unidade de escala digital que permite leituras directas em milicuries ou microcuries de 15 importantes radionuclidos. («Mediac» Dose Calibrator — made in Chicago).

Nesse aparelho, através dum comutador manual, é possível seleccionar cada um dos seguintes elementos:

$^{226}\text{Ra}$ ;  $^{203}\text{Hg}$ ;  $^{198}\text{Au}$ ;  $^{197}\text{Hg}$ ;  $^{137}\text{Cs}$ ;  $^{133}\text{Xe}$ ;  $^{131}\text{I}$ ;  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ;  
 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  10;  $^{87\text{m}}\text{Sr}$ ;  $^{75}\text{Se}$ ;  $^{63}\text{Ga}$ ;  $^{60}\text{Co}$ ;  $^{59}\text{Fe}$ ;  $^{57}\text{Co}$ ;  $^{51}\text{Cr}$ ;  $^{24}\text{Na}$ .

Um outro comutador permite optar pela escala de actividades mais consentânea (milicuries ou microcuries).



Fig. 2

De acordo com o radionuclido, basta introduzir o recipiente com a amostra no poço detector para que o sistema execute, imediatamente, uma leitura ou leituras de repetição a um ritmo de cerca de 10 por minuto, consoante se pretenda.

### 3. O ROENTGEN

3.1. Em homenagem ao descobridor dos raios X foi proposto o nome de *roentgen* ou *röntgen* para unidade de quantidade de radiação



electromagnética de alta frequência, nomeadamente radiações X e gama.

Num passado não muito distante servia o *roentgen* para avaliar, quer radiações emitidas pelas fontes produtoras, quer as absorvidas pelos meios receptores, nomeadamente tecidos orgânicos.

Desde 1956 que o *roentgen* (r) define apenas uma determinada *dose de exposição* ou simplesmente *exposição*, enquanto a *dose absorvida* ou *dose*, como teremos oportunidade de referir, tomou sentido totalmente diverso.

L. H. Gray concebeu uma imagem que ilustra perfeitamente a relação entre as duas expressões.

Suponhamos um professor falando a um grupo de alunos. O fluxo das suas palavras atinge-os, com as naturais limitações inerentes à posição de cada um em relação ao orador, tal como de uma *exposição* se tratasse. As suas palavras, no entanto, só em parte serão retidas, variando de indivíduo para indivíduo a «dose absorvida».

3.2. As radiações electromagnéticas de alta frequência, de que o *roentgen* é a unidade de exposição, são na generalidade indirectamente ionizantes.

Quando radiações deste tipo atravessam o ar, formam-se partículas electrizadas, das quais as mais simples são os foto electrões, que provocam ao longo da sua trajectória a ionização do meio.

Os iões, abandonados ao seu próprio destino, recombinar-se-iam passada a causa que os originou, aliás como já tivemos oportunidade de referir. Porém, convenientemente orientados, eles são fonte duma corrente eléctrica, que devidamente amplificada pode ser medida.

3.3. O *roentgen* (r) é definido como a quantidade de radiação X ou gama ( $\gamma$ ) capaz de, quando totalmente absorvida por 1 cm<sup>3</sup> de ar seco a PTN, produzir uma ionização de que resultem duas unidades electrostáticas de quantidade de electricidade, sendo uma positiva e outra negativa.

Pode também ser definido como a quantidade de radiação X ou  $\gamma$  que, incidindo sobre 1 cm<sup>3</sup> de ar seco a PTN (0,001293 g), produz electrões suficientes para, quando totalmente absorvidos por esse ar, darem origem aos iões necessários ao transporte de uma carga electrostática de cada sinal.

3.4. Não será descabido referir aqui, uma vez que dela acabamos de falar, o que seja uma carga electrostática ou melhor, uma unidade electrostática de carga ou de quantidade de electricidade (u.e.c.).

Tratando-se duma unidade do *sistema c.g.s.* pode igualmente denominar-se «unidade c.g.s. de carga eléctrica» e ser definida como a quantidade de electricidade que colocada à distância de 1 cm de outra rigorosamente igual, a repele com a força de 1 dine. Se as cargas

eléctricas forem de sinal contrário não haverá repulsão, mas sim atracção

$$1 \text{ dine} = \frac{1 \text{ u.e.c.}^+ \times 1 \text{ u.e.c.}^-}{1 \text{ cm}^2} \text{ atracção} \quad (3)$$

Sabe-se que um electrão transporta  $4,803 \times 10^{-10}$  u.e.c. negativa e que o protão transporta o mesmo número de unidades de carga positiva. Sendo assim, para transportarem 1 u.e.c. negativa, por exemplo, serão necessários:

$$\frac{1}{4,803 \times 10^{-10}} = 2,082 \times 10^9 \text{ electrões} \quad (4)$$

A unidade prática de carga eléctrica não é u.e.c. por ser demasiado pequena, mas sim o *coulomb*.

$$1 \text{ coulomb} = 3 \times 10^9 \text{ u.e.c.} \quad (5)$$

Quando num determinado ponto dum circuito eléctrico passar em cada segundo uma quantidade de electricidade igual a 1 *coulomb* diz-se que o mesmo está a ser alimentado por uma corrente de 1 *ampere*.

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ seg}} = \frac{3 \times 10^9 \text{ u.e.c.}}{1 \text{ seg}} \quad (6)$$

3.5. A oportunidade das considerações feitas em 3.4. parece evidente para uma melhor compreensão de como, através da ionização do ar contido numa câmara padronizada, se pode estabelecer e medir uma corrente eléctrica, facilmente convertível em roentgens (r).

A partir da expressão (6) chegamos a:

$$\frac{1 \text{ u.e.c.}}{1 \text{ seg}} = 3,333 \times 10^{-10} \text{ amperes} \quad (7)$$

A expressão (7) permite determinar a carga eléctrica (Q) em u.e.c. detectada na câmara de ionização em cada fracção de tempo.

Sabido o volume (v) de ar seco existente na câmara, a sua temperatura (t) e a sua pressão (P) calcula-se a «exposição» pela fórmula:

$$\text{Exposição} = \frac{Q}{v} \left( \frac{t + 273,2}{273,2} \right) \frac{760}{P} \text{ r/tempo} \quad (8)$$

Suponhamos que o galvanómetro de uma câmara de ionização acusava a passagem de uma corrente de  $0,333 \times 10^{-10}$  amperes; que o diafragma que regula a entrada do feixe de radiações na câmara tinha uma abertura correspondente a  $1 \text{ cm}^2$ ; que os eléctrodos onde se descarregam os iões estavam colocados à distância de  $2 \text{ cm}$  um do outro; que a pressão e temperatura do ar no interior e no momento da determinação era, respectivamente,  $760 \text{ mm de Hg}$  e  $20^\circ \text{ C.}$  e determinemos a «exposição» segundo (7) e (8).

$$0,333 \times 10^{-10} \text{ amp.} = 0,1 \text{ u.e.c./seg} = 6 \text{ u.e.c./min.}$$

$$\text{Exp.} = \frac{0,1}{2} \left( \frac{20 + 273,2}{273,2} \right) \frac{760}{760} \text{ r/segundo}$$

$$\text{Exp.} = \frac{6}{2} \left( \frac{20 + 273,2}{273,2} \right) \frac{760}{760} \text{ r/minuto}$$

o que levaria, aproximadamente, aos valores:

$$0,53 \text{ roentgens/seg. e } 3,2 \text{ roentgens/ min.}$$

3.6. Apesar do *roentgen* avaliar uma quantidade de radiação electromagnética, através da ionização que esta provoca ao atravessar uma determinada camada de ar, é possível fazer-lhe corresponder uma energia.

Várias determinações tem sido feitas para encontrar o valor exacto da energia necessária à formação dum par iónico no ar. De entre muitas escolhemos aquelas que nos permitiram elaborar o seguinte quadro:

## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

Investigadores		Radiações utilizadas	Energias (eV)
Jesse e Sadaukis	(1955)	$\beta$ do $^3\text{H}$ e do $^{60}\text{Ni}$	$34,2 \pm 0,5$
Barber	(1955)	$e^-$ de 1 a 35 MeV	$33,8 \pm 1,2$
Weiss e Bernstein	(1955)	R.X. de 2 MeV	$33,9 \pm 0,8$
Bernier e colabor.	(1956)	$\gamma$ do $^{60}\text{Co}$	$32,9 \pm 0,3$
Gross e colabor.	(1957)	$\beta$ do $^{35}\text{S}$ de 50 KeV	$33,6 \pm 0,3$
Skorsgard e colabor.	(1957)	R.X. de 22 MeV	$32,7 \pm 0,6$
Bay e colabor.	(1957)	$\beta$ do $^{35}\text{S}$ de 50 KeV	$33,7 \pm 0,3$
Goodwin	(1959)	$\gamma$ do $^{137}\text{Cs}$	$33,9 \pm 0,5$

Segundo a Comissão Internacional de Unidades Radiológicas deve tomar-se para valor médio da energia absorvida pelo ar na formação de um par iónico, 34 electrões volt (eV). O valor médio descrito numa grande parte dos livros da especialidade é, no entanto, 33,7 eV.

Esclareçamos ainda, que os iões são átomos ou moléculas alterados na sua neutralidade eléctrica por perda ou ganho de electrões orbitais.

Chamar-se-ão *aniões* ou iões negativos quando possuidores de carga eléctrica negativa superior à necessária para neutralizar a carga positiva do seu núcleo ou núcleos.

Chamar-se-ão *catiões* ou iões positivos quando deficitários desses electões.

Na dissociação de átomos ou moléculas, o aparecimento dum *catião* é complementado pelo aparecimento de um *anião*, ainda que este seja, na sua expressão mais simples, o próprio electrão. Ao conjunto denomina-se *par iónico*.

Deste modo e seja qual for o processo serão sempre necessários, para transportar  $1/u.e.c.$ , pares de iões em quantidade correspondente à transferência de  $2,082 \times 10^9$  electrões (expressão 4).

Se o número apontado resultar da ionização de  $1 \text{ cm}^3$  de ar a PTN ou, o que é o mesmo, da ionização de  $1,293 \text{ mg}$  de ar, serão atingidas as condições de definição do *roentgen* (ver 3.3.).

Quer isto dizer que a energia correspondente à *exposição de 1 r* no ar pode ser, muito aproximadamente, determinada pelos produtos:

$$2,082 \times 10^9 \times 34 \text{ eV} = 70,79 \times 10^9 \text{ eV} = 70,79 \times 10^3 \text{ MeV} \quad (9)$$

$$2,082 \times 10^9 \times 33,7 = 70,16 \times 10^9 \text{ eV} = 70,16 \times 10^3 \text{ MeV} \quad (10)$$

Se atentarmos em que 1 grama de ar é cerca de 773,4 vezes o valor da massa correspondente a  $1 \text{ cm}^3$  a PTN, verificamos que, para essa quantidade, se estima uma energia igual a:

$$773,4 \times 70,16 \times 10^3 = 54,26 \times 10^6 \text{ MeV} \quad (11)$$

$$54,26 \times 10^6 \times \frac{1}{300} \times 4,802 \times 10^{-4} = 87,59 \text{ ergs} \quad (12)$$

Os valores mais frequentemente encontrados para definir a energia absorvida por 1 grama de ar, correspondem perfeitamente ao que se descreve.

$$5,4 \times 10^7 \text{ MeV} \approx 87,6 \text{ ergs} \approx 2,08 \times 10^{-6} \text{ calorias}$$



Estas determinações de energia só tem significado para o ar e desse facto resultam condicionalismos que adiante abordaremos.

#### 4. O RAD

4.1. O *rad*, abreviado da expressão «Radiation Absorbed Dose», é a unidade básica de energia absorvida. Esta unidade refere, não só as radiações electromagnéticas absorvidas pelos tecidos orgânicos — função que até 1956 era desempenhada pelo roentgen, mas também «doses» de qualquer tipo de radiação capaz duma cedência de energia ao meio atravessado.

O *rad*, por convenção, define uma energia correspondente a 100 ergs por cada grama de meio absorvente, o que pode traduzir-se pelas expressões:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/g} = 6,247 \times 10^7 \text{ MeV/g} = 2,374 \times 10^{-6} \text{ calorias/g} \quad (13)$$

Se o meio absorvente for o ar e a energia for cedida por radiações X ou gama, fácil se torna encontrar a relação entre a «exposição» e «dose» pois como vimos em (12):

$$1 \text{ roentgen/g} \approx 87,59 \text{ ergs}$$

o que leva a concluir, para este caso particular, que:

$$1 \text{ roentgen (r)} = 0,876 \text{ rads} \quad (14)$$

Algumas outras situações estão igualmente bem definidas e permitem a conversão. É por exemplo o caso da água submetida à acção de radiações electromagnéticas de determinada frequência e de que se conhece a ionização média produzida. Apenas por curiosidade referiremos que para este outro caso:

$$1 \text{ r} = 0,931 \text{ rads} \quad (15)$$

4.2. O *rad* é uma unidade lógica, mas de difícil determinação experimental por dizer respeito a uma energia que muitas vezes se confunde com a que se desenvolve no processo sem ser absorvida pelo substrato.

A calorimetria por métodos clássicos, mesmo que rodeada de precauções extremas, introduz erros experimentais de enorme repercussão.

Modernamente, com a utilização de termistores, isto é substâncias semicondutoras cuja resistência diminui até cerca de 5% por

cada grau centígrado acrescido à sua temperatura, tem sido possível tirar algumas conclusões, se bem que em casos particulares.

Tal facto não invalida a impossibilidade de conhecer as consequências que resultam da energia absorvida por determinados meios, especialmente não homogêneos, onde a natureza das estruturas receptoras condiciona a importância dos fenómenos que se possam verificar. Estão neste caso os meios biológicos.

Esta realidade leva a que se utilize com muita frequência e no sector da biologia, não a **unidade dosimétrica fundamental** — o rad, mas sim o **roentgen**, que embora conduzindo, igualmente, a resultados anormais se apoia num processo de mais fácil determinação.

Várias tentativas tem sido feitas em prol duma relação entre a ionização produzida pelas radiações, quer se trate duma ionização directa quer se trate de ionização secundária, e a energia absorvida pelos meios onde penetram.

O método de Bragg-Gray ou *método da cavidade de gás*, por exemplo, imagina a existência duma bolsa gasosa no meio absorvente preconiza a aplicação duma fórmula que relaciona a ionização produzida nessa cavidade com a energia absorvida pelo meio circundante.

Para isso é necessário conhecer a relação (R) entre a energia comunicada à unidade de massa do meio ( $W_m$ ) e a energia comunicada à unidade de massa do gás contido na bolsa ( $W_g$ ), ambas expressas em ergs/grama e ainda a energia necessária para a formação dum par iónico no seio do gás ( $W_i$ ), esta expressa em ergs/par iónico.

Nestas circunstâncias:

$$\text{"dose"} = \text{"exposição"} \times \frac{W_m}{W_g} \times W_i \quad (16)$$

Se o gás contido na bolsa for ar sabemos que  $W_i = 54,1 \times 10^{-12}$  ergs/par iónico e o problema resume-se à determinação de R.

Também neste sector existem tabelas publicadas onde os valores de R são estimados pela composição atómica dos meios e relacionados com o ar.

A Comissão Internacional de Unidades Radiológicas (I.C.R.U.), por seu turno e para o mesmo fim, estabelece uma tabela de coeficientes mássicos de absorção energética ( $\text{cm}^2/\text{gr}$ ), que levam à mesma conversão através da fórmula:

$$\text{"dose"}(\text{rads}) = \text{"exposição"}(r) \times 0,87 \times \frac{(\text{meio}) C_m}{(\text{ar}) C'_m} \quad (17)$$

Nessa tabela vemos referido, por exemplo, que o coeficiente mássico de absorção, para uma energia média das radiações de 0,08 MeV é:

- para o ar 0,0236  $\text{cm}^2/\text{g}$
- para o tecido muscular 0,0255

Um ponto ainda a considerar é de que a energia absorvida pelos materiais de mais baixo peso molecular é superior à absorvida pelos de peso mais elevado, e para o justificar basta referir que nos primeiros existem muito mais moléculas por unidade de massa. Isto leva a concluir que:

$$\begin{aligned} & \text{— quando } M_{\text{meio}} > M_{\text{gás}} & W_m < W_g & R < 1 \\ & \text{— quando } M_{\text{meio}} < M_{\text{gás}} & W_m > W_g & R > 1 \end{aligned}$$

Como a maioria dos meios absorventes tem peso molecular superior ao do ar, acontece que se for esse o gás contido na bolsa, o valor de  $R$  será necessariamente inferior à unidade. Nestas circunstâncias e pelas expressões (16) e (17) verificaremos que o valor da dose (rads) não pode atingir valores iguais ou superiores aos da exposição (roentgens). Isto é:

Se  $\frac{W_m}{W_g} < 1$  virá "dose" < "exposição"

Pois só assim se pode manter a igualdade referida em (16).

4.3. Para determinar a absorção em meios biológicos tem sido, igualmente, preconizadas as *câmaras de ionização tecido-equivalentes*.

Estas, são instrumentos do tipo já referido, mas utilizando, como meio ionizável, gases a que se atribui idêntico poder de absorção ao imputado a certos tecidos vivos.

Para cada um deles calcula-se, como no caso do roentgen, a variação de potencial ou a intensidade da corrente motivados pela presença dos iões no campo eléctrico e aos quais corresponde uma determinada energia de formação.

No entanto, as condições de passagem das radiações através do meio biológicos, que não é homogêneo, e as verificadas no ar ou em qualquer gás, estabelecem acentuadas diferenças de absorção e consequente comportamento.

A dose superficial ou de entrada será, nos primeiros, muito mais actuante que em meios pouco densos, isto mantidas que sejam idênticas condições de exposição.

Por outro lado, e embora a acção das radiações seja proporcional à quantidade de energia absorvida, apercebemo-nos que nos organismos vivos, a irradiação simultânea e em condições perfeitamente idênticas, não conduz às mesmas respostas. Nestes é o acaso que determina o tipo de estruturas atingidas e estas não tem igual importância no processo vital.

Somos portanto levados a concluir que tais aparelhos só podem fornecer indicações aproximadas, e de que mesmo estas, fora de valores restritos, não permitem prever as consequências das radiações nos tecidos para os quais se dizem equivalentes.

4.4. No mercado especializado existem vários tipos de instrumentos graduados em unidades dosimétricas, mais geralmente em *milirads*, por fracção de tempo e que servem essencialmente para detectar focos de contaminação radioactiva.

Um dos mais generalizados, em forma de pistola (fig. 3), tem como detector uma pequena câmara em material resistente, mas leve, onde o ar encerrado é mantido a uma ligeira pressão negativa. Esta câmara de ionização intercala um circuito eléctrico alimentado por pilhas.



Fig. 3

Pela ionização desse ar o circuito fecha-se, e dá lugar à passagem duma corrente de fraca intensidade, que é detectada por um galvanómetro altamente sensível. A graduação da escala desse galvanómetro exprime uma energia, que dadas as condições e o processo de determinação, terá de ser referida a uma determinada fracção de tempo — frequentemente são graduadas em *mrads/hora* (*milirads por hora*).

Atendendo a que âmbito das determinações feitas com estes aparelhos ultrapassa as radiações electromagnéticas, indirectamente ionizantes, para se fixar entre parâmetros energéticos de qualquer tipo de radiação capaz de ionizar o ar, compreendemos porque se não faz neles referência ao *roentgen*, ainda que o processo de determinação seja idêntico.

Existem vários modelos com características diferentes, geralmente condicionando, para cada tipo de radiação, as menores energias detectáveis. Por exemplo há aparelhos que só detectam partículas alfa de energia superior a 3,5 MeV e simultaneamente partí-



culas beta e radiações electromagnéticas de energias superiores a 40 KeV. Também as escalas podem determinar valores que vão desde

0,1 a 25 mRads/hora

até

0 a 10.000 mRads/hora

Com eles não se faz a determinação de doses absorvidas, mas sim a detecção de radiações emergentes de fontes radioactivas, e que existindo no ambiente podem contaminar os indivíduos que nele se encontram.

Se nos debruçarmos um pouco mais sobre tais aparelhos verificamos, facilmente, não se tratar de dosímetros, mas sim de debitómetros, por referirem uma dose num intervalo de tempo.

Enquanto as dimensões dos dosímetros são  $- E \times M^{-1}$ ; as dos debitómetros são  $- E \times M^{-1} \times T^{-1}$ .

Convém esclarecer também a razão porquê, havendo descontinuidade na emissão das radiações directa ou indirectamente ionizantes, a electricidade transportada pelos iões gerados assume, nestes como em alguns outros aparelhos, o aspecto duma corrente contínua de certa constância que leva as agulhas dos galvanómetros a movimentarem-se com uniformidade.

A razão está no facto de serem os iões atraídos a condensadores curto-circuitados por grandes resistências. Estas, como é natural, exercem um efeito de travagem ao escoamento da corrente, amortecendo o ímpeto das variações.

Isto também justifica porquê, em alguns outros tipos de monitores, as escalas são calibradas em impulsos, podendo estes ser sonorizados ou contados. (fig. 4)

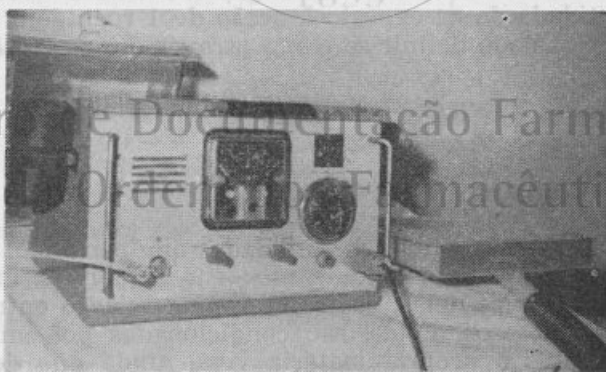


Fig. 4

De qualquer forma estamos em presença de aparelhos essenciais para testar contaminações, de material, de vestuário e mesmo de determinadas zonas mais expostas, quer do organismo, quer das áreas de trabalho.

## 5. O KERMA E O REP

As limitações apontadas à *unidade dosimétrica fundamental* e seus derivados, especialmente no que diz respeito à absorção biológica, levaram os investigadores a procurar novas unidades, que embora de dimensões semelhantes ( $E \cdot M^{-1}$ ) não apresentassem os condicionalismos do *rad*.

Apesar de não terem aplicação prática, nem suprirem os inconvenientes já referidos daremos de duas delas breve notícia, por representarem uma tentativa em prol da relação — Dose/Efeito.

5.1. O *Kerma* ( $k$ ), nome resultante das iniciais da expressão «Kinetic Energy Released in Material» foi introduzido na literatura com o propósito de definir doses absorvidas, de que fossem responsáveis partículas indirectamente ionizantes do tipo dos neutrões.

Muito sumariamente o *kerma* pode definir-se como o cociente do acréscimo de energia cinética das partículas ionizadas pela massa de material onde o fenómeno se verifica

$$k = \frac{\Delta \cdot E}{m} \quad (18)$$

5.2. O *rep* (Roentgen Equivalent Physical) é uma unidade que procura relacionar o roentgen com a energia absorvida, quer essa energia seja consequência de radiações electromagnéticas, quer de quaisquer outras.

Assim, diz-se que um determinado material absorveu a dose de um rep quando consumir uma energia idêntica à absorvida pela mesma quantidade de ar exposto à acção de 1 roentgen

Deste modo pode definir-se o *rep* através da expressão:

$$1 \text{ rep} = 87,6 \text{ ergs/g de material}$$

## 6. O RBE (EBR) O FQ E O REM

6.1. Falámos de algumas das unidades que permitem exprimir a dose de radiação absorvida e deixámos a ideia de que, infelizmente, não podemos, através delas, estabelecer uma relação entre a «dose» e os efeitos biológicos. Estes, são condicionados por uma série de factores inerentes à própria matéria viva, ainda que dependentes, como é óbvio, da capacidade ionizante da radiação, do seu débito e das condições em que se processa a «contaminação».

6.2. O *RBE* (Relative Biological Efficiency) também denominado *EBR* (Efficacité Biologique Relative) é um factor que procura tornar possível a comparação entre doses dos vários tipos de radiação, pela semelhança de efeitos biológicos que determinam.

Define-se pelo cociente entre a dose padrão capaz de produzir um determinado efeito e a dose da radiação, cujo RBE se pretende, capaz de produzir o mesmo efeito.

Na prática, costuma tomar-se como dose padrão, ou o que é o mesmo, como *unidade de eficacidae biológica*, a correspondente à energia cedida ao meio absorvente pelas radiações X de 200 KeV.

Se, por exemplo, para produzir uma determinada lesão temoral forem necessários 2000 rads de radiação X de 200 KeV e, em condições idênticas de exposição, para que se produza o mesmo efeito, uma dose de 2500 rads de  $^{60}\text{Co}$ , diremos que o RBE do cobalto 60 é:

$$\text{RBE } ({}^{60}\text{Co}) = \frac{2.000}{2.500} = 0,80$$

(19)

Como se depreende, a noção de RBE é extremamente falível, pois resulta da observação de efeitos lesivos, dificilmente comparáveis e sujeitos a grandes variações.

Sob ponto de vista prático é possível estimar valores limites, por tratameto estatístico dum grande número de observações e, através deles estabelecer máximos admissíveis que correspondam a mínimos de risco.

Tais valores levaram ao estabelecimento dos *RBE ponderados*, os quais constituíram padrões internacionalmente aceites, ainda que hoje se encontrem, relativamente, postos de parte, em favor dos *factores de qualidade* que adiante abordaremos.

Radiação	Energia	RBE
X	—	1,00
gama ( $\gamma$ )	—	1,00
beta ( $\beta$ )	1,00 MeV	1,00
beta ( $\beta$ )	0,10 MeV	1,08
neutrões térmicos	0,025 eV	5,00
neutrões rápidos	1,00 MeV	10,00
partículas alfa	5,00 MeV	15,00
partículas alfa	1,00 MeV	20,00

Em determinadas circunstâncias o valor do RBE aumenta com o cair da dose. Experiências feitas, no Hammersmith Hospital de Londres, mostraram que assim acontece quando se fazem incidir neutrões rápidos sobre a pele do cobaio, facto que foi posteriormente confirmado em ratos.

6.3. O *FQ* (Factor de Qualidade) substitui desde 1962 o *RBE ponderado*, sem contudo corresponder ao verdadeiro valor do *RBE* nem se lhe atribuir significado biológico.

Trata-se dum factor convencional, proposto e aceite por Comissões Internacionais de Protecção Contra Radiações, que permite presupor um perigo relativo.

Os seus vários valores foram estimados em função da ionização específica das radiações quando estas passam através da água e tendo em conta que os raios X de 200 KeV produzem em média 100 pares de iões por cada micron de trajectória.

No quadro seguinte procuramos traduzir os valores dos *FQ* em função da *ionização específica média* (i. e. m.)

i. e. m.	FQ
Menos de 100 pares de iões/micron . . . . .	1
100 a 200 . . . . .	1 a 2
200 a 650 . . . . .	2 a 5
650 a 1000 . . . . .	5 a 10
1000 a 5000 . . . . .	10 a 20

Na prática costuma aplicar-se o valor de *FQ* = 10 quando a emissão é de neutrões rápidos ou de protões de energia inferior a 10 KeV, enquanto que para núcleos mais pesados se estima em 20. Este é, por convenção, o valor máximo que pode atribuir-se ao *factor de qualidade* (*FQ*).

6.4. O *Rem* (Roentgen Equivalent Man ou Roentgen Equivalent Mammal) é uma unidade de pouco uso, considerada mesmo obsoleta por muitos investigadores. O *rem* constitui um esforço notável na procura duma base única de apreciação dos efeitos biológicos devidos aos vários tipos de radiação.

Pode definir-se como sendo a energia absorvida pelos tecidos do corpo humano equivalente à desenvolvida pela exposição a 1 roentgen.

Definido em sentido mais amplo, o *Rem* será a dose que produz nos mamíferos, sujeitos à exposição de qualquer tipo de radiação, o efeito biológico equivalente a 1 rad de radiação X de 200 KeV.

$$1 \text{ Rem} = \frac{87,6}{\text{RBE}} \text{ ergs/g de tecido}$$

ou ainda

$$1 \text{ Rem} = 1 \text{ rad} \times \text{RBE}$$

(20)



Em termos de protecção o *Rem* corresponde a um risco do organismo humano. Se esse risco provém duma exposição às radiações electromagnéticas de energia próxima dos 200 KeV, diz-se que o *Rem* tem o mesmo valor do *rad*.

Se o risco é provocado por radiações corpusculares aceita-se como válida a expressão:

$$\text{Rem} = \text{rad} \times \text{FQ} \quad (21)$$

Insistimos, no entanto, em esclarecer que os valores de *FQ* são convencionais e diferenciados dos valores do RBE ainda que próximos, pelo que o *Rem* definido na expressão (21) não pode considerar-se uma unidade de dose absorvida, mas sim uma *dose equivalente* a um risco.

Para se calcular a dose equivalente, ou melhor, para se avaliar do risco que se corre por exposição às radiações nucleares, poder-se-ão introduzir, a par com o *FQ*, outros coeficientes de igual importância, atendendo a que se trata dum processo empírico.

## 7. CONCLUSÃO

Passámos em revista algumas das unidades que geralmente encontramos descritas e que particularmente nos interessou referir. Algumas outras poderiam ter sido abordadas, mas parece-nos, no entanto, ter já material suficiente para destacar, à guisa de conclusões, um certo número de esclarecimentos de ordem geral que nos permitem avaliar do seu interesse.

7.1. Os sistemas de detecção de radiações que dão expressão prática à maioria das unidades de medida fundamentam-se, essencialmente, em propriedades físicas e não garantem uma equivalência com os desvios fisiológicos que as mesmas podem desencadear.

O comportamento da célula viva frente às radiações, directa ou indirectamente ionizantes ou simplesmente excitadoras, é imprevisível. Além disso, dada a dinâmica das transformações bioquímicas, somos levados a pensar que os desvios provocados conduzem a alterações irreversíveis com repercussão no seu ciclo normal de vida.

A importância dessas alterações depende, essencialmente, da energia absorvida e do valor vital das estruturas atingidas.

Conhecedores desta verdade incontroversa e da capacidade de penetração dos vários tipos de radiações, sabemos que só empiricamente podemos avaliar dos seus efeitos, uma vez que se torna impossível «a priori» conhecer o valor das energias absorvidas e o tipo de estruturas que as irão absorver.

Destes factos nasce a incapacidade de estruturar equivalências entre *unidades de dose* e os *efeitos biológicos* que as mesmas determinam.

Por outro lado, sendo a *dose* uma energia absorvida pela unidade de massa, e esta, nos organismos vivos, ter uma constituição bastante heterogénea, torna-se igualmente problemático um acerto de equivalências entre a *dose* e a *exposição*, mesmo que a esta se possa fazer corresponder, facilmente, uma energia de entrada.

Todas as relações que existem neste campo, e vimos algumas, são consequência da observação experimental e aceites em conferências internacionais com o único propósito de manter uma uniformidade nos critérios de comparação.

