

boletim

SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE
QUIMICA



Publicação Trimestral • Nº 20 (Série II) • Junho 1985

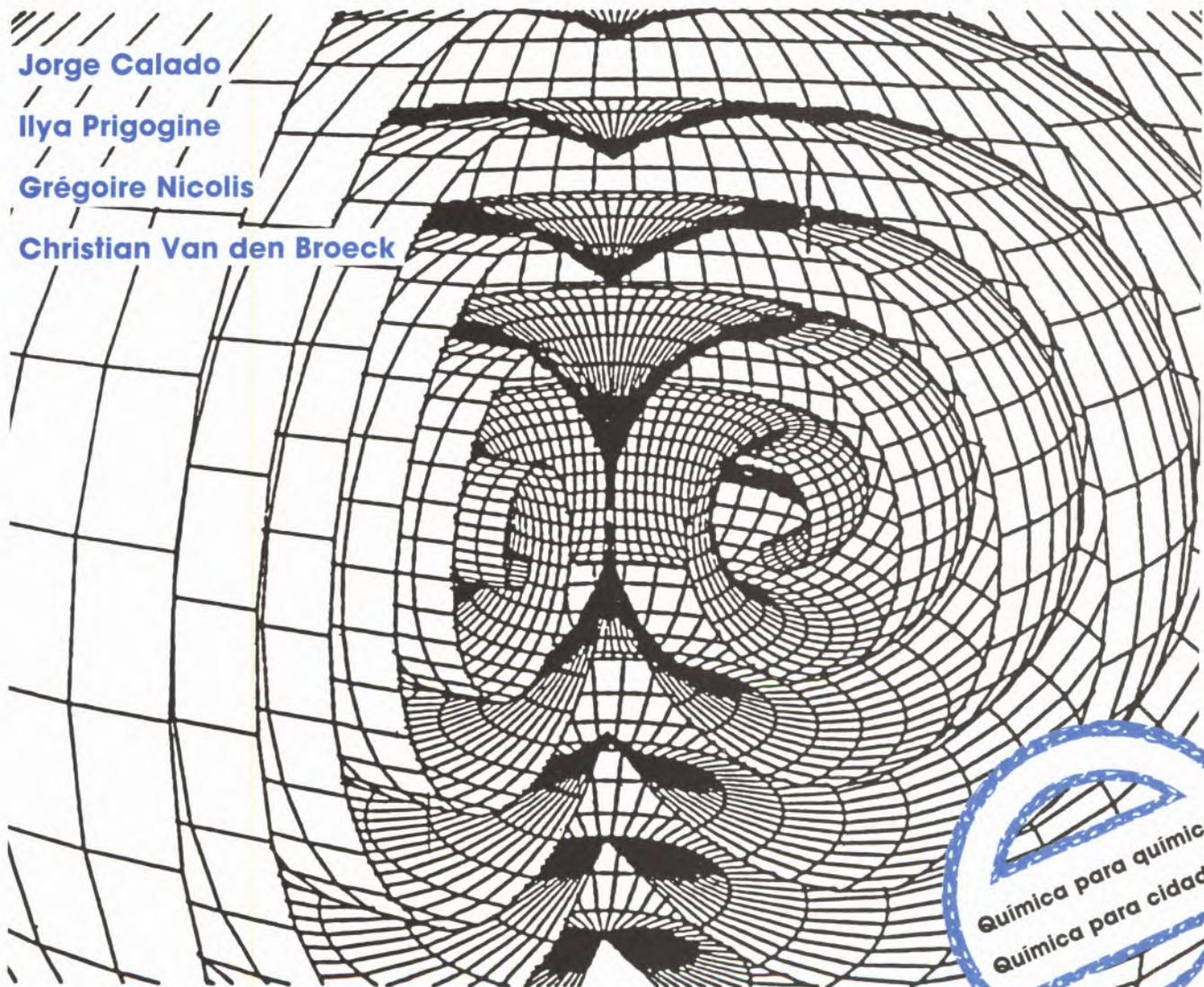
O DIÁLOGO ENTRE ORDEM E DESORDEN

Jorge Calado

Ilya Prigogine

Grégoire Nicolis

Christian Van den Broeck



Química para químicos
Química para cidadãos

SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



CORPOS GERENTES

Presidente — **J.J.R. Fraústo da Silva**
 Vice-Presidente — **Manuel A.V. Ribeiro da Silva**
 Secretário-Geral — **A. Romão Dias**
 Secretários-Geral Adjuntos
 — **Maria Cândida Vaz** e **Carlos N. Castro**
 Tesoureiro — **Edmundo G. Azevedo**

Conselho Fiscal

Presidente — **Virgílio Meira Soares**
 Vice-Presidente — **Luis Alcácer**
 Relator — **Margarida Salema**

Mesa da Assembleia Geral

Presidente — **Vitor Lobo**
 1.º Secretário — **Ferreira Gomes**
 2.º Secretário — **Luisa Abrantes**

ASSEMBLEIAS REGIONAIS

DELEGAÇÃO DO NORTE (Sede no Porto)

Assembleia Regional

Presidente — **João Cabral**
 1.º Secretário — **Raul Barroca**
 2.º Secretário — **José Luis C. Figueiredo**

Direcção da Delegação Regional

Presidente — **Manuel Ribeiro da Silva**
 Secretário — **Duarte Costa Pereira**
 Vogal — **Baltazar Romão de Castro**

DELEGAÇÃO DO CENTRO (Sede em Coimbra)

Assembleia Regional

Presidente — **A.J. Andrade de Gouveia**
 1.º Secretário — **F. Pinto Coelho**
 2.º Secretário — **Júlio A.M. Cunha Pinto**

Direcção da Delegação Regional

Presidente — **A.J. Campos Varandas**
 Secretário — **Carlos F.G. Gerales**
 Vogal — **Júlio P. de Jesus**

DELEGAÇÃO DO SUL (Sede em Lisboa)

Assembleia Regional

Presidente — **Ana Lobo**
 1.º Secretário — **Ramo Ribeiro**
 2.º Secretário — **Fernando M.S. Fernandes**

Direcção da Delegação Regional

Presidente — **César A.N. Viana**
 Secretário — **Carlos J.R.C. Romão**
 Vogal — **Manuel Nunes da Ponte**

EXECUÇÃO GRÁFICA — **PROENÇA, Artes Gráficas, CRL**
 Rua D. Carlos de Mascarenhas, 39
 Telef. 68 77 28 - 69 09 54 - 69 09 69 — 1000 Lisboa

boletim

Propriedade da Soc. Port. de Química

Director:

JOAQUIM J. MOURA RAMOS

Directores Adjuntos:

MÁRIO M. BERBERAN E SANTOS
 MARIA MATILDE MARQUES
 BELMIRO A. SALVADO BARATA

SECÇÕES TEMÁTICAS:

Educação em Química e Ensino da Química

Vitor D. Teodoro (IPED)

Química e Indústria

José da Costa Reis (CNP)

Evolução Química

Hernâni Maia (Univ. Minho)

Segurança nos Laboratórios

Maria João Marcelo Curto (LNETI)

Química e Energia

Fernando Jorge Pina (UNL)

Química de Materiais

Rui M. Almeida (IST)

Química e Saúde

Eduarda Rosa (Fac. Farmácia Lisboa)

História da Química em Portugal

A. Amorim Costa (Univ. Coimbra)

Congressos e Conferências

Maria Regina Tavares (Inst. Inv. Cient. Tropical)

Publicidade

MARIA MATILDE MARQUES
 Centro de Química Estrutural
 Complexo Interdisciplinar — IST
 Av. Rovisco Pais
 1096 LISBOA Codex — Tel. 57 26 16 — Ext. 266

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e as opiniões neles defendidas não envolvem a direcção do Boletim nem a da Sociedade Portuguesa de Química.

Expedição e venda avulso do Boletim

Sociedade Portuguesa de Química
 Av. da República, 37 - 4.º
 1000 LISBOA — Tel. 73 46 37

(Horário de expediente: de 2.ª a 6.ª-feira
 das 10 às 13 horas)

MEDALHAS DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

Desejo adquirir os exemplares _____
(quantidades respectivas: _____) das **Medalhas da Sociedade Portuguesa de Química**, para o que envio o cheque n.º _____ da conta n.º _____ do Banco _____, na importância de _____, endereçado à Sociedade Portuguesa de Química.

Preços das medalhas disponíveis:

②: 550\$00	⑤: 600\$00	⑦: 900\$00
④: 550\$00	⑥: 700\$00	⑧: 900\$00

Estes preços devem ser acrescidos de 150\$00 por medalha para despesas de porte

NOME _____

MORADA _____

PROFISSÃO _____

LOCAL DE TRABALHO _____

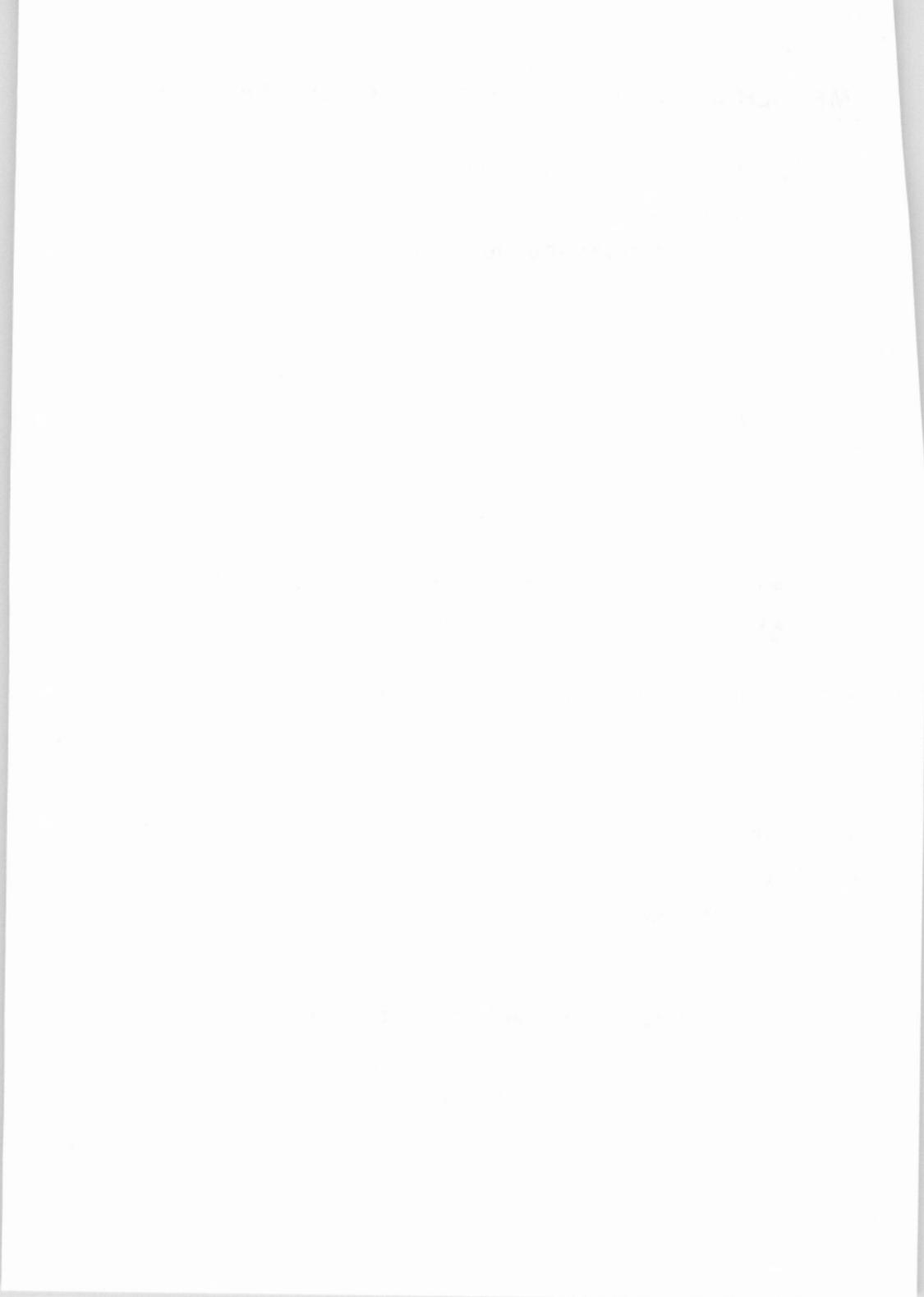
Sociedade Portuguesa de Química

Av. da República, 37, 4.º

1000 LISBOA

Telefone 73 46 37

Expediente: de 2.ª a 6.ª-feira, das 10 às 13 horas



SUMÁRIO

-
- Informações, Actualidade 3
-

O DIÁLOGO ENTRE ORDEM E DESORDEM

- O diálogo entre ordem e desordem, *Jorge Calado* 9
 - Um mundo para descobrir, *Ilya Prigogine* 11
 - O afastamento ao equilíbrio na origem de comportamentos complexos da matéria, *Grégoire Nicolis* 15
 - Correlações de longo alcance e estruturas de não equilíbrio, *Christian Van den Broeck* 19
-

- Hidrometalurgia do tungsténio, *R. A. Guedes de Carvalho* 23
 - Origem do oceano e da atmosfera, *James Walker* 32
-

QUÍMICA PARA QUÍMICOS, QUÍMICA PARA CIDADÃOS

- Química para químicos, Química para cidadãos, *Alberto Romão Dias* 35
 - A química e a Humanidade, *Carlos Lopes Vaz* 37
 - A relevância da química para o cidadão, *Mariana Pereira* 41
-

- Antologia química portuguesa, *A. Amorim Costa* 48
- Dificuldades na aprendizagem de um primeiro curso de Química Orgânica: a síntese orgânica, *Maria Rosa Anton, Consuelo Boticário* 50
- A formação do professor de química do ensino terciário, *Ana Simões, Raquel Gonçalves* 53
- As olimpíadas de química, *Mariana Pereira* 55
- Terminologia, Símbolos e Convenções, *Maria Estela Jardim, Mariana Pereira* 57
- Os livros 59
- Congressos e Conferências, *M. Regina Tavares* 61

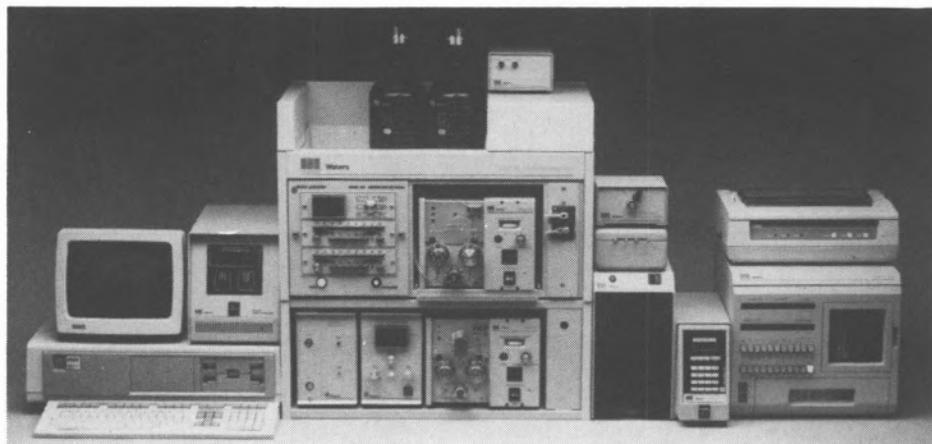


Waters

Waters The Liquid Chromatography People

=

sistemas de HPLC



WATERS - Pioneira e "leader" mundial no campo da Cromatografia Líquida oferece-lhe os mais avançados equipamentos de HPLC. Sistemas Analíticos, Preparativos e de GPC.

A construção modular permite a selecção adequada a cada caso, e um sistema isocrático económico pode ser expandido e automatizado totalmente, com programação e control por computador.

WATERS - simbolo de experiência e qualidade em HPLC



Waters ILC Series Ion/Liquid Chromatographs

O desenvolvimento tecnológico e aperfeiçoamento dos sistemas de HPLC é uma constante de WATERS.

Assim, foi introduzida a nova série de Cromatógrafos Líquidos Iónicos WATERS.

ILC-2 Configuração de equipamento básico.

ILC-1 Equipamento automático programável.

REPRESENTANTE
EM
PORTUGAL



SOC. TÉC. DE EQUIP. DE LABORATÓRIO, LDA.
Escritório - Rua Duque de Palmela, 30, 1.ºG
Telefone 537284 - 1200 LISBOA - PORTUGAL
Armazém e Assist. - Rua S. Filipe Néri, 53, 1.ºE
Telefone 685709 - 1200 LISBOA - PORTUGAL

Informações, Actualidade *

3.º Encontro Regional de Professores de Física e Química

Um grupo de professores de Física e Química da Escola Secundária dos Olivais n.º 1 (comissão organizadora), apoiada pelo Conselho Directivo da sua escola e pelo grupo disciplinar, vão organizar um encontro de professores de Física e Química do distrito de Lisboa e do distrito de Setúbal (apenas algumas escolas deste último) na semana que decorre de 1 a 5 de Julho de 1985. Esta iniciativa, que pretende contribuir para a actualização científica e para o enriquecimento pedagógico-didáctico dos professores, incluirá conferências plenárias, debates, realização de trabalhos práticos e trabalhos de grupo. Dados os objectivos do encontro, o número de participantes não deverá ultrapassar os cinquenta. Este encontro surge como seguimento de iniciativas realizadas na Escola Secundária Patrício Prazeres em Junho de 1982 e na Escola Secundária dos Olivais n.º 1 em Junho de 1984.

Estruturas Emergentes para uma Nova Revolução nas Ciências

Congresso organizado pelo Instituto Piaget, a realizar em Lisboa de 24 a 28 de Junho de 1985.

Meditação interdisciplinar sobre o tema em epígrafe é o objectivo desta reunião que contará com a contribuição de um leque muito aberto de especialistas. A sociologia e a psicolinguística, a filosofia das ciências e a medicina, a física e a química são alguns dos domínios presentes. De salientar a presença de Jean-Jacques Salomon, autor do livro notável «Science e Politique» (Ed. du Seuil, Paris), que falará sobre as relações actuais entre a Ciência e a Tecnologia, de Henri Laborit, o sociobiólogo em cujo trabalho se baseou o filme «O meu tio da América» de Alain Resnais e ainda (sujeito a confirmação) de Isabelle Strenghers, co-autora com Ilya Prigogine do livro *La nouvelle alliance*, (Ed. du Seuil, Paris; «Order Out of Chaos» na edição americana).

Tendências Actuais no Ensino da Engenharia Química; o Papel Presente e Futuro do Engenheiro Químico na Indústria

Realiza-se de 30 de Setembro a 2 de Outubro no IST um colóquio versando os temas acima. Contando com a participação de especialistas nacionais e estrangeiros, espera-se que deste Colóquio venham conse-

quências importantes para a Engenharia Química em Portugal. Dada a sua importância, transcrevemos parte substancial da 1.ª circular:

«A indústria química é e continuará a ser num futuro previsível, um dos pilares da organização tecnológico/económica dos países industrializados embora a sua importância em relação a outras actividades varie com o grau de industrialização e com as características próprias de cada país. Em Portugal tem um papel preponderante entre as indústrias transformadoras.

As chamadas “novas tecnologias”, de que hoje tanto se fala a propósito e a despropósito, têm certamente reflexos sobre a indústria química tradicional na qual estão, aliás, a ser incorporadas, muitas vezes sem a substituir, mas modificando-lhe algumas características.

Neste ambiente de rápida mudança científica e tecnológica, com as consequentes implicações económicas, que caracteriza o último quartel do século XX é indispensável que o ensino nas universidades lhe esteja adaptado, evoluindo constantemente, e visando a formação de técnicos que sejam capazes não só de satisfazer as necessidades presentes da indústria mas também de se adaptar à inovação e, até mesmo, de a catalizar.

Foi nesta perspectiva que o Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior Técnico sentiu a necessidade e a oportunidade de organizar uma jornada de reflexão sobre as **Tendências actuais no ensino da engenharia química** e sobre **O papel presente e futuro do engenheiro químico na indústria**.

A quase totalidade da tecnologia química em funcionamento em Portugal é importada o que implica que o engenheiro químico português tem de ter uma formação que não se pode afastar muito da dos seus colegas de outros países industrializados. Por outro lado, é verdade que existem especificidades da estrutura industrial portuguesa que podem exigir aspectos adicionais à formação dos engenheiros químicos por parte das nossas universidades.»

Programa provisório

- Apresentação da estrutura actual dos cursos de engenharia química (e cursos relacionados) no ensino superior português e perfil dos respectivos licenciados.
- Apresentação dos cursos de engenharia química das respectivas instituições por parte dos nossos convidados estrangeiros.

* A elaboração desta rubrica contou com a colaboração de Ana Isabel Aguiar, João Francisco Martins, Jorge Manuel Lúcio, Jorge Rosário d'Oliveira e Pedro Carmona Ricardo, estudantes do 3.º ano do IST.

- Debate sobre as tendências actuais no ensino da engenharia química e sobre o papel do engenheiro químico.

- Oradores convidados, oriundos da indústria, descreverão a situação presente da respectiva indústria e comentarão criticamente a formação dada na Universidade.

- Apresentação de comunicações.
- Debate generalizado.
- Elaboração de conclusões.

As inscrições devem ser enviadas para:

Dep. de Eng. Química—Instituto Superior Técnico
Avenida Rovisco Pais — 1096 Lisboa.

NOPROT 85 — Produção de Novas Proteínas e Utilização de Recursos Inexplorados

Realiza-se em Lisboa, de 23 a 25 de Outubro, o 2.º Simpósio Nacional NOPROT. As sessões de trabalho constam de debates e apresentação de comunicações e de cartazes. O programa contempla três grandes áreas: Biomassa, Bioconversão e Utilização. Nestas são considerados os seguintes aspectos: i) Biomassa como matéria-prima ii) Algas e outros recursos aquáticos iii) Bioconversão de resíduos iv) Sistemas Imobilizados v) Bioquímica e Biofísica da Bioconversão vi) Implementação de Bio-Indústrias em Portugal. O NOPROT 85 é da responsabilidade do Grupo de Trabalho Novas Proteínas e Recursos Alimentares Inexplorados (NOPRAI) do LNETI.

3.º Encontro Juvenil de Ciência

De 2 a 13 de Setembro terá lugar em Coimbra o 3.º EJC. Fundamentalmente destinado a jovens de idades compreendidas entre os 16 e os 22 anos, tais limites etários não são no entanto considerados rígidos.

O programa científico consta de: palestras e debates, visitas de estudo, trabalhos práticos e apresentação de trabalhos dos participantes. O convívio entre os jovens é contudo preocupação da Organização, o que constitui o Programa Social. Para contactar o Secretariado do 3.º EJC escrever para: 3.ª EJC, Apartado 975, 4016 Porto ou telefonar (entre as 20 e as 21 horas) para 70 13 24 (Lisboa), 3 43 71 (Coimbra) e 69 55 63 (Porto).

1.º Encontro Galego-Português de Química

De 14 a 16 de Novembro de 1985 terá lugar este encontro que se realizará na Universidade de Santiago. O encontro marca o início de uma cooperação entre a Delegação do Norte da SPQ, o Colégio Oficial de Químicos e a Associação Nacional de Químicos da Galiza e é dedicado ao estudo das água e da legislação que regula o seu emprego. Para mais informações contactar com Colexio Oficial de Químicos, calle Urzáiz, 1, 2.º, Vigo, ou com a Delegação do Norte da SPQ.

Colóquio sobre poluição industrial

Uma organização da Comissão de Finalistas de Engenharia Química do IST.