De modo nenhum se pretende minimizar, com o que atrás se afirma, a extraordinária gama de conhecimentos que a experiência tem proporcionado, nomeadamente na percepção dos riscos provenientes da exposição às radiações de origem nuclear.

Apesar do crescente aumento do número de técnicos envolvidos, os riscos são cada vez menores, mercê desses conhecimentos e das medidas de protecção que sugerem.

7.2. Dos conceitos que abordámos, o que nos parece ter aplicação mais generalizada é o *curie* (Ci). Dissemos tratar-se duma unidade de actividade radioactiva e esclarecemos que representa, para cada radionuclido, um valor de quantidade, a qual em muitos casos não pode ser avaliada de outro modo.

Esta imponderabilidade não resulta só de se estar em presença de pequeníssimas quantidades em muitos casos, mas também de estarem os radionuclidos inquinados de isótopos inactivos, que não podemos separar por processos químicos, nem os processos físicos de separação de isótopos se tornariam praticáveis.

A quantidade de  $^{14}\text{C}$ , por exemplo, a que corresponde uma actividade de 1 Ci é francamente ponderável (187 gramas), só não é viável na prática separá-lo dos seus isótopos inactivos  $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$ , que por todo o lado existem. Isto sem ignorar que o carbono 14 se obtém livre de impurezas, por exemplo, através de bombardeamento neutrónico do azoto.

## Centro de Documentação Farmacêutica

O *curie*, além de definir uma quantidade \*, através da radioactividade manifestada por cada elemento, permite também prever riscos e estabelecer protecção adequada.

Para isso é necessário conhecer o esquema de desintegração do radionuclido, principalmente, quanto ao tipo das radiações emitidas e suas energias máximas.

É esse conhecimento que nos leva, por exemplo, a não dispensar os mesmos cuidados de protecção a 100 mCi de  $^{131}\text{I}$  ou a 100 mCi  $^{14}\text{C}$

\* A expressão (1) apresentada no começo deste trabalho é perfeitamente equivalente a esta outra:

$$N = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

onde  $N_0$  representa a quantidade de átomos radioactivos no início dos tempos e  $N$  a quantidade dos que ainda se mantêm íntegros ao fim do tempo  $t$ .

dado que as partículas do primeiro são cerca de quatro vezes mais energéticas do que as do carbono

$^{131}\text{I} - T = 8,04$ dias		$^{14}\text{C} - T = 5568$ anos	
Partículas $\beta^-$	Fotões	Partículas $\beta^-$	
0,250 MeV — 2,8 %	0,722 MeV — 2,8 %		
0,335 — 9,3 %	0,637 — 9,3 %		
0,608 — 87,2 %	0,364 — 79,0 %	0,155 MeV — 100 %	
	0,284 — 8,2 %		
	0,080 — 8,2 %		
0,815 — 0,7 %	0,163 — 0,7 %		

7.3. Ao curie segue-se o *rad*, que não é mais que uma extensão do roentgen, quanto ao processo prático de determinação, mas com a vantagem de enquadrar qualquer tipo de radiação.

Não esqueçamos que se trata da unidade dosimétrica fundamental e que se exprime em energia (ergs) por massa (grama), enquanto o roentgen resulta duma capacidade de ionização das radiações electro-magnéticas no seio do ar.

Uma vez que, em determinados meios, é possível estabelecer a energia que levou à formação dos iões presentes, o roentgen é convertível no rad ou vice-versa.

Das outras unidades parece-nos ter dito o suficiente para as aceitarmos sem lhe atribuímos um valor demasiado rígido.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] BLANC, D. — Dosimétrie et radioprotection — La Pharmacie de Réserve n.º 3, Paris (1970).
- [2] BLANC, D. — Les radionucléides. Production, dosage et application — Paris (1966).
- [3] I. C. R. U. — Physical aspects of irradiation — Washington (1964).
- [4] JEHOTTE, J. M. — Actions biologiques des radiations — Journal de Pharmacie de Belgique n.ºs 1-2 (32), Bruxelles (1954).
- [5] JOHNS, H. E. — The physics of radiology, ed. II — Illinois, USA (1966).
- [6] MURPHY, M. D. — Radiation therapy, ed. II — Filadelfia, USA (1967).
- [7] ROBIN, P. G. e RALPH, L. E. — Radioisotope measurement. Applications in engineering — USA (1967).
- [8] TUBIANA, M. DUTREIX, J. DUTREIX, A. e JOCKEY, P. — Bases physiques de la radiothérapie et de la radiobiologie — Paris (1963).
- [9] TUBIANA, M. — Les isotopes radioactifs en médecine et en biologie — Paris (1950).
- [10] WILKINSON, D. H. — Ionization chambers and counters — Cambridge (1950).
- [11] Journal de radiologie et d'electrologie, n.ºs 3,4 (133), Paris (1964)
- [12] Journal de radiologie et d'electrologie, n.ºs 6-7 (377), Paris (1971)
- [13] The american journal of roentgenology, vol. III (31) — USA (1971).

# TERMODINÂMICA APLICADA À FARMACOLOGIA

ANDREJUS KOROLKOVAS

*Professor Livre-Docente*

*Regente da Disciplina de Química Farmacêutica do Departamento de Farmácia  
da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo  
São Paulo — Brasil*

## I. CONCEITOS BÁSICOS

Para compreender os vários e complexos mecanismos químicos e biológicos envolvidos na acção dos fármacos, importa considerar as leis da termodinâmica [27, 38, 40, 49, 58, 64, 66, 68]. Essas leis regem todos os processos em que há libertação ou absorção de calor ou de outra forma de energia. As reacções que se dão nos sistemas biológicos estão sujeitas a essas leis porque consistem de processos que ocorrem com variação de energia [7, 35, 45, 52].

A primeira lei da termodinâmica afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, mas apenas convertida de uma forma em outra. Isso significa que a energia consumida num processo anabólico (como a ligação de um fármaco com o seu receptor, formando um grande complexo molecular, por exemplo), deve ser fornecida por um processo inverso ao anterior, vale dizer, catabólico, em que há libertação de energia (como no caso da dissociação do complexo fármaco-receptor) [4].

A segunda lei da termodinâmica impõe restrições à troca dessa energia. Diz que a conversão de calor em trabalho é acompanhada de variação de temperatura do sistema. Pode ser representada pela equação:

$$\underline{H} = \underline{G} + \underline{TS} \quad (I)$$

em que  $\underline{H}$  é a entalpia ou energia total do sistema;  $\underline{G}$ , a energia livre de Gibbs, isto é, a porção da energia total que um sistema determinado pode utilizar para realizar trabalho;  $\underline{S}$ , a entropia, fracção da energia total que não está disponível para a realização de trabalho — corresponde à energia vibracional de átomos e moléculas; e  $\underline{T}$ , a temperatura absoluta.



Visto que não se pode determinar os valores absolutos de nenhum sistema específico, mas apenas as suas variações, a equação (I) toma a forma:

$$\Delta \underline{H} = \Delta \underline{G} + T \Delta \underline{S} \quad (\text{II})$$

em que  $\Delta \underline{H}$  é a variação de entalpia ou de energia interna;  $\Delta \underline{G}$ , a variação de energia livre de Gibbs; e  $\Delta \underline{S}$ , a variação de entropia.

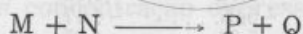
As reacções espontâneas, chamadas *exergónicas*, são caracterizadas por decréscimo de energia livre; nestes casos,  $\Delta \underline{G}$  apresenta sinal negativo. Em se tratando de reacções *endergónicas*, que para ocorrerem exigem aumento de energia livre,  $\Delta \underline{G}$  tem sinal positivo.

Em reacções reversíveis, importa levar em consideração outro factor,  $\Delta \underline{G}^\circ$ , que não deve ser confundido com  $\Delta \underline{G}$ .  $\Delta \underline{G}^\circ$  representa a variação da energia livre padrão de Gibbs quando todos os reagentes e produtos estão em seus estados normais ou concentrações unitárias (uma atmosfera de pressão para gases, líquidos e sólidos puros, e 1 molal para solutos).

$$\Delta \underline{G}^\circ = - 2,303 RT \log K \quad (\text{III})$$

Na equação acima, R representa a constante dos gases (1,98 cal/grau/mol), T é a temperatura absoluta e K, a constante de equilíbrio da reacção.

No caso de uma reacção do tipo:



$$\Delta \underline{G} = \Delta \underline{G}^\circ + 2,303 RT \log \frac{[P][Q]}{[M][N]} \quad (\text{IV})$$

em que  $\frac{[P][Q]}{[M][N]} = K$

Em qualquer reacção considerada,  $\Delta \underline{G}^\circ$  é sempre constante, por se tratar de quantidade definida, ao passo que  $\Delta \underline{G}$  poderá assumir qualquer valor, dependendo das condições em que a reacção se realiza. Se os reagentes e os produtos estiverem em seu estado normal,  $\Delta \underline{G} = \Delta \underline{G}^\circ$ . No estado de equilíbrio,  $\Delta \underline{G} = 0$ , e a equação (IV) assume a forma (III), vista acima.

No caso da farmacologia molecular, o fenómeno correspondente à reacção química entre duas substâncias é a interacção do fármaco com o respectivo receptor. Também aí têm sido aplicadas as leis da termodinâmica [6, 7, 48], nem sempre, porém, com as devidas cau-

telas [45] \*. Importa lembrar que os sistemas biológicos diferem dos sistemas químicos em dois aspectos fundamentais [17, 44]:

1) São essencialmente *abertos* e não fechados, não havendo possibilidade de tratar os fenómenos que ali ocorrem como sendo processos reversíveis. Os fenómenos biológicos devem, portanto, ser estudados sob o ponto de vista da nova termodinâmica de processos irreversíveis \*\*.

2) Por serem altamente estruturados, contêm número *reduzido* de partículas idênticas que, não raro, é insuficiente para um tratamento termodinâmico. Por esta razão aos fenómenos biológicos aplica-se a termodinâmica dos sistemas pequenos [36, 37].

Os resultados de inúmeras pesquisas de farmacologia molecular têm sido analisados sob o ponto de vista termodinâmico. Por exemplo, num estudo recente da interacção de analgésicos derivados da acetanilida,  $C_6H_5-NHCOCH_3$ , com a albumina sérica bovina, Dearden e Tomlinson [20] encontraram as constantes termodinâmicas arroladas na Tabela 1. Verificaram que a energia livre de ligação ( $\Delta G$ )

TABELA 1  
Constantes termoninâmicas da associação de acetanilidas  
p-substituídas com a albumina sérica bovina [20]

Substituinte em posição para	Constante de associação a 19° (litro/mol)	$\Delta G$ a 19° (kcal/mol)	$\Delta H$ (kcal/mol)	$\Delta S$ (cal/mol-grau)	$\sigma$ , constante de Hammett relativa ao substituinte em para
-H	21 500	-5,78	-3,63	+ 7,36	0
-CH <sub>3</sub>	29 800	-5,97	-4,47	+ 5,19	-0,170
-OH	17 000	-5,64	-4,95	+ 2,39	-0,370
-OCH <sub>3</sub>	16 100	-5,62	-4,73	+ 3,04	-0,268
-OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	20 200	-5,73	-4,23	+ 5,11	-0,240
-NH <sub>2</sub>	7 000	-5,14	-5,74	- 2,08	+0,680
-F	29 900	-5,97	-3,39	+ 8,80	+0,062
-Cl	62 500	-6,41	-2,99	+11,66	+0,227
-Br	105 500	-6,72	-2,72	+13,60	+0,232
-I	142 000	-6,88	-2,89	+13,69	+0,180
-CHO	26 000	-5,90	-2,58	+11,33	+0,265
-COOH	13 400	-5,52	-2,15	+11,47	+0,450
-NO <sub>2</sub>	48 600	-6,26	-0,57	+19,41	+0,778

\* No estudo da termodinâmica de macromoléculas, especialmente de biopolímeros, importa levar em consideração, segundo Benzinger [8], um termo adicional na equação que expressa o equilíbrio químico. A cinética dos fenómenos biológicos, por sua vez, foi interpretada [61] à luz da termodinâmica do não-equilíbrio [39].

\*\* Esta termodinâmica serviu de base para analisar o processo de transporte através de modelos de membranas biológicas [11, 23, 24, 60], para estudar o transporte de íons através de membranas de nervos [46] e par formular uma teoria geral de transporte simplástico [63].

é negativa em todos os casos, indício de que a interacção é exergónica. A correlação entre a entalpia de associação ( $\Delta H$ ) e a constante do substituinte de Hammett,  $\sigma$ , é excelente, denotando, segundo os autores, que a interacção é inespecífica. A correlação entre a entropia de ligação ( $\Delta S$ ) e  $\sigma$  é também muito boa, o que sugere que a hidratação do fármaco não ligado é função da separação de carga dentro da molécula.

Dados termodinâmicos têm servido de base para a formulação das teorias mais modernas da acção dos fármacos, como a da «perturbação macromolecular» [6] e a da «charneira» [52, 53].

## II. PRINCÍPIO DE FERGUSON

Observando que, numa série homóloga, certas propriedades físicas, tais como solubilidade em água, pressão de vapor, actividade capilar, distribuição entre fases imiscíveis, se alteram segundo uma progressão geométrica, Ferguson [29] concluiu que «as concentrações molares tóxicas ... são, em grande parte, determinadas por um equilíbrio de distribuição entre fases heterogéneas — a fase circum-ambiente externa, em que se mede a concentração, e uma biofase, que é o sítio primário da acção tóxica».

Com base nesse raciocínio, da equação (IV) deduziu a relação:

$$\ln a = \frac{(\bar{G} - G_0)}{RT}$$

em que:  $a$  representa a concentração expressa como actividade termodinâmica do fármaco num gás ou numa solução;  $\bar{G}$ , a sua energia livre molal parcial num estado determinado;  $G_0$ , a sua energia molal parcial no estado normal;  $R$ , a constante dos gases; e  $T$ , a temperatura absoluta.

Segundo Ferguson, é desnecessário definir a natureza da biofase, tão pouco medir a concentração do fármaco nesse sítio. Existindo condições de equilíbrio entre o fármaco na biofase molecular e na exobiofase, isto é, nos fluídos extracelulares, a tendência do fármaco de escapar de cada fase é a mesma, ainda que as concentrações numa e noutra sejam diferentes [19, 28]. A essa tendência se dá o nome de *actividade termodinâmica*. Ela equivale aproximadamente ao grau de saturação de cada fase. Portanto, a medida da actividade termodinâmica na fase externa (exobiofase) corresponde à actividade termodinâmica na biofase molecular. E, na prática, é aquela que se toma, já que não se pode medir esta.

Em se tratando de fármacos voláteis, calcula-se a sua actividade termodinâmica a partir da expressão  $p_t / p_s$ , em que  $p_t$  é a pressão

parcial da substância em solução e  $p_s$  a pressão de vapor saturado da substância à temperatura da experiência. No caso de droga não volátil, a actividade termodinâmica é calculada empregando-se a relação  $S_t/S_o$  onde  $S_t$  é a concentração molar da droga e  $S_o$  a solubilidade correspondente.

Visto que tanto  $p_s$  como  $S_o$  são constantes, é evidente que, observando as variações de  $p_t$  ou  $S_t$ , se pode determinar, de maneira relativamente simples, se a acção do fármaco se deve directamente às suas propriedades físico-químicas ou primordialmente à sua estrutura química.

No primeiro caso, a relação  $p_t/p_s$  ou  $S_t/S_o$  será alta, em geral da ordem de 1 a 0,01, porque a droga exercerá pressão parcial elevada ou estará presente em altas concentrações na fase externa, em virtude de encontrar-se distribuída por todo o organismo, sem estar muito firmemente ligada a nenhuma célula dele. O equilíbrio estabelecido será entre a exobiofase e a biofase molecular.

No segundo caso, a relação  $p_t/p_s$  ou  $S_t/S_o$  deverá ser bastante baixa, em geral menor do que 0,001, porquanto será pequena a pressão parcial ou a concentração do fármaco na fase externa, visto estar ele mais ou menos firmemente ligado a certos receptores em determinadas células do organismo. O equilíbrio estabelecido, neste caso sujeito à lei da acção das massas, será entre o fármaco e os receptores na célula ou dentro dela.

Examinando-se a Tabela 2, percebe-se que as quatro primeiras substâncias, cujas actividades termodinâmicas são equiparáveis, se deve quase certamente às suas propriedades físico-químicas, enquanto que a vanilina, cuja actividade termodinâmica é baixíssima, não se enquadrando dentro do estreito limite das precedentes, deve actuar provavelmente em razão de sua estrutura química.

## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

TABELA 2  
Inibição enzimática da desidrogenase succínica  
e actividade termodinâmica [56]

Composto	Concentração molar que causa 50 % de inibição do consumo de oxigénio	a
Etiluretana	0,65	0,117
Feniluretana	0,003	0,20
Propionitrila	0,48	0,24
Valeronitrila	0,08	0,36
Vanilina	0,011	0,0002



O princípio de Ferguson tem sido aplicado para explicar o modo de acção de vários fármacos (1, 13, 44, 50, 65). Assim, por exemplo, com base nos valores da actividade termodinâmica de alguns fluorfenóis (Tabela 3) e nas correlações lineares entre as concentrações equitóxicas destes compostos à *Escherichia coli* (99,9% de mortalidade após 50 minutos de contacto) e seus pesos moleculares, número de átomos de fluor como substituintes e solubilidades na água (Figura 1) conclui-se que tais bactericidas devem a sua actividade às propriedades físico-químicas [50].

TABELA 3

Solubilidades e actividades termodinâmicas das soluções tóxicas do fenol e dos fluorfenóis (A concentração equitóxica é a que produz 99,9% de mortalidade de *E. coli* em 50 minutos a 25° [50])

Composto	$\lambda$ max nm	Solubilidade mol/litro a 25° ( $\underline{S}_o$ )	Concentração equitóxica mol/litro ( $\underline{S}_t$ )	Actividade termodinâmica da solução tó- xica $\underline{S}_t / \underline{S}_o$
Fenol	270	0,93	0,088	0,095
<i>o</i> -Fluorfenol	267	0,72	0,060	0,083
<i>m</i> -Fluorfenol	267,5	0,69	0,042	0,061
<i>p</i> -Fluorfenol	277	0,72	0,060	0,083
Trifluorfenol	274	0,42	0,020	0,048
Tetrafluorfenol	226,5	0,37	0,0096	0,026
Pentafluorfenol	265	0,30	0,0066	0,022

## da Ordem dos Farmacêuticos

Com base nas leis da termodinâmica, Higuchi & Davis [35] propuseram recentemente um novo meio de correlacionar a estrutura química com a actividade farmacológica. Partiram das seguintes suposições: 1) qualquer sistema de ensaio de fármacos — cultura de microrganismos, camundongo ou homem — consiste de várias regiões físicas muito diversas tendo, *ipso facto*, afinidades muito diversas pelos fármacos administrados; 2) a actividade biológica é determinada pela quantidade relativa do fármaco apreendida, do sistema total, pelo receptor. Aplicando também o princípio de Ferguson, segundo o qual o equilíbrio ou quase-equilíbrio termodinâmico é atingido em todas as fases acessíveis ao fármaco, e considerando que a actividade termodinâmica do fármaco no compartimento do receptor é a mesma que

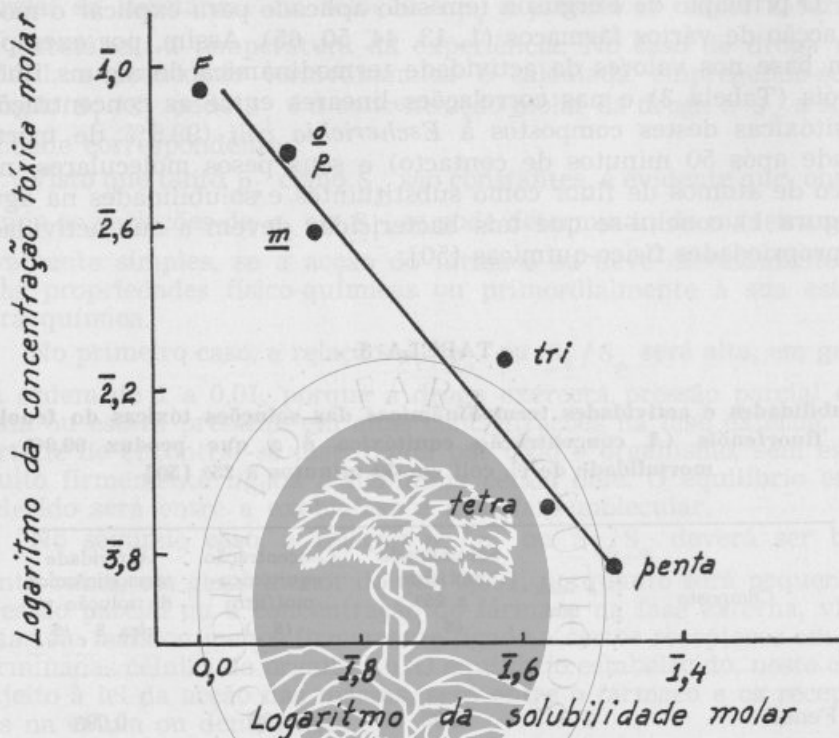


Fig. 1

Relação entre o logaritmo da solubilidade molar dos fluorfenóis e o logaritmo de sua concentração tóxica molar (99,9% de mortalidade em 50 minutos). F = fenol; o = o-fluorfenol; m = m-fluorfenol; p = p-fluorfenol; tri = trifluorfenol; tetra = tetrafluorfenol; penta = pentafluorfenol [50].

## Centro de Documentação Farmacêutica

nas demais fases pelas quais o fármaco se distribui (aquosa, tecidual, lipídica, proteica, etc.), deduziram que a concentração efectiva do fármaco no receptor é dada pela fórmula:

$$E = \frac{C_r}{S} = \frac{K_r}{\frac{V_a}{V} + \sum_{i=1}^n K_i \frac{V_i}{V}}$$

em que  $E$  é a concentração do fármaco complexado com o receptor por quantidade unitária do fármaco administrado, relacionada directamente com a esperada actividade relativa do fármaco;  $C_r$ , a concentração efectiva do fármaco no receptor;  $S$ , a quantidade do fármaco administrada ao sistema em ensaio;  $K_r$ , o valor do coeficiente de partição do sítio receptor;  $V_a$ , o volume da fase aquosa; e

a somatória dos produtos dos valores dos coeficientes

de partição nos diversos compartimentos acessíveis ao fármaco pelos valores dos volumes dos respectivos compartimentos.

Em sistemas em que a maior parte do fármaco se encontra na fase aquosa, isto é, quando  $V_a \gg \sum_{i=1}^n K_i V_i$ , a substituição de um

átomo de hidrogénio do fármaco pelo grupo metila resultará em aumento acentuado da lipofilicidade e da actividade, com aumento correspondente de  $K_i$ , coeficiente de partição do sítio receptor; a substituição por um grupo etila, por sua vez, redundará em aumento correspondente ao quadrado do primeiro aumento; vale dizer, se o primeiro aumento foi por um factor de 2,5, o segundo será aproximadamente por 6,25.

Em sistemas em que o fármaco se encontra preponderantemente nas fases teciduais (lipídica, proteica, etc.), isto é, quando

a substituição de um átomo de hidrogénio do

fármaco pela metila resultará em diminuição da actividade desde que o receptor seja de polaridade intermediária. Considerando o caso mais simples, em que as fases teciduais consistem apenas na fase lipídica, a equação  $V$  reduz-se a

$$E = \frac{K_r}{V_a + K_l V_l} = \frac{K_r}{K_l V_l}, \text{ visto que } K_l V_l \gg V_a$$

em que o índice  $l$  significa fase lipídica.

Se o valor de  $K_l$  aumentar, digamos por um factor de 4,5, mesmo que o valor de  $K_r$  aumente por um factor de 2,5 a actividade do fármaco diminuirá, por um factor igual a 2,5/4,5, isto é, 5/9.

No caso de o substituinte ser a etila, o decréscimo da actividade será por um factor igual a 25/36.

Introduzindo-se na molécula do fármaco matriz os substituintes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , etc., a concentração efectiva do fármaco complexado com o receptor será dada pela equação

$$\underline{E} = \frac{\underline{K}_r^* (\underline{F}\alpha)_r (\underline{F}\beta)_r (\underline{F}\gamma)_r \dots}{\underline{V}_a + \sum_{i=1}^t \left[ \underline{K}_i^* (\underline{F}\alpha)_i (\underline{F}\beta)_i (\underline{F}\gamma)_i \dots \right] \underline{V}_i} \quad \text{VII}$$

em que o asterisco (\*) se refere às propriedades de partição do fármaco matriz no compartimento  $i$ , e os  $F$ 's denotam a contribuição factorial do grupo em modificá-las com relação a cada biofase; isto é, o valor de  $\underline{F}$  é a razão do coeficiente de partição de um composto substituído pelo coeficiente de partição do composto matriz.

Para comparar as actividades relativas de compostos derivados com as dos compostos matrizes, deduziram a seguinte equação:

$$\underline{R} = \frac{\underline{E}}{\underline{E}^*} = \frac{\underline{K}_r \left( \underline{V}_a + \sum_{i=1}^t \underline{K}_i \underline{V}_i \right)}{\underline{K}_r^* \left( \underline{V}_a + \sum_{i=1}^t \underline{K}_i \underline{V}_i \right)} \quad \text{VIII}$$

Se  $\underline{R} > 1$ , o composto derivado será mais activo do que o composto matriz; inversamente, se  $\underline{R} < 1$ , será menos activo.

Aplicada a derivados obtidos mediante introdução de grupos metilénicos na molécula do composto matriz e tomando  $\underline{V}_a = 1$  e  $\underline{K}_i^* = 0,33$ , a representação gráfica da equação acima consiste em curvas parabólicas, cujo formato difere segundo os valores de  $\underline{F}$ . No caso de  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_1} = \underline{F}_{(\text{CH}_2)_r}$ , a actividade dos compostos substituídos aumenta geomètricamente com o aumento do número de grupos metilénicos introduzidos, até atingir um valor máximo, permanecendo em seguida quase constante (Figura 2.2). Se  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_1} = 2 \underline{F}_{(\text{CH}_2)_r}$ , a actividade do composto substituído aumenta segundo uma relação parabólica (Figura 2.3).



Substituindo, na equação VIII,  $\bar{F}$  por seus valores experimentalmente determinados (4,5 para  $\text{CH}_2$ , 1000 para  $\text{C}_6\text{H}_5$  e  $4 \times 10^{-4}$  para OH — que são os factores da variação dos coeficientes de partição correspondentes à variação de energia livre em transferir os referidos grupos substituintes da fase aquosa para a fase lipídica) e atribuindo valores arbitrários para  $\underline{K}_1$ ,  $\underline{V}_1$  e  $\underline{V}_a$ , Higuchi & Davis [35] construíram a Tabela 4.

Segundo Higuchi & Davis [35], o seu método, descrito acima, dentro de certos limites permite prever a lipofilicidade necessária para produzir a actividade óptima para uma dada série de fármacos.

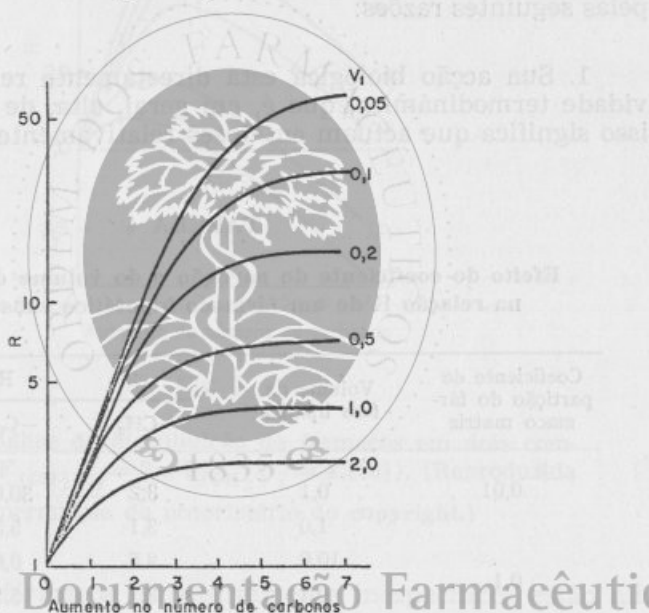


Fig. 2

Modelo de análise de distribuição de fármacos em dois compartimentos:  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_1} = 3$  e  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_1} = 3$ . (Reproduzida com permissão do proprietário do copyright).

### III. ESTRUTURA E ACTIVIDADE

Considerando o modo de exercerem a acção biológica, os fármacos podem ser divididos em duas grandes classes: estruturalmente inespecíficos e estruturalmente específicos [5, 19, 56].

### A. Fármacos estruturalmente inespecíficos

Fármacos estruturalmente inespecíficos são aqueles em que a acção biológica não está subordinada directamente à estrutura química, mas apenas na medida em que esta afecta as propriedades físico-químicas, sendo essas as responsáveis pelo efeito farmacológico que eles produzem [4]. Entre tais propriedades, podem ser citadas a absorção, a solubilidade, o  $pK_a$  e o poder oxi-redutor, que influem na permeabilidade, despolarização das membranas, coagulação das proteínas, formação de complexos [54]. Admite-se que os fármacos estruturalmente inespecíficos actuam por um processo físico-químico pelas seguintes razões:

1. Sua acção biológica está directamente relacionada com actividade termodinâmica, que é, em geral, alta, de ordem de 1 a 0,01; isso significa que actuam em doses relativamente elevadas.

TABELA 4

Efeito do coeficiente de partição e do volume da fase lipídica na relação R de um fármaco hipotético substituído [35]

Coeficiente de partição do fármaco matriz	Volume da fase lipídica	R		
		-CH <sub>2</sub>	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	-OH
0,01	0,1	3,2	30,0	0,020
	1,0	3,1	5,5	0,0202
	10,0	2,5	0,65	0,022
0,1	0,1	3,1	5,5	0,0202
	1,0	2,5	0,65	0,022
	10,0	1,13	0,12	0,04
1,0	0,1	2,5	0,65	0,022
	1,0	1,13	0,12	0,04
	10,0	0,76	0,066	0,22
10,0	0,1	1,13	0,12	0,04
	1,0	0,76	0,066	0,22
	10,0	0,72	0,060	1,96
100,0	0,1	0,76	0,066	0,22
	1,0	0,72	0,060	1,96
	10,0	0,71	0,060	14,4

Reproduzida com permissão do proprietário do copyright.

2. Embora apresentem estruturas químicas muito variadas, sem nenhuma relação entre si, provocam reacção biológica semelhante.

3. Pequenas variações na sua estrutura química não resultam em alterações acentuadas na acção biológica.

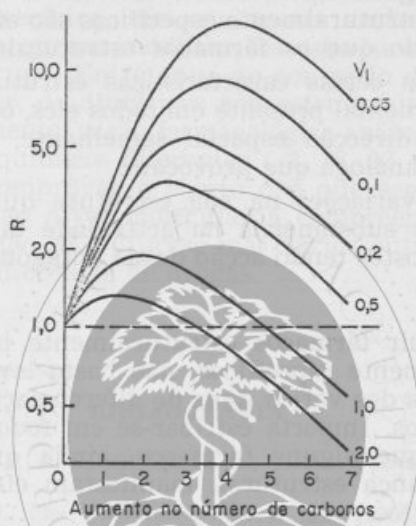


Fig. 3

Modelo de análise de distribuição de fármacos em dois compartimentos:  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_r} = 2$  e  $\underline{F}_{(\text{CH}_2)_1} = 4$  [35]. (Reproduzida com permissão do proprietário do **copyright**.)

Exemplos de fármacos estruturalmente inespecíficos estão alistados na Tabela 5.

## da Ordem dos Farmacêuticos

### B. Fármacos estruturalmente específicos

Fármacos estruturalmente específicos são aqueles cuja acção biológica decorre essencialmente de sua estrutura química, que deve adaptar-se à estrutura química tridimensional dos receptores existentes no organismo, formando um complexo com eles (4, 5). É evidente, portanto, que, nesses fármacos, deverão desempenhar papel decisivo a reactividade química, a forma, o tamanho, a disposição estereoquímica da molécula e a distribuição dos grupos funcionais, bem como a ressonância, os efeitos indutivos, a distribuição electrónica e as ligações possíveis com o receptor, além de outros factores [16, 19, 25, 35].

Vários motivos levam a crer que o efeito farmacológico produzido por estas drogas se deve à complexação delas com uma peque-

níssima área quimicamente reactiva de certas células do organismo, área esta cuja topografia e grupos funcionais são ou se tornam complementares aos desses fármacos:

1. A sua acção biológica não depende apenas da actividade termodinâmica, que é geralmente baixa, inferior a 0,001; isso significa que os fármacos estruturalmente específicos são eficientes em concentrações menores do que os fármacos estruturalmente inespecíficos.

2. Apresentam certas características estruturais em comum, e a estrutura fundamental presente em todos eles, orientando os grupos funcionais numa direcção espacial semelhante, é responsável pela reacção biológica análoga que provocam.

3. Pequenas variações na sua estrutura química podem resultar em alterações substanciais na actividade farmacológica, obtendo-se assim compostos tendo acção desde antagónica até análoga a de fármaco matriz.

Para distinguir fármacos estruturalmente inespecíficos de fármacos estruturalmente específicos, não basta levar em consideração apenas um ou dois dos vários itens de diferenciação, alguns dos quais foram mencionados. Importa estribar-se em *todos*. Ocorre com relativa frequência que alguns fármacos, ainda que não apresentem nenhuma semelhança estrutural, manifestam efeitos farmacológicos

TABELA 5

Concentração bactericida e actividade termodinâmica de compostos diversos [56]

Substância	Concentração bactericida (moles/litro)	<i>a</i>
Fenol	0,097	0,11
o-Cresol	0,039	0,17
Etanol	4,86	0,32
Octanol	0,0034	0,88
Propaldeído	1,08	0,37
Timol	0,0022	0,38
Acetona	3,89	0,40
Anilina	0,17	0,44
Ciclo-hexanol	0,18	0,47
Resorcinol	3,09	0,54
Metil propil cetona	0,39	0,56
Butiraldeído	0,39	0,76



semelhantes, que não são sensivelmente alterados por pequenas variações estruturais dentro de cada categoria química,

Os diuréticos, por exemplo, apresentam ampla variedade de estrutura química (3, 9, 10, 12, 14, 15, 21, 30, 31, 33, 34, 41, 47, 55, 57, 59, 62, 67) — metilxantínica, pirimidínica, triazínica, sulfamídica, organomercurial, benzotiadiazínica, tiazídica, espirolactónica, pteridínica, acilfenoxiacética, pirazínica, etc. — e a sua acção diurética não é muito afectada por pequenas modificações estruturais da molécula do protótipo de cada grupo. Entretanto, ao contrário do que à primeira vista poderia parecer, os diuréticos são estruturalmente *específicos*. Produzem, efectivamente, acção farmacológica análoga, mas interrompendo processos bioquímicos diferentes (2, 18, 22, 26, 32, 42, 43, 51, 69, 70). Isso vem comprovar o acerto dos que seguem a tendência actual de procurar ao nível molecular a compreensão dos diversos modos de produzir não só a diurese mas vários outros efeitos farmacológicos por tipos diferentes de drogas.



### BIBLIOGRAFIA

- [1] ALLAWALA, N. A. & RIEGELMAN, S., *J. Am. Pharm. Ass., Sci. Ed.*, **43**, 93 (1954).
- [2] BABA, W. I. *et al.*, *Clin. Pharmacol. Ther.*, **7**, 212 (1966).
- [3] BANK, N., *Annu. Rev. Med.*, **19**, 103 (1968).
- [4] BARLOW, R. B., *Introduction to Chemical Pharmacology*, 2nd ed., Methuen, London, 1964.
- [5] BECKETT, A. H., *Progr. Drug Res.*, **1**, 445 (1959).
- [6] BELLEAU, B., *Advan. Drug Res.*, **2**, 89 (1965).
- [7] BELLEAU, B. & LACASSE, G., *J. Med. Chem.*, **7**, 768 (1964).
- [8] BENZINGER, T. H., *Nature (London)*, **229**, 100 (1971).
- [9] BERLINER, R. W. & ORLOFF, J., *Pharmacol. Rev.*, **8**, 137 (1956).
- [10] BEYER, K. H. & BAER, J. E., *Pharmacol. Rev.*, **13**, 517 (1961).
- [11] BOTRE, C. *et al.*, *Farmacol. (Pavia). Ed. Sci.*, **26**, 605 (1971).
- [12] BREST, A. N. *et al.*, *Am. J. Cardiol.*, **22**, 168 (1968).
- [13] BURT, E. T., *Ann. Appl. Biol.*, **32**, 247 (1945).
- [14] CAFRUNY, E. J., *Annu. Rev. Pharmacol.*, **8**, 131 (1968).
- [15] CAFRUNY, E. J., *Pharmacol. Rev.*, **20**, 89 (1968).
- [16] CAMMARATA, A. & MARTIN, A. N., «Physical Properties and Biological Activity», in Burger, A., ed., *Medicinal Chemistry*, 3rd ed., Wiley-Interscience, New York, 1970, pp. 118-163.
- [17] CIURES, A. & MARGINEANU, D., *J. Theor. Biol.*, **28**, 147 (1970).
- [18] CRABBÉ, J., *Arch. Intern. Pharmacodyn. Théor.*, **173**, 474 (1968).
- [19] DANIELS, T. C. & JORGENSEN, E. C., «Physicochemical Properties in Relation to Biologic Action», in Wilson, C. O., Gisvold, O. & Doerge, R. F., eds., *Textbook of Organic Medicinal and Pharmaceutical Chemistry*, 6th ed., Lippincott, Philadelphia, 1971, pp. 5-67.
- [20] DEARDEN, J. C. & TOMLINSON, E., *J. Pharm. Pharmacol.*, **22**, Suppl. 53 S (1970).
- [21] de STEVENS, G., *Diuretics: Chemistry and Pharmacology*, Academic, New York, 1963.

- [22] DIRKS, J. H. & SEELY, J. F., *Annu. Rev. Pharmacol.*, **9**, 73 (1969).
- [23] DORST, W. & BOTRÉ, C., *Farmaco, (Pavia), Ed. Sci.*, **23**, 399 (1968).
- [24] DORST, W. *et al.*, *Farmaco, (Pavia), Ed. Sci.*, **25**, 341 (1970).
- [25] DUPERRAY B., *Chim. Ther.*, **6**, 305 (1971).
- [26] FANESTIL, D. D., *Annu. Rev. Med.*, **20**, 223 (1969).
- [27] FAST, J. D., *Entropy*, McGraw-Hill, New York, 1963.
- [28] FASTIER, F. N., *Annu. Rev. Pharmacol.* **4**, 51 (1964).
- [29] FERGUSON, J., *Proc. Roy. Soc. (London)*, Ser. B., **127**, 387 (1939).
- [30] FOURNIER, A., *Présse Med.*, **78**, 705, 945 (1970).
- [31] GODFROID, J.-J., *Chim. Ther.*, **3**, 376 (1968).
- [32] GUSSIN, R. Z. & GAFRUNY, E. J., *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, **153**, 148 (1966).
- [33] HERKEN, H., ed., *Diuretica. Handbuch der experimentellen Pharmakologie*, Band XXIV, Springer, Berlin, 1969.
- [34] HESS, H.-J., *Annu. Rep. Med. Chem.*, **1967**, 62 (1968).
- [35] HIGUCHI, T. & DAVIS, S. S., *J. Pharm. Sci.*, **59**, 1376 (1970).
- [36] HILL, T. L., *J. Chem. Phys.*, **36**, 3182 (1962).
- [37] HILL, T. L., *Thermodynamics of Small Systems*, Benjamin, New York, 1964.
- [38] HILL, T. L., *Thermodynamics for Chemists and Biologists*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1968.
- [39] KATCHALSKY, A. & CURRAN, P., *Nonequilibrium Thermodynamics in Biophysics*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1967.
- [40] KAUZMANN, W., *Thermodynamics and Statistics: with Applications to Gases*, Benjamin, New York, 1967.
- [41] KIRKENDALL, W. M. & STEIN, J. H., *Am. J. Cardiol.*, **22**, 162 (1968).
- [42] LONDON, E. J. & FORTE, L. R., *Annu. Rev. Pharmacol.*, **11**, 171 (1971).
- [43] LARAGH, J. H., *Circulation*, **26**, 121 (1962).
- [44] LAYCOCK, H. H. & MULLEY, B. A., *J. Pharm. Pharmacol.*, **22**, Suppl., 157 S (1970).
- [45] LEHNINGER, A. L., *Riöenergetics: The Molecular Basis of Biological Energy Transformations*, 2nd ed. Benjamin, New York, 1971.
- [46] LIQUORI, A. M., *Farmaco, (Pavia), Ed. Sci.*, **23**, 999 (1968).
- [47] MAREN, T. H., *Physiol. Rev.*, **47**, 595 (1967).
- [48] McDONALD, C., *J. Pharm. Pharmacol.*, **22**, 774 (1970).
- [49] NASH, L. K., *J. Chem. Educ.*, **42**, 64 (1965).
- [50] PINNEY, R. J. & WALTERS, V., *J. Pharm. Pharmacol.*, **21**, 415 (1969).
- [51] RADO, J. P. *et al.*, *J. Clin. Pharmacol.*, **7**, 142 (1967).
- [52] ROCHA e SILVA, M., *European J. Pharmacol.*, **6**, 294 (1969).
- [53] ROCHA e SILVA, M., *Physiol. Chem. Physics*, **2**, 503 (1970).
- [54] SEKERA, A., *Actualités Pharmacol.* **14**, 197 (1961).
- [55] SELDIN, D. W., ed., «The Physiology of Diuretic Agents», *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **139**, 275-539 (1966).
- [56] SEXTON, W. A., *Chemical Constitution and Biological Activity*, 3rd ed., Spon, London, 1963.
- [57] SKALETZKY, L. L. *et al.*, *J. Med. Chem.*, **12**, 977 (1969).
- [58] SONNTAG, R. E. & Van WYLEN, G. J., *Introduction to Thermodynamics: Classical and Statistical*, Wiley, New York, 1971.
- [59] SPRAGUE, J. M., *Topics Med. Chem.*, **2**, 1 (1968).
- [60] STANKOVIC, S. *et al.*, *Farmaco, (Pavia), Ed. Sci.*, **26**, 597 (1971).
- [61] THELLIER, M., *J. Theor. Biol.*, **31**, 389 (1971).
- [62] TOPLISS, J. G., «Diuretics», in Burger, A., ed., *Medicinal Chemistry*, 3rd ed., Wiley-Interscience, New York, 1970, pp. 976-1018.

- [63] TYREE, M. T., *J. Theor. Biol.*, **26**, 181 (1970).  
[64] WASER, J., *Basic Chemical Thermodynamics*, Benjamin, New York, 1966.  
[65] WEINER, N. D. et al., *J. Pharm. Pharmacol.*, **17**, 350 (1965).  
[66] WELLS, P. R., *Linear Free Energy Relationships*, Academic, New York, 1968.  
[67] WILSON, G. M., *Practitioner*, **200**, 39 (1968).  
[68] WURMSER, R. & BANERJEE, R., «Equilibrium and Thermodynamic Considerations», in Florin, M. & Stotz, E. H., eds., *Comprehensive Biochemistry*, Vol. XII, Elsevier, Amsterdam, 1964, pp. 18-61.  
[69] ZINS, G. R., *Annu. Rep. Med. Chem.*, **1970**, 88 (1971).  
[70] ZUCHELLI, P. et al., *Min. Med.*, **59**, 129 (1968).



## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

# POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

DAMASO José DA SILVA GOMES (\*)

*Licenciado em Ciências Físico-Químicas e Doutor em Farmácia  
Prof. do 3.º Grupo de Cadeiras da Escola Naval  
Equiparado a Investigador do INII*

1. Ao Princípio era o Verbo, e na serenidade tranquila da não existência tudo era pureza.

O despertar da vida fez-se acompanhar das inevitáveis consequências e iniciou a corrupção.

Por um lado, os fenómenos inerentes à manutenção da própria vida, como as necessidades de alimentação, respiração e reprodução, por outro os que decorrem da fatal contingência da morte, arrastando a degradação da matéria e a sua putrefacção, perturbaram o estado de pureza ideal, desencadeando fenómenos de corrupção, que, primeiro lentamente, e depois rapidamente com o aumento do número e da complexidade dos seres vivos, assumiu aspecto cuja importância se foi impondo cada vez com maior acuidade.

À medida que os seres existentes se foram tornando mais perfeitos na escala biológica, as suas necessidades vitais foram crescendo, fazendo com isso aumentar o grau de poluição que a sua vida e a sua morte vieram impor, mas foi com o aparecimento do homem que o processo irreversível da poluição se iniciou com as características que lhe conhecemos, até acabar por se tornar no problema que nos é posto, e cuja solução se não antevê.

A descoberta do fogo, a formação de aglomerados populacionais, as lutas contra os seres vivos de que se alimenta, e as lutas desencadeadas entre os membros da espécie humana, tornaram-se vectores directos ou indirectos de um aumento constante da corrupção do ambiente.

Animais de espécies inferiores parasitaram os aglomerados populacionais e foram parasitados por sua vez por outros seres, muitas vezes portadores de agentes patogénicos, começando a percorrer-se um ciclo vicioso que ainda perdura, com os seus reflexos nas epidemias endémicas de cólera do Oriente, periódica causa de graves temores, ou do paludismo, que só recentes técnicas de combate, resultantes do progresso da indústria química, conseguiram dominar.

A concentração do homem em lugares de escolha, foi assim, e sempre, factor determinante de um aumento da adulteração das con-

---

(\*) *Endereço actual*: Instituto Nacional de Investigação Industrial  
Rua Garcia de Orta, 68-1.º, LISBOA-2, PORTUGAL.



dições ambientais, e o fogo, descoberta miraculosa dos nossos remotos antepassados, e imprescindível utilidade da vida actual, veio a tornar-se, nos grandes centros habitacionais, um dos mais importantes agentes de poluição que somos forçados a considerar.

A poluição das águas dos rios e dos lagos, pelos dejectos, pelos cadáveres carreados nas correntes, e pelas infiltrações das águas já poluídas através dos terrenos confinantes, iniciou-se desde muito cedo, pois é de crer que o homem da idade lacustre, com reduzidas noções de higiene e de profilaxia, não deveria preocupar-se grandemente em evitar um fenómeno que aliás muito provavelmente não conhecia.

Verificar como ainda há pouco tempo foi necessária a acção policial para impedir o consumo da água de uma fonte a que o vulgo atribuía qualidades curativas excepcionais, e que as análises laboratoriais mostraram encontrar-se fortemente inquinada, dá ideia da pouca preparação que ainda hoje se possui sobre tão importante assunto, e permite imaginar como as coisas se passariam em tempos recuados.

Elemento fundamental da higienização foi a construção das condutas de água para abastecimento dos centros populacionais, mercedoras já da melhor atenção por parte dos romanos, e atingindo o seu expoente mais elevado entre nós no reinado de D. João V com a construção do Aqueduto das Águas Livres, ou das condutas de esgotos que a legislação vai pouco a pouco tornando obrigatória, afastando-nos dos tempos ainda não muito recuados do *água vai!* em que a via pública era o vazadoiro de dejectos e imundícies de toda a espécie que a população a ela lançava.

Os pequenos aglomerados, cuja importância não impôs ainda a construção de sistemas de saneamento e higiene, encontram-se à mercê de factores variáveis, e sobretudo de uma falta de limpeza, que é como dizer de uma poluição do meio, determinante do ressurgimento frequente de certas epidemias como a de tifo, que se mantém com carácter endémico felizmente localizado e pouco virulento em diversas regiões do país.

A poluição da atmosfera, a poluição das águas, a poluição das terras, fomentada em alta escala pelo uso e abuso dos pesticidas, aceleradas pelas técnicas industriais dos nossos dias que as impulsionam em ritmo cada vez mais rápido, enquadram-se num fenómeno geral, fonte de múltiplas preocupações, que se vem denominando *poluição da natureza*.

O aproveitamento e utilização de minérios radio-activos, com a indispensável concentração do seu teor em elementos radiantes, é origem de um outro tipo de poluição conhecido por *poluição rádio-activa*, e aparece também como consequência do progresso técnico, e como seu inevitável malefício.

A indústria farmacêutica, colocando ao dispor da humanidade um arsenal de novos meios de combate à doença, veio proporcionar os agentes de um novo tipo de poluição, consequência do nível de civilização e prosperidade atingidos pelo homem, mas nem por isso menos

nefasto, o da *poluição medicamentosa*, resultante do abuso indiscriminado que por vezes se faz dos seus agentes.

Os meios de transporte urbano, os motores de combustão, a música gravada e os amplificadores sonoros de que tanto se abusa, são, entre muitos outros, agentes perniciosos de um novo tipo de poluição não menos grave, a *poluição sonora*, e uma certa dissolução de costumes, cujas causas nos não propomos apreciar, mas são sobejamente conhecidas, desencadearam, a culminar, a *poluição moral*, que, como todos os outros tipos de poluição, é tanto mais patente, e de forma tanto mais flagrante, quanto mais densos são os agregados populacionais, e maior é a promiscuidade e a falta de espaços verdes, simultaneamente logradouros e purificadores do ambiente.

Mantém-se a poluição na ordem do dia para políticos, cientistas e sociólogos.

O âmbito em que se considera alarga-se constantemente, e abordar todos os domínios dos seus numerosos aspectos seria tarefa excessiva para trabalho desta índole, pelo que nos limitaremos a considerar apenas um deles, a *poluição atmosférica*, que, no momento presente, nos parece ser o de importância mais relevante quando considerado ao nível das localidades muito populosas.

A sociedade industrial multiplicou as fontes de poluição, criou novas formas de a produzir, e vê-se impotente para destruir o monstro que criou, acabando por não saber qual o caminho que deve seguir no futuro, para que os benefícios das novas descobertas se não transformem em malefícios de maior monta.

A atmosfera das cidades vê-se constantemente sobrecarregada com elementos poluentes, e o mesmo sucede em todos os locais em que a civilização instalou complexos fabris.

Gases, fumos e poeiras, invadem todos os espaços, acompanham o ar que respiramos, e causam prejuízos constantes de todas as espécies, à vida animal, à vegetação, e até, como recentemente tem sido acentuado, aos edifícios e monumentos históricos que constituem património artístico da humanidade.

Em 1966, segundo os cálculos do *U. S. Department of Health*, foram lançadas na atmosfera dos Estados Unidos 142 milhões de toneladas de poluentes, cuja nocividade se manifestou largamente, com efeitos os mais variados.

Os agentes da poluição — gases, fumos, poeiras e cheiros incómodos — adicionam os inconvenientes da sua presença, e, embora tenham muitas vezes origem em fenómenos naturais, são na maior parte das vezes consequência da actividade do homem.

O motor de combustão interna e o motor a reacção, sem os quais não conceberíamos a possibilidade do tipo de vida que se implantou na sociedade civilizada, são, sem dúvida alguma, os mais nefastos contribuintes para a poluição atmosférica, e a existência de aeroportos de grande tráfego dentro dos aglomerados populacionais, tem sido largamente apontada pelos prejuízos que derivam das enormes massas de gases nocivos com que diariamente conspurcam a

atmosfera, e não menos pelo nível de ruído que resulta do seu funcionamento, constituindo permanente choque para o sistema nervoso dos habitantes.

2. O homem necessita para a sua vida do oxigénio que se encontra na atmosfera acompanhado de gases inertes, e constitui cerca de 21% v/v da massa gasosa total.

A poluição atmosférica altera a composição da mistura gasosa onde o oxigénio revitalizante se encontra diluído, de modo que, na dependência da natureza e abundância relativa dos poluentes, a composição do ar inspirado passa a ser diferente, e cada inspiração introduz no nosso organismo, conjuntamente com o ar que nos é necessário, os fumos, as poeiras e os aerossóis que nele se encontram disseminados.

É evidente que uma atmosfera pura, isto é, uma atmosfera totalmente isenta de agentes de poluição, desapareceu com o início da vida, e que, ainda que só desde há poucos anos se insista na existência e nos malefícios da poluição, esta se manifestou desde tempos muito remotos, e com aspectos talvez não menos graves do que os actuais.

A leitura de autores da Idade Média, dá ideia de como a falta de higiene, a acumulação nas ruas de detritos de toda a espécie, e a existência dentro das povoações de indústrias infectas, como a de cortumes e outras, em associação com a ignorância característica da época, constituíam factores de poluição cuja influência se fazia sentir, reflectindo-se pesadamente no estado sanitário das populações.

Os efeitos da poluição, apesar do progresso verificado nos meios de a combater, e as consequências calamitosas que dela advieram, como foi o caso das epidemias de peste e de cólera da Idade Média, e, ainda de certo modo recentemente o da epidemia de Nápoles, evocada de maneira tão vivida por AXEL MUNTHE, não foram durante muito tempo consideradas com a importância que se lhes deveria tributar.

As catástrofes a que nos referimos foram não obstante uma consequência da poluição, como resultado da falta de higiene que não levou à eliminação ou destruição dos resíduos das concentrações humanas, chamariz dos ratos e dos seus parasitas, ou da carência de abastecimento em água potável e alimentos não inquinados.

O problema da poluição atmosférica definiu-se objectivamente na história do fenómeno com a utilização do carvão como meio de aquecimento, tendo sido verificadas as primeiras manifestações de desagrado popular pelo incómodo causado pelo fumo, nos inícios do Século XVI, data a partir da qual, a situação, embora com aspecto muito restrito, começou a impor a sua existência.

Só contudo a partir de 1850 se iniciaram estudos para conhecer e combater as causas da poluição, pois foi a partir de então que as populações citadinas se tornaram recalcitrantes, protestando contra os incómodos que eram obrigadas a sofrer.

O fumo foi o primeiro dos poluentes que atrafu a atenção do público, e foi com a finalidade de limitar a sua produção que se promulgaram as primeiras leis de combate à poluição.

Podemos referir, a título de curiosidade, que um édito real de 1300 proibiu o uso do carvão na cidade de Londres, como meio de aquecimento, em virtude das grandes massas de fumo que a sua combustão lançava na atmosfera.

O dióxido de enxofre foi o segundo poluente a prender a atenção dos responsáveis, em virtude dos incómodos que as grandes massas desta substância introduzidas na atmosfera por efeito da combustão do carvão causavam às populações.

Todavia, só em 1600 se reconheceu que o aparecimento do dióxido de enxofre era devido à presença de enxofre no carvão, tendo tido início por esta época a aplicação de técnicas de coquefacção com a finalidade de desembaraçar o carvão da sua presença.

A qualidade do ácido clorídrico como agente de poluição foi reconhecida a partir de 1800, e foi consequência do progresso da indústria química, nomeadamente da preparação do carbonato de sódio pelo processo de L blanc.

Os incómodos causados estiveram na origem da promulga o na Inglaterra, no ano de 1863, do famoso *Alkali Works Regulation Act*, que impunha restri es   instala o indiscriminada de fábricas de soda, atentos os perigos que advinham para as pessoas, para os animais e para a vegeta o, das descargas de cloro e ácido clorídrico que aquela indústria promovia regularmente para a atmosfera.

Até 1940 a expressão *polui o do ar* referia-se quase que exclusivamente   presença na atmosfera do dióxido de enxofre de várias origens, verificando-se que a bibliografia sobre o assunto, publicada até esta data, se reporta apenas a fumos, poeiras e ao próprio dióxido de enxofre.

Esclareça-se, n  obstante, que esta bibliografia   extremamente pobre, e que os interessados pelo assunto foram em número muito reduzido.

Nos Estados Unidos a luta contra os efeitos da polui o iniciou-se com certa insistência a partir de 1880, mas os habitantes não foram receptivos para a assimila o das razões que lhes eram expostas e, ainda em 1925, os autores que se manifestavam na defesa contra a polui o não conseguiram fazer-se ouvir, e raramente encontravam quem desse crédito às suas palavras.

Pouco a pouco foi-se reconhecendo que a polui o era um perigo e foi-se compreendendo a necessidade de a combater, tendo, por cerca de 1930, cidades como St. Louis e Pittsburg interditado a venda de carvões com mais de 20% de matéria gorda, obrigando os respectivos negociantes a pôr   disposi o do público combustíveis pouco fumígeros como a antracite, ou carvões tratados como o «carvão Disco», cuja combustão se mostrava poluente em muito menor grau.

Entretanto apareceram no mercado os óleos pesados de petróleo, que passaram a ser utilizados em substitui o do carvão, com as notáveis vantagens de produzir muito menos fumo e dióxido de



enxofre, e os gases naturais dos poços de petróleo, que, fazendo concorrência de preço ao carvão, vieram a ser adoptados em sua substituição.

Na Europa o fenómeno nunca atingiu a gravidade que atingiu na Inglaterra e nos Estados Unidos, acontecendo, o que indicamos pela curiosidade do facto, que textos legais promulgados na Alemanha em 1820 e em 1909 e na Áustria em 1911, consignam já que os indivíduos atingidos por qualquer forma pelos efeitos dos gases evacuados para a atmosfera, têm direito a uma indemnização pelos prejuízos sofridos.

**3. A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA** entrou no domínio público de maneira espectacular, passando a receber as atenções que se tornou necessário tributar-lhe, quando em 1943 (o primeiro acidente de vulto registado, verificou-se em 1940, mas passou quase despercebido), a cidade de Los Angeles se viu invadida por um tipo especial de poluição, que, associado em permanência ao seu nome, lhe conferiu uma triste celebridade.

As catástrofes do Vale do Mosa na Bélgica, em 1930, de Donora nos Estados Unidos, em 1948, de Londres, em 1952 e o acidente de Poça Rica, no México, em 1950, funcionaram como sinal de alerta, atraindo as atenções dos responsáveis para a gravidade com que o fenómeno da poluição se vinha desenvolvendo.

Pode dizer-se que foram estes incidentes que simultaneamente despertaram a opinião pública, e desencadearam uma série de estudos acompanhados da promulgação de textos de lei com a finalidade de restringir os seus efeitos.

Segundo HALLIDAY pode fixar-se o ano de 1945 como o do início de estudos com critério científico orientados no sentido de se vir a conhecer o processo da poluição, nas suas causas, na sua evolução, e nas suas consequências, e este interesse derivou directamente de se terem produzido nesse ano em Los Angeles, e com a mesma causa, acidentes mais vultuosos e de maior gravidade do que os verificados em 1943.

A formação frequente em Los Angeles de um manto denso de nevoeiro carregado de produtos químicos, de fumos, e de partículas sólidas em suspensão, que se mantém por dias, sem que as correntes atmosféricas o arrastem, entrou na história do fenómeno, dando a este tipo especial de poluição a denominação largamente conhecida de *smog*, termo que resulta da contracção das palavras inglesas *smoke* (fumo) e *fog* (nevoeiro).

O smog fez a sua primeira aparição em Los Angeles, sem causar grandes alardes, em 1940, mas a manifestação com o aspecto de relevância ocorreu em 1943, tendo-se mantido alguns dias sobre a cidade, de que invadiu as ruas e os edifícios, desencadeando para os habitantes acidentes de gravidade variável, que foram desde a irritação mais ou menos intensa da conjuntiva, da córnea e das glândulas lacrimais, à irritação dos brônquios e dos pulmões, e determinando

a morte em indivíduos velhos, de tenra idade, e de saúde mais débil, ou mais sensíveis às consequências do fenómeno.

Este acontecimento a que voltaremos a referir-nos, tem posteriormente sido observado, com características idênticas, noutras cidades americanas, à medida que as condições favoráveis à sua formação vão aparecendo, na sequência da criação de indústrias propícias ao desenvolvimento do processo.

Primeiro dos grandes acidentes do tipo, o desastre do Vale do Mosa, na Bélgica, ocorreu no início de Dezembro de 1930 e manifestou-se pelo recobrimento da região por uma camada densa de nevoeiro carregada de produtos químicos diversos e de poeiras que, mercê de condições atmosféricas propícias, se manteve durante vários dias sem levantar.

Na região do Vale do Mosa estão implantadas diversas indústrias químicas e outras, como fábricas siderúrgicas, fábricas de vidro, fornos de cal, fábricas de cimento, e fábricas de adubos químicos, todas fortemente poluentes, e evacuando em continuidade substâncias de presença indesejável.

A ausência de vento imobilizou na atmosfera, conjuntamente com um nevoeiro muito cerrado, a totalidade dos gases, fumos, poeiras, e produtos de combustão completa ou incompleta, durante vários dias.

Até ao terceiro dia não se verificaram acontecimentos de gravidade, mas a partir de então começaram a manifestar-se acidentes, traduzidos por perturbações respiratórias graves, como sufocações, irritações da garganta e dos brônquios, tosses espasmódicas acompanhadas de expectoração e por vezes de vômitos, além de fortes irritações do globo ocular.

Verificaram-se cerca de 60 óbitos durante o quarto e o quinto dias que durou o fenómeno, o que corresponde a cerca de 10 vezes o que ocorre em períodos normais da mesma época do ano, e observaram-se mais de 1000 casos de intoxicações, de gravidade variável, com hospitalização obrigatória em muitos deles.

Foram atingidos preferencialmente, os velhos, os indivíduos de saúde débil, os asmáticos, e os portadores de afecções cardíacas.

Com o levantar do nevoeiro deixaram de se observar novos casos, e os técnicos encarregados de estudar o fenómeno e as suas consequências, foram da opinião de que os acidentes verificados tiveram como origem mais provável, a presença de dióxido de enxofre e de trióxido de enxofre incorporados no nevoeiro a formar aerossol, acompanhados das substâncias presentes, de fumos de várias naturezas e ainda do ácido sulfúrico resultante da combinação de óxidos de azoto.

Nos Estados Unidos da América, e nos arredores de Pittsburg, localiza-se uma cidade fortemente industrializada, denominada Donora, onde, em Outubro de 1948 se verificaram acidentes muito semelhantes aos que, 18 anos antes, se haviam observado no Vale do Mosa, e acabámos de referir.