Temas propostos:

- Impacto da Poluição do Ecosistema Natural
- Processos de Controle de Poluição: Alguns Exemplos Práticos
- Legislação e Perspectivas Futuras

Local e data:

Instituto Superior Técnico, Lisboa, 3 e 4 de Outubro de 1985

Contactos:

Prof. Alberto Romão Dias (Complexo Interdisciplinar, IST)
Fernando Costa (Complexo Interdisciplinar, IST)

O 8.º Encontro Anual (visto por dentro)

Realizou-se, este ano pela primeira vez na Universidade do Minho, de 9 a 13 de Abril, mais um Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química, desta vez o 8.º. Por razões ligadas com a disponibilidade de meios, quando em Dezembro fomos convidados a organizar o encontro em Braga, pôs-se-nos imediatamente a questão de que ou teria de ser em Abril ou não poderia ser em Braga. Estudados os prós e os contras de tal solução, em que os contra eram muito mais pesados do que os prós, ainda assim optámos pela organização em Braga, aceitando os riscos que daí pudessem advir. Estes riscos estavam bem à vista, pois a CHEMPOR, estando agendada para Abril, iria levar-nos uma boa parte dos engenheiros químicos, e também dois congressos marcados para o Algarve ainda em Abril arrastariam tanto os químicos inorgânicos como os bioquímicos. Havia por outro lado o problema tempo, pois faltavam então três meses e meio para a data prevista e, feitas as contas, o programa científico teria de ser assegurado em menos de dois meses para poder ser anunciado com a 2.ª circular, a ser emitida em princípios de Fevereiro. E havia ainda mais um problema: a Sociedade estava sem capitais (como sempre) e, para uma organização orçamentada à partida na ordem dos 2000 contos tivémos de começar com... 50 contos — ou conseguiríamos o número recorde de 1400 participantes, para o qual não teríamos instalações, ou teríamos de fazer fê na possibilidade de se obterem subsídios (e recordamos que há prazos a cumprir para o efeito). Enfim, pelo menos o Minho é bonito de se ver em Abril, nas suas ricas tonalidades de verde; verde foi também a cor por nós escolhida para anunciar este encontro e para abrigar a nossa esperança, não tanto de que viéssemos a conseguir um sucesso como queríamos pretender, mas de que não viessemos a cair num verdadeiro fracasso.

Se pretendêssemos descrever o que foram para nós aqueles três meses e meio de organização, os precalços, as arrelias, as aflições, as horas de trabalho, mas também os elogios e a satisfação de fazer parte duma equipa eficaz, serena e disciplinada, só um número especial do Boletim poderia contar tudo o que haveria a contar. Ficamo-nos no entanto por dizer que o telefone foi o meio normal da comunicação, que o trabalho fora de horas foi o nosso regime normal, que o entusiasmo foi o nosso lema e que a sorte esteve do nosso lado, como estiveram do nosso lado todos os nossos colegas que vieram a Braga e as inúmeras entidades que quiseram dar-nos a sua ajuda e contribuição. A Sociedade Portuguesa de Química é ainda palavra mágica para

abrir muitas portas, no que a Universidade do Minho nada ficará atrás, pelo que entendemos.

O que foi, então, este 8.º Encontro Anual? Primeiro os números: 650 participantes (350 no bloco da Ciência, 250 no bloco Indústria e 380 no bloco Educação), com algumas dezenas vindos de Espanha; 209 comunicações em cartaz, com quase metade vindos igualmente da Espanha (!). Cinco lições plenárias no bloco Ciência, duas no bloco Indústria e duas no bloco Educação; seis comunicações convidadas no bloco Ciência e outras tantas no bloco Indústria; nove painéis para debate temático no bloco Indústria e cinco no bloco Educação, com um total de trinta e duas comunicações convidadas. Tivemos, portanto, para cima de cinquenta convidados. A Exposição Científica teve uma dezena de expositores e rendeu quase duas centenas de contos; obtivemos muito próximo de mil contos de subsídios e a organização veio a saldar-se sem prejuízo.

Muito para além dos números se situaria o valor dum apreciação qualitativa dos factos que não estamos em posição confortável para fazer. No entanto, algumas questões há que poderão ser analisadas antes de qualquer tentativa de avaliação da qualidade científica. Em primeiro lugar há que referir o facto de termos programado sessões nocturnas, essencialmente por razões que tinham a ver com a gestão dos auditórios, mas também para que os participantes tivessem as manhãs disponíveis para visitarem Braga. Embora este tipo de programação seja hoje corrente em muitos encontros científicos, a nossa proposta começou por ser um tanto polémica, suscitando surpresa e reserva de alguns sectores, pelo que considerávamos importante obter-se informação sobre se ser ou não de adoptar, de futuro, procedimento semelhante. Assim, apurámos que as lições plenárias realizadas das 18.30 às 19.30 tiveram grande afluência, enquanto aquelas que decorreram entre as 21.00 e as 22.00 foram pouco concorridas; as primeiras versaram temas do domínio da Bioquímica, Química Física e Química Inorgânica e as outras versaram temas da Química Orgânica e da Electroquímica Orgânica. Uma vez que o número de adeptos da Química Orgânica é bastante reduzido em Portugal e que os electroquímicos têm uma sociedade própria, temos de concluir que a programação foi aceite com naturalidade. Quanto à forma como os participantes usaram as manhãs, é que não ficámos elucidados. Com efeito, foram organizados três circuitos turísticos nas imediações de Braga, por intermédio dum agência de viagens e turismo, bem como visitas aos laboratórios de Química para eventual discussão dos projectos em curso; em qualquer dos casos a adesão foi muito baixa. Além do tradicional jantar de confraternização, o programa social que organizámos incluiu, cremos que pela primeira vez nos encontros da Sociedade, um concerto de música clássica; o programa era agradável (Händel, Debussy e Brahms) e foi executado por profissionais de curriculum reconhecido, mas a afluência foi indiscutivelmente irrisória em comparação com a verificada noutros congressos realizados em Braga. O jantar de confraternização foi um conjunto de surpresas. Até ao fim do prazo fixado (15 de Março) inscreveram treze (!) pessoas; os eventuais supersticiosos não tiveram no entanto que se preocupar, pois haveria alguns convidados que se lhes juntariam. Para o preço fixado (1200 escudos), um jantar com tão poucos convivas iria ser um verdadeiro banquete. No dia 9, porém, decidimos aceitar mais inscrições — sem multa, mas pelo mesmo preço — e no dia 11 havia 96 convi-

vas, mais os 37 professores da Escola Preparatória Dr. Francisco Sanches que integram o Grupo Folclórico dessa escola e que nós convidámos para jantar conosco e animar a sessão com as suas danças e cantares bem ensaiados e enriquecidos com o rigor que é produto da investigação que praticam.

O 8.º Encontro Anual abriu com uma sessão de boas-vindas em que o nosso Secretário-Geral referiu eloquentemente a responsabilidade que caberá às instituições do Estado e também da Indústria na viabilização do financiamento das sociedades científicas; a sessão foi presidida pelo Ministro da Educação que, anunciou medidas importantes que se relacionam com o financiamento da investigação científica, salientando a urgência que se impõe na aplicação de tais medidas. O congresso foi encerrado com o anúncio dos premiados e com a distribuição dos prémios aos concorrentes às Olimpíadas de Química cuja prova final se realizou na Universidade do Minho no decurso dos trabalhos do bloco Ensino.

O nível científico das lições plenárias estava assegurado à partida pelo perfil dos conferencistas convidados, principalmente no caso do bloco Ciência, em que tivemos o privilégio do poder recorrer à comunidade internacional: R. Ramage (Edinburgh), Sebastião J. Formosinho (Coimbra), D. Pletcher (Southampton), R. D. Gillard (Cardiff). Sentida foi a ausência do Prof. A. Xavier que, a despeito do gigantesco esforço que estava a dispender na organização dum dos encontros do Algarve, ainda assim não quis deixar de aceitar o convite para vir a Braga; mas o desgaste destas funções supera a maior parte das vezes o entusiasmo e a boa-vontade e António Xavier viu-se obrigado a fazer-se substituir e fê-lo da melhor maneira: G. LaMar (Davies, Califórnia) — uma excelente palestra. Agradecemos-lhe o duplo serviço que prestou à Química em Portugal. É de salientar o carácter notoriamente interdisciplinar que revestiu estas lições plenárias. Entre as comunicações convidadas surgiram contribuições bem interessantes, apresentadas em grande parte por químicos dos mais jovens mas também por alguns veteranos. As comunicações em cartaz é que revelaram, salvo evidentes excepções, o esforço que os químicos em Portugal têm vindo a dispender para que este encontro possa ser realizado todos os anos — é no entanto tema para meditação dos órgãos directivos da Sociedade: a qualidade não anda sempre a par da quantidade.

A terminar queremos referir que a medalha comemorativa deste 8.º Encontro Anual homenageou Pereira Salgado que, com Ferreira da Silva e Alberto Aguiar, foi um dos fundadores da Revista de Química Para a Aplicação, hoje Revista Portuguesa de Química. Foi há oitenta anos. A efeméride foi marcada no auditório principal com um cartaz mostrando o **fac simile** do número um da revista, ladeado por um cartaz evocando a figura de Ferreira da Silva na sua última lição.

Nova Convenção Relativa à Pressão Padrão em Termodinâmica Química

A Comissão da IUPAC para a Termodinâmica Química recomendou que o estado padrão da Pressão passe a ser de 10^5 Pa em vez do anterior valor $1,01325 \times 10^5$ Pa, correspondente à Pressão de 1 atm. Esta mudança é uma consequência natural da

adopção generalizada de unidades SI. É na realidade difícil justificar a adopção de um valor padrão que pode ser visto como um número arbitrário e estranho (101325). Por outro lado, seria vantajoso que a mudança de valor padrão viesse afectar o menos possível as tabelas existentes, pelo que a escolha óbvia foi 10^5 Pa (=1 bar).

Trata-se de uma opção que não apresenta graves inconvenientes experimentais nem dificuldades teóricas em cálculos. Tem ainda a vantagem de que apenas são significativamente alterados, em relação aos actuais, os valores de potencial de eléctrodo e de Entropia (e consequentemente os das energias de Gibbs e de Helmholtz) de substâncias que são gasosas nos seus estados padrão.

Finalmente, é de referir que a mudança se exerce apenas para o estado padrão de pressão definido para grandezas termoquímicas e não para «pressões padrão» usadas noutros contextos como o ponto de ebulição normal, referido à pressão de 1 atm.

(Adaptado de *Chemistry International*, 7, 17 (1985))

A Nomenclatura dos Elementos Pesados

Alguns elementos químicos originalmente descobertos por químicos e posteriormente sintetizados por físicos nucleares têm recebido dois nomes dependendo do químico ou do país (e.g. volfrâmio ou tungsténio).

A IUPAC encarregou a sua Comissão de Nomenclatura em Química Inorgânica de recomendar uma designação para os elementos recentemente descobertos.

Algumas directrizes internacionais a considerar são: a designação deve diferir o mínimo possível de língua para língua e deve ser baseada no pragmatismo e na facilidade de utilização.

A Comissão da Nomenclatura propôs um método apenas para elementos com $Z > 100$ (*Pure Appl. Chem.*, 51, 381(1979), baseado no número atómico e na sua raiz: 0= nil, 1= un, 2= bi, 3= tri, 4= quad, 5= pent, 6= hex, 7= sept, 8= oct, 9= enn. Assim 104= unnilquadium e 126= unbihexium com os símbolos equivalentes Unq, Ubh.

Este sistema artificial pode parecer demasiado complicado e desnecessário para referenciar simplesmente os elementos pois o número atómico serve adequadamente para esse efeito. Contudo, quando começam a aparecer na literatura compostos químicos envolvendo estes elementos este sistema torna-se necessário para a designação e escrita das suas fórmulas.

Pode-se sempre designar o elemento pelo seu número atómico mas o sistema descrito fornece uma designação internacionalmente aceite.

Claro que uma vez que a descoberta de um novo elemento e o nome proposto sejam reconhecidos e aceites pela comunidade científica, a comissão está pronta a incorporar o nome proposto pelo descobridor.

Equação de estado do hélio em condições extremas

Foi recentemente possível obter condições experimentais extremas para o estudo do hélio líquido. Os autores do trabalho,* investigadores do Lawrence Livermore National Laboratory (Califórnia), conseguiram

comprimir o hélio a pressões superiores a 500 000 atm (pressão a que corresponde uma coluna de água com uma altura próxima do raio terrestre), e a uma temperatura de 21 000 K. O método experimental utilizado consiste na produção de ondas de choque através do impacto de projectéis acelerados a cerca de 9 km s^{-1} .

A investigação neste campo tem grande importância não só no contexto da química-física fundamental (possibilidade de um conhecimento mais profundo da curva de energia potencial de interacção interatómica e consequentemente das propriedades macroscópicas do sistema em condições extremas) mas também noutros domínios como o da astrofísica, na medida em que o hélio é um constituinte dominante dos planetas gigantes (Saturno e Júpiter), e que é essencial conhecer o seu comportamento a altas pressões para estudar o interior destes planetas.

* W. J. Nellis et al. *Phys. Rev. Lett.*, 53, 1248 (1984)

De Novo o Problema dos Fluorocarbonetos

Quando, em 1977, foi abolido nos Estados Unidos o uso de clorofluorocarbonetos em aerossóis, esta acção foi vista como uma medida temporária para limitar a destruição da camada de ozono.

No entanto, a produção de clorofluorocarbonetos para usos em outros fins está a aumentar e este aumento ameaça anular o que se tinha ganho com a anterior proibição.

Para fazer face a este novo problema, o Gabinete de Defesa dos Recursos Naturais dos EUA está a tentar limitar a produção total de fluorocarbonetos. Estes são agora principalmente utilizados como líquidos refrigerantes em frigoríficos e aparelhos de ar condicionado, estando no entanto o seu uso como solventes no fabrico de «chips» para computadores a tornar-se cada vez mais significativo.

A sua libertação para a atmosfera pode levar à redução da camada de ozono, redução essa que conduz a mudanças climáticas e, por permitir que uma maior percentagem de radiação ultravioleta atinja a superfície da Terra, leva a um aumento da incidência do cancro da pele e destruição de colheitas por alteração da fotossíntese.

Investigadores de Harvard concluíram, baseados em modelos químicos da atmosfera, que se a emissão de clorofluorocarbonetos aumentar de 2% a 3% anualmente a camada de ozono estará reduzida em 15% ou mais em meados do próximo século.

No entanto, qualquer previsão tende a ser controversa devido à extrema complexidade dos actuais modelos para a química estratosférica. Além disso a produção mundial de fluorocarbonetos é muito variável. Em 1982 diminuiu cerca de 8% mas em 1983 aumentou 10%.

A importância do problema impõe no entanto precauções como seja a implementação de medidas que permitam impedir o aumento da produção.

Efeitos Climáticos Consequentes de Uma Guerra Nuclear

Diversos modelos quantitativos do clima prevêm alterações climáticas profundas resultantes da ocorrência de explosões nucleares. O fumo provocado por tais

explosões conduziria a uma redução da transmissão da luz solar na atmosfera, o que ocasionaria um forte arrefecimento das superfícies continentais.

Recentemente foi mostrado que as alterações climáticas provocadas por uma guerra nuclear não resultariam apenas deste efeito (S.G. Warren, W.J. Wiscombe, *Nature*, **313**, 467 (1985)). Após a deposição das poeiras e a consequente limpeza da atmosfera, a reflectividade dos gelos e da superfície dos oceanos seria profundamente afectada, aumentando a absorção da luz solar, e estes processos causariam novas perturbações climáticas.

Toxicidade do Benzeno

Encontra-se bem estabelecido ser o benzeno um composto cancerígeno, quer por ingestão, quer por absorção cutânea, quer ainda por inalação. Foi publicado recentemente um apanhado dos últimos estudos sobre a toxicidade do benzeno. Trata-se do Relatório Técnico n.º 16 do ECETOC «A review of Recent Literature on the Toxicology of Benzene». Cópias deste relatório podem ser obtidas gratuitamente escrevendo para:

Dr. W.J. Bontinck
ECETOC
Av. Louise 250, Bte 63
1050 Bruxelles, Belgique

O RECODIC (Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie) solicita a participação dos químicos portugueses nas suas actividades

Recebemos de Maurice Gomel professor de Química da Universidade de Poitiers e secretário-geral do grupo interuniversitário RECODIC, a carta que transcrevemos em seguida:

Caro(a) Colega

Venho dirigir-me a si, porque sendo químico(a), ensinando a nível universitário, pode estar interessado(a) nas actividades do grupo RECODIC, cujo objectivo principal é contribuir para o progresso do Ensino Universitário da Química, de modo a responder às necessida-

des específicas dos países francófonos e de expressão espanhola e portuguesa.

Desde 1976, que este grupo, contando mais de 700 membros, tenta por todos os meios (investigação, inovação, novas tecnologias educativas, etc.) contribuir para uma melhoria do Ensino Universitário da Química em língua francesa. Vários colegas belgas, suíços, de diferentes países africanos e do Quebec, já se associaram a esta iniciativa.

Em número crescente, colegas universitários de Espanha quiseram contribuir com a sua competência. Também verificámos que devido à nossa vizinhança (França-Portugal) geográfica, cultural e linguística certos problemas didácticos são comuns aos dois países. A constatação deste facto é já produto da cooperação entre o RECODIC e a Sociedade Portuguesa de Química.

Em 9 anos, conseguimos recuperar muito do atraso em relação à "Chemical Education" dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha (verificar os numerosos trabalhos RECODIC). Mas se em certos domínios, como ideias e realizações originais da "Didáctica da Química", nos aproximamos do "modelo" anglo-saxónico, noutros é preciso fazer muito mais e melhor. Nós partilhamos a vontade crescente dos colegas universitários portugueses, de desenvolver uma "Didáctica da Química em língua portuguesa", susceptível de responder não só às necessidades de Portugal, mas ainda às de muitos cidadãos francófonos e hispanofones.

RECODIC não é um clube; pelo contrário, pretende-se que seja o mais aberto possível, no que diz respeito às competências científicas que constituem o suporte necessário indispensável às reflexões e realizações didácticas de qualidade. É este pois o motivo pelo qual todos os membros deste grupo têm necessidade da sua participação "transnacional", mesmo que ela se assumia mais ou menos temporariamente.

Com efeito, e apesar do sucesso já verificado, o RECODIC, como qualquer outro organismo, precisa para a manutenção da sua vitalidade, da introdução permanentemente de novas competências, novos dinamismos e projectos novos.

Colegas, permita-me que insista no sentido de obter da sua parte, pelo menos, o início dum diálogo. Antecipadamente, agradeço uma resposta que poderia ser a sua participação no Colóquio Internacional, a realizar na Universidade de Poitiers de 21 a 23 de Novembro de 1985. Este Colóquio tem por tema "Enseigner da Chimie en Langue Française", mas nós vivamente desejamos que o próximo Colóquio Internacional (previsto para 1990) se possa chamar "Enseñar a Química em Línguas Latinas".

Com os meus cumprimentos mais cordiais

Maurice Gomel

O referido colóquio será constituído por três temas principais: o ensino na Universidade, o ensino antes da Universidade e o ensino em cooperação. Para mais informações contactar para: Secrétariat ReCoDiC, Laboratoire de Chimie XIII, 40, Av. du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cédex, France.

Now, a Low-Cost Addition to our Family of Integrators



Introducing the SP 4290, a New Standard in Price/Performance

Spectra-Physics family of integrators perform solo, as multi-channel data systems, or as system controllers for LCs or GCs.

If you require an entry-level integrator, our new SP 4290 can give you many of the features our leading integrators have at the lowest price yet to come from Spectra-Physics. Plus a two year warranty.

For a little more, the SP 4270 can provide you with BASIC and communication with the IBM PC XT via Labnet, our local area network. Or you may opt for the virtuoso performance of the SP 4200, with its host of sophisticated features.

European Headquarters
Spectra-Physics GmbH
Siemensstr. 20
D-6100 Darmstadt
F.R.G.
Tel.: (0 61 51) 70 80
Telex: 4 19 471



	SP 4290	SP 4270	SP 4200
INTEGRATE			
Wide Printer/Plotter	Yes	Yes	Yes
50/60 Hz Data Sampling	Yes	Yes	Yes
Second Channel	Optional		
Transmits Raw Data to IBM-XT	No	Yes	Yes
Reintegration/Replotting	No	No	Yes
COMMUNICATE			
Alphanumeric Peak & Sample Names	Yes	Yes	Yes
Multilevel Calibration	Yes	Yes	Yes
Full Keyboard & LEDs	No	No	Yes
X-Y Graphics Program	No	No	Yes
ORCHESTRATE			
BASIC	No	Yes	Yes
LABNET/RS-232 or Current Loop	Optional		Yes
Timed Events	Optional		Yes
GPC. Methods Optimization. UV Scan	No	No	Yes
Battery Backup	No	No	Yes

 Spectra-Physics

THE PERFORMANCE LEADER IN AUTOMATED CHROMATOGRAPHY



Distribuidor exclusivo em Portugal:

DIAS DE SOUSA LDA

Quinta da Piedade, Lote 12, 1.º D • 2625 PÓVOA STA. IRIA • Tel.: 2594615 • TELEX: 43926 DISO-P

O diálogo entre ordem e desordem

Jorge C. G. Calado ^a

No seu artigo introdutório o Professor Prigogine fala-nos de dupla revolução que se operou no pensamento científico no dealbar do século XX — uma revolução que não só alargou a natureza dos fenómenos conhecidos, como também o significado do próprio conhecimento.

No final do século XIX a física era um assunto encerrado onde pouco ou nada havia por descobrir. Os estudantes eram encorajados a demandar outras disciplinas, como a química, bastante mais promissoras. Lord Kelvin falava das duas únicas **nuvens** que ensombravam o edifício da física: o problema do éter e a radiação dos corpos quentes. Hoje sabe-se como essas duas “nuvens” arrastaram as tempestades da relatividade e da mecânica quântica. A partir da década de 90, com a descoberta dos raios XX (1895) e da radioactividade (1896), a física nunca mais seria a mesma.

Com as suas implicações cosmológicas a teoria da relatividade foi a primeira a captar a imaginação do grande público. A cabeleira revolta e o bigode farfalhado de Einstein fizeram o resto. Embora mais íntima, a revolução quântica não foi menos avassaladora. Durante os anos 20 assistiu-se a um emocionante diálogo entre Pauli e Bohr (com inevitáveis participações especiais de matemáticos e físicos como Born, Heisenberg, Schrödinger e Dirac) numa tentativa (infrutífera) de conciliar o velho com o novo, o contínuo (teoria electromagnética) com o descontínuo (natureza discreta do electrão). A ultrarespeitada lei da conservação da energia quase se sumiu, engolida pelos ânimos exaltados dos físicos da época. O que desapareceu, de vez, foi a possibilidade de descrever uma situação física por uma imagem ou modelo visual, aquilo que os alemães tão arreigadamente clamavam ser um dos dons das ciências físicas (*Anschaulichkeit*). A mudança foi traumática pois “ver e crer como S. Tomás” é o credo do nosso processo cognitivo. Coleridge fora profético ao denunciar, mais de cem anos antes, o “despotismo da vista”.

A física moderna trouxe outras alterações, entre elas a convicção einsteineana de que é a teoria que decide aquilo que podemos observar. Na teoria clássica, a interpretação física dos símbolos precede o formalismo matemático; na mecânica quântica o significado físico nasce da matemática. O Princípio da Incerteza de Heisenberg é a evidência final de que os conceitos de visualização e visibilidade, que eram sinónimos em física clássica, se tornam incompatíveis na teoria quântica. **Mutatis mutandis** para a definição e observação.

As certezas deram lugar às dúvidas e às probabilidades, a concepção determinista foi abalada por componentes aleatórias, a irreversibilidade destruiu algumas simetrias sacrossantas. A permuta entre passado e

futuro, que a mecânica clássica permitia, passa a ser comandada pela entropia que, para Eddington, era “a seta do tempo”. Como afirma o Professor Prigogine, “o universo seleccionou, uma vez por todas (pelo menos assim parece) entre várias possibilidades, uma via particular”. Já no princípio do século Einstein se tinha debruçado sobre a profunda assimetria entre a carga negativa (electrão) e a carga positiva (protão), tão ao invés da simetria tempo-passado e tempo-futuro das cosmologias

Time present and time past
Are both perhaps present in time future,
And time future contained in time past.
If all time is eternally present
All time is unredeem'd. ¹

T. S. Eliot, *Four Quartets*, 1935

A grande questão, para Prigogine, é saber se existe um paradigma evolutivo comum aos fenómenos simples (físicos e químicos) e aos complexos (biológicos e sociais). E se é certo que foi o século XIX que nos deu as leis da evolução (com Lyell, Darwin, Clausius, Marx) que perturbantemente revelaram as analogias entre o físico e o social, competiu à teoria da relatividade, já no século XX, reformular o tempo, parâmetro por excelência de qualquer esquema evolutivo. É, afinal, a inserção do tempo na matéria que caracteriza a vida.

Para Lévy-Bruhl (citado por Prigogine) “[a natureza] é ordem e razão, como o espírito que se debruça sobre ela”. Tudo é construído à imagem e semelhança de tudo o resto. Talvez como consequência da simetria evolutiva que nos resta (dois olhos, dois braços, duas pernas) o homem pensa e associa por binários. É o “cru e o cozido” de Lévi-Strauss, mas são também o contínuo e o descontínuo, o dualismo onda-corpúsculo, os pares de variáveis conjugadas. A humanidade inteligente continua a fazer juízos de valor em termos de noções bem contrastadas, a preto e branco, em dialéctica

^a Departamento de Engenharia Química, IST e School of Chemical Engineering, Cornell University, USA.