Tal como na Bélgica, formou-se um nevoeiro espesso carregado de poluentes de natureza vária, novamente com dominância dos óxidos de enxofre, a cuja presença se atribuiu uma vez mais a série dos malefícios verificados, que foram do mesmo tipo, ou de tipo análogo aos que haviam ocorrido no Vale do Mosa.

A situação criada manteve-se durante cinco dias, ao fim dos quais o nevoeiro levantou, e, durante este lapso de tempo, verificaram-se 20 óbitos (número 10 vezes maior que o observado no mesmo intervalo de tempo, na mesma época do ano, e em períodos normais), não se conhecendo com exactidão o número de pessoas afectadas pelos seus efeitos.

Sabe-se contudo que, durante o tempo que durou esta anormalidade, ou como consequência dela, se verificou a perda de 8457 dias-homem de trabalho.

Como na ocorrência do Vale do Mosa, foram principalmente os muitos novos, os velhos, os asmáticos, os indivíduos de saúde débil, os portadores de bronquites crónicas ou de enfizemas, e os doentes do coração, que foram mais atingidos pelos efeitos do fenómeno.

Mais próximo de nós, de 5 a 9 de Dezembro de 1952 foi a vez de se sentirem na Inglaterra, e de igual modo com aspecto catastrófico, efeitos do mesmo tipo, e ainda com origem na formação de um pesado manto de nevoeiro que, carregado de poluentes, actuou como um aerossol de consequências nefastas, cobrindo todo o vale do Tamisa, com especial incidência sobre a cidade de Londres.

Durante os quatro dias que durou esta situação foi muito grande o número de pessoas afectadas pelas suas consequências, verificaram-se muitos casos de afecções do aparelho respiratório, e a afluência aos hospitais atingiu um volume preocupante.

Verificaram-se durante este período 4000 óbitos com predominância entre os indivíduos de mais de 45 anos, número superior em mais de quatro vezes ao que é considerado normal.

Foram ainda as lesões do aparelho respiratório e as afecções cárdio-vasculares, que forneceram o maior contingente de casos fatais.

O estudo a que se procedeu levou de novo a considerar os óxidos de enxofre incorporados no nevoeiro sob a forma de aerossol, como a principal causa das afecções observadas, sem prejuízo de que a presença de resíduos de alcatrões, produtos de combustão incompleta e fumos, igualmente presentes, tenham agravado a situação.

No estudo das consequências da poluição atmosférica tem sido muito referido pelas suas características especiais, de que resulta uma particular importância, um acidente ocorrido no México, em Poça Rica, a 24 de Novembro de 1950.

A ruptura da canalização de uma instalação fabril de tratamento de gás natural, motivou uma emissão de sulfureto de hidrogénio, ainda que de curta duração, para a atmosfera local.

O acidente foi localizado e remediado em 25 minutos, intervalo de tempo muito pequeno, mas que foi suficientemente longo para

que, em larga escala, se verificassem acidentes do tipo dos que foram observados no Vale do Mosa, em Londres e em Donora.

Um manto de nevoeiro baixo e denso, e uma acalmia temporária, mantiveram os gases tóxicos por alguns dias em contacto com o solo, verificando-se 22 óbitos e 320 hospitalizações com maior ou menor gravidade, e incidência especial sobre as crianças, os velhos e os indivíduos de saúde débil.

4. A purificação da atmosfera dos centros fabris, ou das concentrações populacionais, faz-se ordinariamente pelo deslocamento de massas de ar, determinado, quer por gradientes horizontais de temperatura, quer por gradientes verticais.

O vento sopra dos locais onde a temperatura é menor para aqueles onde é mais elevada, com tanto maior intensidade quanto maior for o gradiente de temperatura, e este fenómeno, em condições normais, determina em primeiro lugar a ascensão dos poluentes na atmosfera, e em seguida a sua dispersão pela acção das correntes de ar, nomeadamente do tipo anti-ciclónico das camadas altas.

Por este processo, os poluentes atmosféricos são transportados para longe, acabando por serem precipitados no solo pelas chuvas que os solubilizam ou depositam, fenómeno que pode ocorrer a enormes distâncias dos locais em que são produzidos, ultrapassando por vezes as fronteiras de diversos países, que os ventos não respeitam, nem reconhecem, com o resultado de obrigar à importação dos produtos da poluição realizada por esta maneira.

Os casos como os de Los Angeles, do Vale do Mosa, de Donora, de Londres e de Poça Rica, devem-se a um funcionamento anormal das massas de ar, numa mecânica que iremos tentar explicar.

A superfície terrestre, de melhor condutibilidade calorífica, aquece mais rapidamente que o ar quando sob a acção da insolação, do que as massas de ar atmosférico, e, pelo mesmo motivo, arrefece mais rapidamente durante a noite, determinando um duplo movimento vertical de ascensão (diurna) e de descida (nocturna) suficientes em regra para levar o ar poluído à zona das correntes horizontais que o arrastam e dispersam.

Não obstante, nas zonas temperadas, durante o Outono e o Inverno com maior frequência, e nas zonas subtropicais principalmente no Verão, a formação e deslocamento dos anticiclones pode permitir que se gerem fenómenos conhecidos por *inversão de temperatura*, os quais se manifestam influenciando nas condições locais, de modo a que a evacuação dos poluentes se não processe, tornando-se a sua presença, com muita frequência, origem de acidentes indesejáveis.

Num dia soalheiro e em campo aberto, a terra, boa condutora do calor, arrefece mais rapidamente a partir do pôr do sol, do que as camadas de ar das zonas superiores da atmosfera, que são más condutoras do calor, com o que se determina a formação de um gradiente positivo de temperatura, que aumenta com a altitude, se acentua durante a noite, e atinge o máximo às primeiras horas da madrugada.



Com o nascer do sol a terra volta a aquecer, as camadas de ar ao contacto com o solo ascendem na atmosfera, ao mesmo tempo que as camadas frias das regiões mais elevadas descem, e, pouco a pouco, forma-se um gradiente negativo de temperatura, isto é, a temperatura passa a diminuir com a altitude.

Especialmente no Inverno, em dias de sol fraco, a radiação solar pode ser insuficiente para restabelecer ao longo do dia as condições normais diurnas, mantendo-se durante o tempo em que isto suceder, e quer de dia quer de noite, um gradiente positivo ascensional de temperatura.

É a esta manutenção diurna de um gradiente positivo de temperatura, o qual não corresponde à situação normal durante o dia, que se denomina *inversão de temperatura*.

Um céu nublado, a formação de nevoeiros baixos, e outros factores correlativos, são de natureza a facilitar as condições em que se pode produzir uma *inversão de temperatura*; a altitude a que esta se forma depende de factores variados, mas, nas aglomerações urbanas, localiza-se geralmente em zonas mais altas por efeito do calor libertado pelos focos de origem industrial ou doméstica, respiração dos habitantes, circulação automóvel, etc..

Por outro lado, e associado a este fenómeno, a existência de construções urbanas determina um regime de turbulência entre as diversas camadas de ar, que tende a favorecer a estabilidade do fenómeno de *inversão*, por constituir obstáculo à ascensão das camadas de ar mais quente.

Nas regiões subtropicais o fenómeno processa-se de modo semelhante, mas, neste caso, pela ausência dos deslocamentos anticiclónicos que espalhariam o ar das camadas superiores facilitando os movimentos ascensionais purificadores das atmosferas urbanas.

Se a *inversão de temperatura* se instalou, ou se a calmaria das camadas superiores da atmosfera não dispersa para longe o ar poluído, as formações de *smog*, ou as catástrofes como as do Vale do Mosa, de Donora ou de Poça Rica passam a ser ameaças vultuosas, a menos que a evacuação dos poluentes se não processe a altitudes superiores àquela a que se verifica a *inversão de temperatura*, consideração que vem sendo levada em atenção pelos serviços de higiene, ao promover que as chaminés das fábricas expulsem os seus produtos a alturas suficientemente elevadas para que os movimentos atmosféricos verticais os não possam devolver à superfície do solo.

Nas zonas temperadas, as *inversões de temperatura* são susceptíveis de se produzir em regiões mesmo não planas ou habitadas, sendo de referir em especial a possibilidade da sua formação em zonas montanhosas.

Neste caso são os vales que sofrem mais poderosamente os efeitos nefastos que de aí advêm, e foi precisamente o que se verificou com o acidente ocorrido no Vale do Mosa.

O ar frio proveniente de regiões montanhosas elevadas, ao descer para os vales, forma uma camada muito espessa e estável, livre

da acção purificadora dos ventos, e tecto de protecção para as camadas de ar inferiores de que não permitem a evasão.

Se o vento soprar, e deslocar estas massas de ar, fá-lo-à ao longo do eixo do vale, e se, por efeito da natureza do relevo, se encontrarem no seu trajecto paredes montanhosas, as diferentes camadas misturam-se, retornam sobre si próprias, criam estados de turbulência, e fazem piorar a situação.

O vapor de água atmosférico, arrefecendo por acção das massas de ar frio, pode ser levado a uma temperatura inferior à de condensação, mantendo-se no ar carregado de todos os agentes poluentes, e formando um aerossol de nocividade mais acentuada que a dos produtos que encerra.

No primeiro caso surgem acidentes como o do Vale do Mosa, enquanto no segundo se formam estados de *smog*, como os de Los Angeles ou de Londres.

Por sorte, as *inversões de temperatura* não duram mais que 3 a 5 dias, pois se assim não fora, os seus resultados, mais do que catástrofes, seriam autênticos horrores.

5. Os poluentes da atmosfera que se não depositam por acção da gravidade, ou são gases que formam com os seus componentes normais misturas gasosas praticamente homogéneas, ou são partículas que se mantêm em suspensão, sob a forma coloidal, em que a fase dispersa é formada por gotículas líquidas ou partículas sólidas, e a fase dispersiva é gasosa (ar atmosférico).

Um sistema nestas condições constitui um *aerossol*, termo para o qual diversos autores têm perseverado no preciosismo de procurar uma definição que pretendem de rigor, como é o caso de SINCLAIR para quem «no sentido restrito da palavra, um *aerossol* é um sistema coloidal no qual partículas sólidas ou líquidas de diâmetro compreendido entre 10 e 50  $\mu$  se encontram dispersas num meio gasoso».

Fixar numa definição, forçosamente arbitrária, os limites das dimensões das partículas da fase dispersa tem, na nossa opinião, o seu tanto ou quanto de bizantinismo, e, pelo menos para o caso de que nos ocupamos, parece-nos, num âmbito mais lacto, poder considerar *aerossol* como uma dispersão de partículas sólidas ou líquidas num meio gasoso, em que se conservam de forma estável durante um espaço de tempo apreciável.

GREEN and LANE definindo *aerossol* como o conjunto estável de um meio gasoso com as partículas sólidas ou líquidas nele dispersas e afectando os termos *fumo*, *nevoeiro*, *bruma* e *poeira* a tipos particulares de *aerossóis* parece-nos que colocam a compreensão do termo, em bases simples e aceitáveis.

Os *aerossóis* podem formar-se, segundo aqueles autores, por dois processos principais:

a) condensação, no decurso da qual, certos grupos de moléculas se reúnem para produzir partículas com as dimensões das substâncias coloidais;

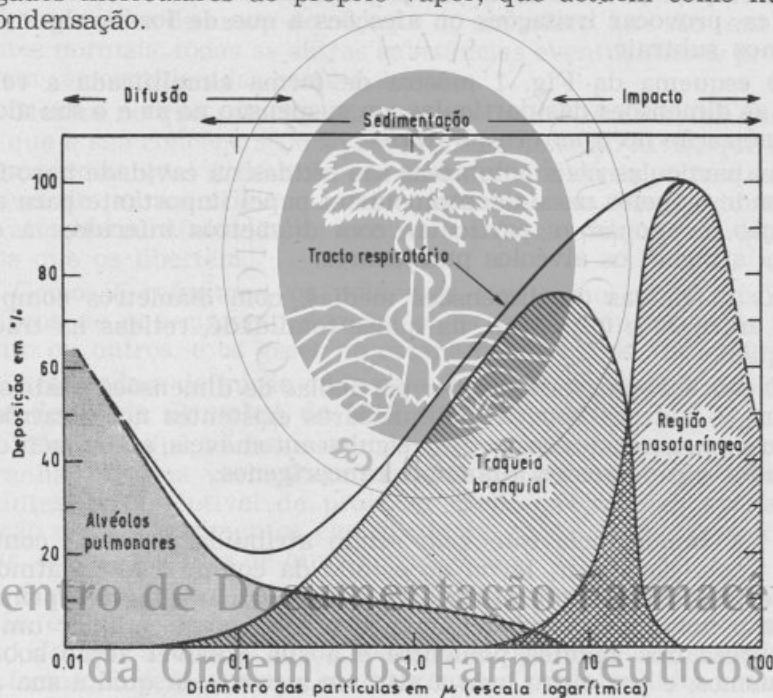
b) dispersão, no decorrer da qual um material de dimensões grosseiras se divide em partículas finas.

KATZ, reportando-se ao assunto, refere como exemplos do processo de condensação:

— a formação de uma nuvem de gotículas líquidas quando o ar húmido e quente penetra numa atmosfera mais fria;

— a formação de partículas líquidas ou sólidas por arrefecimento de vapores resultantes do aquecimento de substâncias voláteis;

— a condensação do vapor de água atmosférico sobre partículas finas de poeira, germes, iões existentes no vapor de água ou no ar (fase dispersiva), moléculas polares como as do ácido sulfúrico, ou agregados moleculares do próprio vapor, que actuem como núcleos de condensação.



Deposição das poeiras do ar no tracto respiratório

Fig. 1

Ainda o mesmo autor dá como exemplos da formação de *aerossóis* por processos de dispersão mecânica:

— produção de escórias voláteis em focos alimentados por um combustível pulverizado;

— emissão para a atmosfera de matérias sólidas durante as operações de fundição e de redução dimensional, ou durante a descarga dos altos fornos;

— emissão de poeiras durante as operações de *cracking* catalítico, como, por exemplo, na indústria dos petróleos;

— a dispersão de partículas sob a influência da circulação dos veículos nas cidades.

As partículas que entram na composição dos aerossóis têm, como se vê, origem nas diferentes fontes possíveis da poluição atmosférica, sendo constituídas por poeiras, por produtos resultantes de combustões incompletas, por gotículas líquidas, quer evacuadas para a atmosfera, quer resultantes de reacções químicas pertinentes.

Numa atmosfera poluída, o ar que inspiramos vem inevitavelmente acompanhado de tais substâncias, as quais, ao penetrarem no tracto respiratório, vão, em função das suas dimensões e natureza química, provocar irritações ou afeções a que de forma alguma nos podemos subtrair.

O esquema da Fig. 1 mostra de forma simplificada a relação entre as dimensões das partículas em suspensão no ar e o seu alcance de penetração no tracto respiratório.

As partículas mais volumosas são retidas na cavidade naso-faríngea, onde os pelos nasais desempenham papel importante para a sua retenção, e apenas as partículas com diâmetros inferiores a cerca de  $5 \mu$  atingem os alvéolos pulmonares.

As partículas de dimensões médias, com diâmetros compreendidos entre 20 e  $0,2 \mu$ , são, na quase totalidade, retidas na traqueia bronquial.

É esta fracção, formada por partículas de dimensões médias, que contém os hidrocarbonetos polinucleares existentes nos alcatrões do tabaco e nos gases de escape dos veículos automóveis, actualmente considerados como agentes altamente cancerígenos.

6. A importância que vem sendo atribuída à defesa contra a poluição do ar, levou ao estudo da composição da atmosfera nas regiões de baixas e de médias altitudes, em que vive principalmente o homem das cidades, com o fim de conhecer, por um lado a natureza dos agentes poluentes e a sua possível acção sobre os organismos, e por outro lado a altitude a partir da qual a sua acção deixa de se fazer sentir, ou se torna insignificante.

Já dissemos como na formação do *smog* de Los Angeles, ou durante os acidentes referidos do Vale do Mosa, de Donora e de Londres, as principais culpas pelos acidentes verificados foram creditadas aos óxidos de enxofre e ao ácido sulfúrico que deles deriva por fenómenos reactivos posteriores, e como, no acidente de Poça Rica se considerou o sulfureto de hidrogénio como o grande culpado.

Os óxidos de enxofre, apesar da sua importância incontestável, não são os únicos agentes poluentes, e podemos dizer que a poluição do ar das cidades se inicia com o apodrecimento dos detritos de todas as espécies abandonadas em ruas e praças, a formação de lixeiras em pontos vitais, e, coisa de que mal nos apercebemos, com a exis-



tência dos inúmeros focos de aquecimento doméstico que, ao emitirem constantemente para o ar os produtos da combustão completa ou incompleta dos materiais consumidos, são agente poluente cuja importância é de primeira plana.

Os focos de aquecimento industrial contribuem igual e poderosamente para a poluição do ar, mas parece hoje fora de dúvida que os motores que queimam derivados do petróleo são, de todos os agentes da poluição, e muito embora pouco se repare neles, o mais pernicioso.

Antes de considerarmos os diversos tipos, e com vista a uma possível classificação, consideraremos que, *poluente da atmosfera* é toda a substância que nela se contenha em concentração superior à que lhe é habitual, sendo de notar que, excepção feita do anidrido carbónico, dos óxidos de azoto, do ozono e do amoníaco, que são seus constituintes normais, todas as outras substâncias eventualmente presentes, devem ser consideradas como poluentes.

Mesmo no que respeita aos gases referidos, é de notar que, sempre que a sua concentração se eleve acima de certo nível, que a experiência indica qual é, deverão ser considerados como poluentes, sendo o nível de poluição de cada um considerado em função do seu teor em atmosferas afastadas de centros habitacionais, ou de quaisquer focos que os libertem.

Como já referimos, os poluentes têm como origens principais os focos de aquecimento doméstico, os focos industriais de aquecimento ou outros, e os gases de escape dos veículos automóveis.

Aceitando a definição dada pelo Conselho da Europa no seu relatório de 14 de Setembro de 1967, diremos que:

«Existe poluição do ar sempre que a presença de uma substância estranha, ou uma variação importante na proporção dos seus constituintes, é susceptível de provocar efeito prejudicial, avaliado em função dos conhecimentos científicos da época, ou de provocar mal estar, ou dificuldades de qualquer espécie.»

É de notar a preocupação do relator em dar de *poluição* uma noção evolutiva — *conhecimentos científicos da época* — e ainda o facto de que a libertação de maus cheiros, redução da visibilidade por formação de nevoeiros, etc., devem ser subentendidos como agentes de poluição, uma vez que a todos podemos considerar incluídos na «provocação de mal estar ou de dificuldades de qualquer espécie».

Em face da definição do Conselho da Europa, são de aceitar como agentes de poluição:

a) gases ou vapores de compostos minerais de qualquer natureza, susceptíveis de causar incómodos, como os óxidos de enxofre ou de azoto, e ácidos, bases, etc., no estado de gás, de vapor ou de aerossol;

b) gases ou vapores de compostos orgânicos, de qualquer espécie, que sejam incómodos, como hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos, produtos da decomposição de substâncias orgânicas, resíduos de certas indústrias como as de borracha, de plástico e de papel, etc.;

c) partículas sólidas de qualquer natureza, como as dos complexos siderúrgicos, fábricas de gás por pirogenação da hulha, ou outras, quer se depositem espontâneamente no solo, quer se mantenham em suspensão na atmosfera sob a forma de aerossóis;

d) partículas líquidas ou condensáveis, de qualquer espécie, quer susceptíveis de se depositarem, quer mantidas em suspensão no ar, em grau de divisão conveniente e formando aerossóis;

e) quaisquer fumos ou poeiras existentes no ar, susceptíveis ou não de se depositar, ou de formar aerossóis por dispersão no nevoeiro;

f) todas as substâncias cuja presença na atmosfera possa, de qualquer forma, ser fonte de aborrecimentos ou de mau estar.

7. Os poluentes atmosféricos mais comuns, entre os quais se encontram simultâneamente os mais prejudiciais, podem incluir-se nos grupos que a seguir consideramos.

a) *compostos oxigenados do enxofre*, provenientes na sua maior parte da combustão dos carvões naturais que o contêm em quantidades variáveis, da combustão do gás de iluminação, ou da dos gases derivados dos petróleos brutos, mas sobretudo da dos óleos pesados, usados, quer como combustível em caldeiras, quer em motores de combustão interna.

Em zonas fabris há outras fontes a considerar, de importância muito mais vultuosa. É o caso, por exemplo, da extracção do cobre por fusão, a partir dos seus sulfuretos, que contêm cerca de 30 % de enxofre e libertam para a atmosfera cerca de 600 toneladas de dióxido de enxofre por cada milhar de toneladas de minério tratado, o que corresponde em casos correntes, a uma emissão da ordem de 1400 toneladas diárias.

Uma refinaria de petróleo pode lançar na atmosfera, em função da origem das ramas tratadas, e portanto da sua natureza química, uma quantidade compreendida entre 4 e 500 toneladas diárias de dióxido de enxofre, e não é necessário dar ênfase à importância destes números, para se concluir da influência que o funcionamento de uma refinaria de petróleos, ou de indústrias conexas, dentro dos limites de uma aglomeração urbana, pode exercer sobre a saúde da população.

Não sabemos que existam estatísticas sobre este assunto relativas às cidades de Lisboa e Porto, onde o problema é de maior acuidade, mas CHOVIN et ROUSSEL informam que, em França, e com diversas origens, são lançados anualmente na atmosfera cerca de dois milhões de toneladas de dióxido de enxofre, e que, em Paris, no ano de 1964, foi estimada em cerca de 90 000 toneladas a quantidade de dióxido de enxofre evacuada para a atmosfera, sendo cerca de 55 000 provenientes do aquecimento doméstico e da pequena indústria.

Segundo os mesmos autores, a emissão anual de dióxido de enxofre na Grã-Bretanha é da ordem de 5,3 milhões de toneladas, pro-

venientes na quase totalidade da combustão de 200 milhões de toneladas de carvão e de 20 milhões de toneladas de óleos pesados do petróleo.

b) *sulfureto de hidrogénio* proveniente da putrefacção de matérias orgânicas, por acção das tiobactérias, e com origem nos detritos abandonados nas ruas e praças, acumulados em lixeiras, ou resultantes da falta de higiene pessoal ou colectiva, mas, nas vizinhanças das cidades onde existam refinarias de petróleo, ou instalações fabris que consumam como matéria prima de base os produtos dele derivados (indústrias petroquímicas), a maior quantidade de sulfureto de hidrogénio presente na atmosfera resulta da sua laboração.

O sulfureto de hidrogénio evacuado para a atmosfera pelas indústrias deste tipo, é geralmente acompanhado, como seria de esperar, de compostos orgânicos contendo enxofre na sua estrutura, como são por exemplo os *mercaptans* e os *sulfuretos* derivados de radicais alifáticos ou aromáticos.

A presença do sulfureto de hidrogénio na atmosfera é altamente indesejável, não só pelo seu cheiro muito desagradável a ovos podres, mas ainda e fundamentalmente em virtude da sua toxicidade.

Na atmosfera de certas cidades onde se concentram indústrias que para isso contribuem, como são, e por exemplo, nos Estados Unidos da América os casos de Donora, Baltimore e Cincinnati, encontram-se outros poluentes ácidos gasosos, como o ácido clorídrico, que vem em regra acompanhado de um dos seus componentes, altamente tóxico e irritante dos olhos e brônquios: o cloro.

As indústrias correlativas, usam dos maiores cuidados para evitar a difusão destes produtos na atmosfera, mas sem que o consigam em absoluto, e os efeitos revestem-se com frequência de aspectos que têm tanto de incomodativo como de nocivos para a saúde.

c) *óxidos de carbono*, nomeadamente o monóxido de carbono e o dióxido de carbono, dos quais o segundo, como já foi dito, é componente normal da atmosfera, e só é de considerar como poluente quando a sua concentração ultrapassa os limites que a experiência demonstrou serem os normais em atmosferas consideradas como não poluídas.

Nos centros fabris, e mesmo nos centros urbanos, a evacuação do anidrido carbónico para a atmosfera é constante e em quantidades muito elevadas.

Também não conhecemos estatísticas referentes ao nosso país, mas está verificado que na Grã-Bretanha, o total das emissões de anidrido carbónico é de valor compreendido entre 5 e 600 milhões de toneladas anuais.

Esta acumulação de anidrido carbónico na atmosfera tem preocupado os higienistas e até mesmo os poderes públicos de certos países, porquanto, apesar da sua eliminação processada pelas plantas verdes, verifica-se que o acréscimo constante da sua concentração determina uma elevação de temperatura ambiente, que poderá,

eventualmente, vir a ter efeitos secundários como o da fusão das grandes massas de gelos das altas montanhas, com consequências imprevisíveis.

O *monóxido de carbono* é um produto que se gera em todas as combustões orgânicas incompletas, isto é, sempre que a quantidade de oxigénio presente é insuficiente para que se produza a combustão total.

Os focos caloríficos da indústria, geralmente bem regulados, o que sucede até por motivos de ordem económica, são diminutamente responsáveis pela presença do monóxido de carbono na atmosfera, mas não se pode dizer o mesmo das instalações domésticas, a cujo mau funcionamento se devem os frequentes casos de intoxicação provocados por este gás.

Contudo, e conquanto a afirmação pareça extraordinária, são os gases de escape das viaturas automóveis o maior e quase único agente de poluição por esta via, sabido como é que o seu teor em monóxido de carbono pode atingir, e mesmo ultrapassar, o valor de 10 %.

A acumulação deste gás tóxico até à altura de pouco mais de um metro do solo, reveste nos locais de trânsito automóvel intenso, e sobretudo nas horas de ponta, valores que não tornam aconselhável a permanência de seres vivos nesses locais, e são de molde a causar perturbações fisiológicas, atenta a enorme toxicidade do produto.

Recordemos a propósito que a afinidade do monóxido de carbono para a hemoglobina do sangue é muito superior à do oxigénio, e que a formação do complexo *hemoglobina-monóxido de carbono* é, por esse motivo, praticamente irreversível, mesmo na presença de grandes concentrações de oxigénio.

Apenas o facto de a libertação se realizar ao nível do solo, e de os gases se difundirem rapidamente na atmosfera minorando os seus efeitos nefastos, permite que a existência do monóxido de carbono nos ambientes citadinos se não transforme em grave problema. Ao nível das vias respiratórias, já geralmente a sua concentração no ar não constitui motivo de perigo, uma vez que o movimento dos veículos que o geram, e a elevada temperatura a que são expulsos, favorecem a sua dispersão. Não obstante, com trânsito intenso, e relativamente às pessoas forçadas pelo seu modo de vida a largas permanências nesses locais, como é o caso dos polícias sinaleiros, a importância da sua existência não deve ser minimizada.

A maiores alturas, como seja concretamente a do 2.º andar de um prédio, o cheiro dos gases de escape pode ser incomodativo, mas a toxicidade já é praticamente nula.

*d) hidrocarbonetos* que nas regiões pantanosas podem ter origem na decomposição da vasa dos pântanos, próximo de explorações petrolíferas podem resultar da sua libertação natural, nas vizinhanças de refinarias de ramas de petróleo, de instalações de *cracking*, de indústrias petroquímicas ou da produção de gás de iluminação



por pirogenação da hulha, são motivados por perdas na atmosfera, e nas cidades em geral são originados pela evaporação dos carburantes dos automóveis, ou na evacuação pelos motores de produtos incompletamente queimados.

Aquí, e de novo, talvez pareça extraordinário que uma grande percentagem dos hidrocarbonetos presentes nas atmosferas citadinas tenha origem bastante diversas, sendo um facto que as poeiras resultantes das combustões realizadas em todos os locais, quer industriais, quer domiciliários ou outros, formam, por pirólise, hidrocarbonetos de natureza diversa, que são constantemente lançados na atmosfera, contribuindo para a sua poluição.

Dos hidrocarbonetos resultantes da pirólise das substâncias orgânicas, merecem referência especial pela sua importância, os alcatrões, nomeadamente os hidrocarbonetos policíclicos seus constituintes, como o *benzo( $\alpha$ )pireno*, considerado altamente cancerígeno, e presente em quantidade apreciável nos produtos de escape dos motores dos automóveis, e no fumo de todas as espécies de tabaco.

Atente-se em que, embora seja o mais frequentemente referido, não é este o único hidrocarboneto policíclico cancerígeno presente nos produtos da pirólise dos alcatrões, pois conjuntamente com ele formam-se o *dibenzeno-1,2,3,4-pireno*, o *dibenzeno-1,2,5,6-antraceno*, e diversos outros que colaboram com estes de forma activa na génese do cancro do pulmão

Notemos de caminho, porque o facto é de muita importância, que a potencialidade cancerígena dos hidrocarbonetos policíclicos, não depende da fracção da dose absorvida que é retida pelo organismo, mas sim da soma total das doses absorvidas.

A experiência demonstrou que estas substâncias se acumulam no organismo até atingir um valor crítico, e que a absorção contínua de pequenas doses se pode tornar um perigo real, desde que se processe durante um intervalo de tempo conveniente.

Quem observar um automóvel de cor clara, que tenha permanecido na rua durante uma noite de bruma, verá, pela manhã, a quantidade de minúsculos depósitos de alcatrão que se depositaram à sua superfície.

Não é necessário encarecer o facto de que o mesmo sucede com os nossos brônquios, e imaginar dos efeitos que, à distância, quando não a breve prazo, o fenómeno irá determinar sobre o nosso aparelho respiratório.

O alcatrão depositado contém hidrocarbonetos policíclicos cancerígenos, e, por força da sua presença na atmosfera, somos forçados a absorvê-los constantemente com perigo crescente para a nossa saúde: é preciso não esquecer que o cancro dos pulmões é, na realidade, um cancro dos brônquios.

Os fumadores, se o contraíem, fazem-no por vontade sua e sob a sua própria responsabilidade, mas os não fumadores terão de pensar que, se o mesmo lhes sucede, as culpas cabem aos poderes públi-

cos, pela benevolente negligência com que apreciam a gravidade do assunto.

Note-se, e não é demasiado chamar a atenção para o facto, que não é necessário ser fumador para sofrer os malefícios do fumo do tabaco: a permanência em atmosferas fortemente poluídas pelo fumo, como os vestíbulos dos cinemas e dos teatros ou as dos cafés, locais onde se acumulam fumadores, e a ventilação é como regra muito deficiente, é bastante para nos expor ao perigo que de aí deriva.

Neste caso, é de notar que o risco existe para os fumadores tal como os não fumadores, que são obrigados a suportar, quantas vezes contra a sua vontade, os inconvenientes da situação.

A poluição da atmosfera adquire nestas circunstâncias uma agressividade que nenhuma indiferença fará diminuir, e, se os fumadores apenas podem em face das consequências queixar-se de si próprios, de quem deverão queixar-se os não fumadores?

Estudos realizados com a finalidade de confrontar o grau de poluição produzido pelos motores a gasolina, com o dos motores Diesel a óleos pesados, levaram aos resultados que apresentamos nos Quadros 1 e 2.

**QUADRO 1**  
**COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS GASES DE ESCAPE**  
**DE UM MOTOR A GASOLINA**

resultados em % volumétricas ou em ppm

Poluente	Tipo de funcionamento			
	lento	acelerado	viagem	desacelerado
Óxido de carbono em %	6,9	2,9	2,7	3,9
Óxidos de azoto em ppm	30,0	1020	650	20,0
Aldeídos em ppm	30,0	20	10,0	290
Hidrocarbonetos em %	0,53	0,16	0,1	1,0

Os valores apresentados permitem ajuizar dos efeitos que, em média, a circulação dos veículos automóveis exerce sobre a poluição citadina, mesmo considerando motores bem afinados, o que infelizmente não é de uso entre nós, sobretudo com os motores Diesel, que evacuam constantemente nuvens de fumaça, num desrespeito permanente pela lei, de que as autoridades se não apercebem.

Em particular no caso dos motores Diesel mal regulados, é flagrante a quantidade de substâncias incompletamente queimadas — resíduos carbonosos, alcatrões e outros — que são lançadas na atmosfera, e que, mesmo quando eventualmente destituídas de toxicidade, são fonte de graves incómodos para quem tem de as suportar.

## QUADRO 2

### COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS GASES DE ESCAPE DE UM MOTOR DIESEL BEM AFINADO

resultados em % volumétricas ou em ppm

Poluente	Tipo de funcionamento			
	lento	acelerado	viagem	desacelerado
Óxido de carbono em %	vestígios	0,10	vestígios	vestígios
Óxidos de azoto em ppm	60,0	850	240	30
Aldeídos em ppm	10,0	20	10	30
Hidrocarbonetos em %	4,04	0,02	0,01	0,03

e) *aldeídos* provenientes dos gases de escape dos motores referidos nos Quadros 1 e 2, dos fumos dos incineradores domésticos ou industriais, e, de um modo geral, da combustão de todas as substâncias orgânicas.

Os aldeídos presentes nas atmosferas poluídas podem resultar também da oxidação de hidrocarbonetos previamente existentes, por um mecanismo que havemos de referir ao tratar da fotoquímica dos processos de poluição. Os que se encontram presentes na atmosfera em maior quantidade, são o aldeído fórmico e o aldeído acrílico, tanto um como outro fortemente irritantes do globo ocular.

f) *ozono*, constituinte normal da atmosfera, onde, a níveis vizinhos do solo se encontra em quantidades variáveis com a região da Terra considerada, mas, em regra, com concentrações muito fracas.

A concentração do ozono na atmosfera cresce com a altitude, facto que se encontra na dependência da sua formação nas altas camadas atmosféricas pela acção das frequentes descargas eléctricas que aí se verificam durante as trovoadas, ou fenómenos meteorológicos de naturezas diversas que conduzem à sua formação.

O ozono desempenha, pela sua acção fortemente oxidante, um papel de grande relevo na evolução dos fenómenos de poluição, como veremos ao tratar da fotoquímica da poluição, podendo nesse caso atingir ao nível do solo concentrações que tornem a sua presença de grande nocividade.

g) *amoníaco* que se encontra normalmente na atmosfera em pequenas quantidades, e é como regra originado na putrefacção de substâncias orgânicas azotadas.

Não é uma substância com grande agressividade, e só por motivo de acidentes, como rupturas de canalizações em instalações fabris, raros aliás, pode encontrar-se em quantidades susceptíveis de causar danos, que derivam principalmente da sua forte acção irritante do globo ocular, e do seu carácter fortemente alcalino.

h) *óxidos de azoto*, nomeadamente o dióxido de azoto e o óxido nítrico, que são, tal como o amoníaco e o azoto, constituintes normais da atmosfera em que se encontram por efeito da combinação, sob a acção de fenómenos naturais, dos seus constituintes.

Não obstante, a sua concentração pode aumentar acima dos valores normais por efeito de diversas acções, como as temperaturas elevadas que se utilizam em diversas indústrias, ou, sua principal origem, pelo funcionamento dos motores de explosão, cujas elevadas temperaturas levam à sua produção.

A toxicidade dos óxidos de azoto é muito elevada, mais elevada ainda que a do óxido de carbono, mas felizmente também as concentrações em que se encontram na atmosfera são muito fracas pelo que não apresentam grande importância quando considerados sob este ponto de vista.

A importância que reveste a presença dos óxidos de azoto na atmosfera deve-se a que as reacções fotoquímicas em que tomam parte, e a seu tempo havemos de considerar, lhes conferem um papel de alto relevo nos processos evolutivos da poluição atmosférica, nomeadamente nos que conduzem à formação do *smog* oxidante do tipo do de Los Angeles.

Relacionada com a presença dos óxidos de azoto na atmosfera, é de considerar a presença do ácido nítrico que se verifica nas vizinhanças das fábricas que o produzem ou manipulam, pelo que, tal como sucede com o sulfureto de hidrogénio e o amoníaco, apenas é de considerar como poluente relativamente a zonas delimitadas e perfeitamente localizáveis.

De importância muito grande pelo papel que são susceptíveis de assumir nos fenómenos de poluição, são os *nítro-peróxidos*, também conhecidos por *nitratos* ou *nitritos de peróxido*, ou de *per-oxi-acilo*, cuja formação se encontra na dependência de reacções fotoquímicas específicas a que posteriormente nos iremos referir em pormenor.

i) *flúor* que se encontra bastante difundido na natureza sob a forma de combinações metálicas, geralmente acompanhando os compostos de fósforo, e que, quando solúveis, aparecem nas águas de certas fontes cujo consumo determina acidentes na ossificação, sobretudo dos dentes, como foi demonstrado para várias águas portuguesas nos trabalhos do Prof. Nunes de Oliveira.

O flúor, como poluente da atmosfera, apenas se encontra, ou quase, nas regiões onde estão instaladas fábricas de extracção de



**QUADRO 3**  
**COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE**

Componentes normais	}	1. Oxigénio		
		2. Azoto		
		3. Dióxido de carbono		
		4. Gases nobres		
		5. Óxidos de azoto (monóxido e dióxido de azoto)		
		6. Ozono		
		7. Amoníaco		
		8. Vapor de água		
Poluentes	}	Poeiras minerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Óxidos de ferro</li> <li>2. Silicatos (nomeadamente cimentos)</li> <li>3. Chumbo e compostos de chumbo</li> <li>4. Poeiras diversas de origem indiscriminada</li> </ul>	
		Produtos condensáveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Alcatrões</li> <li>2. Sêbos</li> <li>3. Hidrocarbonetos líquidos</li> <li>4. Ácido sulfúrico</li> <li>5. Vapor de água</li> </ul>	
		Gases simples	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Ozono</li> <li>2. Cloro</li> <li>3. Flúor</li> </ul>	
		Produtos gasosos não condensáveis	Derivados do carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Monóxido de carbono</li> <li>2. Dióxido de carbono</li> <li>3. Hidrocarbonetos gasosos</li> <li>4. Aldeídos voláteis</li> </ul>
			Derivados do enxofre	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Dióxido de enxofre</li> <li>2. Trióxido de enxofre</li> <li>3. Sulfureto de hidrogénio</li> <li>4. Mercaptans</li> </ul>
			Derivados do azoto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Monóxido de azoto</li> <li>2. Dióxido de azoto</li> <li>3. Amoníaco</li> <li>4. Nitro-peracilos</li> <li>5. Nitratos de alcenilo</li> </ul>
			Derivados dos halogénios	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Cloreto de hidrogénio</li> <li>2. Fluoreto de hidrogénio</li> </ul>
			Vírus e Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Saprófitos</li> <li>2. Patogénicos</li> </ul>
		Cheiros desagradáveis com origens diversas		

alumínio a partir da bauxite (fluo-aluminato de sódio), ou de tratamento, com qualquer finalidade, dos fosfatos naturais.

Não sabemos que tenha sido estudada a influência sobre a poluição atmosférica exercida eventualmente pelas fontes de águas fluoretadas, mas é sabido que as plantas que crescem em regiões onde o flúor, livre ou combinado, abunda, quando consumida pelos animais, lhes determinam estados de intoxicação crónica conhecidos por *fluorose*, os quais se traduzem por lesões dentárias e ósseas, e por estados de caquexia.

j) *chumbo* e derivados que se encontram na atmosfera como poluentes nas vizinhanças de instalações fabris que o utilizam ou preparam, e nos centros urbanos afastados dessas instalações, onde parece que era de esperar que tal não sucedesse, por vir incorporado nos gases de escape dos motores de veículos a gasolina.

A presença do chumbo nas atmosferas citadinas, é, com esta origem, frequentemente considerável, e deve-se à decomposição durante o funcionamento do motor, de um aditivo da gasolina hoje muito usado, o *chumbo-tetra-etilo* ou o *chumbo-tetra-metilo*.

Estes compostos libertam o chumbo no estado livre, ou sob a forma de óxidos, halogenetos, etc., substâncias que o motor expulsa conjuntamente com os resíduos da combustão dos hidrocarbonetos, e produtos que os acompanham.

k) *óxidos de ferro* cuja acção poluente constitue espectáculo diário para os habitantes de Lisboa, são emitidos pelas instalações siderúrgicas, como resultado da combinação de partículas de ferro com o oxigénio de ar e, conquanto não sejam tóxicos, e se depositem no solo com relativa rapidez, não deixam de causar sérios prejuízos às culturas, e não são de modo algum um componente aconselhável para o ar que respiramos, pois, como facilmente se imagina, nem os brônquios nem os alvéolos pulmonares devem beneficiar de qualquer forma com a sua presença.

l) *silicatos* que toldam a atmosfera e se depositam nas vizinhanças das fábricas de cimentos, encontram-se em condições semelhantes às dos óxidos de ferro pelos malefícios que provocam.

Os inconvenientes resultantes quer de um caso quer de outro, podem no entanto ser evitados, ou fortemente atenuados, se uma legislação adequada obrigar as respectivas indústrias a usar dos meios adequados, o que, segundo presumimos, ainda entre nós não aconteceu.

A O. C. D. E. publicou sobre este assunto um excelente trabalho elaborado por técnicos de competência indiscutível, que pode ser lido e ponderado por aqueles a quem tal interesse, e as conclusões que ali se formulam parecem-nos merecedoras da mais atenciosa consideração.

m) misturas dos produtos de escape dos motores Diesel, óxidos de ferro, e silicatos, constituem, com poeiras de diversas outras origens, poluentes da atmosfera, mais tóxicos uns do que outros, mas contribuindo todos eles para um estado de poluição altamente prejudicial ou incómodo, que muito conviria evitar.

Os incineradores industriais e domésticos, agravam o fenómeno aumentando o teor em poeiras na atmosfera e, quando o nevoeiro encontra condições propícias para se formar, todos estes produtos nele se disseminam passando a constituir autêntico flagelo agravado pelos cheiros desagradáveis que, com frequência, e em acompanhamento, carreiam até nós.

Fumos, poeiras de dimensões que as tornam não sedimentáveis, produtos químicos desagradáveis, nocivos ou tóxicos, cinzas e gorduras, produtos incompletamente queimados, hidrocarbonetos gasosos ou vapores de hidrocarbonetos líquidos dispersam-se na atmosfera, constituem por vezes núcleos de condensação do vapor de água

#### QUADRO 4

##### EFEITOS FISIOLÓGICOS DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS concentrações em ppm v/v

Poluente	Primeiros efeitos nocivos	Concentração	
		limiar de novidade	perigosa ou letal
Aldeído acrílico	irritação do globo ocular	0,1	150-200
Aldeído fórmico	irritação do globo ocular	5	20-100
Amónia	irritação da garganta; edema	50	2500
Cloreto de hidrogénio	irritação da garganta	5	1000
Cloro	irritação dos brônquios; edema	1	35-60
Dióxido de azoto	irritação dos brônquios; edema	5	100-150
Dióxido de enxofre	sufocação e irritação pulmonar	5	50-250
Fluoreto de hidrogénio	irritação da garganta	3	50-100
Formonitrilo	cefaleias; paralisia	10	100-200
Fosgénio	irritação pulmonar; edema	0,1	25
Monóxido de carbono	cefaleias; cardiopatias	50	2000
Ozono	irritação pulmonar	0,1	—
Sulfureto de hidrogénio	irritação dos brônquios	10	500

Centro de Documentação Farmacêutica  
da Ordem dos Farmacêuticos

existente e acabam por formar aerossóis que se nos infiltram nos brônquios e atingem os alvéolos pulmonares com agressividade aumentada, como a experiência tem demonstrado que sucede.

n) recordando a definição que o Conselho da Europa deu de *Poliuição Atmosférica*, não podemos esquecer que muitas das substâncias referidas possuem cheiros francamente desagradáveis, mesmo quando desprovidas de toxicidade, e que outros maus cheiros, como o das matérias em putrefacção, se vêm continuamente associando a esses, para tornar a vida do habitante das cidades menos agradável, e para afectar o estado sanitário da população, com incidência, como o temos frisado, sobre os velhos, as crianças e os indivíduos de saúde débil.

Vários aspectos da poluição atmosférica correlacionados com os factores indicados, e que são em absoluto merecedores da nossa atenção, não serão por nós abordados, para evitar um alongamento excessivo, mas sem que isso signifique que sejam de menor relevância, ou de menores inconvenientes para a saúde pública.

8. O Sol, ao radiar constantemente energia sobre a Terra, favorece em regra a dispersão dos poluentes pela formação de movimentos das massas de ar que os arrastam para longe, provoca outras vezes, pelo fenómeno da *inversão de temperatura* situações de clara nocividade, mas ao actuar sobre as diversas substâncias presentes na atmosfera, fornecendo a energia necessária para tal, desencadeia ciclos de reacções que vão com muita frequência, pela formação de poluentes novos e de maior nocividade, aumentar a gravidade que o fenómeno, mesmo sem esta ajuda, poderia assumir.

Considerando como um tipo a poluição verificada com frequência em Los Angeles, cidade americana da Costa do Pacífico, com uma população de cerca de 3 000 000 habitantes, e forte concentração de indústrias químicas e de indústrias mecânicas e aeronáuticas, começaremos por um breve estudo das causas que a produzem, o qual acompanharemos de considerações sobre os fenómenos que determinam a sua evolução, e lhe conferem as características específicas.

O tipo de poluição de Los Angeles é essencialmente de origem fotoquímica, e foi a este tipo de poluição que foi dado o nome de *smog*, denominação desaconselhada pelos técnicos da O. M. S., mas que entrou na linguagem corrente, e é, sob o aspecto que vamos considerar, típico daquela cidade, pelo que também tem sido denominado, mesmo quando ocorre noutras localidades, por *smog de Los Angeles*.

São vários os motivos que concorrem para que a cidade de Los Angeles sofra os efeitos específicos de um tipo determinado de poluição atmosférica.

Em primeiro lugar, e como já fizemos notar, a poluição atmosférica encontra-se em larga escala na dependência do volume dos gases lançados na atmosfera pelos escapes dos veículos automóveis: *Los Angeles é a cidade do mundo onde existe maior densidade de trânsito automóvel.*



Situada na costa do Pacífico, no clima ameno da Califórnia, goza quase em permanência de um sol radiante, ou assim sucederia se as condições impostas pelo homem o permitissem, e localiza-se numa bacia aberta para o mar, e circundada em toda a periferia terrestre por uma cadeia de montanhas bastante elevadas, o que, tudo conjugado, realiza um conjunto de condições excepcionalmente propício para a formação do fenómeno da *inversão de temperatura*.

A vizinhança do mar, o sol quente, um clima sub-tropical, conjugam-se para a formação de nevoeiros pesados, com origem quer nas condições climáticas, quer na condensação do vapor de água atmosférico, que utiliza os poluentes como núcleos de condensação para formar aerossóis onde todas as substâncias em suspensão na atmosfera se vão dispersar e incorporar, com acréscimo da sua agressividade natural para o homem, para os animais em geral, para a vegetação e para os edifícios.

#### QUADRO 5

#### RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIA ENTRE A LIMPIDEZ DA ATMOSFERA DE LOS ANGELES E A CONCENTRAÇÃO DOS PRINCIPAIS POLUENTES

Poluentes ppm v/v	Visibilidade		Poluentes $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Visibilidade	
	Boa	Má		Boa	Má
Aldeído acrílico	—	Presença	Aerossóis solúveis no éter	0,012	0,120
Aldeído fórmico	0,04	0,09	Ácido sulfúrico	0,000	0,110
Aldeídos diversos	0,07	0,40	Alumínio	0,003	0,008
Dióxido de enxofre	0,05	0,30	Cálcio	0,006	0,007
Hidrocarbonetos	0,20	1,10	Carbono	0,035	0,132
Oxidantes diversos	0,10	0,50	Chumbo	0,002	0,042
Óxidos de azoto	0,08	0,40	Ferro	0,003	0,010
Óxido de carbono	3,5	23,0	Silício	0,007	0,028
Ozono	0,06	0,30			

Consequência da natureza das indústrias fixadas na região, os poluentes característicos, diríamos os poluentes de base, da atmosfera de Los Angeles, são o *ozono* e o *dióxido de azoto*.

A concentração destas substâncias na atmosfera daquela cidade é de tal ordem que a presença do primeiro se reconhece facilmente pelo cheiro característico, e a do segundo comunica à atmosfera local a cor acastanhada que lhe é inerente, e é perfeitamente perceptível à vista.

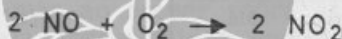
Da presença destas e de outras substâncias libertadas na atmosfera, ou das reacções químicas entre elas, resulta um ambiente particularmente agressivo para produtos mais facilmente atacáveis,

como a borracha dos pneus dos automóveis que são grandes vítimas do fenómeno, para a vegetação, bastante prejudicada por efeito da sua sensibilidade a diversos poluentes, para os animais, e muito especialmente para o homem.

Com a habitual incidência em fenómenos deste tipo, sobre os velhos, as crianças e os indivíduos de saúde débil, são as vias respiratórias, o sistema cádio-vascular e os órgãos da visão, que são mais atingidos pela acção dos poluentes, considerando-se como principais responsáveis pela agressão, o aldeído fórmico, o aldeído acrílico e os nitro-peracilos.

O estudo das causas e da evolução da poluição atmosférica de Los Angeles tem sido objecto da maior atenção, tendo-se verificado que se relacionam com um conjunto de fenómenos de complexidade extrema, a respeito do qual apresentaremos uma explicação simplificada, fazendo notar que as conclusões que referimos foram comprovadas por trabalhos laboratoriais de investigação, conduzidos com o maior rigor, e utilizando as técnicas mais recentes da Análise Química.

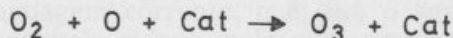
Os gases de escape dos veículos automóveis contém pequenas quantidades de óxido nítrico, que, sob a acção das radiações U. V. da luz solar, e em presença dos hidrocarbonetos evacuados pela mesma via, é oxidado e se transforma em dióxido de azoto



A experiência mostrou que esta reacção, embora espontânea, é extremamente lenta, e que a formação de quantidades relativamente elevadas de dióxido de azoto só é explicável por uma oxidação suficientemente rápida do óxido nítrico, de acordo com



O facto de o ozono se não encontrar presente no sistema, durante a primeira fase do processo, não é aparentemente compatível com esta explicação por carência de um dos reagentes, mas esta objecção perdeu a razão de ser quando se verificou que o oxigénio atómico pode reagir com o oxigénio molecular em presença de um catalisador



para formar ozono, sendo o oxigénio atómico necessário ao processo fornecido por fotólise do dióxido de azoto, numa reacção inversa da primeira que referimos



provocada por radiações de comprimentos de onda da ordem de 400 nm.

Os hidrocarbonetos presentes na atmosfera, funcionam como catalisadores da transformação de oxigénio em ozono.

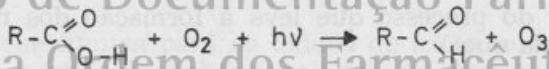
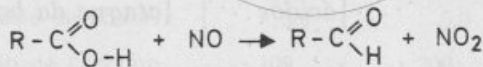
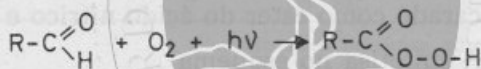
Esta explicação coloca-nos perante um paradoxo: a oxidação do óxido nítrico em dióxido de azoto exige a presença do ozono, e a formação do ozono necessário para esta transformação exige a presença prévia do dióxido de azoto.

A experiência mostrou que o paradoxo é apenas aparente, tendo sido verificado que os contaminantes orgânicos presentes na atmosfera poluída actuam como catalisadores da reacção

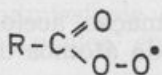
Estudos laboratoriais mostraram, de forma a não deixar dúvidas, que a irradiação das misturas

*óxido nítrico + oxigénio + olefinas*

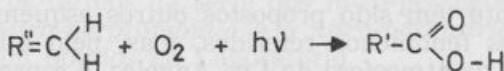
conduz à foto-oxidação do óxido nítrico, e que basta a presença dos átomos de oxigénio resultantes da fotólise de vestígios de dióxido de azoto para que se produza uma cadeia de reacções, cujas fases principais são as seguintes:



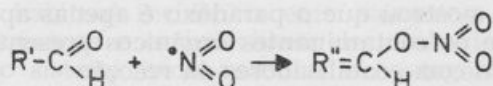
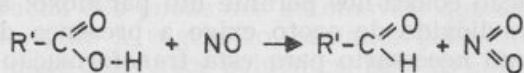
Os ácidos peracéticos dissociam-se gerando o radical



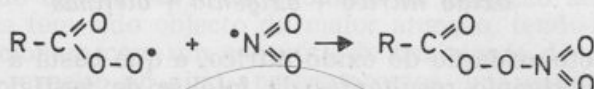
que se combina com o dióxido de azoto, o qual pode ser considerado como radical *nitrónio*, de acordo com



Centro de Documentação Farmacêutica  
da Ordem dos Farmacêuticos



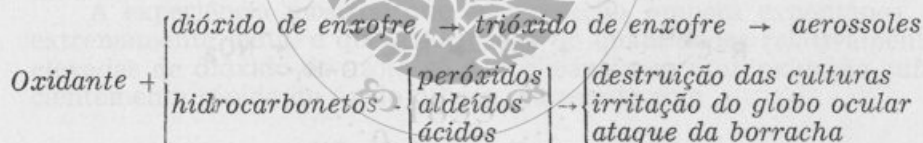
Por outro lado podem gerar-se reacções como



que conduzem à formação de nitratos de radicais alifáticos não saturados (nitratos de alcenilo).

O composto resultante da última reacção considerada, tem sido denominado, conforme os autores, por *nitrato* ou *nitrito de peracilo*, ou de *peróxiacilo*, parecendo-nos porém, e salvo melhor opinião, que se deveria denominar *nitro-peracilo* ou *peracilato de nítrónio* uma vez que pode ser encarado como éster do ácido nítrico e dos alcenóis.

HAAGEN-SMIT, sintetisa no esquema



a evolução e consequências dos fenómenos a que nos vimos referindo.

A cinética do processo que leva à formação dos nitroperacilos põe em evidência que:

a) a oxidação do óxido nítrico está associada à presença de hidrocarbonetos alifáticos não saturados, e à sua participação no processo;

b) o fenómeno da formação acelerada do dióxido de azoto é acompanhado da formação de átomos de oxigénio livres e de moléculas de ozono;

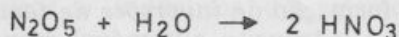
c) simultaneamente com os processos referidos, pode processar-se a formação de novos compostos químicos, como os nitratos de alcenilo e os nitro-peracilos.

Recentemente têm sido propostos outros esquemas de reacções para explicar os fenómenos referidos, mas, pelo que se refere ao tipo de poluição da atmosfera de Los Angeles, é a presença do ozono



e a formação dos nitro-peracilos que lhe confere a característica especial, e levou a denominar este tipo de poluição, por *smog oxidante*.

Quando existe um excesso de ozono na atmosfera, podem, na presença do vapor de água, processar-se reacções químicas



que conduzem à formação de ácido nítrico, com agravamento das condições já existentes.

Na sequência da luta contra o *smog* de Los Angeles, um grupo de médicos e de químicos, preconizou a fixação das concentrações máximas admissíveis para os poluentes considerados mais representativos na formação e evolução do fenómeno.

**QUADRO 6**  
**LIMITES DAS CONCENTRAÇÕES DOS POLUENTES**  
**EM LOS ANGELES**

	Concentrações máximas admissíveis (ppm)		
	Prudência	Alerta	Perigo
Óxidos de azoto	3,0	5,0	10,0
Ozono	0,5	1,0	1,5
Dióxido de enxofre	3,0	5,0	10,0
Óxido de carbono	100	200	300

Fixaram-se limites para os óxidos de azoto, o ozono, o dióxido de enxofre e o óxido de carbono, os quais se entende que não devem em caso algum ser ultrapassados, bem como os valores limiares de perigo.

No *Quadro 6* encontram-se transcritos os números que traduzem as concentrações máximas admissíveis de poluentes, expressas em ppm, para a cidade de Los Angeles, em relação com os diferentes graus de nocividade.

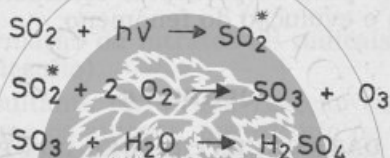
Diversas cidades americanas começaram já a sofrer efeitos análogos aos que se verificam em Los Angeles, e até mesmo na Europa, embora em menor escala, se começam a desenharem ameaças do seu aparecimento, já verificado, por exemplo, na Holanda.

Os primeiros termos da série dos nitro-peracilos, como o *nitro-peracetilo*, o *nitro-perpropionilo* e o *nitro-perbutirilo*, já foram isolados, e já foram obtidos no Laboratório.

Todos eles foram preparados irradiando misturas de *buteno-2*, *dióxido de azoto* e *oxigênio*, pelos raios U. V., ou pela acção do *ozono* sobre a mistura de *dióxido de azoto* e de um *aldeído*, neste caso sem necessidade de irradiação, o que confere à teoria de que expusemos os princípios fundamentais, e pelo menos no que respeita às conclusões formuladas, um certo grau de probabilidade de certeza.

9. Em cidades como Londres, onde existem também condições favoráveis à formação de *inversões de temperatura*, mas onde a insolação é fraca, e o trânsito automóvel menor, a causa da formação do *smog* encontra-se preponderantemente na dependência da presença do dióxido de enxofre na atmosfera.

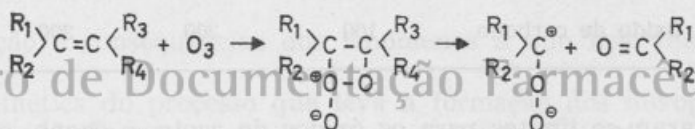
O dióxido de enxofre oxida-se, transformando-se em trióxido de enxofre, o qual, por combinação com as gotículas de água do característico nevoeiro londrino, lhe confere propriedades ácidas



O rendimento quântico deste processo é fraco, e, para concentrações elevadas de dióxido de enxofre, o ozono formado reage rapidamente com ele para produzir trióxido de enxofre e oxigênio.

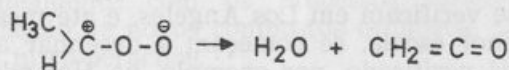
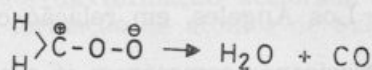
No ar poluído contendo menos de 1 ppm de dióxido de enxofre, este pode coexistir com o ozono durante largos intervalos de tempo, ou reagir com poluentes orgânicos como os hidrocarbonetos insaturados.

Neste caso, o ozono formado reage com os hidrocarbonetos, sobretudo da série dos alcenos,



e dá lugar à formação de um *zwiterião* que se decompõe gerando um novo *zwiterião* diferente do primeiro, e um composto carbonilado.

O novo *zwiterião* decompõe-se por sua vez segundo um de 3 processos, em função da sua estrutura própria:



e não se formam os compostos de oxidação que caracterizam o *smog oxidante de Los Angeles*.

O nevoeiro de Londres carregado de poluentes ácidos, e onde os nitro-peróxidos não estão presentes, ou são raros, é denominado correntemente de *smog ácido*, e constitui um outro tipo do fenómeno, que se verifica igualmente em cidades industriais com características climáticas e indústrias do mesmo tipo, ou de tipo análogo.

10. A poluição atmosférica é problema que, como é sabido, se encontra na ordem do dia, e a sua importância resulta não só dos incómodos e prejuízos que pode causar no imediato, como ainda dos riscos de indução maligna que pode determinar a longo prazo.

Já nos referimos a uns como a outros, podendo citar-se entre os primeiros o agravamento ou aparecimento de doenças bronco-pulmonares, de afecções do sistema cárdio-vascular e de irritações mais ou menos graves do globo ocular.

De entre os segundos, não podemos deixar de recordar uma vez mais, como diversos hidrocarbonetos policíclicos constituintes sobretudo dos gases e fumos lançados na atmosfera pelo escape dos motores de explosão e dos motores Diesel, para já não falar do fumo do tabaco, são comprovadamente de natureza a induzir o aparecimento do cancro, sob as suas diversas formas, malefício cuja importância se torna desnecessário pôr em relevo.

As dúvidas que possam ser postas a esta afirmação, não poderemos deixar de contrapor o facto de que foram as fulígens das chaminés, as primeiras substâncias de natureza química reconhecidas como susceptíveis de provocar o cancro no homem, nomeadamente o cancro do escrôto, e que o facto foi referido pela primeira vez em 1755 pelo cirurgião inglês Sir Percival Pott.

Da série dos benzopirenos, todos reconhecidos como cancerígenos, e formados na pirólise dos alcatrões, isolou-se em 1949 o *benzo* ( $\alpha$ ) *pireno*, considerado um dos mais activos do grupo, e a sua presença foi detectada no ar poluído de diversas cidades industriais.

No Quadro 7 indicamos os valores determinados experimentalmente para a atmosfera de diversos centros urbanos, e pensamos que seria de muito propósito iniciar um estudo deste género com relação pelo menos às cidades de Lisboa e Porto.

Certos poluentes do ar, como o flúor, têm sobre o organismo humano efeitos cumulativos que se manifestam de forma irreversível quando a sua acção já ultrapassou determinado nível. Outros como o óxido de carbono são considerados responsáveis por cefaleias, hoje tão frequentes, independentemente da sua acção tóxica bem conhecida, e a cujo mecanismo já nos referimos.

Mesmo quando os poluentes se limitam a impregnar a atmosfera de odores desagradáveis, e não possuem toxicidade, a sua presença é fomentadora de mal estar, contribuindo poderosamente para uma sensação de desconforto físico, que se transforma a breve trecho em desconforto psíquico, e faz baixar o nível do rendimento no trabalho.