¹ O tempo presente e o tempo passado
Estão ambos talvez presentes no tempo futuro,
E o tempo futuro contido no tempo passado.
Se todo o tempo é eternamente presente
Todo o tempo é irredimível.

(T. S. Eliot, *Quatro Quartetos*, tradução de Maria Amélia Neto, Ática, Lisboa, 1983)

constante. Cita-se, por exemplo, Starobinski para mostrar que virtualmente todos os domínios (das ciências físicas às ciências sociais, da criação artística aos debates políticos) fazem apelo às antinomias ordem-desordem, equilíbrio-desequilíbrio, determinado-imprevisível. Sob outras roupagens, mais científicas, assiste-se à recriação das velhas lutas e tensões entre a rigidez do espírito clássico e a auto-destruição da sensibilidade romântica, deambulante por excelência.

Os filósofos políticos do século XIX sabiam que do caos e da decadência podia surgir o mundo novo; sobre as ruínas do passado construir-se-ia a “nova Jerusalém”. A terceira revolução industrial trouxe também consigo uma nova compreensão e utilização do caos aleatório e do ruído. Descubrem-se mecanismos novos que permitem aos sistemas reorganizarem-se, passarem de um estado de consciência individual a um estado coerente e colectivo. É a vida que emerge, triunfante, do caldo caótico; é a “raiva pela ordem”, de que falava Wallace Stevens, a vingar.

Os artigos dos Professores Nicolis e Van Den Broecke explicam-nos estes mecanismos novos de bifurcação e de comunicação de longo alcance. Na ciência, tal como nos negócios humanos, tudo se ramifica, mas tudo se parece cada vez mais com tudo o resto. As últimas novidades indicam que tudo no universo, desde os “quarks” ao DNA, é feito de fios e não de partículas (“superstring”).

Para o cientista o aleatório e o indeterminismo caracterizam a natureza do nosso conhecimento; para o artista o interesse é predominantemente estético. Não é por acaso que o uso sistemático da “collage” e do aleatório como método artístico criador coincidiu com

a revolução informática. Mallarmé esticou a língua francesa até aos limites possíveis da sintaxe, mas foi Butor quem escreveu (ou colou) *Mobile* (1962). Burroughs deixou-nos a receita que seguiu na feitura de *The Exterminators* (1960): “pega numa página mais ou menos da tua autoria ou de qualquer escritor vivo ou morto. Corta-a em secções usando tesoura ou navalha de barbear, conforme o gosto, e rearranja as secções, olhando para o lado. Agora escreve e passa a limpo o resultado”. Rauschenberg andou pelas praias de Staten Island, as lojas de ferro-velho da Canal St. e as sarjetas da baixa nova-iorquina à procura de objectos para as suas colagens. Stockhausen incorporou os sons da sua respiração e os nomes das amantes na composição em grande escala, *Hymnen*. Pollock saltava para cima das telas e salpicava tudo à sua volta com uma brocha a escorrer em tinta. O resultado disto tudo pode-se encontrar em bibliotecas, museus e salas de concerto e partilha, com as obras de arte clássicas do passado, a capacidade de nos perturbar e divertir. A ordem espreita, a cada passo, no emaranhado do aleatório.

A. A violent order is disorder; and
B. A great disorder is an order. These
two things are one.

Wallace Stevens, *Connoisseur of chaos*
(*Parts of a World*, 1942)

O diálogo de opostos não passa, afinal, de mais um exercício em narcisismo.

Um
surpreendente
desafio
à ciência!

O Universo Inteligente

Terá a vida surgido por um processo espontâneo? Será o Homem o único ser inteligente do Universo? Uma visão polémica e inovadora dos segredos da vida, por um dos mais reputados astrofísicos do século XX, numa edição enriquecida por numerosas ilustrações.



EDITORIAL
PRESENÇA

RUA AUGUSTO GIL, 35-A
TELEFS. 76 69 12 - 76 30 60 - 1000 LISBOA

Um mundo para descobrir *

Ilya Prigogine ^a

Onde conduz o diálogo que, graças à ciência, o homem mantém com a natureza? Há ainda pouco tempo havia quem acreditasse que este diálogo tinha decifrado o enigma da existência. Num texto bem conhecido, Lévy-Bruhl exprime-se com uma segurança tranquila: «O nosso sentimento permanente de segurança intelectual está tão bem alicerçado que não vemos como ele poderia ser abalado; porque, mesmo supondo a descoberta súbita de um fenómeno misterioso do qual desconhecêssemos completamente as causas, nós não deixaríamos de estar convencidos de que a nossa ignorância apenas seria provisória, de que as causas existiriam e que seriam descobertas mais cedo ou mais tarde. Podemos assim dizer que a natureza em que vivemos é intelectualizada *a priori*. Ela é ordem e razão, tal como o é o espírito que sobre ela reflecte e que nela se movimenta. A nossa actividade quotidiana implica, até nos seus pormenores mais insignificantes, uma confiança tranquila e perfeita na universalidade das leis naturais». (1)

Actualmente estas afirmações parecem-nos estranhas. Como é possível que a nossa visão do mundo tenha sido tão profundamente alterada em apenas alguns decénios? É no entanto um facto que tal aconteceu. Tanto no domínio das ciências, como no domínio artístico ou social, o nosso tempo conheceu transformações sem paralelo. O século XX iniciou-se com duas revoluções decisivas no pensamento científico: a relatividade e a mecânica quântica.

Na perspectiva dos primeiros anos deste século, foi o trabalho de Einstein sobre a relatividade em 1905 que primeiro abalou todas as certezas até então adquiridas, e que mostrou que a ciência abre o caminho que conduz à descoberta das estruturas ocultas do universo físico. Nas suas notas autobiográficas, Einstein escreveu que o deslumbramento é um elemento essencial da criatividade científica. Creio que isso é verdade para todos nós: o trabalho de Einstein revelou-nos um mundo desconhecido e fez-nos compreender que estávamos no início de uma nova era, com tudo o que isso comporta de esperança, mas também de risco de saídas em falso.

Hoje em dia, quase oitenta anos depois do trabalho de Einstein, falamos de duas outras revoluções que transformam o destino da humanidade: a revolução biológica e a revolução informática.

Penso que todas estas mutações correspondem a uma alteração fundamental do diálogo entre o homem e a natureza. Há já muito tempo que sabíamos vivermos num mundo pluralista, que contém componentes deterministas e reversíveis, mas também componentes aleatórias e irreversíveis. Podemos identificar fenómenos deterministas como o movimento do pêndulo ou o

movimento da Lua em torno da Terra; sabemos que no caso do pêndulo ideal, sem atrito, o movimento é reversível. Neste caso, como em todas as situações reversíveis, futuro e passado desempenham o mesmo papel: prever o movimento futuro do pêndulo ou descrever o movimento passado reduzem-se ao mesmo problema matemático. Mas, por outro lado, existem também processos irreversíveis como a difusão de dois líquidos ou as reacções químicas nos quais, pelo contrário, o sentido do tempo desempenha um papel essencial. Se partirmos, no momento presente, de uma distribuição não uniforme da temperatura, esta distribuição tornar-se-á uniforme no futuro. Ninguém ainda observou um sistema no qual a aproximação ao equilíbrio se realizasse no sentido do nosso passado. Temos assim de admitir que existem fenómenos aleatórios se não quisermos ser confrontados com a objecção segundo a qual o desenvolvimento de todas as espécies vivas estaria programado desde o Big-Bang.

O que se alterou desde o início deste século, foi a nossa apreciação acerca da importância relativa destas quatro categorias. Os físicos eram então unânimes em considerar que as leis fundamentais do Universo eram deterministas e reversíveis. Os processos que saíam deste quadro surgiam como anomalias, devidas a uma aparente complexidade, ela mesma resultante da nossa ignorância ou da nossa falta de controle sobre as variáveis.

Ora, neste fim de século, somos cada vez mais numerosos os que pensamos que as leis fundamentais são irreversíveis e aleatórias, ao passo que as leis reversíveis e deterministas, de que não contestamos a existência, apenas se aplicam a situações limite: processos "exemplares", no sentido em que o são as histórias que contamos às crianças antes de as confrontarmos com problemas mais concretos. As grandes mutações que assinalei surgem como momentos deste movimento histórico das ciências no sentido do irreversível e do imprevisível.

É o que mostram os acontecimentos que se sucederam às revoluções instauradas pela relatividade e pela mecânica quântica. Uma e outra pretendiam introduzir na mecânica clássica as correcções tornadas necessárias uma vez reconhecido o papel de constantes

* Publicado com a autorização do autor. Traduzido de *Nouvelles de la Science et des Technologies*, vol. 2 (Março de 1984), por Vitor D. Teodoro.

^a Prémio Nobel (1977); Université Libre de Bruxelles (Service de Chimie-Physique II) e University of Texas at Austin (Center of Statistical Mechanics and Thermodynamics).

(1) L. Lévy-Bruhl, *La mentalité primitive*, Paris, PUF, 1922, pg. 17.

universais como c (velocidade da luz no vazio) e h (constante de Planck). Nesta primeira etapa, quer a revolução relativística quer a revolução quântica, conservaram o espírito da mecânica clássica, mas vemos hoje em dia que bem cedo alteraram o seu rumo de modo inesperado. A mecânica quântica trata actualmente, na sua parte mais significativa, da instabilidade das partículas elementares. Sabemos hoje que existe uma verdadeira "química" destas partículas elementares, o que está em contradição flagrante com a ideia de que partiram as teorias atómicas: a saber, de dar um suporte estável e permanente ao mundo em constante mutação.

A evolução da relatividade foi inesperada: começou com o estatuto de uma geometria intemporal, para se tornar em seguida instrumento teórico privilegiado para estudar a história térmica do Universo, principalmente nas suas primeiras fases.

Isto corresponde a uma alteração fundamental. Porque, para além dos problemas científicos ou tecnológicos que implica, ela induz uma modificação da nossa relação com o mundo: não apenas da relação homem-natureza, mas também, como discutirei adiante, da relação homem-homem.

Não há dúvida de que a nossa experiência interior foi sempre marcada pela dimensão aleatória e imprevisível. Não existiria literatura se não existisse a ansiedade ligada à escolha e à irreversibilidade que se atribui ao destino — ou então tratar-se-ia de uma literatura inconcebível para nós, amputada das dimensões do dramático e do trágico. Também só podemos conceber a música associada às noções do imprevisível e do irreversível.

Pelo contrário, os modelos do mundo nos quais estruturámos a nossa experiência do meio exterior assentavam no determinismo e na reversibilidade. O facto de a história recente das ciências conduzir à superação deste dualismo é para mim um acontecimento importante na história das ideias, ao mesmo tempo que constitui a garantia de uma cultura menos conflituosa do que foi a cultura ocidental no decurso dos séculos que se seguiram ao triunfo da física newtoniana. Desenvolvi este tema mais detalhadamente no livro "A nova aliança". (2)

É importante notar que a Química e a Física macroscópicas também contribuíram intensamente para este movimento, como adiante se referirá.

É neste quadro conceptual renovado que as revoluções das ciências da vida e da informação encontraram o seu significado pleno. Quando do último Congresso Solvay de Química, os participantes interrogaram-se qual seria a diferença entre a Química Orgânica e a Bioquímica. As substâncias da Química Orgânica são substâncias que nós sintetizamos e que não foram submetidas a uma evolução pausada por fases de auto-organização como aquela que originou as moléculas biológicas.

Talvez a diferença mais profunda consista em que as moléculas estudadas pela bioquímica devam ser tratadas como objectos históricos, como moléculas que o tempo esculpiu.

Ora, como mostra o texto de Grégoire Nicolis que se publica a seguir, nós começamos a conhecer os mecanismos graças aos quais o tempo se inscreve na matéria. Estamos longe de poder descrever a biogénese; mas podemos desde já mostrar que as raízes do tempo mergulham bem mais profundamente na matéria do que se pensava até há pouco.

Admiramos todos os notáveis progressos da biolo-

gia molecular. Mas só teremos uma visão satisfatória do mundo que nos rodeia quando pudermos descrever mais satisfatoriamente os mecanismos que orientam a evolução das moléculas simples para as biomoléculas fundamentais.

A situação é, em certa medida, semelhante no que respeita às ciências da informação. Assim, o conceito de informação deve ser estudado em função dos seus pressupostos, a saber, a existência de um texto e de um leitor. Também neste caso podemos começar a descortinar situações físico-químicas nas quais vemos aparecer estes dois elementos; estamos ainda longe de uma "teoria da inteligência artificial".

Em todos os níveis da investigação contemporânea, desde a Física às Ciências Sociais, passando pelas Ciências Químicas e Biológicas, se coloca a partir de agora o problema da auto-organização, baseada na dialéctica ordem-desordem.

Estou completamente de acordo com as ideias que J. Starobinski desenvolveu num texto recente: (3)

"Não existe actualmente nenhum domínio — ciências físicas, ciências humanas, criação artística, instituições jurídicas, vida económica, debates políticos — em que os problemas não nos pareçam apelar para as noções contrastantes de ordem e de desordem, ou para aquelas, mais subtis mas não menos antinómicas, de equilíbrio e de desequilíbrio. Tudo leva a crer que estas noções nos são indispensáveis para interpretar o conjunto de realidades que se nos oferecem em nós e em torno de nós. São meios de compreensão, ferramentas conceptuais às quais recorreremos preferencialmente, mesmo que muitas vezes nos pareçam dever ser matizadas, modificadas, ajustadas a novas situações e a dados inéditos. Estamos sem dúvida a caminho de nos afastarmos do estruturalismo: não podemos no entanto deixar de lhe reconhecer o mérito de ter ousado defender uma leitura dos fenómenos culturais de acordo com um imperativo de ordem coerente."

* * *

Já foquei o problema da passagem do determinista e do reversível ao aleatório e ao irreversível.

Diversas correntes de pensamento, várias áreas de experimentação, contribuem para esta alteração de concepções. A mecânica quântica e a cosmologia relativista são disso dois exemplos; mas é actualmente numa escala mais próxima da realidade quotidiana, aquela em que trabalham a Química e a Física macroscópicas das "baixas energias", que a mudança de concepções foi mais particularmente notória. (4)

Citemos dois exemplos que desafiaram a imaginação da comunidade científica: as células de Bénard e o relógio químico de Belousov-Zhabotinski.

(2) I. Prigogine e I. Stengers. *La nouvelle alliance*. Paris, Gallimard, 1979 (a ser publicado brevemente em Portugal pela D. Quixote); uma exposição mais completa pode ser encontrada em *Physique, Temps et Devenir*. Paris, Masson, 1982.

(3) Jean Starobinski. *Ordre et Désordre*, comunicação apresentada nos XXIX Encontros Internacionais de Genebra (19-24 de Setembro de 1983).

(4) Uma apresentação geral desta perspectiva pode encontrar-se em: G. Nicolis e I. Prigogine, *Self-Organization in Non-equilibrium Systems: from Dissipative Structures to Order through Fluctuations*, John Wiley, New York (1977).

No primeiro exemplo, uma camada horizontal de líquido é submetida a um fluxo de calor a partir da sua face inferior. Para além de um determinado valor crítico do gradiente vertical de temperatura, é possível observar correntes que se manifestam sob a forma de células de convecção de secção hexagonal. Assim, com o afastamento ao equilíbrio que aumenta com a diferença de temperatura entre as placas, o sistema pode auto-estruturar-se. A energia já não é apenas dissipada no caos térmico das moléculas, mas distribui-se, pelo menos em parte, no seu movimento coordenado. O fluxo de energia, e o estado de não-equilíbrio que dele resulta, conduzem a uma estruturação espontânea do sistema.

O relógio químico constitui um fenómeno muito mais espectacular. Consideremos um sistema cujo estado nós controlamos através da admissão e eliminação de componentes. Suponhamos que dois dos componentes são respectivamente formados por moléculas vermelhas e azuis. Deveríamos observar uma mistura bastante homogénea de vermelho e azul com uma eventual predominância local de vermelho ou azul devido às flutuações. Na realidade o que se observa em determinadas condições é que todo o sistema se torna vermelho, depois azul, e depois novamente vermelho: é isto um relógio químico.

Este comportamento macroscópico resulta de correlações de longo alcance entre moléculas, que resultam das condições de não-equilíbrio a que o sistema está submetido, e que permitem o estabelecimento de um ritmo coerente numa escala da ordem do centímetro e do segundo, escalas essas inacessíveis nas condições de equilíbrio.

As situações em que os constrangimentos de não-equilíbrio conduzem a fenómenos de organização conduzem geralmente a estados múltiplos. A ocorrência do estado observado é um problema probabilístico. A passagem de uma estrutura a outra produz-se de um modo repentino na vizinhança de um ponto de bifurcação. É uma situação análoga à dos fenómenos descontínuos que toda a gente conhece como as mudanças de fase do tipo liquefacção ou solidificação.

Os conceitos de bifurcação e de afastamento do equilíbrio penetram actualmente num grande número de domínios do conhecimento. Estes conceitos permitem-nos encarar problemas essenciais perante os quais a ciência clássica estava bloqueada. Vivemos de facto num universo curioso: de um certo ponto de vista ele parece flutuante, turbulento; de um outro ponto de vista parece tratar-se de um universo que terá seleccionado, uma vez por todas, uma via entre várias possíveis.

Um exemplo particularmente notável é-nos dado pelo estudo dos sistemas climáticos. Ao longo da história da Terra, e em particular depois do fim do terciário, o clima sofreu variações profundas e aleatórias que não podem ser explicadas apenas pelas variações do fluxo de energia solar recebido no topo da atmosfera terrestre. As trocas internas ao sistema terrestre implicam uma dinâmica complexa: este sistema pode conter uma multiplicidade de estados de regime estáveis, repartidos por diversas escalas de tempo e entre os quais existem possibilidades de transição. As flutuações internas e externas, associadas à dinâmica interna deste sistema, enriquecem a sua evolução na medida em que lhe permitem explorar e escolher esses estados. Uma análise qualitativa simples da dinâmica climática evidenciou um fenómeno extremamente surpreendente:

variações insignificantes (da ordem de 0,1%) do fluxo de energia solar podem ser amplificadas levando o clima a oscilar de uma solução estável para outra. ⁽⁵⁾

O que é ainda mais curioso é que os dados sugerem que esta modificação se pode realizar em escalas de tempo curtas.

Estamos pois perante um universo instável, turbulento ao passo que o senso comum sugeriria pelo contrário uma situação que, uma vez estabelecida, apenas evoluiria em escalas de tempo enormes, correspondentes à evolução do Sol.

Mas conhecemos também a situação inversa. Pensemos a título de exemplo na distribuição das partículas e das anti-partículas.

As equações da mecânica quântica são simétricas em partículas e anti-partículas; seria pois de esperar um universo altamente flutuante no que diz respeito à composição em partículas e em anti-partículas. A Química fala-nos também de moléculas simétricas uma das outras, em que as versões "esquerda" e "direita" apresentam poucas propriedades diferentes de um ponto de vista físico-químico. Ora estas moléculas foram objecto de uma selecção muito estável na matéria viva; Pasteur ficou surpreendido com o facto de a matéria viva apresentar compostos de uma pureza quiral perfeita em vez de apresentar uma mistura racémica das duas versões.

Tal como no problema das partículas e das anti-partículas, é a ausência de flutuações que é neste caso surpreendente. Perante a amplitude do fenómeno parece insuficiente invocar como explicação um acontecimento único. O não-equilíbrio não conduz apenas a correlações de longo alcance; ele induz também uma forte sensibilidade aos pequenos efeitos. Nas células de Bénard vimos como um sistema hidrodinâmico se torna sensível ao campo gravítico. Do mesmo modo, o ritmo de certos relógios químicos pode variar em função de pequenas alterações da energia luminosa.

Tudo leva a crer que estes fenómenos de sensibilidade de não-equilíbrio desempenharam, nos fenómenos vivos, um papel fundamental. ⁽⁶⁾ O ser vivo não vive apenas de Química; ele incorpora em si resultados construídos em função do campo gravítico, dos campos electromagnéticos, dos diversos ritmos temporais, etc.

Trabalhos recentes falam de mecanismos capazes de seleccionar preferencialmente as versões direita e esquerda de uma molécula, capazes de ser sensíveis a uma diferença da ordem de 10^{-15} kT na energia de activação.

Esta particularidade foi recentemente evidenciada no estudo de modelos numéricos; se for confirmada, ela poderá encontrar aplicações em diversos domínios das ciências dos seres vivos e da informação.

Os desenvolvimentos que tenho vindo a evocar conduzem sistematicamente a novos pontos de vista. Um aspecto interessante é o da resposta imunitária do organismo ao cancro. É evidente que um aspecto fundamental deste problema é o da deterioração genética que conduz à formação de moléculas cancerosas. Mas existe um segundo problema: qual será a resposta imu-

⁽⁵⁾ G. Nicolis, «Aspects of Climatic Transition. Response to a Periodic Forcing», *Tellus* **34**, 1-9 (1982).

⁽⁶⁾ D. Kondepudi, G. W. Nelson, «Chiral Symmetry Breaking in Nonequilibrium Chemical Systems: Time Scales for Chiral Selection», *Phys. Rev. Lett.*, a publicar.

nitária do organismo? O estudo da dinâmica imunitária mostra a possibilidade de existência de estados múltiplos, possibilidade esta que assume aqui um significado particularmente importante: o organismo pode desenvolver diferentes estados radicalmente distintos: micro-cancros, que podem permanecer inofensivos, ou macro-cancros virulentos.

O problema do cancro não se coloca pois apenas em termos moleculares. Implica outras perspectivas de que só hoje começamos a ter consciência.

* * *

A situação em que se encontra actualmente a ciência resulta em última análise da herança do século XIX. Sabemos que este século foi o da evolução: de Hegel a Darwin e Marx, numerosos discursos procuram reconstruir o percurso das figuras do Espírito, a génese das espécies vivas ou a história das formações sociais. Este florescimento acentuaria de facto o fosso existente entre as ciências naturais e humanas por um lado, e as ciências físicas por outro, sendo estas últimas as herdeiras da grande tradição newtoniana, estranha a qualquer ideia de história. O tempo-ilusão era ainda um tema caro a Einstein que situava os fundamentos da ciência na perspectiva da Eternidade. Não é fácil reconciliar estas duas perspectivas. O problema que nós herdámos do século XIX pode formular-se da seguinte maneira: existirá um paradigma evolutivo comum simultaneamente aplicável aos fenómenos relativamente simples que observamos em física e em química e aos fenómenos complexos que constituem a regra no domínio dos seres vivos e do social? Encontramos mais uma vez o par ordem/desordem evidenciado por Starobinski. Poderemos nós reconhecer mérito aos fenómenos nos quais a ordem se transforma em desordem, como pretendia Boltzmann, e àqueles em que a desordem se transforma em ordem, como parece indicar a evolução das espécies? Por outras palavras, será possível construir um paradigma único, que englobe simultaneamente a morte e o nascimento das estruturas?

Podemos actualmente começar a dar uma resposta afirmativa a esta interrogação. Resta saber até onde se poderá fazer esta unificação: a teoria do não-equilíbrio está ainda em plena evolução e nesta fase é legítimo ter grandes esperanças. Mas é necessário dizer também que esta questão ultrapassa o contexto interno das ciências e defronta-se com o problema do destino do homem: estará a história enraizada no real? Reconhecemos aqui a interrogação filosófica de Orwell no seu romance *1984*.

Se é ao poder da sociedade que compete reescrever o passado, o tempo não passa de uma ilusão — o que coincide curiosamente com uma tese de Einstein — e a história que os homens procuram escrever e reescrever reduz-se a uma série de flutuações desprovidas de significado. Lembremo-nos do *Motto* de um controlo total sobre a história, cujas implicações foram desenvolvidas no ano de 1984: «*Who controls the past controls the future: who controls the present controls the past*».

O pesadelo do tempo roubado ao homem dissipa-se actualmente. O tempo não é uma ilusão como pensava Einstein. (7) Ele está bem enraizado na natureza. Não é a história que é «anti-natural»: muito pelo contrário é a paragem da história que só poderia ser imposta pela força. Mas este ponto de vista sobre o papel fundamental da irreversibilidade coloca novas questões.