### QUADRO 7

#### TEOR DA ATMOSFERA DE DIVERSAS CIDADES INDUSTRIAIS EM BENZO (α) PIRENO

Valores expressos em  $\mu\text{g}$  por cada  $100 \text{ m}^3$  de ar

Teor do ar em benzo (α) pireno $\mu\text{g}/100 \text{ m}^3$	
Los Angeles	3,00 a 3,25
Reykjavik	0,23
Bergen	0,50 a 1,90
Oslo	0,09 a 1,52
Copenhague	1,00 a 4,50
Sheffield	2,00 a 3,30
Londres	2,60 a 14,70

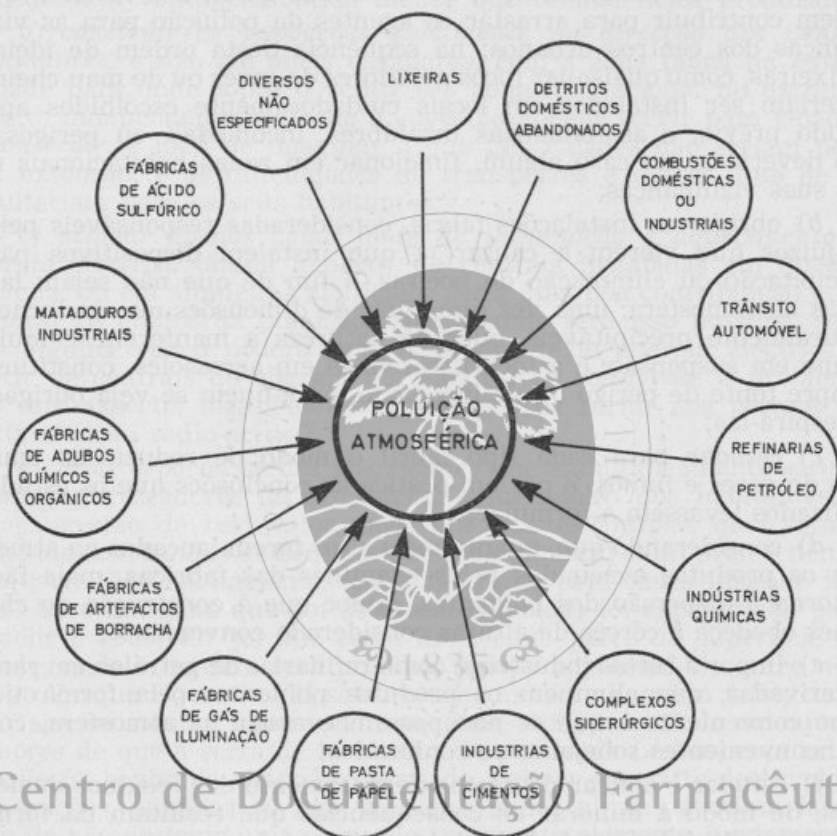
### Centro de Documentação Farmacêutica

De um modo geral pode dizer-se que todas as poeiras acarre- tam consigo germes infecciosos constituindo um perigo nomeadamente pelo seu papel no transporte e disseminação dos agentes epidemio- lógicos, actuando como agentes de transmissão de numerosas doen- ças microbianas, e se, de um modo geral, os germes em suspensão na atmosfera são saprófitos de utilidade provável, e na atmosfera livre raramente constituem perigo, não se pode dizer o mesmo rela- tivamente a espaços mal ventilados, como grandes armazéns, escri- tórios, cafés, teatros e cinemas, e, sobretudo, nos metropolitanos, não obstante as medidas de defesa que em tais locais é de uso tomar.

A luta contra a poluição deve ser, nos casos citados, realizada por arejamentos frequentes, e se possível forçados, de forma a arras- tar para o exterior os agentes mórbidos que eventualmente aí se possam encontrar, processo que aliás é o usado no metropolitano de Lisboa.



11. Os perigos imediatos ou latentes resultantes da poluição atmosférica, levaram, pela sua importância, a considerar meios de os combater e de purificar os ambientes em que o homem é forçado a viver, de modo a minimizar os males ou incómodos que, de um modo geral, são impostos pelos agentes poluentes.



Principais factores que contribuem para a poluição atmosférica

Fig. 2

O combate contra a poluição, pode dizer-se que consiste fundamentalmente na utilização de meios impeditivos de que os agentes contaminantes atinjam na atmosfera concentrações a partir das quais se faça sentir a sua acção nefasta, seja ela de que natureza for.

Sendo os estabelecimentos fabris, as diferentes contribuições das instalações domésticas, e mais que tudo o trânsito automóvel, os principais agentes da poluição, presume-se que a sua acção se poderia reduzir de forma notável nas concentrações urbanas, pela aplicação, de medidas que, pelo menos com um exame não muito profundo, parecem fáceis de aplicar.

Assim, e nesta ordem de ideias tem sido sugerido:

a) isolar as fontes de poluição, isto é, não instalar centros fabris próximo de centros urbanos, nem permitir a sua instalação sem um estudo prévio das condições meteorológicas tipo da zona, do sentido dos ventos dominantes, e, de um modo geral, dos factores que podem contribuir para arrastar os agentes da poluição para as vizinhanças dos centros urbanos; na sequência desta ordem de ideias, as lixeiras, como quaisquer focos geradores de gases ou de mau cheiro, deveriam ser instalados em locais cuidadosamente escolhidos após estudo prévio, e as indústrias insalúbres, incómodas, ou perigosas, não deveriam, em caso algum, funcionar em zonas habitacionais ou nas suas vizinhanças;

b) obrigar as instalações fabris, consideradas responsáveis pelos prejuízos que vierem a causar, a que instalem dispositivos para precipitação ou eliminação de poeiras, a fim de que não sejam lançadas na atmosfera, uma vez que, quer de dimensões que as tornem naturalmente precipitáveis, quer de natureza a manterem-se muito tempo em suspensão, e a incorporarem-se em aerossóis, constituem sempre fonte de perigo ou de incómodo, para quem se veja obrigado a respirá-las;

c) estudar para cada tipo fabril o modo de reduzir as emissões de gases e fumos, e pôr em prática as conclusões que os estudos realizados levassem a formular;

d) considerando que, quanto mais altos forem lançados na atmosfera os produtos evacuados pelas chaminés das fábricas, mais fácil se torna a dispersão dos poluentes, impor que a construção de chaminés obedeça à cêrcea de alturas considerada conveniente;

e) impor a certas indústrias, como refinarias de petróleo em rama e derivadas, que eliminem os produtos poluentes pela forma tida como conveniente e que os não possam evacuar na atmosfera, com os inconvenientes sobejamente conhecidos;

f) estudar e aplicar processos de tratamento dos resíduos domésticos, de modo a minorar as consequências que resultam da forma como na actualidade cada habitante se liberta da sua presença;

g) não permitir a circulação de veículos automóveis cujos motores se não encontrem convenientemente regulados, e impor sanções reais — as teóricas já existem na lei — suficientemente pesadas para se tornarem convincentes.

**12.** Têm sido propostas soluções de várias naturezas como oferecendo garantias na luta contra a poluição, mas algumas dessas soluções não passam, ao que nos parece, de utopias sem possibilidade de execução, ou que apenas substituem um inconveniente por outro, nem sempre de menor importância.

Assim, e por exemplo, tem sido proposto:

a) *construir parques de estacionamento subterrâneos para veículos automóveis*; sabido como é que os motores de combustão interna

libertam a maior percentagem de produtos nocivos enquanto estão frios, ou trabalham em regime lento, os parques de estacionamento subterrâneos transformam-se por força deste motivo em ratoeiras, e a evacuação dos gases tóxicos constituirá, para os habitantes dos pisos superiores, um inconveniente tão vultuoso que bem podemos considerar a vantagem obtida menor que os malefícios produzidos;

b) *construir as povoações axialmente na direcção dos ventos dominantes*, e não em anéis circulares, com a zona fabril na extremidade para onde sopra o vento, e a zona habitacional no extremo oposto; independentemente de a sugestão apenas servir para cidades a *construir*, é fácil de imaginar o que tais cidades não seriam pela sua extensão, e as dificuldades de transportes e outras, que de aí resultariam para os seus habitantes;

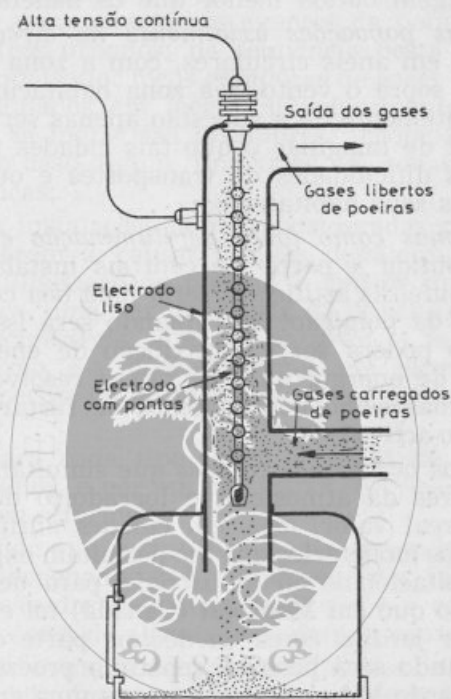
c) *utilizar apenas como fonte de iluminação e aquecimento a energia eléctrica* obtida a partir de centrais instaladas em quedas de água, ou em albufeiras artificiais, seria uma boa contribuição para minorar os efeitos da poluição! Mas quando será isso possível, se é que alguma vez o poderá ser? A produção de energia eléctrica a partir de centrais de energia nuclear, talvez resolvesse o problema sob este aspecto, mas como nos havemos de furtar aos perigos da contaminação radio-activa?

d) *criar espaços verdes nas cidades* que simultaneamente seriam agentes purificadores da atmosfera, e logradouro dos habitantes, é uma sugestão de real valor, mas, em cidades antigas, qual será a edibilidade com fundos monetários que lhe permitam expropriar e demolir quarteirões habitacionais ou industriais, para neles instalar jardins? Se é um facto que em Montreal (Canadá) foi expropriada para demolir e construir jardins cerca da décima parte da superfície da cidade, onde e quando será possível repetir a proeza? Se entre nós, até ao Parque Eduardo VII se cortou há anos uma grossa fatia, como se a sua existência fosse um luxo, e de vez em quando se ouvem rumores de que a serra de Monsanto, às portas de Lisboa, cuja arborização foi sonho de visionário assisado, vai ser em parte destinada a construções, públicas ou não, mas que nunca ali se deveriam fazer, afim de não destruir uma obra que representa elemento fundamental no saneamento da atmosfera da cidade.

e) *criar centros para incineração dos resíduos domésticos, por bairros ou zonas das cidades*, também nos não parece solução viável, não só pela necessidade de evacuar as cinzas resultantes, como ainda pela introdução de uma causa suplementar de poluição, como resultado de se lançarem na atmosfera os fumos e poeiras, em quantidade respeitável, que resultariam necessariamente da operação;

f) *instalar aparelhos Cottrell de precipitação electrostática* nas chaminés das fábricas que evacuem para a atmosfera fumos, poeiras ou gases susceptíveis de serem precipitados por este processo; neste tipo de aparelhos é mantida entre dois electrodos uma diferença de potencial da ordem de 100 000 Volt, e as poeiras, os ácidos no estado vesicular, assim como certos gases, carregam-se de electricidade e são precipitados pelas placas mantidas a um potencial negativo. Os apare-

lhos de Cottrell, nos locais em que têm sido instalados, mostram-se de funcionamento a todos os títulos satisfatório, dando muito boas provas, mas o seu custo e manutenção são extremamente elevados, o que tem impedido a generalização do seu uso.



Esquema de um *Precipitador de Cottrell*

## Centro de Documentação Farmacêutica

Fig. 3

As soluções que acabamos de referir, e encontramos preconizadas em diversos autores, parecem-nos na sua maior parte utópicas, como nos parece utópica, e não sabemos ainda por quanto tempo, a sugestão de substituir os veículos equipados com motor de combustão, por outros, munidos de motores eléctricos alimentados por baterias de acumuladores.

É verdade que têm sido realizadas experiências nesse sentido, mas, enquanto se não verificar uma revolução na construção dos indispensáveis acumuladores, o processo não parece viável. O mesmo já não diremos da substituição dos autocarros de serviço público, funcionando a óleos pesados do petróleo, por autocarros de tracção eléctrica, como se vêem no Porto e em Coimbra.

A eliminação desta causa de poluição far-se-ia sentir de modo visível, segundo pensamos, não só pela diminuição do tráfico com motores deste tipo, mas ainda porque, como é de observação corrente,



os motores desta espécie de veículos não pecam pelo motivo de andarem normalmente bem afinados; as nuvens de fumaça negra que lançam constantemente sobre os pedestres, e até sobre os veículos que os seguem na corrente do trânsito, falam por si.

Medida que nos parece benéfica seria a que é proposta por BOYER: impedir a construção de novos edifícios, ou a ampliação dos existentes, em todas as zonas das cidades em que a densidade populacional seja já excessiva, ou onde a ausência de espaços adequados não permita a construção de jardins e logradouros públicos em quantidade e superfície necessários para garantir as condições sanitárias eficientes à vida dos habitantes.

A construção de blocos gigantescos a que por toda a parte se vai assistindo, parecendo muito embora um índice de progresso e de civilização, determina uma concentração da população em certos locais ou bairros, e a não existência na vizinhança dos indispensáveis espaços verdes, quer em número, quer em extensão, associada a um acréscimo do trânsito automóvel, implica uma piora constante das condições sanitárias locais, e um inevitável aumento da poluição.

Exercer acções severas sobre os habitantes que abandonam os detritos domésticos na rua, em condições precárias de acondicionamento, e os tornam campo de exploração de ferro-velhos, trapeiros e cães vadios, parece-nos do mesmo modo que seria medida de utilidade inquestionável, e não vemos que fosse difícil de pôr em prática.

Reservar as cidades a fins comerciais, e criar *ciudades-dormitórios* nos seus arredores, é solução que não satisfaz a nossa sensibilidade, e nos não parece de encarar pelos inconvenientes de ordem material, moral, de influência sobre a educação da juventude, que ficaria ainda mais isolada da acção familiar e entregue a si própria, e pelas necessidades de transporte a horas fixas, da periferia para o centro das cidades e vice-versa, com os inconvenientes que já na actualidade, e nesse sentido, se manifestam de modo tão evidente.

As desvantagens que advêm superam de longe os benefícios que porventura alguém possa encontrar num tal sistema.

13. É curioso notar que, muito embora seja crença geral que o ar citadino é mais pobre em oxigénio do que o do campo, a presunção carece de fundamento.

As análises realizadas nas mais diversas condições, mostraram que o teor da atmosfera em oxigénio, seja qual for o local considerado, e quaisquer que sejam as condições do meio ambiente, é praticamente constante, e muito próximo de 21% v/v.

A razão deste facto reside em que, se na realidade os focos domésticos, a indústria, e os veículos automóveis, consomem o oxigénio atmosférico, as correntes de ar encarregam-se de afastar para longe os produtos resultantes, substituindo-os por ar fresco, de modo que a atmosfera conserva uma concentração em oxigénio praticamente constante.

Maior influência sobre o organismo humano exerce a humidade atmosférica que, em tempo quente obriga a uma transpiração permanente, perda de cloreto de sódio, e abaixamento do rendimento

no trabalho, enquanto no inverno arrefece o ambiente, torna o frio mais penetrante, e cria uma sensação desagradável de desconforto.

O *Committee of Air Pollution* da *American Medical Association* publicou no fim do seu nono *Annual Congress on Industrial Health*, um relatório no qual se manifestava a opinião de que o interesse geral pela poluição do ar é ainda muito recente, e que os estudos realizados com a finalidade de lhe encontrar uma solução com bases científicas eram insuficientes para que as conclusões a tirar não sejam forçosamente limitadas, considerando que, nessa altura, se deveria limitar às considerações e observações gerais seguintes:

a) entende-se como poluição do ar a concentração excessiva na atmosfera de substâncias estranhas, susceptíveis de afectar o bem estar das pessoas, ou de lhes causar prejuízos aos seus haveres;

**QUADRO 8**  
**COMPOSIÇÃO MÉDIA DA ATMOSFERA**

Componentes gasosos	ppm (v/v)	ppm (p/p)
Azoto	780900	755100
Oxigénio	209500	231500
Argon	9300	12800
Dióxido de carbono	300	460
Neon	18	12,5
Hélio	5,2	0,72
Metano	2,2	1,2
Kripton	1,0	2,9
Monóxido de azoto	1,0	1,5
Hidrogénio	0,5	0,03
Xenon	0,08	0,36

b) feita excepção de alguns casos específicos que assumiram aspecto dramático, não há provas científicas de que a poluição do ar cause sérios prejuízos à saúde; todavia, aceitando a definição proposta pela O. M. S. (A saúde é um estado de completo bem estar, físico, mental e social, e não consiste apenas numa ausência de doença ou de enfermidade), a poluição do ar tem repercussões sobre a saúde pública;

c) podem-se distinguir duas categorias de poluentes atmosféricos: os que exercem acção sobre a saúde e os que, tanto quanto nos é possível afirmar, não têm influência quando considerados sob este ponto de vista; no estado actual dos nossos conhecimentos, a maior parte dos poluentes atmosféricos pertence à segunda categoria;

d) existem poluentes atmosféricos que, para certas concentrações, ainda que não constituam perigo para a saúde, são apesar disso desagradáveis ou incómodos ao ponto de se tornarem intoleráveis; não é desta forma necessário provar que a saúde está em perigo para concluir pela necessidade de uma redução do teor da atmosfera em agentes poluentes;

e) a poluição do ar deve ser reduzida até aos limites possibilitados na prática pela ciência e pela tecnologia modernas, isto é, até um ponto de compromisso entre os direitos de funcionamento normal da indústria, e os direitos que têm a colectividade para exigir um meio ambiente que lhe permita viver de forma conveniente;

f) devem ser realizados todos os esforços no sentido de obter a cooperação das indústrias no estudo dos seus efluentes, a fim de fixar normas aceitáveis para uma limitação efectiva da poluição atmosférica, e de estabelecer uma base técnica para modificar os aparelhos existentes em funcionamento, ou conceber novos tipos mais aperfeiçoados;

g) os conhecimentos científicos actuais são em geral suficientes para estabelecer métodos eficazes de medida da poluição do ar; verifica-se, no entanto, a necessidade de normalizar os métodos de recolha e medida das poeiras, dos aerossóis e dos gases da atmosfera para permitir que se comparem os resultados obtidos em regiões diferentes;

h) na maior parte dos casos, os conhecimentos técnicos actuais são suficientes para a concepção de aparelhos e de processos destinados ao tratamento dos resíduos industriais expulsos para a atmosfera, com a finalidade de eliminar os constituintes indesejáveis;

i) não é certo que o estado actual dos nossos conhecimentos permita uma apreciação absoluta do grau de nocividade de cada poluente, mas é possível realizar para cada caso uma avaliação relativa útil;

j) o programa público de luta contra a poluição do ar deve ser executado por pessoas possuidoras de bagagem e experiência científicas adequadas; na dependência da natureza dos problemas locais, é necessária a cooperação de especialistas como sejam, por exemplo, e conforme os aspectos em estudo, químicos, engenheiros, meteorologistas e médicos;

k) o papel do médico nos estudos sobre a poluição do ar, ou no das medidas de defesa contra a poluição não se encontra definido com precisão; ainda que os contaminantes atmosféricos sejam na maior parte das vezes mais incómodos do que tóxicos, é indispensável em cada caso uma opinião médica sobre o assunto, baseada nos resultados da investigação científica, e uma difusão subsequente dos resultados experimentais;

l) a comissão é de opinião que certos princípios, conquanto devam ser comuns a todos os decretos sobre a fiscalização da poluição atmosférica, não podem ser universalmente válidos, em virtude das diferenças que se verificam no grau de desenvolvimento das cidades, nas condições topográficas, meteorológicas, etc.

McCABE, informa por outro lado que, num relatório policopiado, não publicado, dirigido em 1958 ao *National Research Council on Sanitary Engineering and Environment*, dos Estados Unidos da América, figuram os comentários seguintes, a propósito das relações entre a poluição do ar e a saúde:

«O papel da poluição do ar sobre a saúde de uma colectividade é tão complexo que parece quase impossível de analisar. Mesmo quando nos restringimos ao caso da exposição a um estado de poluição relativamente grave, mas de curta duração, é difícil uma análise objectiva. O estudo cuidadoso a que se procedeu a quando da catástrofe de Donora ilustra bem a nossa asserção, porquanto não foi possível obter respostas concludentes a todos os problemas que se levantaram. O insucesso foi muito provavelmente uma consequência de as investigações a que se procedeu terem sido realizadas após o acidente e não durante o seu decurso. Os estudos a que se procedeu relativamente ao acidente de Donora, levaram a concluir que nenhum agente poluente se encontrava presente na atmosfera em quantidade suficiente para, por si só, permitir uma explicação dos efeitos observados sobre a população, e que muito provavelmente as culpas do acidente são de imputar a combinações eventualmente formadas pelos diversos poluentes. As dificuldades encontradas no estudo de um acidente, muito embora grave, mas de curta duração, permitem uma ideia da complexidade do problema que se suscita quando se pretende estudar uma situação de longa duração, ainda mesmo quando as concentrações em contaminantes são muito mais fracas. Muito mais fácil que estudar os efeitos da poluição, é estudar a evolução da contaminação atmosférica, e, neste campo, a investigação tem realizado progressos absolutamente notáveis.

A resposta ao problema posto pela relação entre a poluição e as doenças crónicas deve encontrar-se nos numerosos indícios de que uma atmosfera poluída não permite um estado óptimo de saúde.»

De então até hoje são múltiplos os factores que têm agravado o problema. O desenvolvimento das indústrias químicas de diversas naturezas, e nomeadamente dos plásticos cujos resíduos são indestrutíveis a não ser pelo fogo, o aumento da concentração populacional, e outros, forçaram a que se desenvolvessem métodos de estudo, e se procurem por todos os processos meios de defesa, numa luta porfiada contra os agentes da poluição.

14. A conspurcação da atmosfera por substâncias estranhas, tóxicas ou incómodas, constitue um flagelo da nossa época, que se encontra associado ao progresso industrial e técnico da sociedade de consumo.



Só o regresso à pureza dos tempos pré-bíblicos — pura utopia sem significado — poderia libertar-nos das consequências da poluição.

Mais ainda, certos factores encontram-se em cadeia na dependência uns dos outros, e não existe na actualidade qualquer meio de pôr cobro às consequências que, para todos nós, derivam da sua existência.

As medidas preventivas e regulamentares que têm sido publicadas nos diversos países, não podem, façam o que fizerem, destruir certas constantes com as quais o legislador não pode interferir por impossibilidade material.

Para concretizar o nosso ponto de vista tomemos alguns casos que apresentamos apenas o título de exemplo.

Nos países nórdicos, onde o frio se faz sentir mais intensamente no inverno, como seja o caso da Inglaterra, o aquecimento doméstico é uma necessidade inevitável nesta quadra do ano.

O combustível utilizado para prover o aquecimento, ou é o carvão muito abundante no sub-solo daquele país, ou os óleos pesados do petróleo, ou os gases obtidos, seja por pirogenação do carvão, seja das refinarias das ramas de petróleo.

Todos estes produtos contêm derivados do enxofre, e lançam na atmosfera massas enormes de dióxido de enxofre que a vão poluir em alto grau.

Não é possível, ou só é possível com grande dispêndio, o que não torna o processo economicamente rentável, eliminar dos combustíveis as substâncias que provocam a poluição.

Que fazer? Aguentar o frio e suprimir o aquecimento?

Dissemos que os veículos automóveis, mesmo com os motores bem regulados lançam constantemente na atmosfera agentes poluentes de grande agressividade para o homem, os animais, as plantas, etc.

Dispensaremos os veículos automóveis e voltaremos aos meios de transporte dos nossos antepassados?

Os exemplos citados servem apenas para mostrar como certas soluções que podem parecer fáceis, ou até evidentes, são muitas vezes irrealizáveis.

Não significam os casos considerados que nos possamos dispensar de lutar por todos os meios ao nosso alcance para que os males que derivam da poluição se não agravem. Antes, e sempre que possível, é indispensável actuar no sentido de que as suas consequências sejam minimizadas, e aqui, no nosso entender, se uma parte do trabalho cabe aos poderes públicos, e se outra parte cabe aos higienistas, a parte mais importante, a que é decisiva para que o mal não só não alastre, mas se restrinja, cabe aos agentes da educação.

É indispensável e urgente que uma campanha séria, honesta e esclarecedora da opinião pública se lance na luta contra a ignorância, contra o indiferentismo, e contra a passividade com que um fenómeno de tão magna importância vem sendo considerado.

E esta acção de esclarecimento da opinião pública, perdoe-se-nos o dogmatismo da afirmação, é premente: *amanhã pode ser já tarde!*

## R É S U M É

L'auteur fait des commentaires, qu'il estime pertinents, sur les causes de la pollution en général et de la pollution atmosphérique en particulier, en avançant l'hypothèse de ce que la pollution morale qui se manifeste chez les jeunes est, en elle-même, une conséquence des formes de pollution dans des locaux déterminés, dont il résulte l'inévitable manque d'hygiène et de conditions pour une vie saine.

En faisant un récit circonstancié des accidents classiques de Los Angeles, de la Vallée de la Meuse, de Donora, de Londres et de Poza Rica, l'auteur fait observer l'influence des facteurs météorologiques sur certains types de pollution et indique ceux que l'on présume se trouver à l'origine de chaque cas.

En désignant les principaux polluents de l'atmosphère et leurs incidences pernicieuses, l'auteur indique de façon succincte leurs propriétés caractéristiques et leur agressivité.

Il fait ensuite la distinction entre les types de pollution du smog oxydant de Los Angeles et du smog acide de Londres, en expliquant les conditions qui provoquent la formation de chacun d'eux et en présentant une brève interprétation chimique des procédés photochimiques qui les déterminent.

Finalement, en quelques mots, l'auteur précise les dangers d'ordre général de la pollution atmosphérique et rappelle plusieurs suggestions pour atténuer leurs effets.

## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

### BIBLIOGRAFIA

- [1] ADAMS, Donald F. et alii — *Atmospheric pollution in the Ponderosa Pine Blight area*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1356 (1952).
- [2] ASSAILLY, Adré — *Les Poussières*. P. U. F., 1956.
- [3] AXELROD, Herman D. et alii — *Fluorimetric determination of trace nitrates*. Anal. Chim. Acta, **51**, 21 (1970).
- [4] BARKER, K. and MACFARLANE, W. A. — *Le choix et l'utilisation des combustibles*. Genève, O. M. S., 1963.
- [5] BENTLEY, H. R. and BURGAN, J. G. — *Polynuclear hydrocarbons in tobacco and tobacco smoke. Part. I. 3,4-benzopyrene*. Analyst, **83**, 442 (1958).
- [6] BENTLEY, H. R. and BURGAN, J. G. — *Polynuclear hydrocarbons in tobacco smoke. Part. II. The origin of 3,4-benzopyrene found in tobacco and tobacco smoke*. Analyst, **85**, 723 (1960).
- [7] BLACET, F. E. — *Photochemistry in the lower atmosphere*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1339 (1952).

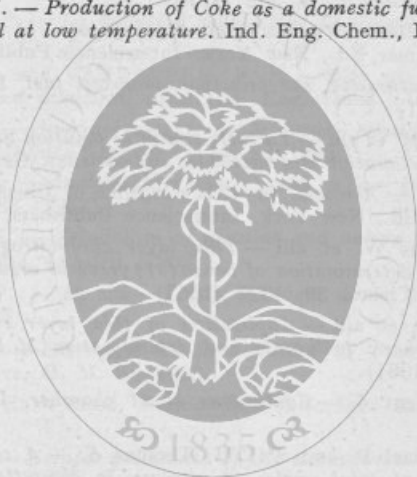
- [8] BOYER, Jean — *Hygiène de la vie quotidienne*. Paris, P. U. F., 1969.
- [9] CADLE, R. D. and ROBBINS, R. C. — *Kinetics of atmospheric chemical reactions involving aerosols*. Disc. Faraday Soc., **30**, 155 (1960).
- [10] CAMBI, F — *Méthodes et instruments d'échantillonnage et d'analyse dans l'étude de la pollution de l'air*. Genève, O. M. S., 1963.
- [11] CATCOTT, E. J. — *Les effets de la pollution de l'air sur les animaux*. Genève, O. M. S., 1963.
- [12] CHOVIN, Paul et ROUSSEL, André — *La Pollution Atmosphérique*. Paris, P. U. F., 1968.
- [13] COLAS, René — *La pollution des eaux*, 2ème ed., Paris, P. U. F., 1968.
- [14] COMMINS, B. T. — *Determination of particulate acid in town air*. Analyst, **88**, 364 (1963).
- [15] COOPER, R. L. — *The determination of polycyclic hydrocarbons in town air*. Analyst, **79**, 573 (1954).
- [16] CURRAN, M. D. — *The Curran-Knowles process*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 850 (1941).
- [17] DAVIES Jr, Caleb — *Tar and by-products from the disco process*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 860 (1941).
- [18] DUNNING, W. J. — *Nucleation process and aerosol formation*. Disc. Faraday Soc., **30**, 9 (1960).
- [19] ENGDAHL, Richard B. — *Smokes, Fumes and Smog*, in «Encyclopedia of Chemical Technology» 2nd edn, Kirk-Othmer Ed., New York, Interscience Publishers, **18**, 400 (1969).
- [20] GEORGE, Pierre — *L'environnement*. Paris, P. U. F., 1971.
- [21] HAAGEN-SMIT, A. J. — *Chemistry and physiology of Los Angeles smog*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1342 (1962).
- [22] HALLIDAY, E. C. — *Histoire de la pollution atmosphérique*. Genève, O. M. S., 1963.
- [23] HALOT, Denise — *Hydrocarbures et pollution atmosphérique*. Talanta, **17**, 729 (1970).
- [24] HARRIS, R. J. C. — *Tobacco and lung cancer*. Sci. J., **4** (6), 33 (1968).
- [25] HEIMANN, Harry — *Les effets de la pollution de l'air sur la santé de l'homme*. Genève, O. M. S., 1963.
- [26] HERMAN, Lévi et HERMAN-MONTAGNE, Renée — *Signification des mesures relatives à la quantité de poussières ou fumées au niveau du sol*. C. R. Acad. Sci. (Paris), **204**, 1441 (1937).
- [27] HOFFMANN, D. and MAZZOLA, V. — *Chemical studies on tobacco smoke. XI. Dibenzofurans in cigarette smoke*. Beitr. Tabakforsch., **5**, 183 (1970).
- [28] HOFFMANN, D. and RATHKAMP, G. — *Chemical studies on tobacco smoke. Primary and secondary nitroalkanes in cigarette smoke*. Beitr. Tabakforsch., **4**, 124 (1968).
- [29] HOFFMANN, D. and RUBIN, J. — *Chemical studies on tobacco smoke. I. The quantitative determination of indoles in cigarette smoke*. Beitr. Tabakforsch., **3**, 409 (1966).
- [30] HOFFMANN D. and WOZIWODZKI, H. — *Chemical studies on tobacco smoke. IV. The quantitative determination of free nonvolatile fatty acids in tobacco and tobacco smoke*. Beitr. Tabakforsch., **4**, 167 (1968).
- [31] HOFFMANN, D. et alii — *Chemical studies on tobacco smoke. VI. The determination of carbazoles in cigarette smoke*. Beitr. Tabakforsch., **4**, 253 (1968).
- [32] HOFFMANN, D. et alii — *Chemical studies on tobacco smoke. IX. Quantitative analysis of chlorinated hydrocarbon insecticides*. Beitr. Tabakforsch., **5**, 140 (1969).
- [33] HOFFMANN, Dietrich et alii — *Quantitative determination of 9-methyl-carbazoles in cigarette smoke*. Anal. Chem., **41**, 1256 (1969).
- [34] HOFFMANN, Dietrich and RATHKAMP, Gunter — *Quantitative determination of 1-alkyndoies in cigarette smoke*. Anal. Chem., **42**, 366 (1970).