Aqui está sem dúvida alguma um problema particularmente difícil que nos coloca à primeira vista perante um paradoxo: as leis fundamentais da física clássica, como as leis de Newton e as da relatividade geral, parecem reversíveis. E no entanto a irreversibilidade é, como acabámos de ver, uma propriedade fundamental. Não podemos abordar aqui este problema pois isso exigiria desenvolvimentos demasiado longos. Digamos resumidamente que ele nos convida a formular um novo conceito de tempo: já não um parâmetro externo destinado a medir deslocamentos, mas uma variável interna, dependente de transformações qualitativas dos sistemas. Este tempo, que exprime a existência de um universo evolutivo, já não tem nada a ver com o tempo newtoniano no qual a história é reduzida a uma simples tautologia.

A partir de agora a ciência é mais complexa, menos abstractamente transparente nas suas linguagens e nos seus ideais. Simultaneamente ela torna-se mais sensível a domínios que ela considerava estarem para além das suas fronteiras. A relação do homem com a natureza fica assim alterada nas suas modalidades mais elementares: com efeito, só nesta perspectiva que incorpora o instável e o irreversível é que a aprendizagem e o acto de medida do físico assumem o seu pleno significado. Que significado teria um acto de medida num mundo em que o amanhã estivesse determinado a partir de hoje? Nestas condições a aprendizagem reduzir-se-ia à leitura de um texto já escrito. Muito mais apaixonante é a aventura científica actual em que, nos domínios mais essenciais, os resultados da experiência não podem ser deduzidos de uma teoria determinista e em que a experiência constitui uma escolha entre diferentes possibilidades.

E até nas relações entre o homem e o homem se encontrarão mais cedo ou mais tarde os efeitos desta renovação das formas do saber. A ética não será mais o resultado de uma escolha puramente «decisionista», destinada a instaurar uma ruptura no seio de um mundo surdo aos nossos valores, de acordo com a fórmula de algumas filosofias pós-kantianas brilhantemente sintetizadas por Monod no seu ensaio *O Acaso e a Necessidade*. O tempo já não é esse parâmetro inerte que tanto registaria o percurso dos sistemas reversíveis como as tensões do dever ser humano. Sabemos hoje, e retomando as palavras de Valéry, (8) que a duração é «construção, reconstrução». Cabe a todos trabalhar nela.

(7) I. Prigogine, «Between Time and eternity: Nehru and Einstein», Jawaharlal Nehru Lecture, 1983.

(8) Permito-me remeter para um pequeno estudo «L'actualité de la conception du Temps chez Valéry», apresentado num colóquio realizado em Montpellier em 1982 organizado por Judith Robinson-Valéry, e cujas actas foram publicadas posteriormente na colectânea *Fonctions de l'Esprit*, Hermann, Paris, 1983.

O afastamento ao equilíbrio na origem de comportamentos complexos da matéria *

Grégoire Nicolis ^a

Introdução

Dizer que os seres vivos são sistemas complexos possuidores de uma ordem e de uma coerência muito grandes é uma afirmação que em pouco ultrapassa a redundância. Em todos os níveis de organização biológica, da mais ínfima bactéria ao ser humano, encontram-se sempre fenómenos de regulação e formas espaciais de grande diversidade, bem como ritmos temporais cujo período vai do segundo ao ano. Por outro lado os sistemas vivos possuem a capacidade de evoluir, de armazenar experiência e de a transmitir aos seus descendentes. É sem dúvida esta dimensão histórica — e através dela a inserção do tempo na matéria — que constitui a especificidade tão própria da vida quando comparada com outros fenómenos naturais.

Aceitando tal especificidade como parte integrante do nosso património, é contudo natural perguntar se o abismo existente entre as diferentes manifestações da vida e os fenómenos físico-químicos é realmente intransponível, por outras palavras, se a complexidade está limitada à biologia. O desenvolvimento verificado na Física e na Química nos últimos anos permite abordar de uma forma nova esta problema.

A perspectiva geral na qual esta abordagem se insere foi já definida na introdução de I. Prigogine. Hoje em dia constata-se que o abismo entre “desordem” e “ordem” e entre “simples” e “complexo” é muito mais pequeno do que se julgava. Assim, e retomando exemplos já apresentados na referida introdução, sistemas tão vulgares como um fluido aquecido ou uma mistura de compostos químicos podem, em certas condições, produzir fenómenos de auto-organização à escala macroscópica (a nossa escala) sob a forma de estruturas espaciais ou de ritmos temporais. A descoberta de tais fenómenos, que anteriormente se atribuíam exclusivamente à vida, sugere assim que a complexidade se encontra profundamente enraizada nas leis da natureza.

É objectivo destas breves notas dar uma visão de conjunto deste domínio das Ciências Físicas que se poderia designar por “Dinâmica dos Sistemas Complexos”. Após a apresentação de alguns conceitos de base serão referidos exemplos particularmente representativos que ilustram o aparecimento de comportamentos complexos no seio dos sistemas físico-químicos.

Instabilidade e bifurcações nos sistemas longe do equilíbrio

Todos nós temos uma ideia intuitiva de estabilidade graças à observação dos fenómenos mecânicos elementares: uma bola colocada no fundo de uma cova

está em equilíbrio mecânico *estável*, dado que qualquer pequeno deslocamento gera outro em sentido contrário, por forma a levar a bola de retorno à posição inicial. A mesma bola, quando colocada no alto de uma elevação, afastar-se-á da sua posição inicial a uma velocidade crescente em consequência do mais pequeno deslocamento: a posição de equilíbrio em que se encontra inicialmente é pois *instável*.

Consideremos agora uma situação menos elementar; um sistema de dimensões macroscópicas, contendo um número de moléculas da ordem do número de Avogadro ($\sim 10^{23}$), encontra-se imerso num meio cuja temperatura T_0 , pressão P_0 e composição química, expressa nas concentrações das espécies químicas C_0 , são passíveis de contrôlo.

Se os valores T_0 , P_0 e C_0 , respectivamente temperatura, pressão e composição do sistema, são iguais a T_0 , P_0 e C_0 , o sistema identifica-se de alguma maneira com o seu meio envolvente. Diremos então que se encontra no estado de *equilíbrio termodinâmico*. Qual a estabilidade deste estado? Tal como no caso da bola, perturbemo-lo ligeiramente provocando, por exemplo, um pequeno aumento local de temperatura na fronteira entre o sistema e o exterior. Verificaremos que a temperatura tenderá para a uniformização: a perturbação atenua-se com o tempo e acaba por desaparecer, sem que o sistema guarde dela qualquer traço. Diz-se que o estado de equilíbrio termodinâmico é *assintoticamente estável*.

Este tipo de estabilidade é na realidade mais extremo do que a estabilidade dos estados de equilíbrio mecânico atrás referida. Com efeito, num sistema conservativo regido pelas leis da mecânica, o regresso ao estado de equilíbrio estável faz-se por um movimento oscilatório em torno desse estado que o móvel executa indefinidamente. Pelo contrário, no estado de equilíbrio termodinâmico o sistema atinge num tempo finito um regime único, independente do tempo. A estabilidade do equilíbrio termodinâmico traduz pois, de forma particularmente notável, o carácter irreversível de uma grande variedade de fenómenos existentes na Natureza.

Esta universalidade evolutiva desaparece desde que o sistema esteja longe de equilíbrio. Verifica-se nesse caso que as duas propriedades características do estado de equilíbrio, unicidade e estabilidade, podem não existir. A razão desta alteração profunda é que o desvio

* Publicado com a autorização do autor. Traduzido de *Nouvelles de la Science et des Technologies*, vol. 2 (Março 1984) por Mário N. Berberan e Santos.

^a Service de Chimie Physique II Campus Plaine — Université Libre de Bruxelles
Bouvélard du Triomphe
1050 BRUXELLES

em relação ao equilíbrio permite ao sistema manifestar toda a complexidade da sua cinética.

Nessas condições pode dar-se um novo fenómeno, conhecido na teoria dos sistemas dinâmicos pelo nome de *bifurcação*. Caracterizemos o estado do sistema pelo parâmetro λ . Teremos então um diagrama como o da figura 1. Suponhamos que para $\lambda=0$ o sistema está em equilíbrio. O contínuo de estados que nasce desse ponto mantém a unicidade e a estabilidade (caracterís-

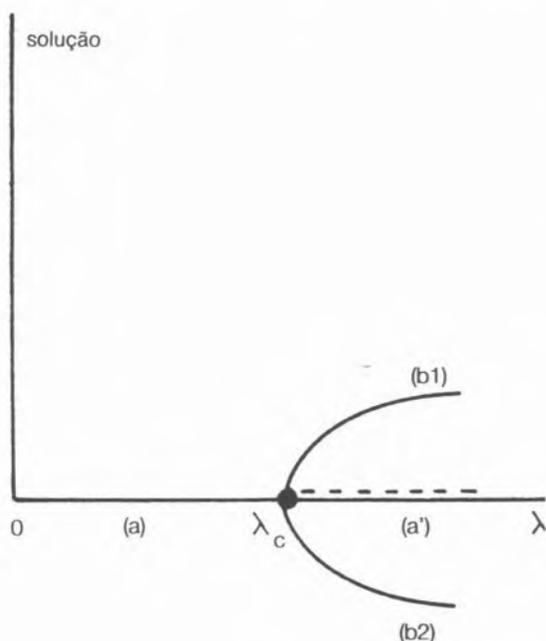


Figura 1
Representação gráfica do fenómeno de bifurcação

ticas do equilíbrio) para um intervalo mais ou menos largo de valores de λ_c para além do qual os estados correspondentes à extrapolação da linha anterior são incapazes de amortecer as perturbações. O sistema evolui então para novos estados, distintos dos anteriores para $\lambda \neq \lambda_c$ mas que se confundem com estes para $\lambda = \lambda_c$. Diremos que λ_c é um *ponto de bifurcação*. Pode mostrar-se que se trata de um fenómeno típico, na medida em que se dá em inúmeras classes de sistemas físico-químicos. Para além disso, são assim introduzidas verdadeiras quebras na evolução do sistema. Do ponto de vista matemático estas traduzem-se pela dependência única das soluções com o desvio ao ponto de bifurcação, $\lambda \neq \lambda_c$. Do ponto de vista físico a situação é ainda mais marcante. Com efeito a bifurcação é um momento de tomadas de decisões, pois em λ_c o sistema vê-se confrontado com escolhas múltiplas. Torna-se assim muito sensível a efeitos aleatórios, que por meio das flutuações estatísticas acabam por decidi-lo por um dos estados acessíveis. Uma vez entrado num dos ramos que parte da bifurcação, o sistema terá um percurso largamente determinado pela escolha no ponto crítico. De certa forma, ele constitui-se daí em diante em *objecto histórico*, pois trará para sempre em si a marca dos acontecimentos passados prevaletentes em cada um dos pontos de bifurcação sucessivamente encontrados. Em suma, para além dos elementos determinísticos, conceitos tais como o acaso e a história desempenham um papel primordial na evolução.

Instabilidades químicas

Um domínio onde se encontram fenómenos de bifurcação especialmente notáveis é o da Cinética Química. Um caso experimental muito conhecido é a reacção de Belousov-Zhabotinski, que está no entanto longe de ser caso único.

Muitas famílias de reacções isotérmicas em fase homogénea apresentam comportamento análogo. O mesmo se passa com reacções de superfície e com reacções exotérmicas de grande importância industrial (catalise heterogénea, combustão) e também com reacções electroquímicas e fotoquímicas. Característica comum a todos estes processos é a existência de *passos cooperativos*, nos quais a velocidade de variação da concentração de uma substância já presente é condicionada pelo nível de concentração atingido por essa substância ou por outras a ela acopladas. Fala-se então de *retroacção*. Resumamos alguns comportamentos característicos que surgem depois da bifurcação.

O exemplo da figura 2 é o mais familiar. Descreve um *sistema de atracção periódica*, verdadeiro *relógio químico*. A evolução é representada de duas maneiras: variação da concentração com o tempo e trajectória no espaço das fases (o espaço das variáveis do sistema).

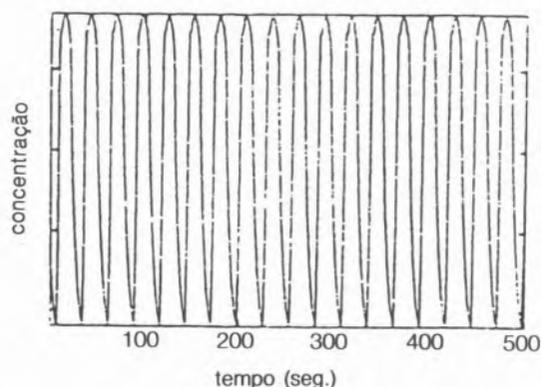


Figura 2a

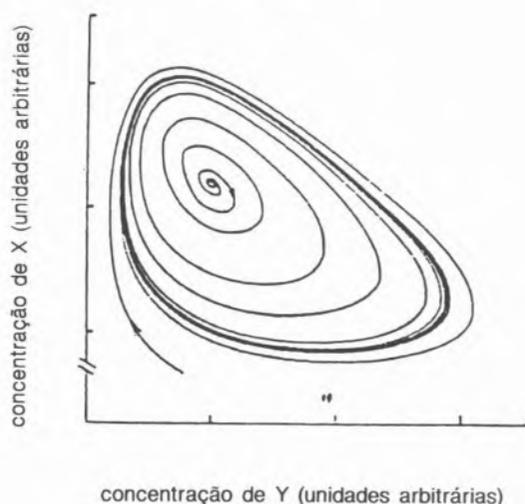


Figura 2b

Figura 2
DUAS MANIFESTAÇÕES DE UM RELÓGIO QUÍMICO.
(a): As concentrações dos produtos químicos variam ao longo do tempo de forma reprodutível, com uma amplitude e um período característicos de sistema;
(b): as trajectórias no espaço das fases convergem para uma curva fechada, o ciclo limite.

Ao cabo de um tempo longo o sistema atinge uma órbita fechada, reproduzindo de forma perfeitamente coerente uma única sucessão de estados. A amplitude e o período associados a este comportamento são determinados pelos parâmetros intrínsecos ao sistema (constantes cinéticas, etc.), independentemente das condições iniciais. Eis aqui uma diferença importante relativamente aos fenómenos periódicos mais familiares observados nos sistemas conservativos como o pêndulo, em que a órbita periódica depende das condições iniciais.

Pode assim afirmar-se constituírem os sistemas de atracção periódica o modelo natural de numerosos fenómenos rítmicos da Física, Química e Biologia.

De um ponto de vista fundamental, a aparição e persistência de um comportamento oscilante, auto-sustentado à escala macroscópica, implica que diferentes partes do sistema, estando a distâncias macroscópicas umas das outras, ajam de forma concertada. Por outras palavras, surgem no seio do sistema *correlações de longo alcance*, induzidas pelo afastamento ao equilíbrio, e que mantêm o sistema num estado organizado. Contudo, um sistema químico no qual os mecanismos reaccionais são capazes de produzir oscilações não gera necessariamente correlações de longo alcance. Para que tal suceda é necessário que a sincronização entre as diferentes partes do sistema, assegurada por fenómenos de transferência tais como a difusão, seja suficientemente eficaz. Pode mostrar-se que esta exigência só é satisfeita quando a dimensionalidade do espaço é relativamente elevada. Pode pois suceder, em certos casos, a inexistência de uma ordem global em todo o sistema. É precisamente o que se passa em sistemas quase bidimensionais como uma camada cuja espessura seja muito inferior às dimensões laterais. A figura 3 representa o comportamento típico de uma tal camada, na qual se dá a reacção de Belousov-Zhabotinski.

A impotência do sistema em manter uma oscilação global — manifestação de ordem e coerência perfeitas — traduz-se na aparição de centros de oxidação a partir de cada um dos quais se propagam trens de ondas de alcance limitado. Julga-se que o número de tais centros, bem como as características das ondas são tão determinados pelos parâmetros do sistema como pelas flutuações. Em particular as ondas de simetria cilíndrica nascem espontaneamente, enquanto que a formação de espirais está associada a fenómenos de nucleação.

Mais uma vez determinismo e acaso cooperam, para dar desta feita origem a formas espaciais num sistema inicialmente não estruturado. Designamos este fenómeno por *quebra de simetria*. A sua importância está longe de se limitar ao fenómeno químico apresentado. Numerosos fenómenos de natureza biológica, tais como a morfogénese aquando do desenvolvimento embrionário têm com efeito mecanismos muito semelhantes.

O fenómeno de bifurcação parece pois estar na origem de comportamentos complexos. Contudo, não é acontecimento singular. Constitui sim o princípio de toda uma sequência de transições capazes de conduzir a uma grande multiplicidade de soluções, mas também a um comportamento menos previsível resultando numa evolução errática conhecida pelo nome de *caos*. Numa dinâmica caótica situações inicialmente muito próximas, contrariamente ao relógio químico da figura 2, conduzem a evoluções divergentes.

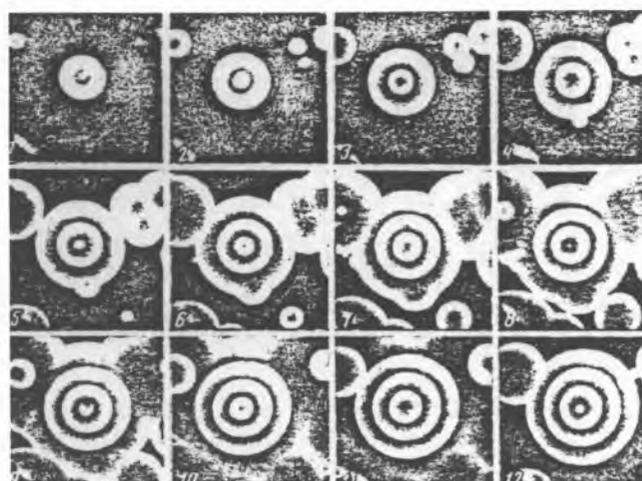
Um aspecto fascinante da evolução para o caos é a sua generalidade. Sistemas tão diversos como um

fluido em escoamento, uma cavidade ressonante ou uma liga em solidificação brusca apresentam, sob certas condições, comportamentos análogos.

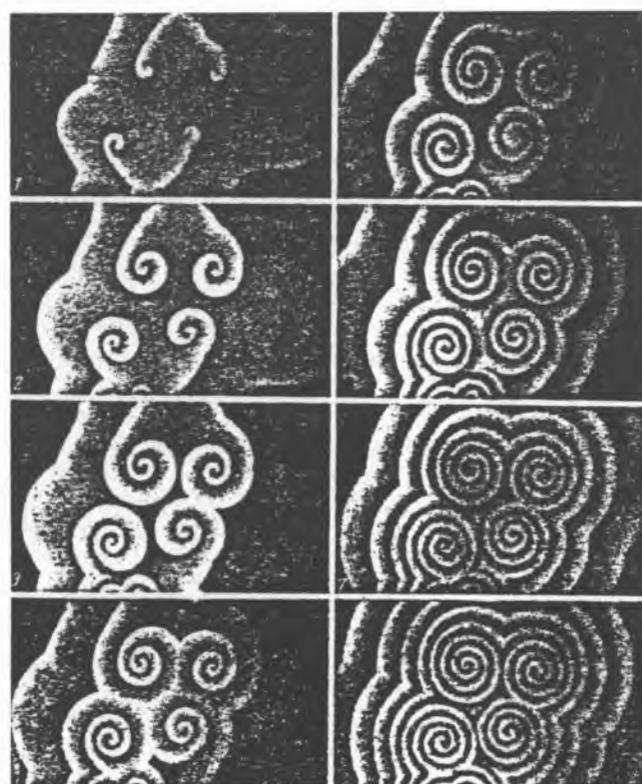
No caso dos fluidos tais comportamentos eram já conhecidos no século passado, após a descoberta da turbulência, mas a sua origem permanecia mal conhecida. Pensa-se actualmente não constituir aquela senão uma manifestação da tendência que os sistemas têm, sob certas condições, de evoluir de forma estocástica. Mais uma vez o aleatório intervém em força, e isto em domínios até há pouco considerados como determinísticos.

Conclusões

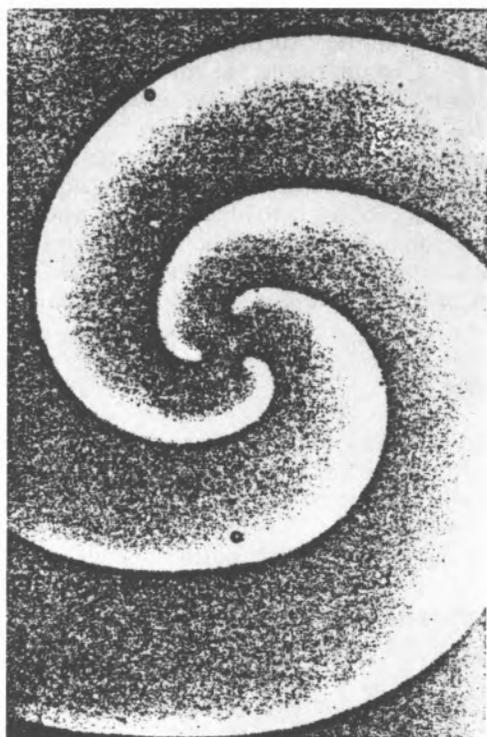
Uma das consequências mais notáveis da existência de bifurcações em sistemas longe do equilíbrio é o aparecimento de comportamentos radicalmente diferentes mas apresentados pelo mesmo sistema e integrados numa descrição única. Por outras palavras, apercebe-



(a)



(b)



(c)

Figura 3

Ondas de propagação numa camada horizontal de solução de Belousov-Zhabotinski

- (a) ondas concêntricas;
- (b) espirais simples;
- (c) espirais com diversos braços.

mo-nos de uma diversidade e de uma especificidade excepcionais dos estados de não-equilíbrio e, simultaneamente, de uma unidade profunda nos conceitos de base que intervêm na sua descrição. Podemos pois afirmar que os fenómenos de não-equilíbrio nos sistemas regidos por interacções não-cooperativas constituem o enquadramento natural para a compreensão dos comportamentos complexos da matéria.

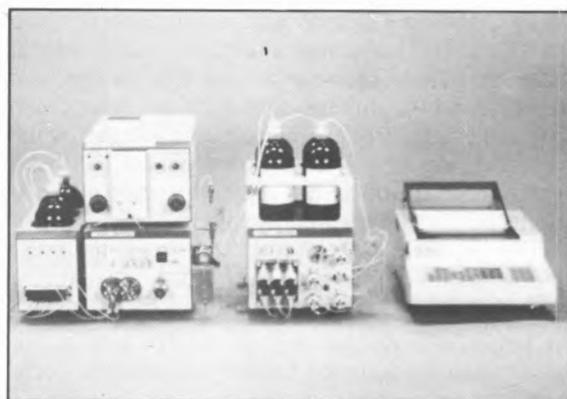
No artigo introdutório I. Prigogine insistiu no novo diálogo que o Homem mantém com a Natureza por meio de Ciência. É interessante constatar que um tal diálogo vai até à renovação de ramos da ciência que pareciam ter atingido um estado de maturidade definitiva, tais como a Mecânica Clássica e a Cinética Química.

A Cinética Química foi desde sempre uma ciência dos fenómenos irreversíveis, uma vez que as reacções químicas aproximam o sistema do seu estado de equilíbrio, mas era uma ciência determinística. O que constitui novidade do ponto de vista conceptual é o reconhecimento da importância dos factores aleatórios. Aqui como noutros campos, estamos apenas no início de uma mudança radical. Nos últimos anos o número de reacções oscilantes conhecidas tem aumentado de forma exponencial. Devemos ainda esperar novos progressos, à medida que esta nova abordagem fôr penetrando noutros domínios do conhecimento.

MERCK

Aparelhos HPLC

O sistema modular com todas as possibilidades



Aparelho base:

- sistema isocrático
- sistema de gradientes com mistura a baixa pressão
- sistema de gradientes com mistura a alta pressão

Detectores:

- Detector UV com comprimento de onda variável
- Detector de fluorescência com 2 monocromadores
- Detector de reacção

Integrador:

- Processador de dados com Printer Plotter
- Reintegração rápida
- Apresentação do cromatograma com linha base etc.

É favor pedir folhetos

Merck Portuguesa, Limitada
Rua Miguel Lupi, 12 — 1200 Lisboa
Tel. 67 70 24 — Telex 16112 MPLLI5 P

Divisão Químicos

Representantes de:
E. MERCK, Darmstadt/R.F.A.
Dynamit Nobel AG, Troisdorf, R.F.A.
Eppendorf Gerätebau Netheler + Hinz GmbH, Hamburg R.F.A.

Correlações de longo alcance e estruturas de não-equilíbrio *

Christian Van den Broeck ^a

Nos dois textos precedentes foi já sublinhada a importância do não-equilíbrio como origem de comportamentos novos da matéria. Um dos aspectos mais fascinantes que é posto em evidência nas experiências com relógios químicos já referidos é o aparecimento da comunicação a grande distância.

É este o fenómeno que nos propomos estudar, colocando-nos para tanto numa perspectiva ligeiramente diferente, e de certa forma complementar, da de G. Nicolis: adoptamos aqui um ponto de vista mais molecular, que nos dará uma descrição, esperamos mais concreta, destes fenómenos novos de coerência e de comunicação a longa distância que parecem tão extraordinários na perspectiva da física clássica do equilíbrio. Sabemos hoje que esta propriedade existe numa larga gama de situações tais como o laser, os relógios químicos, o crescimento de cristais, etc. Pode parecer paradoxal que a moléculas não interagindo entre elas senão a distâncias de alguns diâmetros moleculares possam não obstante comunicar a distâncias macroscópicas.

Nestas poucas páginas, esforçar-nos-emos por descrever, de forma tão intuitiva quanto possível, os mecanismos que estão na base da coerência nos sistemas de não-equilíbrio. Uma pergunta que nos ocorre desde já é a seguinte: qual será o mecanismo que permite aos sistemas aceder a estados correspondentes à auto-organização da matéria? Como iremos explicar, trata-se, curiosamente, de um fenómeno que conhecemos sobretudo pelo seu lado desagradável: o ruído. Por tal entendemos não apenas o ruído de fundo da nossa cadeia de alta-fidelidade mas também um fenómeno universal, presente em qualquer sistema físico-químico contendo um número elevado de moléculas. Com efeito, as moléculas nunca estão completamente paradas, pois estão sujeitas à acção da agitação térmica. Este ruído molecular é geralmente muito pequeno e é apenas graças à amplificação da aparelhagem de alta-fidelidade que ele se torna audível. Porquê, então, atribuir tanta importância a este fenómeno?

Sendo o ruído por definição um fenómeno errático, ele perturba constantemente o estado de referência do sistema. Quando este último é um estado estável, o ruído, as "flutuações", são amortecidos e o estado inicial é restabelecido. Contudo, um sistema não-linear pode perder a sua estabilidade para certos valores críticos dos estrangimentos de não-equilíbrio. Nestes casos, certas flutuações podem alastrar a todo o sistema e alterar profundamente as suas propriedades macroscópicas. Podemos ilustrar este fenómeno recorrendo a uma experiência da nossa vida quotidiana: a circulação automóvel numa auto-estrada, um bom exemplo de um sistema não-linear e de não-equilíbrio. A teoria permite prever de forma quantitativa estas "mudanças de fase"

do regime individual para o regime colectivo, que se dão assim que cada condutor se integra numa corrente à qual se ajusta mas para cuja coerência contribui simultaneamente. A principal manifestação do não-equilíbrio é aqui a existência de um fluxo, o fluxo dos automóveis (nos sistemas físico-químicos teremos fluxos de matéria ou de energia). Quanto à não-linearidade, ela resulta das interacções entre os automobilistas, o análogo das forças intermoleculares ou das reacções auto-catalíticas nos sistemas físico-químicos.

Para um pequeno estrangimento de não-equilíbrio, isto é, para uma pequena densidade de tráfego, o estado do sistema é estável: as flutuações, que correspondem às travagens e arranques mais ou menos arbitrários de cada condutor, não vão afectar as propriedades "macroscópicas" do sistema, tais como a velocidade média de escoamento ou a densidade automóvel média. Mas tudo se passa de outro modo nas horas de ponta! Desde que se ultrapasse um certo fluxo crítico, o sistema perde a estabilidade. Uma flutuação, por exemplo na forma de uma travagem de um condutor, propagar-se-á a grandes distâncias, originando um abrandamento geral de velocidade (um engarrafamento) na auto-estrada e um grande aumento na densidade viária. É evidente que esta mudança não poderia ocorrer no caso de os nossos condutores serem "entidades perfeitas", deslocando-se todos a uma velocidade rigorosamente constante. As flutuações têm pois aqui um papel capital.

Examinemos agora em maior detalhe o papel das flutuações na descrição das transições de não-equilíbrio. Uma tal descrição recorre à teoria dos processos estocásticos, que se poderia de forma mais sugestiva designar por "Estatística de Evolução". A aplicação desta teoria às transições observadas nos sistemas físico-químicos de não equilíbrio (v. o artigo de G. Nicolis) permitiu clarificar a sua origem e calcular as propriedades do sistema na sua vizinhança (amplitude das flutuações, distância de correlação).

O papel inovador do ruído nas estruturas de não-equilíbrio parece estar em contradição com uma experiência da vida quotidiana: é necessário descer a temperatura, isto é, diminuir o ruído, para passar de um líquido, fase relativamente desorganizada, a um sólido, caracterizado por uma estrutura cristalina altamente organizada. Neste ponto é importante distinguir estas transições, ditas de equilíbrio, das transições de não-e-

* Publicado com a autorização do autor. Traduzido de *Nouvelles de la Science et des Technologies*, vol. 2 (Março de 1984) por Mário N. Berberan e Santos.

^a Aangesteld Navorsers NFWO
Statistische Natuurkunde-Faculteit Van de Wetenschappen
Vrije Universiteit Brussel
1050 Bruxelles

quilíbrio que aqui nos preocupam. As estruturas de equilíbrio são estruturas "congeladas" e "inertes" resultantes da competição entre as interações moleculares, favorecendo a organização das moléculas, e a agitação térmica de efeito oposto. Pelo contrário uma transição de não-equilíbrio não é provocada por uma diminuição de temperatura (ou aumento de densidade) mas por um aumento de um constrangimento de não-equilíbrio. Não são as interações, mas sim o desvio ao equilíbrio a origem da ordem! E assim, como acabamos de mostrar, a agitação térmica, elemento de desordem nos sistemas de equilíbrio, torna-se a causa das estruturas de não-equilíbrio!

Para uma melhor compreensão da natureza desta diferença e afim de determinar as condições nas quais podem surgir estruturas de não-equilíbrio faremos de seguida uso de alguns raciocínios intuitivos. Vejamos em primeiro lugar o caso de um sistema em equilíbrio. Nas figuras 1-3 esquematizámos três distribuições de partículas, sendo a primeira ordenada, a segunda completamente aleatória e a terceira caracterizada por aglomerados moleculares. No equilíbrio a primeira configuração pode ser explicada pela presença de formas repulsivas que tendem a distanciar entre si as moléculas (Figura 1), a terceira configuração pela existência de forças atractivas, favorecendo a formação de agregados (Figura 3), e a segunda pela ausência de interações, tendo por consequência uma distribuição térmica aleatória (Figura 2). Já para um sistema de não-equilí-

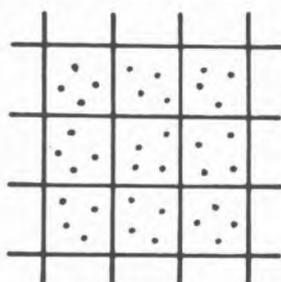


Figura 1

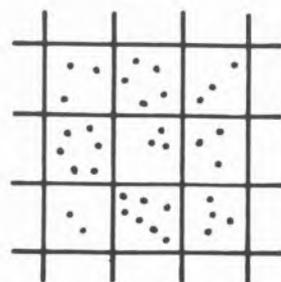


Figura 2

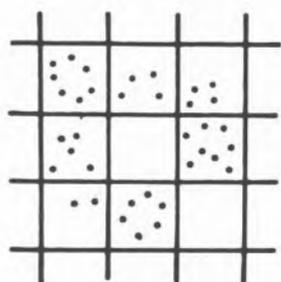


Figura 3

brio a justificação das mesmas configurações pode ser totalmente diferente. Consideremos, por exemplo, um sistema químico. Uma reacção química do tipo $A \rightarrow X$ produzirá uma molécula X num certo ponto do sistema. Ao fim de um intervalo de tempo, uma molécula X será destruída pela reacção inversa $X \rightarrow A$. Estas reacções químicas são ditas lineares, pois nelas participa uma única partícula X . Para um tal sistema químico, obtemos uma distribuição aleatória das moléculas X (Figura 2). Um exemplo de uma reacção não-linear é $A + B \rightarrow X + X$ (por exemplo $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$). Neste caso são criadas simultaneamente duas partículas de X num certo ponto do sistema. A diferença importante em relação à reacção linear é pois a produção de pares de partículas. Por esta razão, uma reacção química deste tipo produzirá uma distribuição de partículas em aglomerados (Figura 3). Isto é um efeito da não-linearidade. Onde intervém então o não-equilíbrio? Num sistema em equilíbrio, cada reacção é completamente equilibrada pela reacção inversa. Ter-se-ão assim ao mesmo tempo as reacções $A + B \rightarrow X + X$ que produzem pares de partículas e as reacções $X + X \rightarrow A + B$ que os destroem. No estado de equilíbrio estes diferentes efeitos de não-linearidade compensam-se e o sistema comporta-se como linear.

Para instaurar e manter um estado de não-equilíbrio introduzimos um excesso de substâncias A e B , de forma que a reacção $A + B \rightarrow X + X$ é efectivamente substituída por $A + B \rightarrow X + X$, sendo a reacção inversa pouco provável. Deste modo obtemos uma distribuição de partículas semelhante à da figura 3, e isto na completa ausência de forças atractivas entre as partículas! Podemos pois concluir que a acção conjunta de não-linearidade e do não-equilíbrio pode ter um efeito semelhante ao das forças intermoleculares num sistema em equilíbrio.

O nosso modelo químico permite também compreender em maior detalhe o mecanismo de amplificação de uma flutuação. Consideramos um par de partículas X , criadas na reacção $A + B \rightarrow X + X$. Estas partículas encontram-se correlacionadas, pois são produzidas na mesma reacção. Em consequência da agitação térmica as partículas vão descrever, independentemente uma da outra, uma certa trajectória aleatória (Figura 4). Enquanto se mantiverem inalteradas, verificar-se-á a conservação no espaço da sua correlação inicial. Contudo esta correlação não se mantém indefinidamente pois uma das moléculas pode desaparecer por uma outra reacção, por exemplo $X \rightarrow C$. Isto define-nos um certo comprimento característico, dito distância de correlação (a distância percorrida por difusão antes que a partícula seja modificada por reacção química).

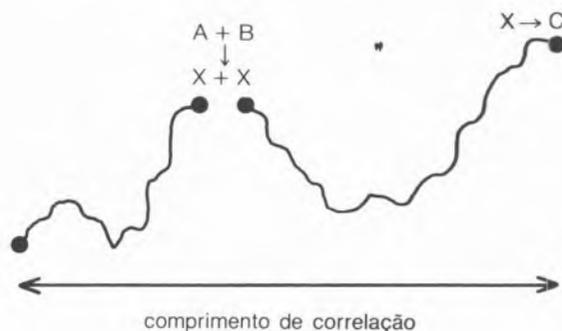


Figura 4

Nos pontos de instabilidade do sistema, estes mecanismos lineares de destruição da correlação ($X \rightarrow C$, etc.) desaparecem e podem surgir correlações de alcance infinito, como no caso da circulação automóvel em horas de ponta.

O mundo do não-equilíbrio surge-nos pois como profundamente diferente do de equilíbrio. Mas, na realidade, ele é-nos a todos muito familiar.

Pois não foi Darwin quem, em meados do séc. XIX, nos ensinou que a evolução e faz por meio de flutuações, isto é, através das mutações nos seres vivos? Hoje em dia, com o estudo das estruturas de não-equilíbrio, descobrimos um mecanismo físico universal de organização e de coerência: as correlações de longo alcance.

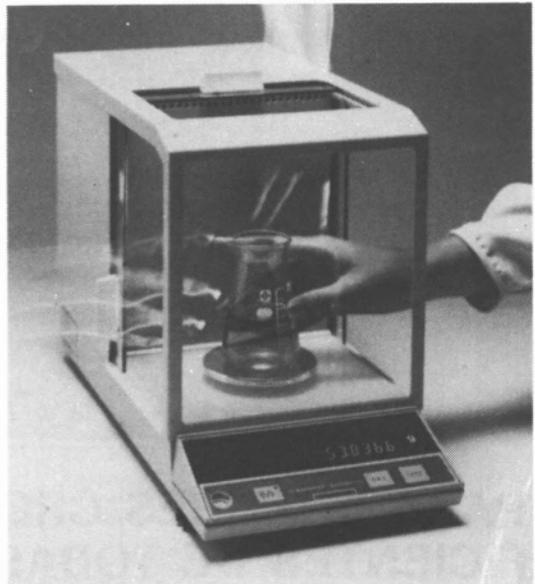
Para saber mais...

- (1) I. Prigogine, **Physique, Temps et Devenir**, Masson, Paris, 1980.
- (2) G. Nicolis, I. Prigogine, **Self - Organization in Non - Equilibrium Systems**, Wiley — Interscience (1977).
- (3) A. Pacault, P. Hanusse, P. de Keffer, C. Vidal, J. Boissonade, *Acc. Chem. Res.* **9**, 438 (1976).
- (4) R. Field, R. Noyes, *Acc. Chem. Res.*, **10**, 214, 273 (1977).

BALANÇAS ELECTRÓNICAS

Marca "ALSEP" / JAPAO

- * Analíticas
- * De precisão (escala dupla)
- * Compactas "pessoais"
- * De contagem
- * Para pesagem de animais (até 2.000 gr)
- * Impressoras / Tratamento de dados



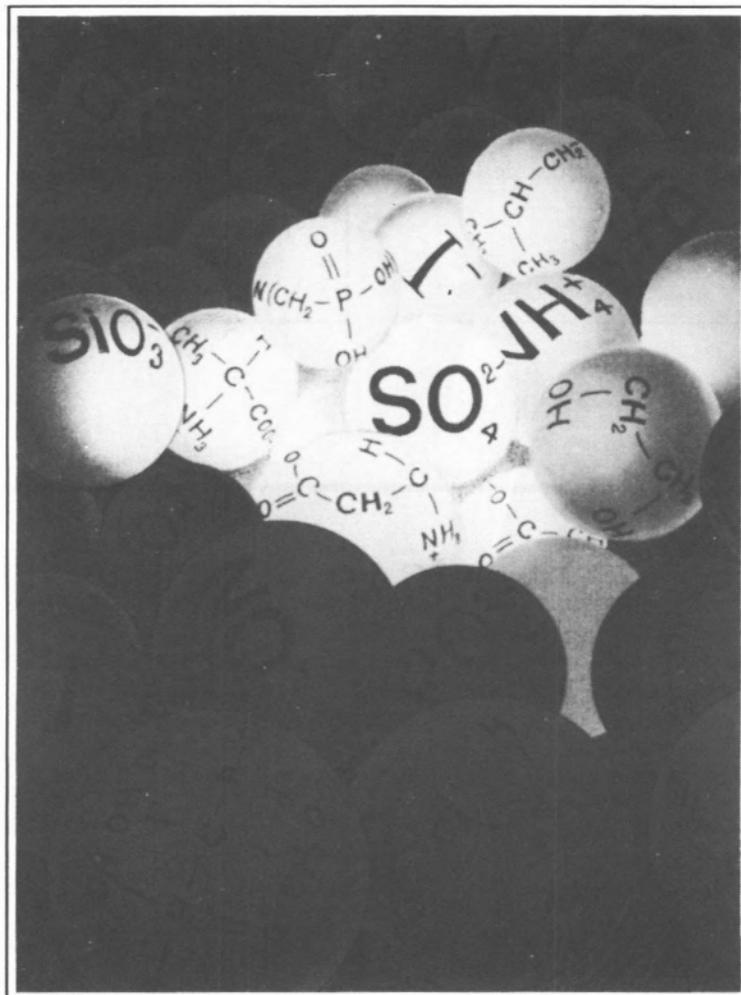
REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

VIARA COMERCIAL (MAQUINAS), LDA

Sede: Rua Delfim Ferreira, 509 - 4100 Porto
telex: 26602 telef.: 683763 / 671351 / 671352

Filial: Lisboa - telef.: 804551 / 804552

DIONEX ION CHROMATOGRAPHY



**PARA ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS ALTAMENTE
EFICIENTES DE TODAS AS CLASSES DE COMPOSTOS
POLARES E IÔNICOS**

**PEÇA A NOSSA
DOCUMENTAÇÃO**

DIONEX™

Distribuidor exclusivo em Portugal:



DIAS DE SOUSA LDA

Quinta da Piedade, Lote 12, 1.º D • 2625 PÓVOA STA. IRIA • Tel.: 2594615 • TELEX: 43926 DISO-P

Hidrometalurgia do Tungsténio*

R.A. Guedes de Carvalho^a

POSIÇÃO ACTUAL EM PORTUGAL

Embora com algumas alterações relativas pode afirmar-se que, praticamente desde 1977, 60% do valor total da indústria extractiva portuguesa provém de quatro substâncias: mármore, calcário, tungsténio e granito (1) (2).

Os valores da produção e exportação das 15 mais importantes substâncias provenientes da indústria extractiva encontram-se no Quadro I (2).

Quadro I

Valores (em milhões de contos) referentes a 1982 das produções e exportações das 15 mais importantes indústrias extractivas

Posição	Produção (valor)	Exportação (valor)
1 Mármore	(2,6)	Mármore em obra (1,4)
2 Calcário	(2,0)	Urânio (1,3)
3 Volfrâmio	(1,5)	Volfrâmio (1,1)
4 Águas minerais	(1,12)	Pedra Trab. calcet. (0,70)
5 Granito	(1,05)	Mármore em blocos (0,58)
6 Antracite	(0,64)	Mármore serrado (0,33)
7 Urânio	(0,62)	Granito (0,29)
8 Calcário p/ cimento	(0,55)	Ardósia em obra (0,21)
9 Pirites	(0,404)	Outras rochas em obra (0,078)
10 Estanho	(0,403)	Ardósia bloco e serrada (0,038)
11 Areia	(0,39)	Chumbo (0,021)
12 Águas de mesa	(0,33)	Feldspatos (0,016)
13 Ouro e prata	(0,27)	Cascalho e brita (0,009)
14 Granito ornamental	(0,23)	Cinzas pirite (0,007)
15 Argila bruta verm.	(0,216)	Manganês (0,007)

A importância da indústria extractiva do tungsténio em Portugal considerada no contexto europeu, pode observar-se no Quadro II (3).

Quadro II

Importância relativa da indústria extractiva portuguesa no contexto europeu

Substâncias	Número de ordem	%
W	1.º	34,0
Mármore	2.º	n.d.
Sn	3.º	8,0
U	3.º	3,5
Au	5.º	3,9
Cu	5.º	1,3
Sal	7.º	1,6
Caulino	7.º	1,0

A situação de Portugal entre os produtores mundiais encontra-se no Quadro III.

A posição de grande destaque do nosso país na indústria extractiva do tungsténio (primeiro produtor europeu com 34,0% e 10.º mundial com 3,05%) é de molde a suscitar grande interesse por esta indústria.

Quadro III

Produção mundial de concentrados de tungsténio em 1980 (4)

País	N.º de ordem	Produção em 1980 (milhares de kg de tungsténio)	%
China	1.º	14 949	29,36
URSS	2.º	8 698	17,09
Austrália	3.º	3 299	6,48
Canadá	4.º	3 175	6,24
USA	5.º	2 750	5,40
Bolívia	6.º	2 660	5,23
Coreia do Sul	7.º	2 603	5,11
Coreia do Norte	8.º	2 197	4,32
Tailândia	9.º	1 614	3,17
Portugal	10.º	1 555	3,05
Áustria	11.º	1 493	2,93
Brasil	12.º	1 390	2,73
Japão	13.º	667	1,31
França	14.º	576	1,13
Peru	15.º	548	1,07
Burma	16.º	475	0,93
Outros		2 265	4,45
TOTAL		50 914	100,00

Assim o entende a Direcção Geral de Geologia e Minas (DGGM) que, numa reunião recente (5), apontava as substâncias que, segundo aquela Direcção, parecem merecer acção prioritária — Quadro IV.

^a Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, 4099 Porto Codex.

* Palestra realizada no 7.º Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química (Bloco Investigação e Indústria), Julho de 1984.

Quadro IV

Substâncias e linhas prioritárias de actuação segundo a DGGM

1. Matérias-primas energéticas
2. Matérias-primas metálicas
 - 2.1 — Estanho
 - 2.2 — Tungsténio
 - 2.3 — Cobre, chumbo e zinco
 - 2.4 — Ouro e prata
3. Matérias-primas não metálicas
 - 3.1 — Fosforites
 - 3.2 — Bentonite
 - 3.3 — Talco e amianto
 - 3.4 — Areias e argilas
 - 3.5 — Rochas ornamentais
4. Recursos hidrominerais

Nessa mesma reunião (5) se afirmavam como prioritárias, entre outras, as seguintes orientações quanto a recursos em substâncias metálicas:

- «... — Estudo para valorização de antigas minas e resíduos de tratamento de minérios.
— Colaboração nos trabalhos de estabelecimento das metalurgias dos metais básicos, do tungsténio e do ouro e prata.»

Do texto proposto para a discussão da «Lei do Desenvolvimento Industrial», divulgado em Novembro de 1983 pelo Gabinete do Ministro da Indústria e Energia, constam (2):

...«Art.º 7.º (Áreas Prioritárias)

São áreas prioritárias de actuação estratégica as seguintes:

- a) Aproveitamento com valor acrescentado optimizado dos recursos naturais do País.

Art.º 8 (Recursos Naturais)

1. Na área dos recursos naturais e no sentido de valorizar o seu aproveitamento, actuar-se-á nos seguintes domínios:

- b) Promoção da reciclagem de matérias-primas, da recuperação de materiais designadamente dos de maior valor acrescentado e de utilização adequada de sub-produtos e resíduos.
c) Desenvolvimento de novos produtos e de novas aplicações dos recursos naturais disponíveis no País.

2. As orientações básicas relativas ao aproveitamento dos recursos referidos no número anterior e à maximização do seu valor acrescentado serão objecto de um Plano Nacional de Recursos Naturais.

3. O aproveitamento das ocorrências minerais são objecto de lei específica, Lei de Minas e Águas Mineiras e do correspondente «Programa de Desenvolvimento Mineiro».....»

Quanto à indústria transformadora do tungsténio em Portugal a situação, segundo Rui Reynaud (6), apresentava-se em 1980 com a seguinte estrutura:

— Minas da Borralha, que consome concentrados volframíticos e scheelíticos para o fabrico de ferroligas destinadas à exportação;

— Metalurgia do Palhal, que consome concentrados scheelíticos para o fabrico de carboneto de tungsté-

nio aplicado em ferramentas de corte, peças de desgaste e de perfuração (mercados interno e externo).

Segundo aquele autor, no período de 1977/80 o mercado interno absorveu cerca de 20% dos concentrados globais produzidos.

Há cerca de dois anos iniciou a sua actividade a firma Durite que, presentemente, importa o carboneto de tungsténio e faz somente o processamento pulvero-metalúrgico.

Os elementos estatísticos acabados de apresentar, bem como as afirmações de prioridades feitas pelo Ministério da Indústria e Energia e D.G.G.M. acerca das indústrias do tungsténio, parecem ser de molde a justificar a presente comunicação.

Acresce ainda que sendo este 7.º Encontro Anual da SPQ subordinado ao tema Investigação e Indústria, parece desejável que sejam dados a conhecer alguns temas e resultados da investigação desenvolvida numa das linhas do Centro de Engenharia Química do Porto orientada pelo autor e que, desde há alguns anos, se vem dedicando à química aplicada, à metalurgia extractiva do tungsténio.

TÉCNICAS HIDROMETALÚRGICAS

1. Ocorrência

Unicamente dois minérios de tungsténio têm importância industrial: a scheelite (CaWO_4) e a volframite ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$).

Rui Reynaud num trabalho apresentado ao Seminário Europeu de Tungsténio (6), refere que os concentrados volframíticos produzidos em Portugal constituem 94,3% dos concentrados globais, sendo os restantes 5,7% concentrados scheelíticos.

2. Beneficiação

O apuramento físico dos minérios de tungsténio em Portugal é descrito pelo mesmo autor numa outra comunicação (7).

Consiste em operações de trituração, crivagem, hidroclassificações, lavagem em mesas, separações electrostáticas e, ou, electromagnéticas, flutuação.