- [35] HOFFMANN, Dietrich and RATHKAMP, Gunter — *Quantitative determination of nitrobenzenes in cigarette smoke*. Anal. Chem., **42**, 1643 (1970).
- [36] HOFFMANN, D. et alii — *Chemical studies on tobacco smoke. II. Comparison of yields of several selected components in the smoke from five major turkish tobacco varieties*. Fd. Cosmet. Toxicol., **5**, 37 (1967).
- [37] HOFFMANN, D. and RUBIN, J. — *Chemical studies on tobacco smoke. I. The quantitative determination of indoles in cigarette smoke*. Beitr. Tabakforsch., **3**, 409 (1966).
- [38] HOFFMANN, Dietrich and WYNDER, Ernest L. — *Short-term determination of carcinogenic hydrocarbons*. Anal. Chem., **32**, 295 (1960).
- [39] HOFFMANN, Dietrich and WYNDER, Ernest, L. — *On the isolation and identification of polycyclic aromatic hydrocarbons*. Cancer, **13**, 1062 (1960).
- [40] HOFFMANN, Dietrich and WYNDER, Ernest, L. — *A study of tobacco carcinogenesis. XI. Tumor initiators, tumor accelerators, and tumor promoting activity of condensate fractions*. Cancer, **27**, 848 (1971).
- [41] JAMMET, H. P. — *La pollution radioactive de l'atmosphère*. Genève, O. M. S., 1961.
- [42] JONES, W. L. and VANDAVEER, F. E. — *City gas ... the idealmokeless fuel for domestic and industrial uses*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 852 (1941).
- [43] KATZ, Morris — *Quelques aspects de la nature physique et chimique de la pollution atmosphérique*. Genève, O. M. S., 1963.
- [44] KAY, Kingsley — *Analytical methods used in air pollution study*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1383 (1952).
- [45] LARSON, P. S. — *Metabolism of nicotine and nature of tobacco smoke irritants*. Ind. Eng. Chem., **44**, 279 (1952).
- [46] LAWThER, P. J. et alii — *L'épidémiologie de la pollution de l'air*. Genève, O. M. S., 1963.
- [47] LECLERC, E. — *Les effets de la pollution de l'air (Aspects économiques et sociaux)*. Genève, O. M. S., 1963.
- [48] LESHNER, C. E. — *Disco, a smokeless fuel*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 858 (1941).
- [49] LESSING, R. — *Aerosol pollutants of the atmosphere*. Disc. Faraday Soc., **30**, 7 (1960).
- [50] MACHÉ, Augustin — *Contribution à l'étude du dosage de l'ozone*. C. R. Acad. Sci. (Paris), **200**, 17 605 (1935).
- [51] MacINTIRE, W. H. et alii — *Measurement of atmospheric fluorine*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1365 (1952).
- [52] MADER, Paul, P. et alii — *Composition of organic portion of atmospheric aerosols in the Los Angeles area*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1852 (1952).
- [53] MAGILL, Paul L. and BENOLIEL, Robert W. — *Air pollution in Los Angeles County*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1347 (1952).
- [54] MASUDA, Yoshito and HOFMANN — *Quantitative determination of 1-naphthylamine and 2-naphthylamine in cigarette smoke*. Anal. Chem., **41**, 650 (1969).
- [55] McCABA, Louis C. — *Définition du problème que pose la pollution de l'air*. Genève, O. M. S., 1963.
- [56] MONNETT, Osborn — *Smoke ordinances*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 839 (1941).
- [57] MORROW, P. E. — *Evaluation of inhalation hazards based upon the the respirable dust concept and the philosophy and application of selective sampling*. Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., **25**, 217 (1964).
- [58] MUNTHE, Axel — *O Livro de San Michele*, VI ed. (Trad. Jaime Cortesão). Lisboa, Livros do Brasil, s. d.



- [59] NUNES DE OLIVEIRA, Joaquim José — *O flúor nas águas de consumo em Portugal*. Dissertação de Doutoramento. Porto, 1949.
- [60] O. M. S. — *La pollution de l'air. Cinquième rapport du Comité d'experts de l'assainissement*. Genève, O. M. S., 1958.
- [61] O. M. S. — *La pollution de l'air. Aperçu de la législation actuelle*. Rec. Intern. Lég., **14**, 191 (1963).
- [62] O. M. S. — *Les polluants atmosphériques. Rapport d'un Comité d'experts de l'O. M. S.* Genève, O. M. S., 1964.
- [63] PARKER, Albert — *La législation concernant la pollution de l'air: les normes et leur mise en application*. Genève, O. M. S., 1963.
- [64] RANZ, W. E. and WONG, J. B. — *Impaction of dust and smoke particles on surface and body collectors*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1371 (1952).
- [65] RATHKAMP, Gunter and HOFFMANN, Dietrich — *Chemical studies on tobacco smoke. XIII. Inhibition of the pyrosyntheses of several selective smoke constituents*. Beitr. Tabakforsch., **5**, 302 (1970).
- [66] RILEY, E. C. — *Dust (Hygiene)*, in «Encyclopedia of Chemical Technology» 2nd edn, Kirk-Othmer Ed., New York, Interscience Publishers, **7**, 453 (1965).
- [67] ROSE, H. J. — *Anthracite, the principal smokeless fuel*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 841 (1941).
- [68] ROSE Jr, Andrew H. et alii — *La lutte contre la pollution de l'air par l'installation d'appareils et l'amélioration des méthodes industrielles*. Genève, O. M. S., 1963.
- [69] SAGE, Maurice S. — *Aerosols*, in «Encyclopedia of Chemical Technology» 2nd edn, Kirk-Othmer Ed., New York, Interscience Publishers, **1**, 470 (1963).
- [70] STANLEY, Thomas W. et alii — *Thin layer chromatographic separation and spectrophotometric determination of benzo(a)pyrene in organic extracts of airborne particulates*. Anal. Chem., **39**, 1327 (1967).
- [71] SAWICKI, Eugene et alii — *Application of thin layer chromatography to the analysis of atmospheric pollutants and determination of benzo(a)pyrene*. Anal. Chem., **36**, 497 (1964).
- [72] SCHAEFER, Vincent J. — *Continuous cloud chamber*. Ind. Eng. Chem., **44**, 1381 (1952).
- [73] SCHERBAK, Michael P. and SMITH, Thomas A. — *A colorimetric method for the determination of total oxides of nitrogen in cigarette smoke*. Analyst, **95**, 964 (1970).
- [74] SCHMELTZ, Irvin et alii — *Improved method of determination of benzo(a)pyrenes in cigarette smoke condensate*. Anal. Chem., **36**, 2499 (1964).
- [75] SMITH, G. A. L. and KING, D. A. — *Determination of the steam-volatile phenols present in cigarette-smoke condensate. Part I. Colorimetric determination of the total steam-volatile phenols*. Analyst, **89**, 305 (1964).
- [76] SMITH, G. A. L. and SULLIVAN, P. J. — *Determination of the steam-volatile phenols present in cigarette-smoke condensate. Part. II. Determination of phenol, the cresols and guaiacol by thin-layer chromatography*. Analyst, **89**, 312 (1964).
- [77] STANLEY, Thomas W. et alii — *Thin layer chromatographic separation and spectrophotometric determination of benzo(a)pyrene in organic extracts of airborne particulates*. Anal. Chem., **39**, 1327 (1967).
- [78] SYKES, Peter — *A guidebook to mechanisms in organic chemistry*, 3th edn. London, Longmans Group Ltd, 1970.
- [79] TAYLOR, J. R. et alii — *La lutte contre la pollution de l'air par le choix des emplacements et par le zonage*. Genève, O. M. S., 1963.
- [80] TERNISIEN, Jean A. — *La lutte contre les pollutions*. Paris, P. U. F., 1968.
- [81] TERNISIEN, Jean A. — *Les pollutions et leurs effets*. Paris, P. U. F., 1968.
- [82] THOMAS, Moyer D. — *Les effets de la pollution de l'air sur les plantes*. Genève, O. M. S., 1963.

- [83] TRUHAUT, Prof. R. — *Pollution de l'air et santé publique*. Triangle, **3**, 109 (1967).
- [84] TUCKER, Raymond R. — *Smoke prevention in St. Louis*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 836 (1941).
- [85] VLÈS, F. et alii — *Sur les facteurs de l'évolution des cancers de goudron chez les souris*. C. R. Acad. Sci. (Paris), **193**, 893 (1931).
- [86] WAYNE, R. P. — *Photochemistry*. London, The Butterworth Group, 1970.
- [87] WEDGOOD, Philip and COOPER, Ronald L. — *The detection and determination of polynuclear hydrocarbons in industrial effluents and sewage. Part III. The examination of some gasworks effluents*. Analyst, **80**, 652 (1955).
- [88] WEXLER, Harry — *Météorologie et pollution de l'air*. Genève, O. M. S., 1963.
- [89] WILLAMAN, J. J. — *Alkaloids of tobacco. Identification and determination*. Ind. Eng. Chem., **44**, 270 (1952).
- [90] WOODY, G. V. — *Production of Coke as a domestic fuel. The Hayes process for carbonizing coal at low temperature*. Ind. Eng. Chem., Ind. Ed., **33**, 841 (1941).



## Centro de Documentação Farmacêutica da Ordem dos Farmacêuticos

# ECOS E FACTOS

## *Festejando...*

A Doutora MARIA SERPA DOS SANTOS concluiu, recentemente, as provas para Professor Catedrático do Grupo de Química da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, tendo sido aprovada por unanimidade.

É a primeira senhora que ocupa este lugar nas Faculdades de Farmácia do País. Foi sempre aluna distinta, obtendo menções honrosas no 4.º e 5.º ano no Liceu Salvador Correia, em Luanda, e conquistando no de Júlio Henriques um prémio atribuído pela Câmara Municipal de Coimbra. Nesta cidade concluiu com a elevada classificação de 17 valores o curso profissional de Farmácia, em 1939. Licenciou-se pela Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto com distinção (17 valores), e aí lhe atribuíram o prémio Nuno Salgueiro.

Afirmou-se como investigadora logo nos tempos de estudante, em Coimbra, tendo efectuado um trabalho intitulado «Os factores de crescimento das bactérias lácticas».

Em 1941 ingressou nos quadros da antiga Escola de Farmácia de Coimbra onde realizou uma obra notável, a todos os títulos.

No ensino revelou-se um elemento de inextinguíveis faculdades pedagógicas. Realizou também uma obra importante no sector da investigação, e em cursos de actualização de conhecimentos.

A nova Catedrática, que pertence a várias sociedades científicas, tem regido diversas cadeiras na Universidade de Coimbra, colaborou em vários «Cursos de Férias», «Lições de interesse ultramarino», «Cursos de Farmácia Galénica», de «Farmácia Industrial», de «Cromatografia e Electroforese», «Cursos de análises químico-biológicas», «Cursos de Reciclagem», «Jornadas Farmacêuticas Portuguesas».

As suas publicações têm sido inseridas no «Boletim Faculdade», edições científicas e didácticas, em «África Médica», «Revista Portuguesa de Química», «Revista Portuguesa de Farmácia» — num total de 100 —, distribuem-se por trabalhos de investigação, didácticos, comunicações a Congressos, um livro de Farmacofísica, de que em breve sairá a 2.ª edição, traduziu 4 Livros didácticos, do Inglês, através da Fundação Calouste Gulbenkian.

A Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra viu, assim, os seus quadros aumentados de um professor considerado dos maiores

valores da Farmácia Portuguesa e simultâneamente a Classe Farmacêutica Portuguesa sente-se mais glorificada ao contar pela primeira vez no seu historial com uma Colega exercendo tão Altas Funções Docentes.

## Noticiando...

Na Faculdade de Farmácia de Coimbra teve lugar a reunião mensal, do Centro de Estudos, em que foram apreciados os últimos resultados dos trabalhos referentes a projectos de investigação, em curso.

O Professor Doutor CARDOSO DO VALE falou sobre óleos essenciais analisados, e constituintes das plantas aromáticas portuguesas.

O Professor Doutor PINHO DE BRÓJO dissertou sobre previsão de estabilidade de especialidades farmacêuticas por técnicas de envelhecimento acelerado.

O Professor Doutor ORLANDO PINTO referiu-se a ensaios físico-químicos de especialidades farmacêuticas, em estudo, com princípios activos de origem biológica.

A Dr.<sup>a</sup> MARIA LUÍSA SÁ E MELO apresentou os dados obtidos nos trabalhos em curso sobre o projecto intitulado «Estudo na série dos esteróides».

O Director da Faculdade e do Centro congratulou-se com a actividade nos diferentes departamentos, indice de que a Faculdade continua integrada no verdadeiro sentido de uma Universidade: ensinar, investigar e promover cursos de reciclagem.

Finalmente, o Prof. Doutor RAMOS BANDEIRA informou ainda, que já estavam publicados, no «Boletim da Faculdade», os trabalhos anteriormente concluídos e discutidos em sessões anteriores.

- A importância económica do eucalipto do continente e características analíticas do seu óleo essencial — Contribuição para o estudo analítico do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* Labill, do Continente, sob a direcção do Prof. Doutor JOSÉ CARDOSO DO VALE;
- Determinação espectrofométrica da tetraciclina, por reacção com o ácido sulfúrico concentrado — Determinação da oxitetraciclina por meio de reacção corada com o ácido sulfúrico — Nova reacção corada da tetraciclina, sob a direcção da Prof.<sup>a</sup> Doutora MARIA SERPA DOS SANTOS.
- O cálculo da proporção de intermédio no fabrico de supositórios — Cálculo do valor de EHL da goma de alfarroba, sob a direcção do Prof. Doutor ANTÓNIO PINHO DE BRÓJO.
- Determinação da actividade anabolizante de especialidades farmacêuticas contendo derivados do ciclopentanopiridrofenantreno — Novo critério de apreciação de esfregaços vaginais, em ratas castradas, após administração de estrogénios, sob a direcção do Prof. Doutor ANTÓNIO PROENÇA MÁRIO AUGUSTO DA CUNHA.



## Anunciando...

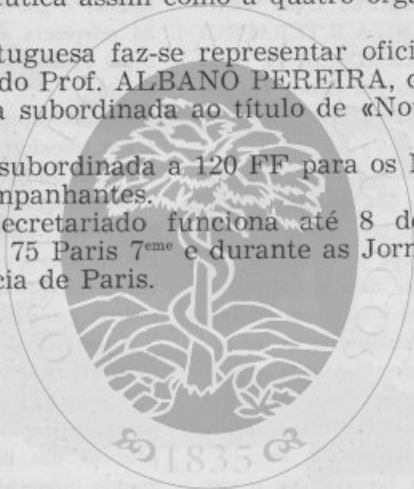
Entre 18 e 22 de Setembro próximo realizam-se, em Paris, as «22<sup>èmes</sup> Journées Pharmaceutiques Françaises» que terão lugar na Faculdade de Farmácia da capital francesa.

Além de uma série de conferências subordinadas ao tema «La Sécurité en Matière de Medicament», haverá demonstrações práticas de Farmacodinamia, Farmácia Galénica Industrial e Química Clínica; estão também programadas várias visitas a instalações industriais de natureza não farmacêutica assim como a quatro organizações farmacêuticas francesas.

A Farmácia Portuguesa faz-se representar oficialmente através da honrosa presença do Prof. ALBANO PEREIRA, convidado a proferir uma conferência subordinada ao título de «Nouvelles Ressources Alimentaires».

A inscrição está subordinada a 120 FF para os Membros activos e 60 FF para os Acompanhantes.

O Serviço de Secretariado funciona até 8 de Setembro em 2, Square de Luynes, 75 Paris 7<sup>ème</sup> e durante as Jornadas na própria Faculdade de Farmácia de Paris.



Centro de Documentação Farmacêutica  
da Ordem dos Farmacêuticos

# BIBLIOGRAFIA

KLINIK UND THERAPIE DER VERGIFTUNGEN (CLÍNICA E TERAPÊUTICA DAS INTOXICAÇÕES) de Sven Moeschlin — Editado por Georg Thieme Verlag Stuttgart.

O livro, já em quinta edição, apresentado num volume de 534 páginas e editado em Março de 1972 pela Georg Thieme Verlag Stuttgart, começa por falar da frequência e distribuição das intoxicações. Indicando os principais meios terapêuticos a usar na clínica na luta contra as intoxicações, refere o comportamento de alguns doentes em intoxicações frequentes, falando do shock e sua terapêutica, hipertermia, insuficiência respiratória, etc.

Apresenta as várias intoxicações e sua terapêutica, intoxicações devidas a compostos inorgânicos (metais, metaloides, restantes tóxicos inorgânicos, compostos inorgânicos sulfurados, halogêneos e seus compostos inorgânicos, venenos alcalinos e

ácidos) e por compostos orgânicos — aqui há referência a compostos orgânicos especiais, começando pelo óxido de carbono e álcool.

Há um capítulo especial para hipnóticos e sua intoxicação aguda, insecticidas (entre estes os bloqueadores da colinesterase) e fungicidas. Referem-se ainda vitaminas, hormonas, venenos vegetais, alucinogêneos, analépticos e outros estimulantes, neulépticos, tranquilizantes, timolépticos e timeréticos, estes de grande actualidade.

Apresenta por fim uma lista dos sintomas relativos às várias intoxicações.

A principal importância desta obra está na apresentação clínica e nas medidas terapêuticas das intoxicações, tornando-a de grande interesse para estudantes e jovens médicos, pois nestes casos a intervenção rápida do médico é essencial e só ela pode salvar uma vida.

*Maria Helena Dias Agudo*

Centro de Documentação Farmacêutica  
da Ordem dos Farmacêuticos

NA GRIPE  
E DOENÇAS  
INFECCIOSAS  
DA ÁRVORE RESPIRATÓRIA



**Bêcê**  
ORAL

**REFORÇA AS DEFESAS  
DO ORGANISMO**

Centro de Documentação Farmacêutica

da Ordem dos Farmacêuticos

**PREVINE AS REACÇÕES  
SECUNDÁRIAS DOS ANTIBIÓTICOS  
E QUIMIOTERÁPICOS**

CAIXAS DE 10 CARTEIRAS DE GRANULADO SOLÚVEL  
CONTENDO

ALTAS DOSES DE COMPLEXO B +  
VITAMINA C 500 mg



LUSOFÁRMACO · LISBOA · MILÃO

# TROPODERM

SUPOSITÓRIOS  
CREME

NEOMICINA  
DIFENILPIRALINA  
NILIDRINA  
HIDROCORTISONA

**Bial**

Excipiente  
dermatofílico

Inocuidade  
absoluta

Tolerabilidade  
perfeita

UMA CONSTELAÇÃO ÚNICA  
DE PROPRIEDADES TERAPÊUTICAS  
NO UNIVERSO DAS MEDICAÇÕES  
PROCTOLÓGICAS E DERMATOLÓGICAS


Actividade  
antiflogística

Anestesia  
local

Activação  
da  
circulação

Actividade  
antialérgica

Actividade  
bactericida

TROPODERM  é um produto apresentado em Portugal  
sob licença exclusiva de Troponwerke Alemanha



---

# REVISTA PORTUGUESA DE FARMÁCIA

---

VOL. XXII • 1972 • OUTUBRO-DEZEMBRO • N.º 4

---



## SUMÁRIO

EDITORIAL ..... 291/297

### TRABALHOS ORIGINAIS

✦ *Estudos sobre Fluorescência*, por Dâmaso José da Silva Gomes ..... 298/324

### REVISÕES DE CONJUNTO

✦ *Aspectos actuais da Polarografia*, por A. M. Roque da Silva ..... 325/350

✦ *Análise de Fármacos através de grupos funcionais*, por Andrejus Korolkovas ..... 351/373

### ECOS E FACTOS

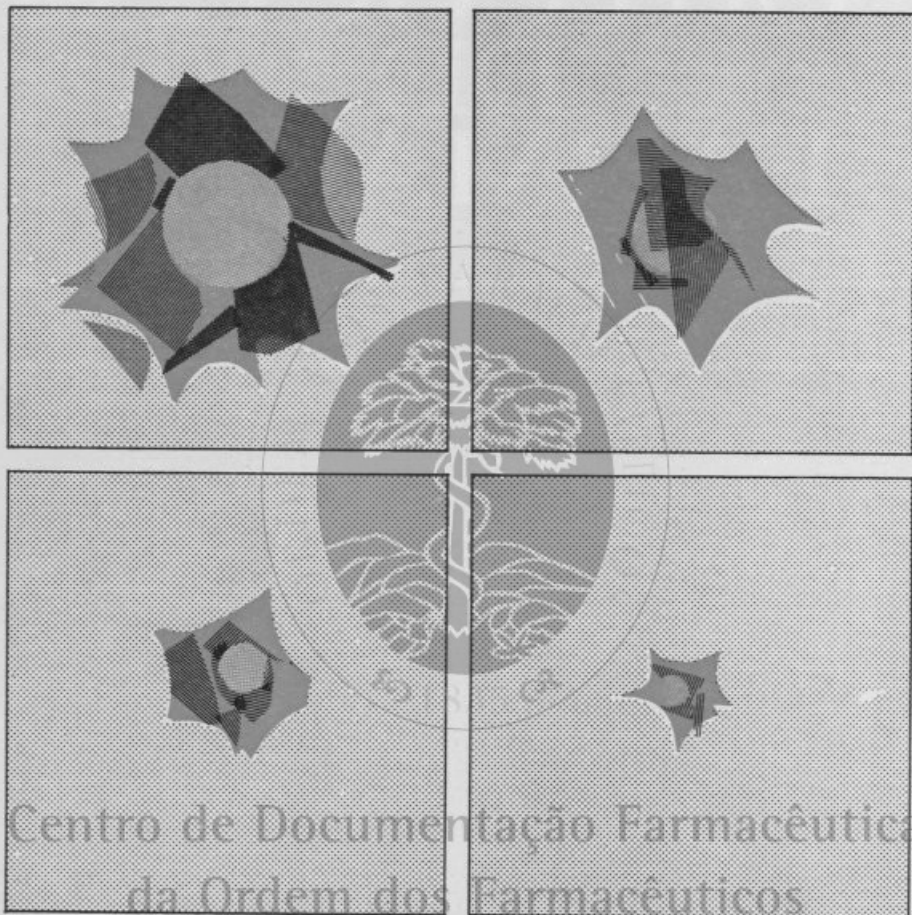
✦ *Anunciando* ..... 374

✦ *Festejando* ..... 375

BIBLIOGRAFIA ..... 376/378

---

# novos hemostáticos *Baldacci*



intravenoso  
intramuscular  
supositórios (adultos)  
(infantil)

## NEOZIMEMA

Apresentação: caixas de 1 ampola de 5 c.c., de 3 ampolas de 5 c.c. e de 4 ampolas de 2 c.c.

## NEOZIMEMA K

Apresentação: caixas de 1 ampola de 5 c.c., de 3 ampolas de 5 c.c. e de 4 ampolas de 2 c.c.  
caixas de 5 supositórios (adultos) e de 5 supositórios (infantil)

FARBASA - Concessionária exclusiva do Laboratório Químico Farmacêutico V. BALDACCI - Pisa

# Rectofenicol

S U P O S I T Ó R I O S

ADULTOS

INFANTIL

NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO  
DAS COMPLICAÇÕES DOS ESTADOS GRIPAIS



Centro de Documentação Farmacêutica  
Associação de cloranfenicol, com acção antibacte-  
riana polivalente, sulfadiazina e canfocarbonato de  
bismuto

---

LABORATÓRIO ÚNITAS, LDA.

C. Correio Velho, 8 — LISBOA

---

## *Pela primeira vez*

fermentos lácticos vivos, liofilizados, resistentes, às concentrações mais elevadas de antibióticos que se encontrem no aparelho digestivo, nomeadamente de

*penicilina, estreptomicina, neomicina,  
cloranfenicol, tetraciclina, bacitracina  
e eritromicina*

Prevenção e tratamento dos  
acidentes da antibioterapia



# antibiophilus

Caixa de 10 ampolas, com 1,50 g. de pó, para solução bebível, titulando um bilião de germes por grama

Registo N.º 786 na Direcção-Geral de Saúde  
(Decreto N.º 41 448)

CENTRO DE LIOFILIZAÇÃO  
FARMACÉUTICA

MALAKOFF (FRANÇA)

REPRESENTANTES:

GIMENEZ-SALINAS & C.ª

Av. dos Estados Unidos da América, 10

LISBOA-5



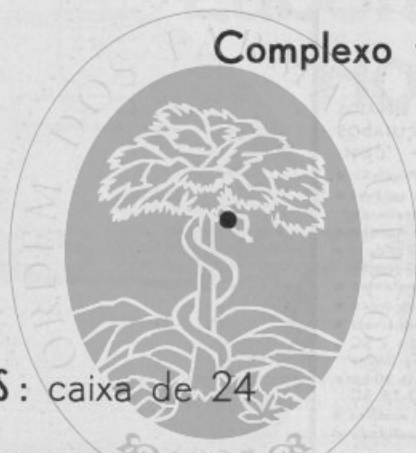
# Fosfo-Glutiron

---

**Ácido glutâmico (sal sódico)**

**Fósforo orgânico**

**Complexo vitamínico B**



**AMPOLAS:** caixa de 24

**COMPRIMIDOS:** frascos de 100, 250, 500 e 1000

**GRANULADO:** frasco de 100 g.

Centro de Documentação Farmacêutica  
da Ordem dos Farmacêuticos

**LABORATÓRIO SAÚDE, LDA.**

RUA DE SANTO ANTÓNIO À ESTRELA, 44 - LISBOA

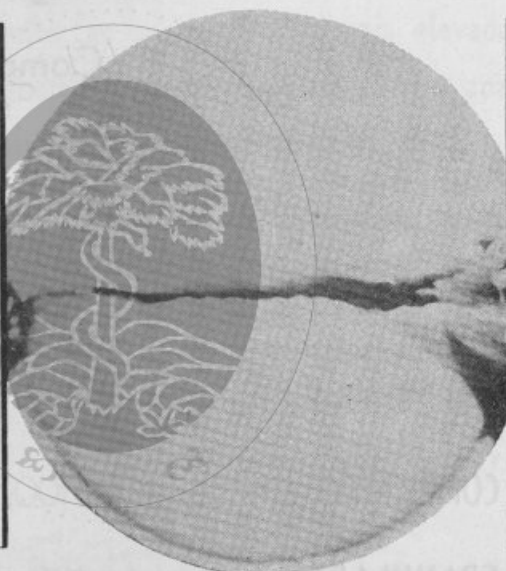
# Novo aparelho «Heberlein» para determinar a resistência à fractura



de comprimidos  
até 35 mm diâmetro

## ENSAIOS EXECUTADOS COM:

- Rapidez - Simplicidade - Precisão
- Sistema de contrapeso seguro e estável
- Simples colocação horizontal do comprimido  
— não necessita fixação
- Qualquer formato até 35 mm  $\varnothing$   
pode ser ensaiado
- Velocidade / compressão constantes
- Aferição electrónica
- Medidas rigorosamente reproduzíveis
- Leitura directa em kp e SC  
em escalão linear
- Amplitude de medida - 0-20 kp  
- 0-28 SC
- Utilizável por pessoal auxiliar
- Fabrico suíço de alta qualidade



Peça:

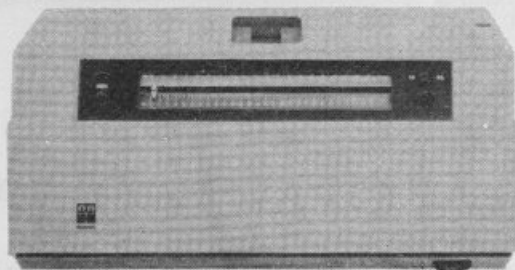
Detalhes e demonstrações a:

**SOTEL**

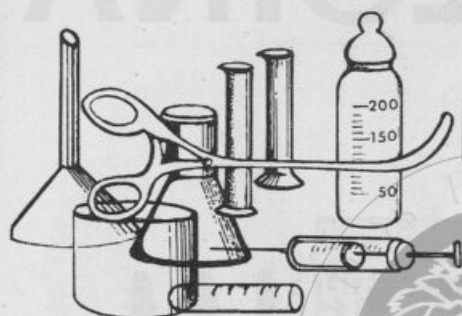
LISBOA  
Rua Castilho, 13  
Telef. 4 10 92 / 55 58 29

PORTO

R. Alberto Aires de Gouveia, 3

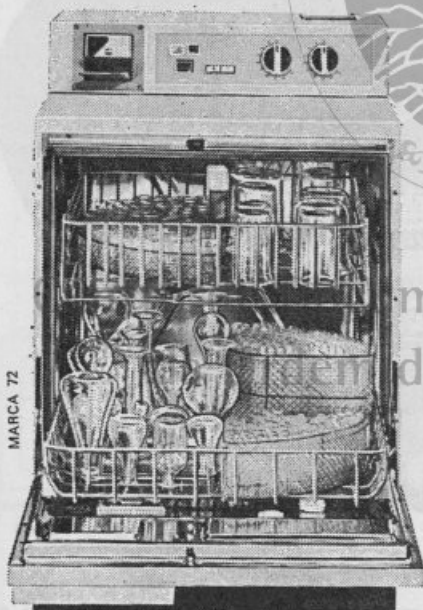


# Miele®



## Moderniza Laboratórios Hospitais com

## Máquinas especializadas



**G19 LABOR** — Máquina automática para lavagem de vidraria de laboratório. Eficácia absoluta para quaisquer utensílios.

**G19** — Máquina automática para lavagem de biberões. Lava, enxagua, esteriliza e seca 87 biberões de cada vez.

**G18 TD** — Máquina automática para lavagem e desinfecção de louças em clínicas, hospitais e sanatórios.

**G19 OP** — Máquina automática para a lavagem de instrumentos cirúrgicos e seringas.

**G19 AN** — Máquina automática para lavagem de instrumentos de anestesia.

**CON  
CESS  
SUS**

**CONCESSUS, S.A.R.L.**

Rua D. Francisco Manuel de Melo, 9, 9-A.  
Telefs. 65 24 06/7 • Lisboa-1

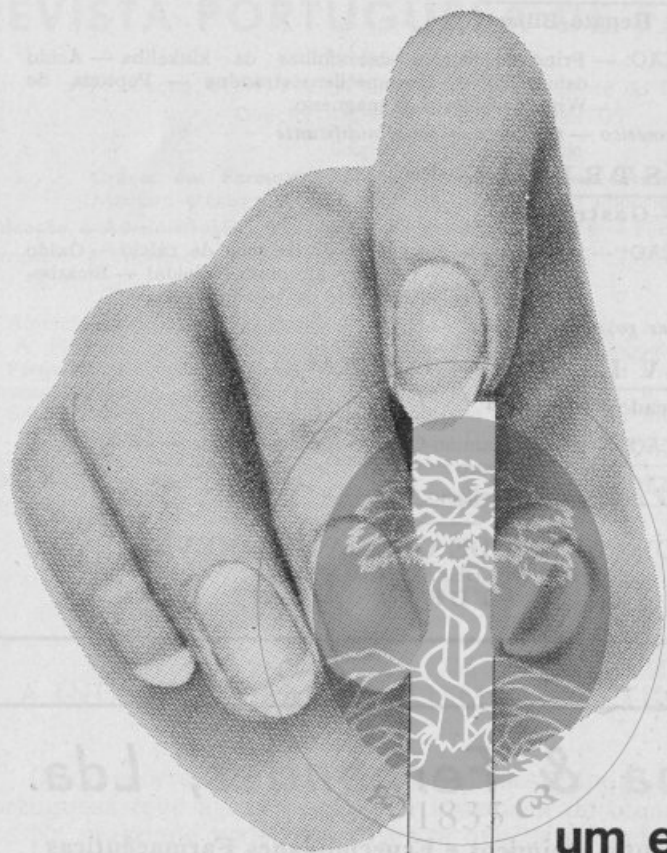
# NOVALGINA®

*analgésico  
antipirético  
antireumático*



**HOECHST PORTUGUESA, S.A.R.L.**





**3**

## um ensaio resultados

teste rápido para deter-  
minação de glicose,  
proteína e valor de pH  
na urina

mergulhar a fita uma só  
vez — 3 resultados

# BM3 TEST

BOEHRINGER MANHEIM GMBH  
L1580A

## **COLEOCLINOL — GRANULADO**

**Estimulante Hepato-Biliar**

COMPOSIÇÃO: — Princípio activo das folhas da kinkeliba — Ácido dehidrocólico Hexametenatetramina — Peptona de Witte — Sulfato de magnésio.