Os concentrados finais contêm pelo menos 60% de WO_3 .

Uma primeira purificação pode ocasionalmente ser feita por ustulação a 600-800°C a qual remove arsénio, enxofre e matérias orgânicas (no caso de minérios flutuados).

A beneficiação química (hidrometalúrgica) será abordada mais tarde.

Neste mesmo trabalho o autor cita os dois únicos casos conhecidos em Portugal de processos de apuramento químico de minérios tungstíferos: fusão com Na_2CO_3 de «mistos» de apuramento físico e precipitação com CaCl_2 da scheelite sintética, nas Minas de Miranda, e lixiviação com HCl de concentrados scheelíticos e volframíticos para redução do teor de fósforo (apatite), nas Minas de Valdearcas.

Um trabalho recente de Kiseleva *et al.* (8) estuda com detalhe a remoção de impurezas (P, As e S) de concentrados de scheelite por ustulação oxidante e lixiviação com HCl.

Como as técnicas de flutuação são hoje extensivamente usadas para a concentração dos minérios, particularmente da scheelite, tem de considerar-se a operação de *calcinação oxidante* dos minérios que foram flutuados, para destruir os produtos orgânicos que são

usados naquela operação. A presença destes produtos provocaria espuma durante as operações hidrometalúrgicas seguintes, diminuição da capacidade dos filtros, formação de emulsões durante a extracção por solventes, etc.

Usam-se fornos rotativos a 600-700°C e, concorrentemente, um pequeno excesso de ar (9).

3. Extracção

Dado o elevado ponto de fusão do tungsténio (3 410°C) este é extraído dos seus minérios por processos hidrometalúrgicos e não pirometalúrgicos.

As técnicas seguidas encontram-se com apreciável detalhe no clássico livro de Yih e Wang (10) cuja bibliografia vai só até 1973, bem como nos bons trabalhos de revisão de Shamsuddin e Sohn (11) e de Zelikman (12), publicados em 1981 e 1983, respectivamente.

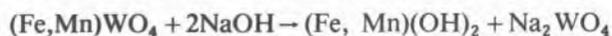
Fundamentalmente existem dois grupos de processos para solubilizar quimicamente os minérios: lixiviação e volatilização.

3.1 — Técnicas por lixiviação

3.1.1 — Lixiviação cáustica

Usa-se com concentrados de volframite mas não com scheelite, dado que o CaWO_4 apresenta um largo campo de estabilidade (de pH 5 a 14) no diagrama $\log \{\text{Ca}^{2+}\} - \text{pH}$, conforme Osseo-Asare (13).

Consiste na decomposição do minério pelo aquecimento com solução de hidróxido de sódio:



seguida de diluição, filtração e lavagem. Algumas patentes americanas de 1982 (14) descrevem esta técnica com pormenor.

Os concentrados pobres ou com elevados teores de impurezas não devem ser utilizados porque produzem soluções muito contaminadas e de difícil purificação.

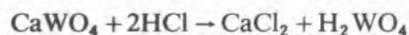
A sílica que for atacada pelo hidróxido produz silicato de sódio que, por ser solúvel em água, contamina o tungstato.

Observa-se contudo forte retenção de tungstato pelos hidróxidos (15) (16).

3.1.2 — Lixiviação ácida

É usada principalmente para a scheelite concentrada e com baixos teores de contaminantes.

Usa-se ácido clorídrico concentrado que solubiliza o cálcio sob a forma de cloreto e transforma o tungsténio em ácido tungstico, amarelo e muito pouco solúvel:



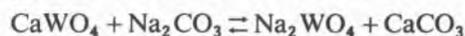
que é em seguida separado por filtração e lavagem.

A sílica não é removida e o fósforo e arsénio são transformados nos correspondentes ácidos que ficam parcialmente retidos pelo ácido tungstico.

A utilização do ácido nítrico tem também sido sugerida para concentrados de scheelite (12), com a alegada vantagem de as águas residuais nítricas podem, por neutralização, produzir adubos, enquanto que as provenientes da lixiviação clorídrica não fornecem qualquer produto de interesse comercial que possa diminuir o custo do seu tratamento.

3.1.3 — Lixiviação com soda em autoclave

Consiste em aquecer a temperatura elevada o minério (em geral a scheelite) com uma solução de soda (Na_2CO_3), verificando-se a seguinte reacção:



Por filtração e lavagem obtém-se uma solução de tungstato de sódio.

O processo pode usar-se para concentrados altos ou baixos de scheelite, ou para volframites com baixo teor de manganês.

Esta técnica apresentada primeiramente por Maslenskii (17) em 1939, foi depois sucessivamente tratada com muito pormenor por Maslenskii e Perlov (18) em 1960, por Zelikman e Rakova (19) em 1966, por Queneau e Cooke (20) em 1969, terminando com os bons trabalhos de resumo de Queneau (21) em 1981 e de Zelikman (12) em 1983, bem como as patentes americanas de Queneau *et al.* (22) de 1982 e 1983.

Nestes trabalhos são exaustivamente estudados muitos dos mais importantes parâmetros do processo: granulometria do minério, tempos e temperaturas de extracção, tipo de agitação, concentrações do lixiviante, relações sólido-líquido, influência de outros íons, etc.

Os diagramas de estabilidade Eh-pH, $\log \{\text{metal}\} - \text{pH}$, recentemente apresentados por Osseo-Asare (13) para os vários sistemas de lixiviação do tungsténio, vêm justificar algumas das técnicas clássicas já usadas e, por vezes, sugerir algumas alterações.

Esta técnica de extracção é, sem dúvida, a mais utilizada hoje em todo o mundo, pois pode ser aplicada não só aos concentrados altos de scheelite e alguns de volframite, mas também a concentrados scheelíticos de baixo teor ou mesmo resíduos de tratamento.

Deste modo os concentrados intermédios obtidos na flutuação das scheelites, não necessitam ser posteriormente concentrados, podendo seguir para um processo hidrometalúrgico.

Na prática industrial usam-se autoclaves horizontais ou verticais, com minério moído a $-150 + 325$ mesh, lixiviado com soluções de Na_2CO_3 de 10 a 18%, a temperaturas de 190°C a 325°C durante 1,5 a 4 horas. Em geral são usados dois estágios em contra-corrente para economizar a soda. Efectivamente o grande excesso de soda (250 a 300% em relação à estequiometria) que tem que se empregar, constitui um dos principais inconvenientes.

Propõem-se técnicas de electrólise para recuperação de soda excedentária (23).

Um processo contínuo de lixiviação de scheelite em autoclave foi estudado tomando como parâmetro de optimização o teor de WO_3 na fase sólida (24). Na Austrália, em King Island, entrou em funcionamento uma instalação contínua que, partindo de um concentrado de flutuação de scheelite com cerca de 20% de WO_3 , obtém uma scheelite sintética com 78% de WO_3 e uma recuperação global de 96% (25).

Embora com algumas discordâncias entre os autores, reconhece-se que a formação de compostos insolúveis do tipo $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ e $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{CaCO}_3$, além de baixar o teor de soda livre, vai revestir os grãos de scheelite de uma fina película insolúvel que dificulta a continuação da extracção. Por isso alguns autores sugerem técnicas físicas adjuvantes da destruição dessas películas, tais como: autoclave tipo moinho de bolas (18), uso de ultra-sons (26) ou de moinhos centífugos planetários (12) (27).

Estas técnicas adjuvantes chamadas de activação mecânica, fazem melhorar grandemente o rendimento qualquer que seja o processo, de extracção usado, depositando os autores russos grandes esperanças nos moinhos planetários.

Uma técnica curiosa é proposta (29) para um minério hidrotermicamente alterado, em que o tungsténio ocorria disseminado em óxidos coloidais e não se podia recuperar por meios convencionais de concentração. O minério (0,5 a 7,0% de WO_3) era calcinado em forno rotativo a $800^\circ C$, depois lançado quente numa solução de $NaOH + Na_2CO_3$ e lixiviado em autoclave a $200^\circ C$ durante 3 horas.

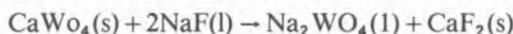
Quanto às impurezas é a sílica que pode ser relativamente solubilizada (dependendo das condições do processo e do tipo de minério) aparecendo como silicato de sódio na solução alcalina de tungstato.

Um trabalho muito recente japonês (28) sugere que uma lixiviação de scheelite de média ou baixa concentração com uma mistura de $NaOH, Na_2CO_3$ e $Ca(OH)_2$, permite reduzir grandemente a solubilização da sílica, devido à formação de um silicato de cálcio insolúvel (tobermorite). O fósforo e o arsénio podem também passar em parte, como fosfatos e arseniatos, ou, fosfotungstatos e arsenotungstatos.

3.1.4 — Lixiviação com fluoretos

Autores russos sugerem o uso do fluoreto de sódio (30) ou do fluoreto de amónio (31) como agentes lixiviantes da scheelite, em autoclave, processo este que já tinha sido estudado por Queneau *et al.* (20).

Com o fluoreto de sódio a reacção é:

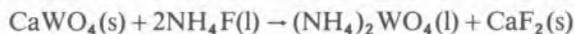


seguida de dissolução, filtração e lavagem.

À temperatura de $225^\circ C$ e usando só 180% da quantidade estequiométrica de NaF , consegue-se numa extracção $>99\%$ do tungsténio presente.

O método é assim atractivo pelo menor consumo de reagente de extracção, menor teor de impurezas de silício na solução, menor consumo de ácidos na decomposição posterior do tungstato, possibilidade de utilizar scheelites pobres e que contenham elevados teores de fluorite ($<20\%$ CaF_2).

Com o fluoreto de amónio e amónia em autoclave, obtém-se:



Por evaporação da solução amoniacal obtém-se cristais de paratungstato de amónio (APT).

3.1.5 — Lixiviação ajudada por complexantes

Alguns autores têm proposto a adição aos agentes de lixiviação de substâncias susceptíveis de complexar ou o tungsténio ou o cálcio (no caso das scheelites).

A adição de fosfato de sódio à soda da lixiviação (32) e a adição de fosfato ao ácido clorídrico usado na lixiviação de scheelites (33) (34), facilita a extracção devido à formação do fosfotungstato.

Lixiviação cáustica com adição de EDTA que complexa o cálcio e outras espécies catiónicas foi experimentada a nível laboratorial (35) e recentemente retomada (36). O processo será caro mesmo com a recuperação prevista da EDTA.

Recentemente Sedova *et al.* (37) apresentam resultados de lixiviação de scheelite com ácido sulfúrico na presença de alguns complexantes, tais como: piroga-

lhol, ácido oxálico, fosfatos, ou redutores tais como: pó de zinco, limalha de alumínio, ferrosilício e anidrido sulfuroso, com resultados animadores.

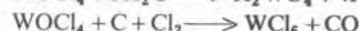
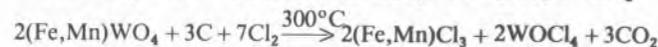
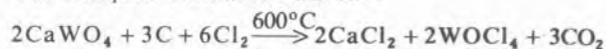
Uma patente canadiana (38) refere a lixiviação de scheelite com uma solução de carbonato ou bicarbonato de sódio e uma amina, o que constitui a condensação numa só operação das operações de lixiviação e extracção com solventes.

3.2 — Técnicas por volatilização

3.2.1 — Cloração

O tratamento da scheelite ou da volframite com cloro na presença de carbono produz vapores de oxiclureto de tungsténio e de outros cluretos voláteis (39). O oxiclureto pode ser dissolvido em água para obter ácido tungstico ou sujeito a uma segunda cloração para obter hexaclureto de tungsténio (40).

As reacções fundamentais são:



3.2.2 — Fluoração

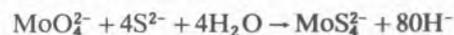
Numa recente patente russa (41) propõe-se que após desidratação da scheelite por aquecimento, o material seja tratado a $300-400^\circ C$ com uma mistura de NH_4F, HF e HF que volatiliza o tungsténio sob a forma de fluoretos (WF_6, WF_5, WF_4) ou oxifluoretos (WOF_4, WO_2F_2). Estes compostos são condensados em água e, por aquecimento com vapor, obtém-se ácido tungstico.

4. Purificação

As impurezas mais nocivas que aparecem nas soluções alcalinas resultantes da extracção são silício, fósforo, arsénio e molibdénio, para os quais são estabelecidos teores máximos limite antes de prosseguir para a obtenção dos compostos finais de tungsténio.

A adição de sulfatos de alumínio e de magnésio à solução alcalina ($pH = 9,0-9,5$) aquecendo a $70^\circ-80^\circ C$, com agitação, seguida de filtração, permite baixar o teor de sílica a valores aceitáveis, eliminando *P* e *As* sob a forma de fosfatos e arseniatos de magnésio insolúveis.

O molibdénio é geralmente eliminado como sulfureto insolúvel. Para isso a solução é tratada, a quente ($80^\circ C$), com hidrogeno sulfureto de sódio, formando-se o complexo tiomolibdato:



o qual, por acidificação a $pH = 2,5-3,0$, precipita o MoS_3 insolúvel que é removido por filtração:



Recentemente (42) foi proposta uma técnica de extracção por solventes, pois a técnica da precipitação com o sulfureto não é aconselhável para materiais com teor elevado de molibdénio, devido às perdas grandes de tungsténio que então se verificam. O método baseia-se na extracção a $pH = 2,0$ do molibdénio que aí se encontra sob a forma catiónica MoO_2^{2+} , por um extraente ácido (2-DEHPA-ácido 2-dietilfosfórico), usando como modificador o ácido dinonilsulfónico (DNNSA) e um solvente alifático. A este pH o tungsténio continua a ser aniónico.

5. Separação do tungstênio

Se a extracção foi efectuada por lixiviação ácida, o ácido tungstico obtido é calcinado a WO_3 , cuja pureza depende fundamentalmente das impurezas contidas no concentrado de scheelite de onde se parte.

Se a extracção é efectuada por via alcalina três técnicas podem ser seguidas para separar o tungstênio:

- 1 — precipitação de $CaWO_4$ (scheelite sintética)
- 2 — extracção por solventes
- 3 — extracção por resinas permutadoras sólidas

5.1 — Precipitação de $CaWO_4$

Por adição de cloreto de cálcio à solução de tungstato devidamente ajustada em concentração e pH, obtém-se um precipitado de $CaWO_4$ que, após filtração, lavagem e secagem, constitui a chamada «scheelite sintética».

Por lixiviação ácida desta obtém-se WO_3 tal como atrás se disse.

Estes óxidos tungsticos, se tiverem pureza suficiente, podem ser usados para a obtenção de tungstênio metálico como adiante se verá.

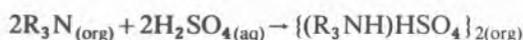
Se forem ainda impuros são lixiviados com amónia, seguindo-se uma filtração que separa restos de ganga, sílica, fosfatos e arseniatis insolúveis, da solução de tungstato de amónio. Por evaporação à ebulição desta solução obtém-se o paratungstato de amónio (APT) $\{NH_4\}_{10}H_{10}W_{12}O_{46}\}$ sob a forma de cristais pouco solúveis em água, produto este que é hoje o mais usado precursor do tungstênio metal.

5.2 — Extracção por solventes

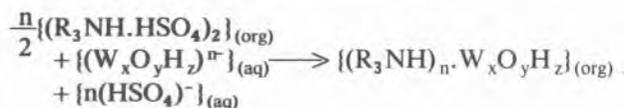
O processo LIX (liquid ion exchange) foi iniciado pela Union Carbide há mais de 20 anos e é hoje o mais usado em todo o mundo.

Consiste em extrair uma solução de tungstato acidificada a $pH = 1-7$, com uma solução de uma amina primária, secundária, terciária ou quaternária (5 a 10%) em kerosene, contendo também 5 a 10% de decanol que serve como condicionador de fase.

O mecanismo da extracção admite-se ser uma permuta aniónica. A amina é convertida num sal que depende da concentração do ácido usado. Se for H_2SO_4 em concentração elevada obtém-se, com uma amina terciária:



A extracção das espécies aniónicas de tungstênio em meio ácido pode ser representada por:



A extracção é fortemente dependente do pH e bastante alta na zona de 1 a 3. De acordo com Kim *et al.* (43) os politungstatos que podem existir numa solução dependem do pH e da relação (H_3O^+/WO_4^{2-}) , pelo que o predomínio de espécies possíveis nessa zona, tais como $HW_6O_{21}^{2-}$ (paratungstato A), $W_{12}O_{40}^{8-}$ ou $H_2W_{12}O_{40}^{6-}$ (metatungstato), vai depender das condições experimentais usadas.

Após a extracção a fase orgânica é lavada com água para eliminar os iões de sódio. Em seguida faz-se uma re-extracção do tungstênio para a fase aquosa com um «stripping» com amónia em excesso para im-

pedir a precipitação de APT no circuito. A solução de tungstato de amónio é enviada para o evaporador para cristalização do APT.

Esta técnica de LIX embora conseguindo uma boa separação de sódio, cálcio, cloretos e sulfatos do produto final, não consegue eliminar completamente impurezas como Si, P ou As, os quais, formando heteropolitungstatos aniónicos, são também parcialmente extraídos.

A técnica de extracção por solventes está a conseguir nestes últimos anos um enorme impacto porque permite uma grande flexibilidade no processo, podendo utilizar concentrados pobres ou resíduos e é ecologicamente mais aceitável do que outros métodos clássicos.

Uma instalação industrial da Lurgi foi descrita por Pietsch (44) em 1982 no Simpósio de Extracção por Solventes de Oslo.

Natansohn *et al.* (45) (46) descrevem a recuperação de tungstênio de salmouras a $pH \leq 6$, por extracção com uma amina quaternária na presença de um agente quelante solúvel no meio orgânico. Como agentes quelantes aconselham-se substâncias com um núcleo benzénico di-substituído com hidroxilos, carboxilos ou aminas. A presença destes quelantes confere uma muito maior selectividade à extracção do tungstênio.

Seguem-se várias patentes (47) (48) (49) (50) (51) que referem condições de pH mais baixo, o uso de aminas secundárias e terciárias, dispositivos de «descoagulação» de fases, terminando todas por um «stripping» com amónia.

Convém assinalar que resultam destes processos de extracção por solventes, águas residuais que são tratadas ou por adsorção com carvão activado ou por flutuação de espumas (52). A possibilidade de recuperação de aminas e de tungstênio destas águas residuais tem já sido tratada (53) (54).

5.3 — Extracção por resinas permutadoras sólidas

Após 9 anos de pesquisa laboratorial os técnicos dos U.S. Bureau of Mines construíram uma instalação piloto para extrair o tungstênio contido nas salmouras do lago Searles, na Califórnia, utilizando para isso uma resina permutadora sólida especialmente tratada para ser específica para o tungstênio (55) (56). Essa resina, designada por QRF (8-hidroquinolina-resorcinol-formaldeído), permitiu extrair 92% do tungstênio existente na salmoura alcalina daquele lago, que contém cerca de 50% das reservas de tungstênio conhecidas dos U.S.A.

A operação efectua-se em dois estágios: no primeiro a salmoura a $pH = 8,2$ é passada na coluna primária, de onde se obtém o tungstênio por eluição com solução de Na_2CO_3 a 0,5%. Como este eluído contém só 1 a 2 gramas de WO_3 por litro, acidifica-se a solução a $pH = 2,8$ e passa-se numa coluna secundária de onde se retira o tungstênio por eluição com $NH_4OH, 2N$ ou $Na_2CO_3, 2N$, conseguindo-se assim uma solução com 80 a 100 g/l de WO_3 .

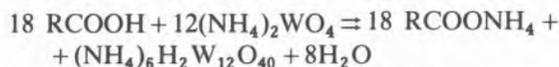
Coulson (57) propõe um primeiro estágio por fixação em resina permutadora sólida, seguido de uma concentração do eluído por extracção com solventes (aminas).

As resinas QRF as HPRF (8-hidroquinolina, poliamina, resorcinol e formaldeído) encontram-se cobertas por patentes americanas (58) (59) (60).

Conforme a literatura indica (43) durante a formação dos isopolitungstatos, a espécie $(H_2W_{12}O_{40}^{6-})$ chamada metatungstato forma-se quando a relação

H_3O^+/WO_4^{2-} é de 1,50. Assim se uma solução de ortotungstato for acidificada até obter aquela relação, pode obter-se aquela espécie.

Isto pode ser conseguido fazendo passar a solução de ortotungstato numa coluna de resina catiónica fracamente ácida, verificando-se a seguinte reacção:



O efluente da coluna sai a $pH=3,5$ e obtém-se uma solução de metatungstato de amónio (AMT) que, ao contrário do APT, é muito solúvel em água (61).

A obtenção do AMT por electrodiálise foi recentemente descrita (62).

O AMT constitui uma outra via hidrometalúrgica recente, pois dada a sua elevada solubilidade em água e as características ácidas que possui, é um óptimo material para o fabrico de catalizadores e para preparação de produtos químicos à base de tungsténio (63).

Trabalhos recentes russos (64) (65) propõem a recuperação de tungsténio de soluções provenientes da lixiviação alcalina de scheelite por acidificação destas e retenção dos tungstatos por uma coluna de resina permutadora aniónica com uma estrutura macroporosa (resina AV-17-12P). A eluição do tungsténio é depois efectuada com amónia.

Uma hipótese curiosa que merece ser explorada para o caso do tungsténio é apresentada por Yan (66) para a recuperação de urânio de soluções diluídas alcalinas por uma resina aniónica, em que baixando o pH para 6,5, induz a uma determinada precipitação de urânio sobre a resina, facto que faz elevar duas a três vezes a capacidade dessa resina. A eluição é, no caso do urânio, feita por uma solução ácida ou alcalina.

As técnicas de permuta iónica têm tido, até agora, em relação às técnicas de extracção por solventes, as desvantagens de uma cinética desfavorável (8 a 12 horas de contacto na primeira contra 5 a 10 minutos na segunda) e a dificuldade de separação da resina de cristais de paratungstato de amónio que eventualmente se formam na coluna. Esta última desvantagem pode ser ultrapassada quando se usa a técnica do metatungstato (AMT) atrás citada.

A permuta iónica tem porém outras vantagens em relação à extracção com solventes: inexistência de águas residuais contendo solventes orgânicos, não existência de materiais inflamáveis e a não toxicidade das resinas permutadoras (12).

A técnica de permuta iónica em contracorrente contínua (CCIX) que tem sido aplicada para a recuperação hidrometalúrgica do urânio e do ouro (67) pode eventualmente aplicar-se ao tungsténio dado o valor elevado deste metal e por analogia com o que já é praticado na Climax (Colorado, USA) para o molibdénio.

6. Produtos finais de tungsténio

Tungsténio metálico

Obtém-se por redução do WO_3 ou do APT.

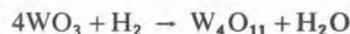
Se o material de partida for o WO_3 de acordo com a reacção:



se R for um metal trivalente. Se for usado cálcio, magnésio ou alumínio como metal redutor, a reacção é suficientemente exotérmica para prosseguir. Se se usar carbono, silício ou hidrogénio, é necessário o fornecimento de calor adicional.

Na prática o uso de hidrogénio é o preferido, dada a elevada pureza do tungsténio que assim se obtém.

A redução pelo hidrogénio efectua-se em três etapas (10):



A rápida remoção da água formada tem grande influência na finura do grão de metal que se obtém.

Se o material de partida for o APT ou se transforma este, por aquecimento na presença de ar, em WO_3 e se procede como anteriormente, ou se reduz com hidrogénio em fornos rotativos aquecidos $850^\circ-900^\circ C$ (11).

O tungsténio metálico é usado principalmente para o fabrico de fio para filamento de lâmpadas incandescentes e para o fabrico de carboneto de tungsténio, utilizado para pastilhas de corte em máquinas-ferramenta, peças de desgaste, etc.

Ferrotungsténio

A liga de ferro e tungsténio (Fe-W) chamada ferrotungsténio, é em geral obtida por uma redução metalotérmica do minério concentrado, em forno eléctrico de cadinho, usando o carbono, o silício ou o alumínio como redutores.



O ferrotungsténio é usado para o fabrico de aços ao tungsténio e de super-ligas.

Produtos químicos

Hexacloretos e hexafluoretos de tungsténio (WCl_6 , WF_6)

Pela sua volatilidade usam-se para fazer metalizações por deposição de vapor.

Como estes complexos formam duplas e triplas ligações com o carbono, estão a ser muito utilizados como catalisadores nas indústrias petroquímicas, para operações de hidrocracking, isomerização, reforming, etc.