*Colecistoquinético — Colagogo — Colofluidificante*

## **BELAGASTRINA — PÓ**

**Hipercloridria — Gastralgias**

COMPOSIÇÃO: — Salicilato de bismuto — Carbonato de cálcio — Óxido de magnésio — Hidrato alumínio coloidal — Bicarbonato de sódio — Extracto de beladona.

*Perturbações gastro-intestinais*

## **FOSFOVITAM — INJECTAVEL**

**Complexo fosforado + Vitam. C**

COMPOSIÇÃO: — P-dimetilamino-O-toluil-fosfinato sódico — Ácido I-ascórbico puro

*Estimulante geral do metabolismo*

**LABORATÓRIOS DE QUIMIATRIA KEVEL**  
EDUARDO DE ALMEIDA & C.<sup>ª</sup>  
PORTO

# **Pestana & Fernandes, Lda.**

**Drogas, Produtos Químicos e Especialidades Farmacêuticas**

Telefones: 36 61 71 (PPC-5 linhas)

Telegramas: PEBRANDES

Reagentes puros, «pro-analysis», e para microanálises / Indicadores e indicadores de PH / Matérias corantes e soluções de matérias corantes / Preparações diversas para microscopia / Preparados para — fins científicos / Papéis reagentes e papéis de filtro —

**Acessórios de Farmácia e de Laboratório**  
**Fornecimentos completos para Farmácias e Drogarias**

Fornecedores dos Hospitais e Laboratórios oficiais

Rua dos Sapateiros, 39 (Armazéns Gerais e Escritório)

Rua da Prata, 153 (Representações)

Rua da Madalena, 179 (Químicos)

LISBOA

# REVISTA PORTUGUESA DE FARMÁCIA

Publicação trimestral

Director. A. A. PALLA CARREIRO — Presidente da Direcção

Director-Adjunto: A. SILVA SANTOS

Edição e Propriedade de

Ordem dos Farmacêuticos — Sociedade Farmacêutica Lusitana  
(Membro efectivo da «Fédération Internationale Pharmaceutique»)

Redacção e Administração: Rua Sociedade Farmacêutica, 18 - Tel. 4 14 33 - Lisboa, 1  
Composto e impresso nos Serviços Gráficos da LIGA DOS COMBATENTES — Lisboa

Corpo Redactorial

J. Almeida Baltazar; A. Correia Ralha; M. H. Dias Agudo; M. M. Ferreira Braga;  
M. A. Figueiredo; A. Marques Leal; A. Moz Teixeira; L. Nogueira Prista; A. Pereira;  
A. Perquilhas Teixeira; O. Pinto; M. B. Ramos Lopes; H. Santos Silva; L. Silva Carvalho;  
Dâmaso Gomes; A. Silva Santos; C. Silveira; L. Sousa Dias; J. F. Vale Serrano; Roque  
da Silva; Proença da Cunha; L. Silveira Godinho; M. Vieira da Silva; L. Matias Torres;  
J. António Polónia; E. Simões Lopes; Dinis Rosa; Lobato da Fonseca

VOL. XXII • 1972

OUTUBRO-DEZEMBRO • N.º 4

## EDITORIAL

### A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA PORTUGUESA (\*)

Como ocorreu em muitos outros países a Indústria Farmacêutica Portuguesa teve a sua origem na Farmácia de oficina.

Na realidade pode bem dizer-se que os primeiros industriais de medicamentos neste país foram os Farmacêuticos que, no final do século passado, nos laboratórios das suas farmácias, deram início à manipulação em série de fórmulas galénicas por eles próprios desenvolvidas, colocando à disposição do Corpo Médico e dos pacientes «os primeiros medicamentos prontos para uso, fabricados em série em embalagens características, com marca comercial própria».

Partindo desta base artesanal e especificamente farmacêutica que havia de a marcar duma forma indelével, a Indústria Farmacêutica Portuguesa cresceu e desenvolveu-se firmemente através dos anos, acompanhando a evolução espectacular das ciências médico-farmacêuticas, em particular nas duas últimas décadas, de forma a ocupar hoje lugar de relevo entre as actividades industriais do país. De facto, sustentando com mérito evidente o desafio das grandes firmas internacionais de medicamentos que ainda nos primeiros anos da década de 1930 ocupavam a quase totalidade do mercado português, a Indústria Farmacêutica Nacional conseguiu levar o país da

(\*) Texto preparado para o 32.º Congresso Internacional das Ciências Farmacêuticas (FIP-1972), reunido em Lisboa de 4 a 9 de Setembro de 1972.

posição de importador quase exclusivo de medicamentos estrangeiros à situação de fabricante da maioria dos medicamentos consumidos, desenvolvendo paralelamente uma promissora actividade de exportação.

Apesar de não ter beneficiado de especial protecção legal como aconteceu com outras actividades industriais, nem ter podido mesmo socorrer-se do apoio duma Indústria Química de base que noutros países altamente industrializados tem servido de suporte fundamental ao sector, a Indústria Farmacéutica Nacional evoluiu dentro dos condicionalismos locais duma forma francamente positiva, encontrando-se já no decorrer dos anos 50 integrada por unidades fabris cujas instalações, tipo de organização, tecnologia e métodos de controlo de qualidade, atingiram sem favor os melhores níveis europeus da especialidade. Aliás, tal situação foi comprovada oficialmente por organismos internacionais como a F. D. A. norte-americana e, mais recentemente, pelo grupo de Inspectores da P. I. A. (E.F.T.A.) em visitas realizadas a diversos laboratórios nacionais cujas instalações fabris e metodologia do trabalho foram inspeccionadas e aprovadas sem reservas.

Esta importante evolução que levou a Indústria Nacional de Medicamentos da fase artesanal do início até à sua situação actual, operou-se fundamentalmente no período post-guerra e ficou a dever-se no essencial ao espírito esclarecido de alguns Empresários que com raro sentido de oportunidade realizaram os investimentos indispensáveis à instalação de novas unidades e ao reapetrechamento e reorganização de outras mais antigas em condições tecnológicas modernas. Simultaneamente, alguns industriais promoveram o treino e o aperfeiçoamento dos seus quadros técnicos fora do país, levando assim ao desenvolvimento duma verdadeira mentalidade industrial e científica que abriu novas perspectivas à Indústria Nacional de Medicamentos.

No quadro desta política global de melhoria das instalações e aperfeiçoamento constante das tecnologias, desenvolvida durante as décadas de 50 e 60, alguns laboratórios nacionais lograram estabelecer ligações ou associações com diversas organizações farmacêuticas internacionais passando a fabricar sob licença um número crescente de produtos estrangeiros. Esta via de acesso à investigação de certos grupos farmacêuticos internacionais viria a servir de motor e estímulo importante ao desenvolvimento tecnológico do sector, não apenas por força do *know-how* adquirido mas ainda e, sobretudo, pelas motivações decorrentes do trabalho em comum com equipas técnico-científicas altamente evoluídas.

Isto não significa que alguns dos principais laboratórios nacionais não tenham procurado entretanto aproveitar ao máximo as suas próprias potencialidades no campo da investigação e desenvolvimento, organizando departamentos de estudos e investigação aplicada cujas actividades merecem referência particular pelo que representaram de contributo importante à melhoria dos níveis tecnológicos da produção. Claro que num país de recursos bastante limitados, em que as estruturas universitárias e de investigação científica



nem sempre têm podido corresponder às necessidades do desenvolvimento económico, a Indústria Farmacêutica tem tido grandes dificuldades em se organizar neste campo até por que, do ponto de vista puramente económico, a estrutura de preços que lhe tem sido oficialmente imposta não admite possibilidade de investimentos sérios em pesquisa e desenvolvimento.

Durante os anos 60 esta política de progressivo desenvolvimento industrial foi amplamente levada a cabo e hoje a indústria farmacêutica portuguesa orgulha-se de apresentar no mercado uma vasta gama de produtos de elevada qualidade que não receiam confronto com os medicamentos estrangeiros importados dos países mais industrializados, uma grande parte dos quais passaram até a ser fabricados durante os últimos anos em laboratórios portugueses já existentes ou em novas unidades industriais instaladas no país pelas principais firmas estrangeiras do sector.

Claro que este surto de desenvolvimento só foi possível no quadro dum crescimento de mercado verdadeiramente excepcional como aquele que ocorreu em Portugal, particularmente durante o último decénio. Nos gráficos e quadros que reproduzimos a seguir pode observar-se a evolução da capitação de medicamentos em Portugal em vários anos da década de 60 e a evolução da produção nacional e da importação estrangeira durante o mesmo período de tempo.

#### Evolução da Capitação de Medicamentos em Portugal

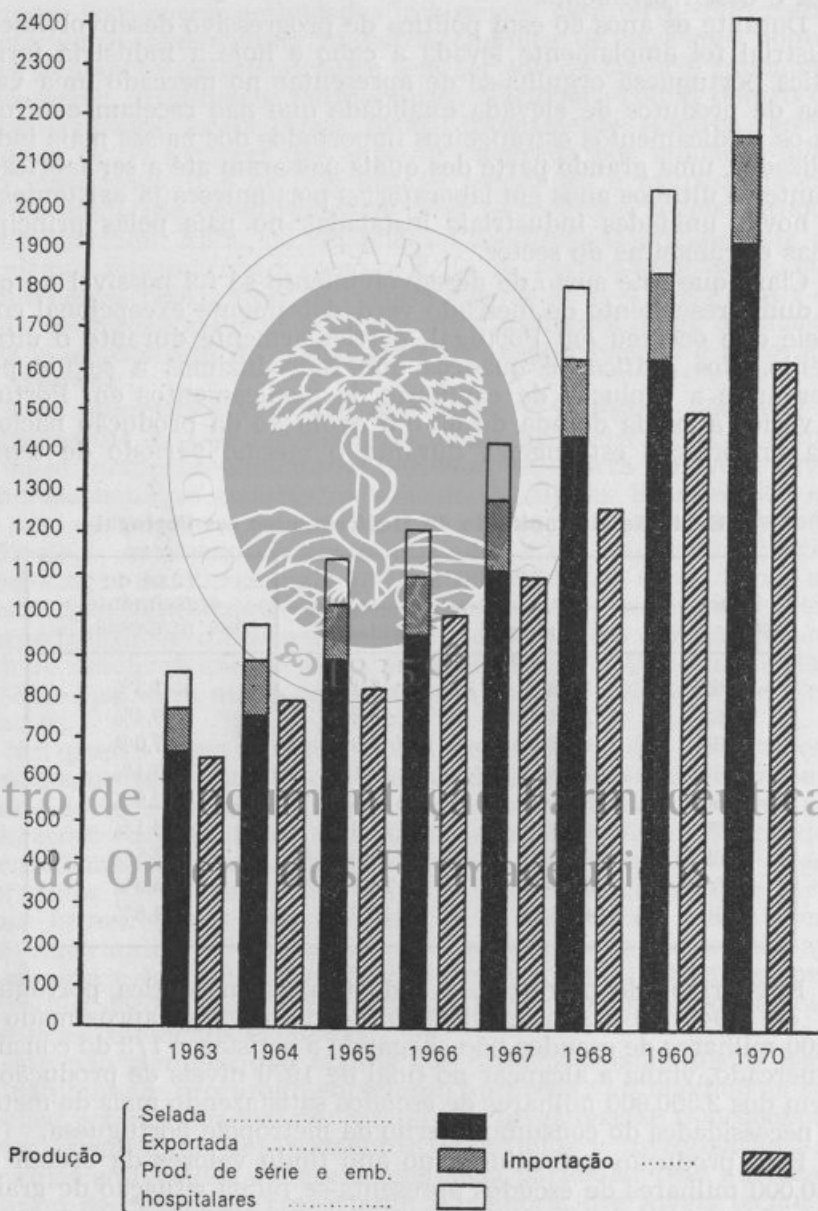
Anos	CONSUMO		Taxa de crescimento das despesas %
	Escudos	Unidades	
1962	143\$30	7,1	+ 1,3%
1963	156\$80	8,2	+ 9,4%
1964	183\$60	8,3	+17,0%
1965	205\$90	10,1	+12,1%
1966	232\$60	10,4	+12,9%
1967	263\$20	11,6	+13,1%
1968	322\$60	13,0	+22,5%
1969	372\$20	14,1	+15,0%
1970	427\$50	15,9	+14,8%

Em termos de produção, a Indústria Farmacêutica portuguesa que em 1940 fabricava medicamentos num valor aproximado de 30.000 milhares de escudos não chegando a satisfazer 1/3 do consumo do mercado, vinha a alcançar no final de 1970 níveis de produção da ordem dos 2.500.000 milhares de escudos satisfazendo mais de metade das necessidades do consumo interno da metrópole portuguesa.

Esta produção que atingiu no ano findo valores da ordem dos 3.000.000 milhares de escudos apresenta-se numa situação de grande dispersão, estando representada por cerca de 8.000 marcas comerciais fabricadas por 65 laboratórios e 30 farmácias industriais. Seme-

## Produção e Importação de Medicamentos

(Milhares de contos)



lhante pulverização do fabrico por um número tão elevado de unidades produtoras, com dimensões e níveis tecnológicos profundamente heterogéneos, constitui o mais grave problema da indústria nacional dificultando fortemente a racionalização da produção e o desenvolvimento económico do sector.

De cerca duma centena de produtores nacionais apenas escassa dezena e meia tem produções anuais da ordem dos 20.000 milhares de escudos e mais de metade não ultrapassa produções anuais de 10.000 milhares de escudos, o que torna em muitos casos difícil adoptar as estruturas técnico-económicas mais adequadas à garantia da qualidade e da rentabilidade das produções.

O Decreto-lei n.º 41.448, publicado em 18 de Dezembro de 1957, que regulamentou a introdução de novos medicamentos no mercado português, sujeitando-os ao prévio exame e aprovação da C. T. M. N., foi uma tentativa para contrariar de certo modo esta pulverização da produção, evitando a multiplicação ilimitada do número de medicamentos similares, levando a uma redução acentuada do número de marcas e variedades existentes no mercado. Pena foi que tal lei não tenha sido acompanhada de outras providências legislativas capazes de permitir um melhor dimensionamento económico e industrial das unidades existentes e a criação das condições mínimas necessárias ao seu desenvolvimento em condições viáveis.

Na década de 1961-1970 a taxa média de crescimento nacional de medicamentos foi da ordem de 14,5%, valor que ultrapassou em cerca de 50% a taxa média de crescimento da indústria transformadora portuguesa no seu conjunto durante igual período de tempo.

Na mesma década de 1961-1970 a produção nacional exportada e fornecida ao Ultramar português quase triplicou atingindo valores próximos de 255.000 milhares de escudos em 1970. Pensa-se que nos próximos anos a taxa de expansão dos fornecimentos ao Ultramar português atinja valores da ordem dos 20%.

A exportação de medicamentos e matérias primas medicinais portuguesas não se dirige apenas a países subdesenvolvidos. Em 1969, esta exportação atingiu cerca de 170.000 milhares de escudos e dirigiu-se predominantemente para países altamente industrializados como os Estados Unidos, a Inglaterra, a Alemanha Ocidental, a Holanda e a Suíça.

O mercado de exportação de medicamentos e materiais primas medicinais tem vindo a crescer a uma taxa média de 11%, estando actualmente em franco desenvolvimento no que se refere a certas matérias primas de síntese e antibióticos de fermentação.

Embora neste aspecto das matérias primas a indústria farmacêutica nacional continue a ser fortemente tributária do estrangeiro, a situação tem vindo a melhorar progressivamente durante os últimos anos, pois incorporando inicialmente cerca de 90% de matérias primas de origem estrangeira, admite-se que utilize hoje apenas 60%, sendo cada vez maior o valor e a diversidade das matérias primas fabricadas em Portugal.

Para além do fabrico de certas drogas básicas tradicionais como por exemplo o iodo e seus sais, ácido tartárico, lactose, cloreto de

sódio, bicarbonato de sódio, sulfato de sódio, glicerina, óleos vegetais diversos, manteiga de cacau, lanolina, água oxigenada, eucaliptol, sacarina, agar-agar, ácidos biliares, montaram-se recentemente no país duas fábricas de antibióticos por fermentação (penicilinas, estreptomycinas, tetraciclina) e instalações para a síntese de cloranfenicol e de hormonas de síntese, além de uma fábrica para extracção e transformação de alcalóides do ópio e seus derivados.

Por outro lado, os oito principais laboratórios nacionais instalaram Departamentos de Síntese Orgânica onde procedem ao fabrico de certas matérias primas especiais indispensáveis ao seu próprio consumo ou destinadas a exportação, tendo perfeita consciência da necessidade de desenvolver amplamente este sector de actividade através de projectos concretos de investigação e pesquisa no domínio da química extractiva e da síntese orgânica. Estão em estudo projectos conjuntos neste sector e admite-se a viabilidade de alguns a curto prazo.

E neste contexto se insere, naturalmente, toda a vasta problemática dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento.

Como foi referido recentemente é este o sector da indústria nacional que tem investido em actividades de investigação e desenvolvimento percentagem mais alta do valor total das suas vendas, ultrapassando em cerca de dez vezes a taxa de investimento dos outros sectores. É interessante notar também que a percentagem do pessoal universitário nos quadros da indústria farmacêutica é a mais alta de toda a indústria portuguesa, sendo sensivelmente quádrupla da verificada nas indústrias químicas no seu conjunto.

Todavia, embora tais índices sejam lisonjeiros dentro dos condicionalismos locais, não podem interpretar-se como traduzindo uma situação satisfatória para a Indústria. Plenamente consciente da carência de estruturas necessárias ao suporte duma investigação científica de dimensão mínima, capaz de inovar para permitir a conquista e expansão de mercados, a Indústria Farmacêutica Nacional tem vindo a solicitar insistentemente à Administração as reformas indispensáveis à concentração e reorganização do sector em termos capazes de responder ao desafio que a revolução científica e tecnológica lhe impõe.

Para além do seu indiscutível progresso tecnológico, os factores que explicam este surto de crescimento da indústria farmacêutica em Portugal nos últimos anos são, sem dúvida, a melhoria sócio-económica do nível de vida das populações do país e o alargamento da assistência medicamentosa prestada pelo Estado e pela Previdência Social em todos os níveis. Considerando que em Portugal a capitação actual de medicamentos está ainda muito longe dos valores registados noutros países, pois foi apenas da ordem de 427\$50 em 1970 — preve-se uma evolução favorável da taxa de crescimento do mercado nacional nos anos da década de 70.

Embora em termos «de mercado» as perspectivas pareçam de algum modo aliantes para a década dos anos 70, a indústria farmacêutica nacional está plenamente consciente das dificuldades que se lhe vão deparar durante o próximo decénio face à política dos gran-



des espaços económicos e das gigantescas empresas multinacionais que tentam sistematicamente monopolizar todo o ciclo produtivo dos novos medicamentos desde o fabrico do princípio activo até à manipulação da forma farmacêutica final. A comprovar esta tendência bastará constatar que em 1970 as Sociedades multinacionais mais importantes do sector farmacêutico detinham mais de metade das vendas globais de medicamentos em 22 países representando cerca de 80% do *chiffre d'affaires* mundial.

Por isso mesmo, já em Julho de 1968, o Congresso Nacional da Indústria Farmacêutica, reunido em Lisboa, considerando os imperativos económicos e sociais do desenvolvimento da Indústria a médio e a longo prazo, expunha ao Governo a situação reclamando as providências necessárias. Sem entrar em detalhes que a índole deste trabalho não consente, frizaremos apenas que a Indústria solicitou então a promulgação de medidas oficiais, de carácter tecnológico e económico, capazes de fomentar a concentração e racionalização das Empresas existentes, criando simultaneamente condições adequadas à execução de projectos concertados de investigação científica e tecnológica em que participem simultaneamente as Universidades, os Laboratórios do sector público e as Empresas farmacêuticas nacionais.

No quadro da investigação fundamental, necessariamente limitada na conjuntura económica actual do País aos estabelecimentos de ensino superior e equiparados, sugeriu-se a necessidade de fomentar em particular as pesquisas mais pertinentes ao desenvolvimento da indústria farmacêutica.

Insistiu-se também pela urgente necessidade duma reforma imediata do ensino farmacêutico e da formação dos quadros técnicos e auxiliares, através de cursos apropriados e de nível adequado às necessidades da Indústria. Por último, chamou-se a atenção da Administração para a forma como tem funcionado na prática o actual regime de registo de patentes, propondo-se a criação duma Comissão Consultiva de apoio técnico-científico aos Serviços da Propriedade Industrial no que respeita a patentes da indústria química.

Aliás, toda esta problemática vinha sendo desde há muito ampla e longamente debatida pelas comissões e grupos de trabalho oficialmente encarregados de estudar a reorganização da Indústria Farmacêutica, muito em especial pela Comissão Reorganizadora instituída pela portaria de 23 de Junho de 1965, cujo notável Relatório foi incompreensivelmente ignorado apesar de todos os esforços desenvolvidos pela Indústria no sentido de se encararem as soluções propostas e a decisão que a gravidade e a urgência dos problemas impunha.

No âmbito das vastas reformas programadas e em vias de execução em Portugal no campo do Ensino, da Saúde Pública e da Assistência Social, a Indústria Farmacêutica admite que tenha chegado finalmente a hora de ver os seus problemas considerados com realismo, esperando que no quadro da nova lei do Fomento Industrial, recentemente aprovada, haja lugar para a definição das estruturas indispensáveis à sua reorganização.

GERARDO MATTA

# TRABALHOS ORIGINAIS

## ESTUDOS SOBRE FLUORESCÊNCIA

### VII. VARIACÃO DA INTENSIDADE DE FLUORESCÊNCIA DAS SOLUÇÕES DE 2-NAFTOL COM A CONCENTRAÇÃO E O pH DO MEIO

DÂMASO JOSÉ DA SILVA GOMES (\*)

*Licenciado em Ciências Físico-Químicas e Doutor em Farmácia  
Professor do 3.º Grupo de Cadeiras da Escola Naval  
Equiparado a Investigador do INII*

1. O uso de fluorogénios como indicadores de acidez [1 a 14], isto é, de substâncias que, quando previamente excitadas por radiações de alto valor energético [15 a 19] devolvem a energia de excitação, em regra, e de acordo com a *Lei de Stokes* [20 a 22], sob a forma de radiações luminosas menos energéticas, tem sido preconizado por diversos autores [26 a 31] como aconselhável sempre que o meio em que se opera é turvo, opaco ou corado [32 a 37].

Substâncias alimentares como massas de tomate ou de pimentão, caldas de tomate, sumos de frutas e vinhos tintos, são produtos relativamente aos quais se presume que o uso dos indicadores do tipo referido poderia ser vantajoso, e o mesmo é de dizer das tintas industriais ou de produtos de aspecto semelhante [38 a 41].

A literatura especializada fornece dados abundantes relativamente a algumas das substâncias consideradas como possíveis indicadores de fluorescência, mas os resultados fornecidos não são sempre concordantes, nem na indicação das cores de fluorescência observadas, nem na indicação dos limites da zona de viragem [42 a 51].

Por outro lado, certos autores põem um nimbo de dúvida sobre a credibilidade que se deve atribuir aos valores indicados [52, 53], dado que estes se não apresentam, salvo raras excepções, como resultado de estudos sistemáticos realizados com o fim de conhecer o

---

(\*) *Endereço actual:* Instituto Nacional de Investigação Industrial, Rua Garcia de Orta, 68-1.º, LISBOA-2, PORTUGAL.

comportamento destas substâncias, mas antes como o resultado de observações acidentais realizadas no decurso de outros trabalhos, ou ainda como resultado de tentativas de aplicação a casos específicos.

A consideração do facto, levou-nos à suposição de que haveria interesse em realizar um estudo sistemático dos fluorogénios considerados como possíveis indicadores de fluorescência, quer se trate de substâncias já referidas na literatura, quer de outras, com o fim de conhecer para cada uma delas:

a) — o seu comportamento relativamente ao contexto da *Lei de Perrin* (a intensidade de fluorescência das soluções dos fluorogénios varia exponencialmente com a concentração) [54 a 56];

b) — a concentração do fluorogénio com que se obtém a máxima intensidade de fluorescência [57 a 59];

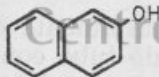
c) — a estabilidade das soluções dos fluorogénios com o tempo;

d) — a variação da intensidade de fluorescência de cada substância com o pH do meio [60 a 66].

Aproveitando uma sugestão de RADLEY and GRANT [67], estabelecemos um protocolo que expusemos em pormenor em trabalhos anteriores [68 a 70], e a cuja consulta se remetem os leitores porventura interessados.

Em todos os casos se orientou o estudo realizado no sentido de se avaliar das possibilidades de utilização destas substâncias como indicadores de fluorescência na titulimetria ácido-base, e para produtos turvos opacos ou corados.

2. A substância sobre o qual fizemos por esta vez incidir o nosso estudo, foi o *2-naftol*, *β-naftol*, *β-hidroxinaftaleno* ou *isonaftol* [71 a 73], que tem por fórmula química  $C_{10}H_8O$ .



O *2-naftol* apresenta-se sob a forma de lâminas cuja cor varia do branco ao amarelo-rosado muito pálido, ou de cristais com aspecto pulverulento; é uma substância com fraco cheiro fenólico, e deve ser guardada ao abrigo da luz, uma vez que escurece com o tempo, quando exposta à acção das radiações luminosas.

É pouco solúvel na glicerina, no azeite e nas soluções dos hidróxidos alcalinos, mas é solúvel em diversos solventes de uso corrente: 1 grama de *2-naftol* dissolve-se em cerca de 100 gramas de água fria, em 80 gramas de água fervente, em 0,8 ml de álcool, em 17 ml de clorofórmio e em 1,3 ml de éter ordinário [74 e 75].

Nas experiências a que procedemos utilizámos *2-naftol* May & Baker (referência de catálogo G-51539).

Como nos casos anteriores, trabalhámos com um fotofluorímetro Coleman de filtros [76], utilizando como filtro primário o vidro Corning n.º 5874, e como filtro secundário o vidro Corning n.º 3060, que, segundo o fabricante, são permeáveis respectivamente para o com-

primento de onda de 365 nm (Luz de Wood) e para a banda compreendida entre 405 e 750 nm (Luz visível) [77].

O filtro secundário, de acordo com o que expuzemos em trabalhos anteriores, foi escolhido com a finalidade de absorver as radiações de Rayleigh e de Raman que influenciariam a célula foto-eléctrica do fotofluorímetro falseando os resultados, e deixar passar apenas as radiações de luz visível [77 a 80].

A intenção de realizar o estudo do comportamento dos fluorigénios com vista à sua aplicação como indicadores de fluorescência na titulometria ácido-base sob a acção da Luz de Wood, esteve na base do critério de escolha da natureza do filtro primário.

3. Atenta a grande solubilidade do 2-naftol em álcool ordinário e a consideração de que este é solúvel na água e em muitas substâncias orgânicas, o que a nosso ver, constituiria vantagem na aplicação futura, utilizámos o álcool etílico Merck *p. anal.* como solvente.

Preparámos uma série de tampões de valores inteiros de pH desde pH = 2,0 até pH = 13,0, a partir de ampolas de títrol-tampão Merck e água destilada recentemente fervida [81 a 84].

Tomámos 8 ml de cada tampão para tubos de fotofluorímetro, e adicionámos a todos eles um mesmo número de gotas, medidas com a mesma chupeta, de uma solução alcoólica de 2-naftol com concentração não determinada, e iluminámos o conjunto com uma lâmpada portátil de luz de Wood, para determinar o pH do meio em que se observa a maior intensidade de fluorescência.

A experiência mostrou-nos que o facto ocorria para os valores de pH iguais ou superiores a 9,5, pelo que escolhemos o meio tampão com este valor de pH para a realização das experiências relativas a esta fase do trabalho.

Para este fim tomámos 8 ml da solução tampão de pH = 9,5 para cada um de 12 tubos de fotofluorímetro e adicionámos-lhes, por ordem, I a XII gotas de uma solução do fluorigénio em estudo.

Procedemos às leituras fazendo corresponder arbitrariamente o ponto 20,0 da escala do fotofluorímetro à fluorescência do tubo contendo I gota do fluorigénio, e, tomando a desse tubo para padrão, determinámos os valores relativos da fluorescência nos outros tubos.

A quantidade de 8 ml de solução, que introduzimos em cada um dos tubos do fotofluorímetro, é indicada pelo fabricante do aparelho como sendo a mais conveniente para o efeito.

Preparámos em seguida soluções de 2-naftol com diversas concentrações, com que repetimos o procedimento, aproveitando os resultados obtidos com as soluções a 1,6 % p/v, que apresentamos incluídos no texto.

A concentração relativamente à qual retivemos os resultados, foi escolhida de modo a que a intensidade máxima de fluorescência correspondesse à adição de III a V gotas da solução do fluorigénio a 8 ml de tampão, escolha que resultou da nossa pressuposição de ser esta uma quantidade conveniente para os usos práticos da titulometria com indicadores de fluorescência.