Heteropoliácidos de tungsténio ($H_{8-n} X^n W_{12} O_{40}^{-(8-n)}$)

Usados para fabrico de pigmentos orgânicos e catalisadores.

Metatungstato de amónio

(AMT)((NH_4)₆H₂W₁₂O₄₀, xH₂O)

Pela sua elevada solubilidade em água e características ácidas é um excelente material de partida para a preparação de catalisadores de álcalis.

Tungstato de cálcio ($CaWO_4$)

Por se tornar fluorescente quando exposto à radiação ultra-violeta, é usado no fabrico dos fosfros dos tubos de televisão, assim como nos lasers e lâmpadas fluorescentes.

CONCLUSÕES

A **beneficiação** dos minérios até concentrações médias ou elevadas de WO_3 continua a ser feita pelas técnicas físicas clássicas de moagem e separações electro-magnéticas ou electrostáticas, meios densos, mesas e flutuação.

Ocasionais ustulações e lixiviações ligeiras podem usar-se para eliminação de algumas impurezas indesejáveis.

Assim, quase não há técnicas hidrometalúrgicas usadas nesta fase, a não ser nas tentativas que se encontram em cursos de recuperação por via hidrometalúrgica dos finos e resíduos resultantes da concentração dos minérios, com particular incidência no caso da scheelite.

A **extração** do tungsténio dos seus minérios é feita, na grande maioria dos casos, por processos de lixiviação alcalina em autoclave. Aperfeiçoamentos mecânicos (moinhos de bolas, moinhos centrífugos planetários, ultra-sons, etc.) têm sido sugeridos para melhores rendimentos.

A adição de fluoretos alcalinos ao banho de lixiviação, bem como de outros agentes complexantes (fosfatos, EDTA, oxalatos, etc.), tem sido citada no caso da lixiviação alcalina da scheelite em autoclave.

As técnicas de extração sob a forma de cloretos e oxicloretos, ou fluoretos e oxifluoretos de tungsténio, têm sido citadas, mas as aplicações são restritas.

Verificam-se cada vez mais aplicações de técnicas hidrometalúrgicas não só a concentrados baixos mas também a resíduos de tratamento ou mesmo directamente a minérios pobres.

A **purificação** das soluções alcalinas de tungsténio é executada por técnicas de precipitações selectivas ou por extração com solventes.

A **separação** do tungsténio foi durante muito tempo efectuada por precipitação do CaWO_4 das soluções alcalinas, produto este chamado «scheelite sintética».

Contudo, hoje, assiste-se ao grande incremento que se verifica das técnicas de extração por solventes (LIX) e do uso das resinas permutadoras sólidas.

Pela técnica LIX o tungsténio é extraído por aminas (primárias, secundárias, terciárias, ou quaternárias) e re-extraído para uma solução aquosa por amónia, de modo a obter o APT, produto intermédio hoje largamente usado para a produção do tungsténio metálico.

As resinas permutadoras sólidas têm sido usadas para a recuperação de tungsténio existente em soluções de baixa concentração, ou seja, têm servido como «concentradores».

Uma outra aplicação muito curiosa destas resinas é a do fabrico de AMT, composto altamente solúvel em água, que vai permitir partir para o fabrico de produtos químicos à base de tungsténio.

Para obtenção de **produtos finais** há vias diferentes:

- tungsténio metálico obtém-se por redução pelo hidrogénio do WO_3 ou do APT;
- Produtos químicos, nomeadamente catalisadores, obtém-se, em geral, a partir de soluções aquosas de AMT;
- ferrotungsténio é obtido por redução metalotérmica do minério concentrado;
- Tungstato de cálcio obtém-se por precipitação de soluções alcalinas (scheelite sintética).

PERSPECTIVAS

No campo da hidrometalurgia do tungsténio podem prever-se algumas tendências na sua evolução.

1. Aumento cada vez maior da via do APT e diminuição da importância dos minérios concentrados. Para isso contribui a possibilidade de lixiviação alcalina de concentrados baixos, seguida de extração por

solventes, com produção subsequente de APT (68) (69).

2. Logicamente que esta tendência se verificará nas grandes instalações em que se evoluirá para um processo integrado de produção de minério e de produtos intermédios. Na verdade os maiores projectos modernos do mundo ocidental seguiram esse caminho: na Áustria, na Coreia (R.O.K.) e USA (69).

3. Tendência cada vez maior de o processo de extração por solventes ultrapassar a técnica da decomposição ácida da scheelite concentrada em ácido tungstico e dissolução em amónia do mesmo.

O menor consumo de água e reagentes, a possibilidade de usar um processo contínuo o que permite uma melhor automatização, a constância de qualidade do produto final obtido, a menor poluição do meio ambiente, são alguns dos factores que favorecem a via de obtenção da APT por meio de extração com solventes (68).

4. Procura na melhoria da economia do processo com a redução do número de operações e tendência para processos totalmente contínuos. O uso de colunas pulsantes proposto por Rumyantsev (24) e a hipótese de vir a aplicar ao tungsténio a técnica CCIX (permuta iónica em contracorrente contínua) (67) são exemplos de tentativas nesse sentido.

5. Embora até agora a técnica de LIX tenha um largo predomínio sobre a das resinas permutadoras sólidas, esta última tem mostrado alguns avanços e é possível que o desenvolvimento de catalisadores à base de tungsténio para a petroquímica, venha dar importância à via do AMT como produto intermédio, no fabrico do qual as resinas permutadoras sólidas têm grande importância.

6. As técnicas de extração por volatilização sob a forma de hexacloretos ou hexafluoretos de tungsténio podem vir a ser empregadas, quer para revestimentos por deposição de vapor (CVD — Chemical Vapour Deposition) quer para obtenção de tungsténio metal por redução com o hidrogénio.

INVESTIGAÇÃO APLICADA EM CURSO EM PORTUGAL

Nas conclusões de um trabalho apresentado pelo eng. Diogo Costa da Direcção-Geral das Indústrias Química e Metalúrgica ao Seminário Europeu de Tungsténio, em Março de 1982 (70) diz-se:

«Sendo a maior parte da produção nacional de alta qualidade, concentrados de volframite e scheelite de alto teor, subsistiria no entanto a possibilidade de desenvolvimento de concentrações de baixo teor e baixo preço para a alimentação de uma indústria de APT em Portugal, com especial incidência na recuperação de estereis com teor apreciável de tungsténio. Tal seria o caso do aproveitamento de finos de scheelite até agora desperdiçados, o qual poderia inclusivamente rendibilizar a exploração de numerosas pequenas minas enfrentando sérias dificuldades».

O conhecimento que já tínhamos da situação nacional neste domínio, levou-nos a incluir numa das linhas de investigação do Centro de Engenharia Química

(CEQ) do Porto, alguns temas de investigação relacionados com a indústria do tungsténio.

Sendo o mote deste 7.º Encontro de Química «Investigação e Indústria», pareceu-nos pertinente comunicar quais os temas que o nosso Grupo mantém em estudo, indicando para cada um a razão que nos levou à sua selecção e a situação actual, reservando os pormenores para as publicações técnicas que de cada um resultarão.

1. Lixiviação alcalina ou ácida de resíduos de scheelite com a ajuda de complexantes, para tentar técnicas de «heap-leaching».

A técnica mais usada actualmente na extracção de tungsténio dos seus minérios é, como já foi visto, a de lixiviação com soda em autoclave. Esta técnica exige, por um lado agitação mecânica (agitadores, torres pulsantes, moinhos de bolas ou planetários, ultra-sons, etc.) com a finalidade de destruir a camada de carbonatos de cálcio e sódio que recobrem as partículas no caso da scheelite, e por outro exige aquecimento para melhorar a cinética da reacção.

Esta operação é cara pois para além da grande quantidade de energia necessária, tem sido até hoje impossível (salvo raras tentativas já referidas (24) (67)) conseguir um processo contínuo que pudesse ser automatizado.

Para poder vir a ser economicamente viável uma técnica de extracção, seria interessante que se conseguisse trabalhar à temperatura e pressão ambientes, com pouca ou nenhuma agitação mecânica.

As técnicas de «heap-leaching» recomendadas até hoje para materiais caros (ouro, prata, urânio, etc.) parecem satisfazer aquelas condições.

Para compensar o efeito mecânico da agitação e a ausência de aquecimento pensou-se adicionar aos banhos de lixiviação agentes complexantes quer do tungsténio quer do cálcio, de modo a favorecer uma mais rápida dissolução do tungstato de cálcio.

Iniciaram-se os ensaios com lixivantes alcalinos (Na_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, etc.) uma vez que o meio alcalino é bastante mais selectivo do que o ácido e menos corrosivo.

Até ao momento foram ensaiados como agentes complexantes, as seguintes substâncias: ácidos tartárico, cítrico, oxálico, gálico, málico, malónico, glucónico, EDTA, pirocatecol, sorbitol.

Com alguns deles (ácidos tartárico, cítrico e oxálico) foram feitos ensaios em meio ácido (clorídrico).

Têm-se conseguido com alguns deles, nomeadamente com os ácidos tartárico, cítrico e oxálico em meio ácido, resultados interessantes pois, mesmo sem qualquer agitação, em poucos dias se atingem valores de 50 a 90% de extracção.

2. Primeiras tentativas de lixiviação microbiológica de minérios de scheelite

Uma outra via para tentar conseguir uma lixiviação pouco dispendiosa do tungsténio seria a técnica microbiológica.

Está técnica tem sido largamente citada e utilizada para minérios de urânio, cobre, níquel, molibdénio, etc.

Os microorganismos frequentemente utilizados são o *Thiobacillus ferrooxidans* e o *Thiobacillus thiooxi-*

dans, particularmente indicados para minérios sulfurados ou com um substracto de enxofre (71).

No caso das scheelites tem sido nossa intenção dedicar mais atenção a microorganismos heterotróficos, que têm sido citados como decompositores de alumínio-silicatos, como, por exemplo, o *Penicillium simplicissimum* e o *Aspergillus niger* (72). Estas espécies desenvolvem-se num substracto de açúcar e libertam ácidos orgânicos como cítrico e oxálico, os quais contribuem para a decomposição das rochas silicatadas por formação de complexos solúveis.

Atendendo a que muitos dos complexos formados pelo tungsténio são com substâncias contendo grupos carboxilo e hidroxilo, será de esperar que estas espécies venham a resultar nesta técnica de lixiviação.

Somente alguns ensaios prévios foram efectuados, não sendo contudo utilizadas espécies bem definidas, mas sim executando, em paralelo, ensaios em que um exemplar era esterilizado e o outro não. Os resultados obtidos são animadores verificando-se substanciais diferenças de lixiviação entre amostras esterilizadas e não esterilizadas.

3. Estudo detalhado de vários parâmetros na extracção do tungsténio por meio de aminas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias

Como havia interesse em utilizar a via de extracção por solventes para recuperar o tungsténio lixiviado pelas técnicas descritas nas alíneas anteriores, foi decidido determinar a influência de alguns parâmetros na operação de extracção do tungsténio usando aminas.

Foram usadas aminas primária (Primenol JM-T), secundária (Amberlite LA-2), terciária (Alamina 336) e quaternária (Aliquat 336).

Para cada uma determinou-se a influência do pH da solução aquosa (entre 2 e 12), da concentração dos iões cloreto, sulfato e carbonato, bem como se estabeleceram condições de «stripping» para cada caso.

Está em curso a preparação de um trabalho relatando os resultados obtidos.

4. Técnicas de lixiviação por membrana líquida aplicadas à extracção do tungsténio

A técnica de membrana líquida consiste na dispersão de pequenos glóbulos de óleo e emulsão de água numa terceira fase que contém o material a recuperar. Assim este material a recuperar passa através da película oleosa concentrando-se nas gotículas de água que se encontram no interior dos glóbulos, sendo aí concentrado.

Esta técnica, descrita pela primeira vez por N.N. Li (73), tem sido extensivamente utilizada para a recuperação de urânio, cobre, níquel, crómio, etc., quer de solutos hidrometalúrgicos quer de águas residuais.

Um trabalho recente de Li *et al.* (74) faz uma comparação económica das técnicas de extracção do urânio durante o processo de fabrico de ácido fosfórico, concluindo que a técnica de membrana líquida (LM) é mais económica do que a até agora usada de extracção por solventes (SX).

É nossa intenção iniciar, imediatamente após a conclusão do trabalho sobre as aminas, a aplicação da técnica de LM à extracção do tungsténio existente nas soluções resultantes da lixiviação de resíduos ou concentrados de scheelite de baixo teor.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Alcides Pereira, «A Indústria Extractiva em Portugal», Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 19, n.º 4, 1983.
- (2) J.M. Leal da Silva, «Perspectivas de Desenvolvimento (em Portugal) das Indústrias Químicas Ligadas aos Recursos Minerais», Comunicação ao Colóquio «Perspectivas de Desenvolvimento da Indústria Química em Portugal», LNETI, Lisboa, Março, 1984.
- (3) Alcides Pereira, elementos projectados quando da «Reunião na DGGM entre as entidades ligadas ao Sector Extractivo e os Órgãos de Tutela», S. Mamede de Infesta, 16 de Dezembro 1983 (citados em (2)).
- (4) P.T. Stafford, «Developments in tungsten supply and demand», Proceedings of the Second International Tungsten Symposium, San Francisco, June 1982, 115.
- (5) Direcção-Geral de Geologia e Minas, «Reunião na DGGM entre as entidades ligadas ao Sector Extractivo e os Órgãos de Tutela», S. Mamede de Infesta, 16 de Dezembro de 1983 (documentação distribuída).
- (6) Rui Reynaud, «Produção e mercado dos minérios de tungsténio portugueses. Principais centros produtores do País», European Tungsten Seminar, Lisboa, 22-24 March 1982.
- (7) Rui Reynaud, «Processamento de minérios tungstíferos. Vias tecnológicas utilizadas», European Tungsten Seminar, Lisboa, 22-24 March 1982.
- (8) S.P. Kiseleva, V.I. Krotova, L.V. Boyakova, A.L. Vyaznikova e L.G. Sadilova, Tsvetn. Met. (1) (1982) 92.
- (9) E. Lassner, «Effect of Flotation Reagents on Autoclave Soda Ammonium Paratungstate Process», Proceedings of Extractive Metallurgy of Refractory Metals Symposium, 110th AIME Annual Meeting, Chicago, February 22-26, 1981.
- (10) Stephen W.H. Yih e Chun T. Wang, «Tungsten. Sources, Metallurgy, Properties, and Applications», Plenum Press, New York, 1979.
- (11) M. Shamsuddin e H.Y. Sohn, «Extractive Metallurgy of Tungsten», Proceedings of Extractive Metallurgy of Refractory Metals Symposium, 110th AIME Annual Meeting, Chicago, Illinois, February 22-26, 1981.
- (12) A.N. Zelikman, «Trends of hydrometallurgical processing of tungsten concentrates», Tsvetn. Met., Part 3 (1983) 51.
- (13) K. Osseo-Asare, Met. Trans. B — Process Met. 13B (1982) 555.
- (14) L.R. Quatrini et al., U.S. Patents 4353878, 4353879, 4353880 e 4353881 (1982).
- (15) A.L. Shul'ts e E.L. Glekel', «Hydrometallurgy of Non-Ferrous and Rare Metals», Academy of Sciences of Uzbek, SSR Institute of Chemistry, Freund Publishing House, Tel-Aviv, 1980 (pg. 71).
- (16) E.L. Glekel', idem, pg. 84; A.A. Shul'ts e A.L. Karimova, idem, pg. 87.
- (17) I.N. Maslenskii, Tsvetn. Met. n.º (4-5) (1939) 140.
- (18) I.N. Maslenskii e P.M. Perlov, Proceedings 5th International Mineral Processing Congress, Group VII, p. 839, Pergamon Press, New York, 1960.
- (19) A.N. Zelikman e N.N. Rakova, Tsvetn. Met., 7(3) (1966) 64.
- (20) P.B. Queneau e S.R.B. Cooke, TMS-AIME 245 (1969) 2451.
- (21) P.B. Queneau, D.K. Huggins e L.W. Beckstead, «Soda Ash Digestion of Scheelite Concentrates», Proceedings of Extractive Metallurgy of Refractory Metals Symposium, 110th AIME Annual Meeting, Chicago, February 22-26, 1981.
- (22) P.B. Queneau et al., U.S. Patents 4311679, 4313914, 4320095, 4320096, 4325919, 4351808 (1982) e 4397821 (1983).
- (23) A.D. Pogorely, G.M. Tych, V.B. Levich, V. Kh. Kumakhov e T. Sh. Agnokov, Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Tsvet. Metal. (1) (1982) 16.
- (24) V.K. Rumyantsev, Nauchn. Tr., Vses. Nauchno-Issled. Proekt. Inst. Tugoplavkikn Met. Tverd. Splavov, 23, (1981) 10.
- (25) A.I. Bellingham, R.J. Murray e D.E. Collier, «The Application of Continuous Processing to the Manufacture of Artificial Scheelite at King Island», Proceedings 3rd International Symposium on Hydrometallurgy at the 112th AIME Annual Meeting, Atlanta, Georgia, March 6-10, 1983.
- (26) A.N. Zelikman e G.A. Meerson, Metallurgiya Redkikh Metalov, Cap. I, Metallurgiya, Moscow (1973).
- (27) E.G. Avvakymov, «Métodos Mecânicos de Activação dos Processos Químicos», Novosibirsk: Ciencia (Nauka) (1979) 250.
- (28) N. Yamasaki, S. Kanahara, K. Yanagisawa e K. Matsuoka, Nippon Kagaku Kaishi, (4) (1982) 595.
- (29) A.E. Raddatz, J.M. Gomes, J.J. Sjoberg e M.M. Wong, Rep. Invest. — U.S. Bur. Mines, RI-8720 (1982).
- (30) A.N. Zelikman, T. Ch. Agonov e N.N. Rakova, «Processos Hidrometalúrgicos e com Cloro na Produção de Metais Raros», Metalurgia (1972) 8 (citado na Ref. 12).
- (31) A.N. Zelikman, N.N. Rakova e Fam Kim Diri, Metais Não Ferrosos, 3 (1982) 53 (citado em Ref. 12).
- (32) J.S. Fox, Canad. Patent 993660 (1976).
- (33) A.E. Newkirk, Canad. Patent 978369 (1975).
- (34) J.L. Detienne, R. Houot, E. Larribau e D. Vestier, Dev. Miner. Process. 1979 (Publ. 1981).
- (35) C.M. Payne, New Zealand J. Sci., 12 (1969) 13.
- (36) R.E. Marshall, Proc. Australas. Inst. Min. Metall., 287 (1983) 47.
- (37) N.A. Sedova e G.A. Lukomskaya, Nauch. Tr. Sredneaz. N.-i.i Proekt. In-t Tsvet. Metallurgii, (24) (1980) 143.
- (38) H.P. Kasserra, Canad. Pat. 1093828, 1981.
- (39) A.W. Henderson, S.C. Rhoads e R.R. Brown, U.S. Bureau of Mines, RI-6612 (1965).
- (40) A.W. Henderson, D.H. Yee e F.E. Block, U.S. Bureau of Mines, RI-7152 (1968).
- (41) M.A. Mikhailov, G.A. Yagodin, D.G. Epov, E.G. Rakov, E.I. Mel'nichenko, N.A. Veleshko, E.G. Yppolitov, USSR SU 1036683 (1983).
- (42) T.K. Kim e M.B. Mac Innis, «Separation of Molybdenum from Tungsten by Solvent Extraction of Alkali Tungstate Solutions», Proceedings of Extractive Metallurgy of Refractory Metals Symposium, 110th AIME Annual Meeting, Chicago, Illinois, February 22-26, 1981.
- (43) T.K. Kim, R.W. Mooney e V. Chiola, Separation Sci., 3 (5) (1968) 467.
- (44) H.B. Pietsch, «The Application of Solvent Extraction for Tungsten, Molybdenum and Rhenium», Proceedings of Ion Exchange and Solvent Extraction Symposium, Oslo, 1982.
- (45) S. Natansohn e S.R. Su, US Patent 4279870, 1981.
- (46) S. Natansohn e S.R. Su, US Patent 4287159, 1981.
- (47) L.W. Beckstead e D.K. Huggins, US Patent 4328190, 1982.
- (48) C.W. Boyer, J.N. Christini e M.C. Vogt, US Patent 4360503, 1982.
- (49) M.B. Mac Innis, R.P. Mc Clintic e T.K. Kim, US Patent 4360502, 1982.
- (50) T.K. Kim, M.B. Mac Innis, M.C. Vogt e R.P. Mc Clintic, US Patent 4369165 e 4374099, 1983.
- (51) T.K. Kim, J.E. Ritsko, M.B. Mac Innis e M.C. Vogt, US Patent 4379126, 1983.
- (52) M.A. Petrov, N.N. Maslenskii e A.D. Davydova, Enriquecimento de Minérios, (1) (1974) 13 (citado em Ref. 12).
- (53) L.D. Skrylev, I.I. Seufulina, A.N. Purich e S.K. Babinets, Ukrainskii Khimicheskii Zhurnal, 48 (9) (1982) 909.
- (54) V.A. Sidorov e A.M. Gol'damn, Soversh. Tekhn. i Tekhnol. Pererab. Mineral. Syr'ya, M. (1982) 195.
- (55) P.B. Altringer, P.T. Brooks e W.A. Mc Kinney, Sep. Sci. Technol., 16 (9) (1981) 1053.
- (56) P.B. Altringer, W.N. Marchant, R.O. Dannenberg e P.T. Brooks, Bu Mines RI-8315 (1978) 15 pp.
- (57) N.W. Coulson, US Patent 4279869, 1981.
- (58) W.N. Marchant e P.T. Brooks, US Patent 4180628, 1979.
- (59) S.R. Borrowman e P.B. Altringer, US Patent 4241028, 1980.
- (60) S. Natansohn e S.R. Su, US Patent 4278643, 1981.
- (61) M.B. Mac Innis e T.K. Kim, J. Chem. Tech. Biotechnol., 29 (1979) 225.
- (62) D.E. Collier, C.J. Couch e D.N. Hingle, Hydrometallurgy 81, Proc. Soc. Chem. Ind. Symposium, Univ. Manchester, June/July 1981.
- (63) M.B. Mac Innis, Proceedings of the Second International Tungsten Symposium, San Francisco, June 1-5, 1982.
- (64) A. Yu. Dadabaev, M.A. Milusheva, E.G. Tarasova, D.I. Zacharchevnyi e N.N. Zebold'd, Kompleksn. Ispol'z. Miner. Syr'ya, (8) (1983) 30.
- (65) A. Yu. Dadabaev, M.A. Milusheva, D.I. Zacharchevnyi e M.P. Kovaleva, Kompleksn. Ispol'z. Miner. Syr'ya, (9) (1983) 30.
- (66) T.Y. Yan, AIChE Symposium Series, vol. 19, n.º 230 (1983) 36.
- (67) I.R. Higgins, AIChE Symposium Series, vol. 78 n.º 216 (1982) 143.
- (68) H.L. Schmidt, European Tungsten Seminar, Lisboa, 22-24 March 1982.
- (69) W.T. Belous, Proceedings of the Second International Tungsten Symposium, San Francisco, June 1982, pg. 164.
- (70) D. Costa, «Alguns aspectos da problemática do desenvolvimento da metalurgia do tungsténio em Portugal», European Tungsten Seminar, Lisboa, 22-24 March 1982.
- (71) A.E. Torma e K. Bosecker, «Bacterial Leaching», Progress in Industrial Microbiology, vol. 16 (1982) 77. Ed. M.I. Bull, Elsevier, Amsterdam.
- (72) A.P. Mehta, A.E. Torma e L.E. Murr, Biotechnology and Bioengineering, vol. XXI (1979) 875. John Wiley & Sons Inc.
- (73) N.N. Li, US Patent 3410794 (1968).
- (74) H.C. Hayworth, W.S. Ho, W.A. Burns, Jr. e N.N. Li, Sep. Science and Technol., 18 (6) (1983) 493.

A origem do oceano e da atmosfera *

James C. G. Walker ^a

Introdução

A vida não se poderia ter originado na Terra sem que o planeta tivesse adquirido uma atmosfera. A origem e primeira evolução da vida deve ter sido, de facto, grandemente influenciada pelas propriedades da atmosfera primitiva. Este artigo descreve a nossa presente compreensão de como a atmosfera surgiu e de quando este importante acontecimento ocorreu. Estas considerações também se aplicam ao oceano porque a atmosfera e oceano estão muito intimamente conjugados.

A existência de uma distinção entre oceano líquido e atmosfera gasosa é simplesmente consequência da temperatura da superfície. Se a temperatura da superfície terrestre fosse tão elevada como por exemplo a de Vénus (700K), os oceanos evaporar-se-iam e teríamos uma atmosfera principalmente constituída por vapor de água. Se pelo contrário, as temperaturas fossem tão baixas como as de Marte, os oceanos congelariam, e gelo de água seria apenas um outro mineral constituinte das rochas sedimentares. A característica particular do oceano e da atmosfera é o de serem constituídos por compostos relativamente voláteis. Partilham uma história comum.

Existem duas visões contrastantes sobre a origem dos constituintes voláteis da superfície terrestre, os constituintes do oceano e da atmosfera. Uma, é a de que são primários, no sentido de serem remanescentes da nébula solar primitiva (a nuvem de gás e de poeira a partir do qual o sistema solar se originou) retidos pelo campo gravitacional da Terra desde o período da formação do sistema solar. A atmosfera de Júpiter, predominantemente constituída por hidrogénio, é primária. A outra possibilidade é a de a atmosfera e o oceano serem secundários, no sentido em que eles foram originariamente incorporados nos componentes sólidos da Terra de onde os compostos voláteis se foram posteriormente libertando. Há poucas dúvidas de que o segundo ponto de vista é o correcto.

A agregação da Terra

Existem boas razões para se acreditar que todo o gás foi estirpado para longe no caso dos planetas interiores, provavelmente pelas radiações do jovem Sol, deixando-os como bolas de rocha sem ar. Se bem que o seu mecanismo seja especulativo, a evidência para a perda da atmosfera primária é directa. Foi estabelecida e interpretada de uma forma razoavelmente convincente por F. R. Moulton logo em 1905. Como se mostra na figura 1, se a composição química média da Terra for comparada com a do Sol, verificamos que a Terra

é extremamente deficiente em gases raros (Hélio, Neon, Argon, Cripton e Xenon), que não formam compostos nem se condensam às temperaturas que existiram no seio da nébula solar. A mensagem é clara. A Terra formou-se pela acumulação de sólidos. A componente gasosa da nébula solar não contribuiu significativamente para a massa do planeta, e qualquer atmosfera de composição nebular (ou seja de composição solar) que a Terra possa alguma vez ter possuído foi perdida. A maior parte do material que agora constitui a nossa atmosfera e oceano deve ter sido originalmente agregada na forma de compostos sólidos que terão excluído os gases inertes. As medidas das naves espaciais Viking e Vénus Pioneer mostraram que o mesmo argumento se aplica a Marte e a Vénus.

Depois da dispersão da nébula solar, os planetas destituídos de atmosfera continuaram a acumular os detritos sólidos deixados nas suas vizinhanças. Estes detritos eram uma mistura de materiais refractários que se tinham condensado quando a nébula estava quente (ou provenientes das regiões quentes da nébula) e de materiais ricos em constituintes voláteis que se condensaram tardiamente na história do arrefecimento da nébula solar (ou provenientes de regiões frias se a variação da temperatura com o tempo não tiver sido importante). Há várias evidências que contribuem para a nossa compreensão da natureza deste material. O material formou-se como resultado de reacções químicas e da condensação, que ocorreu na nébula solar a diferentes temperaturas. A teoria química pode ser usada para calcular que compostos se devem ter formado em função da temperatura. O ferro condensou-se às mais altas temperaturas, seguido dos minerais silicatados, dos óxidos de ferro, hidrocarbonetos e minerais silicatados hidratados.

Os compostos de maior significado para a origem do oceano e da atmosfera foram os hidrocarbonetos, compostos de hidrogénio e carbono em proporções variáveis, bem como a água de hidratação que se tinha combinado com alguns minerais silicatados. Os resultados teóricos são apoiados pelos estudos da composição química e mineralógica dos meteoritos, que possivelmente são representativos, até certo ponto, dos corpos sólidos que se condensaram na nébula solar e se agregaram para formar a Terra. Os constituintes voláteis mais abundantes dos meteoritos são os hidrocarbonetos e a água de hidratação, como previsto pela teoria.

* Texto adaptado de *Earth History*, James C. G. Walker, Jones and Bartlett Publishers, Inc., Boston, Massachusetts, a publicar em 1985. Tradução de Belarmino Salvado Barata.

^a Space Physics Research Laboratory, Department of Atmospheric and Oceanic Science, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109, USA.

Alguns meteoritos podem ser exemplos sobreviventes do material rico em componentes voláteis agregado pelos planetas interiores durante as fases finais do seu crescimento, do material a partir do qual as suas atmosferas se originaram.

Os componentes voláteis da Terra

Para além da teoria química e dos meteoritos, podemos analisar as camadas superficiais da Terra actual para adquirir maior conhecimento sobre o que foi agregado. O manto superior e a crosta são constituídos predominantemente de minerais silicatados compostos sobretudo de silício e oxigénio contendo magnésio, ferro, alumínio, cálcio, sódio e potássio. Minerais silicatados semelhantes são constituintes abundantes dos meteoritos e prevê-se, com base na teoria química, que eles se terão formado em abundância, a temperaturas intermédias, na nébula solar. A origem dos elementos químicos dominantes na crosta e no manto superior oferece pouco mistério. A origem dos elementos químicos que hoje se encontram no estado gasoso e líquido, na atmosfera e no oceano, necessita de maior ponderação. Em que forma sólida terão eles sido agregados pela Terra?

O composto volátil mais abundante nas camadas superficiais da Terra é a água, e a maior parte da água encontra-se no oceano. A maior parte desta água foi provavelmente agregada na forma de água de hidratação na combinação com os minerais silicatados. O aquecimento dos minerais hidratados, quer durante quer após a agregação, deve ter trazido a água para fora do interior da Terra. Água adicional deve ter sido produzida pela reacção, novamente a alta temperatura, dos hidrocarbonetos com o oxigénio combinado nos minerais silicatados ou nos óxidos de ferro que a Terra agregou juntamente com os minerais silicatados. A reacção do oxigénio com os hidrocarbonetos dá dióxido de carbono bem como água.

E, de facto, o constituinte volátil mais abundante a seguir à água é o dióxido de carbono. Este gás domina nas atmosferas de Marte e de Vénus, mas os processos geológicos fizeram com que na Terra quase todo o dióxido de carbono abandonasse a atmosfera e se integrasse na parte sólida da Terra como constituinte dos carbonatos da crosta. A massa de dióxido de carbono na crosta é cerca de um terço da massa de água nos oceanos. Os carbonatos são extremamente raros nos meteoritos e pensa-se que eles não se terão formado na nébula solar. É evidente que a Terra não agregou o dióxido de carbono na forma de carbonatos. Em vez disso, o carbono foi provavelmente agregado em combinação com o hidrogénio nos hidrocarbonetos já mencionados. Este carbono ter-se-ia libertado para a atmosfera como dióxido de carbono quando os hidrocarbonetos foram oxidados, a alta temperatura, na reacção que já foi mencionada como uma fonte de água. Uma sugestão alternativa, da autoria de J. S. Lewis, é a de que o carbono na sua forma elementar estaria misturado com o ferro metálico que agora forma o núcleo da Terra.

O azoto, o constituinte dominante da atmosfera terrestre, é cerca de 100 vezes menos abundante que o dióxido de carbono quando os carbonatos da crosta são contabilizados. Quase todo o azoto terrestre está na atmosfera. Não se crê que tenha formado compostos sólidos na nébula solar e é virtualmente indetectável nos meteoritos. Evidentemente o azoto foi agrega-

do como um contaminante menor da matéria sólida que formou as camadas superficiais da Terra. É provável que devamos a presença do azoto na Terra a imperfeições nos processos químicos e de condensação ocorridos na nébula solar. O amoníaco, um composto de azoto e hidrogénio, toma ocasionalmente o lugar do potássio nas redes cristalinas dos silicatos porque os tamanhos da molécula de amoníaco e de um átomo de potássio são quase os mesmos. Um erro químico semelhante tornou provavelmente possível a agregação do cloro que agora corresponde a um dos componentes dissolvidos mais abundantes do mar (o sal marinho é o cloreto de sódio, NaCl).

O cloro pode ter substituído ocasionalmente o oxigénio nas redes cristalinas dos silicatos. Estes elementos errantes, que trespassam estruturas químicas a que não pertencem, ter-se-iam libertado quando as rochas nas quais se incorporaram fundiram e então se recrystalizaram.

Desgasificação

O processo pelo qual os gases foram libertados da Terra sólida para formarem a atmosfera e o oceano é conhecido como desgasificação. Duas condições tiveram que ser conseguidas para a ocorrência da desgasificação. Primeiro, os materiais ricos em constituintes voláteis tinham de ser sujeitos a temperaturas relativamente elevadas de forma a libertarem os gases dos sólidos por fusão e por reacção química. Em segundo lugar, os gases produzidos pelas reacções a altas temperaturas no seio da Terra tinham de alguma forma de ser trazidos à superfície — as camadas superficiais da Terra tinham de ser revolvidas.

Quando e como a desgasificação ocorreu é ainda objecto de debate. O ponto de vista tradicional, primeiramente desenvolvido por William W. Rubey do United States Geological Survey em 1951, sustenta que a desgasificação foi gradual; tomou lugar ao longo da história geológica através dos vulcões e fontes de água quente tal como as encontramos hoje na Terra. De acordo com este ponto de vista, as massas atmosféricas e oceânicas cresceram gradualmente com o tempo e provavelmente ainda estão a crescer. O ponto de vista alternativo, apresentado mais energeticamente por Fraser Fanale do Jet Propulsion Laboratory em 1971, sustenta que houve um único e curto episódio de desgasificação que ocorrem no início da história da Terra.

Há várias linhas de evidência que apoiam a noção de uma rápida e primitiva desgasificação. É provável, contudo, que a verdade esteja algures entre estes limites. A maior parte da atmosfera e do oceano terrestres pode ter sido libertada num episódio primitivo de desgasificação rápida, mas o processo pode nunca ter parado no seu conjunto.

Uma das mais atraentes características da hipótese de uma primitiva e rápida desgasificação é a de fazer uso de uma abundante fonte de energia para o necessário aquecimento e revolver das superfícies exteriores. Esta energia foi fornecida pelo bombardeamento da Terra por material sólido durante os estágios finais da agregação. A desgasificação provavelmente teve lugar durante as últimas fases do crescimento do planeta.

Extensas áreas da Lua, Marte e Mercúrio estão cobertas de terreno cheio de crateras que se formou durante a agregação das camadas superficiais. Mesmo sobre a Terra, onde pouca crosta antiga sobreviveu à fúria das actividades erosiva e tectónica (formação de

montanhas), podem ser encontrados restos de antigas crateras de impacto. Estudos da Lua pelas missões Appolo revelaram que a maior parte das crateras lunares foram formadas há mais de 3.8 mil milhões de anos. A agregação das camadas superficiais dos planetas parece ter ficado praticamente completa por essa altura.

Possivelmente não por coincidência, as rochas mais antigas que conhecemos à superfície da Terra, perto de Isua em West Greenland, datam desta altura. Estas rochas foram profundamente metamorfoseadas por altas temperaturas e pressões após a sua formação, mas pelo menos algumas destas foram depositadas originalmente, como sedimentos no fundo do mar. Isto é um dado muito significativo. Confirma que a Terra tinha adquirido algum oceano e atmosfera antes de completar um milhar de milhão de anos, embora deixe em aberto a questão da extensão deste oceano e desta atmosfera.

Conclusão

O pensamento moderno sustenta, portanto, que a Terra agregou os constituintes da atmosfera e do oceano na forma de compostos sólidos juntamente com os constituintes que hoje formam o corpo sólido do planeta. O aquecimento e a perturbação das camadas superficiais durante os estágios finais da agregação da Terra expulsaram elementos e compostos voláteis para fora da fase sólida, para a atmosfera e o oceano. Este

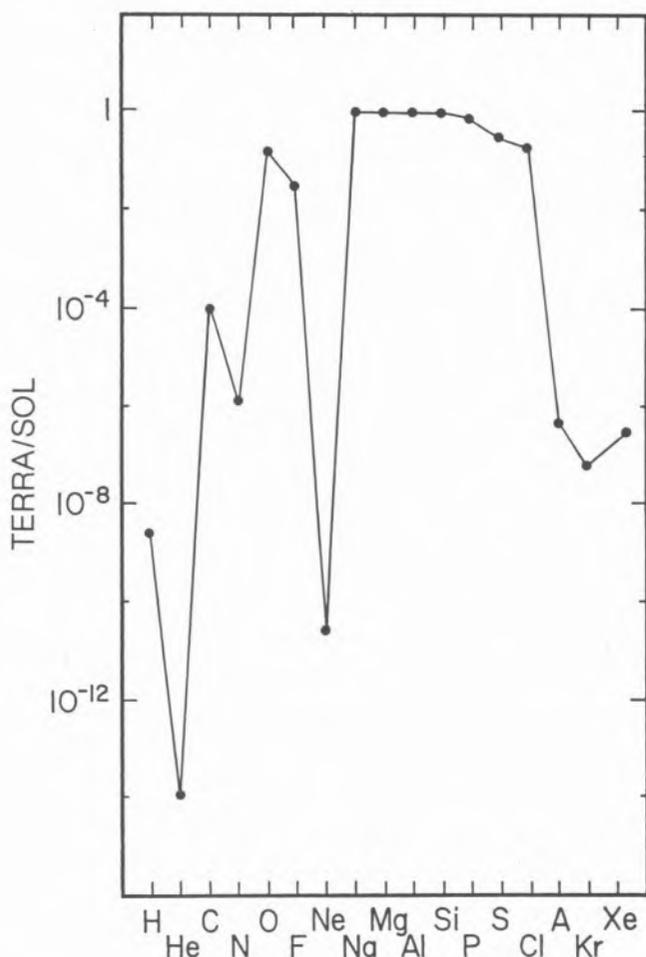


Figura 1
Abundâncias dos diferentes elementos na Terra em relação às abundâncias solares

processo de desgasificação ocorreu provavelmente ao mesmo tempo que a formação da Terra. Os constituintes libertados mais abundantes foram o vapor de água e o dióxido de carbono, com quantidades mínimas de enxofre e de cloro. O vapor de água condensou-se largamente para formar o oceano enquanto o dióxido de carbono reagiu com as rochas para formar os carbonatos dos sedimentos. Por altura da origem da vida terrestre, a atmosfera pode ter sido constituída sobretudo por azoto, que não tende a penetrar em fases sólidas ou líquidas nas condições da superfície da Terra.

SUGESTÕES DE LEITURA

- Brancazio, P. J. and Cameron A. G. W. (Eds.), *The Origin and Evolution of Atmospheres and Oceans*, John Wiley and Sons, New York, 1964.
- Chapman, C. R., *The Inner Planets*, Charles Scribner's Sons, New York, 1977.
- Goody, R. M. and Walker J. C. G., *Atmosferas Planetárias* (Tradução António Christofoletti), Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, Brasil, 1975.
- Lewis, J. S. and Prinn R. G., *Planets and Their Atmospheres*, Academic Press, New York, 1984.
- Walker, J. C. G., Formation of the inner planets, *Monthly Notes of the Astronomical Society of Southern Africa*, **35**, 2-8, 1976.
- Walker, J. C. G., *Evolution of the Atmosphere*, 318 pp., Macmillan, New York, 1977.
- Walker, J. C. G., Origin of the atmosphere: History of the release of volatiles from the solid earth, in *Chemical Evolution of the Early Precambrian*, edited by C. Ponnampuruma, pp. 1-11, Academic Press, New York, 1977.
- Walker, J. C. G., Evolution of the chemical composition of the atmosphere, *Impact of Science on Society*, **32**, 261-269, 1982.
- Walker, J. C. G., How life affects the atmosphere, *BioScience*, **34**, 486-491, 1984.

EDIÇÕES ALMEDINA

— BIOLOGIA FUNCIONAL

Por Arsélio Carvalho — Caetano Carvalho — Francisco Ferrand — Vitor Almeida — António Nobre — Euclides Pereira
Prof. de Zoologia da Universidade de Coimbra

— O MUNDO DOS ÁTOMOS

Por Maria Helena Côncio

ÁTOMOS EM COMPETIÇÃO

Por Maria Helena Côncio

ORIGENS DA VIDA (Do Átomo à Célula)

Por Joël Rosnay

— TERMODINÂMICA

Por Enrico Fermi

— VAMOS COMPREENDER A TERRA

Por J.G. Goss; Petter Smith; R.C.L. Wilson

— FUNDAMENTOS DE TERMODINÂMICA QUÍMICA

Por E. Brian Smith

— O QUADRO PERIÓDICO DOS ELEMENTOS

Por R.J. Puddphatt

— A FORMA E A ESTRUTURA DAS MOLÉCULAS

Por C.A. Coulson

— POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Por Maria Fernanda Correia Cardoso

LIVRARIA ALMEDINA — COIMBRA

Química para Químicos e Química para Cidadãos *

A. Romão Dias ^a

Começo por felicitar a Comissão Organizadora do 8.º Encontro Anual da SPQ pela escolha do tema para esta mesa redonda. Trata-se de um assunto actual que continua a ser discutido na maioria dos países industrializados; acresce que o seu debate e busca de soluções é particularmente relevante e urgente em Portugal. Somos, de facto, um país profundamente *acientífico*, agrilhoado a uma obsessão jurídico-burocrática, em que o cumprimento (ou a tentativa de fuga ao cumprimento) de qualquer uma das muitas dezenas (centenas?) de milhar de preceitos legais (por mais obsoleto e absurdo que seja) é mais determinante do comportamento dos cidadãos e do funcionamento das estruturas oficiais do que a atitude racional, inteligente e pragmática (eu chamar-lhe-ia *culta* de resolver os problemas. Paralelamente, a cultura dominante do que é considerado como sendo a nossa elite é de cariz literário e artístico e, recentemente, imbuída também de um novo-riquismo politiqueiro que invade tudo o que é meio de comunicação social. Para constatararmos esta situação basta, por exemplo, folhearmos qualquer jornal e imediatamente verificamos que, mesmo naqueles que se reclamam de jornais de cultura e de ideias, se escreve pouco, e frequentemente mal, sobre ciência como componente da cultura do cidadão. Neste último quartel do século XX é imperioso alterar esta situação o que exige o empenhamento concertado de todos os membros da comunidade científica nacional; creio que esta mesa redonda se insere nessa estratégia.

Ao abordar o tema proposto localizei-me essencialmente numa perspectiva do ensino da química a nível do secundário e, fundamentalmente, no que é ou deve ser ensinado até ao 9.º e, talvez, 10.º ano. E aqui temos de equacionar este tema: *todos* os alunos são cidadãos em formação mas só uma percentagem muito pequena virá a prosseguir o estudo da química e a usar primordialmente os conhecimentos desta disciplina na sua actividade profissional futura. É neste contexto que, para facilidade de abordagem do problema, podemos colocar as seguintes questões: **Que química deve ser ensinada? Como deve ser ensinada?** E, como corolário destas duas questões surge, naturalmente, a seguinte: **Como é que o ensino da química pode, e deve, contribuir para a formação do cidadão?** É sobre estas questões (obviamente interdependentes) que me debruçarei seguidamente, plenamente consciente de não ter para nenhuma delas soluções fáceis e definitivas que vos possa transmitir.

QUE QUÍMICA DEVE SER ENSINADA?

Por outras palavras, que deve o aluno ter aprendido ao terminar esta fase da sua escolaridade? Deve ter aprendido *factos* sobre as propriedades de

algumas substâncias naturais e sintéticas mais importantes na vivência quotidiana. Deve ter aprendido, tanto quanto possível em relação com as propriedades das substâncias, os princípios fundamentais de química, desde a constituição da matéria até à reactividade. Deve ter aprendido os rudimentos da linguagem própria da química assim como os fundamentos da metodologia do trabalho dos químicos.

Os conhecimentos adquiridos nesta fase devem fornecer uma base ao aluno que não vai continuar a estudar química para ter um percepção relativamente informada e inteligente dos inúmeros aspectos da química com que virá a ser confrontado na sua vida futura. Para o aluno que vai continuar a estudar química os conhecimentos adquiridos deverão constituir uma introdução útil sobre a qual poderão ser constituídos novos conhecimentos. Conciliar estes dois aspectos não é tarefa fácil mais creio que é uma tarefa possível e importante.

COMO DEVE A QUÍMICA SER ENSINADA?

Independentemente de qualquer outro aspecto, a química, como aliás qualquer outra disciplina, deve ser ensinada de uma forma *interessante* que *estimule* os alunos. Principalmente numa época de ensino massificado é nesta fase que se desperta ou aniquila no aluno o interesse por uma dada área do conhecimento: é indispensável que a escola e o que lá é ensinado não constitua um mundo paralelo e separado do mundo da vivência quotidiana. A escola deve contribuir para tornar a experiência individual mais completa e integrar o aluno, cidadão em formação, no mundo do real.

Apresentar os princípios da química de uma forma abstracta é impingir um produto já tridestilado, o que é árido para todos aqueles que ainda não foram contaminados pelo vírus do gosto por esta ciência. A actividade dos químicos, as suas descobertas, as aplicações industriais da química não foram feitas em "sistema fechado", fora do contexto de todos os aspectos culturais, sociais, económicos e políticos da vida da comunidade; e a ciência e a tecnologia são partes integrantes dessa vida. É nesta perspectiva que a química deve ser ensinada. Um aspecto complementar desta filosofia de ensino é que a propósito do ensino da química o professor tem de referir-se a muitos outros aspectos que são indispensáveis na formação do cidadão.

A proposta que estou a fazer implica um critério de exigência extremamente elevado; para além de possuir sólidos conhecimentos de química o professor tem de

* Texto aproximado da intervenção na mesa redonda sobre este tema no 8.º Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química, Braga, 1985.

^a Professor do IST, Secretário-Geral da SPQ.

ter uma boa cultura geral. Será que as universidades estão a formar este tipo de professor? Não creio que estejam e, por isso, continuo a insistir na necessidade de reformulação do ensino universitário pela responsabilidade que ele tem na formação inicial e em exercício dos professores do ensino secundário.

Como afirmei anteriormente não tenho soluções para os problemas que acabo de expor. Não creio que

se deva abordar esta situação começando por uma alteração de programas. Antes disso deveria aparecer um texto que apresentasse a química nos moldes que descrevo. Se o texto fosse bom teria impacto e a alteração dos programas aconteceria como consequência lógica. Se um bom texto aparecer a SPQ terá imenso gosto e prazer em publicá-lo. Quem o quer escrever? É o desafio que vos lanço como Secretário-Geral da SPQ.

Quátrum

EMPRESA NACIONAL DE QUÍMICA ORGÂNICA, S. A. R. L.

**MATÉRIAS-PRIMAS
PARA A INDÚSTRIA
FARMACÊUTICA**

SEDE: AV. JOÃO XXI, 10-6.º-Dt.º 1000 LIBOA •
TELS. 89 69 70-88 43 89-88 79 44 • TELEX 13335-QUATRO P
TELEG. QUADRATUM • APARTADO (P.O. BOX) 1952

FÁBRICA: LEZÍRIA DA QUINTINHA E AREIAS, 4 SACAVÉM

A Química e a Humanidade *

Carlos A. Lopes Vaz ^a

«All Science is a very human enterprise, coloured by our general ideas, changeable as any human activity must be, various in its possible forms, and a common part of the lives of all men.»

Warren Weaver

I

Uma breve exposição deste tema não poderá deixar de ser necessariamente limitativa e essencialmente generalista. Ao procurar essas limitações, haverá uma tendência imediata, ou para realçar predominantemente os aspectos da Química, correndo o risco de não se ultrapassar o domínio da divulgação científica e tecnológica, redundante para esta audiência, ou então para se dar uma maior ênfase aos aspectos humanos, na sua interligação como a Química, podendo assim tender-se para um domínio que ultrapassa o âmbito e os propósitos desta Associação.

Para obviar a esses extremos, mas sem os ignorar, limitamo-nos a apresentar alguns aspectos concretos onde a influência da Química na vida intelectual e material do Homem, é já uma realidade. O conhecimento da estrutura da matéria e a produção de bens assim como outros que, poderão vir a ter um impacto mais significativo na Humanidade — o desenvolvimento da Química nos processos dos organismos vivos e as ameaças que a própria Química pode apresentar para a vida.

O interesse da Química para o homem reside, essencialmente, na sua imensa importância prática. É através das análises e das sínteses que a Química consegue identificar e obter as diversas substâncias. Foi também através de processos de análise e síntese intelectivas que a Ciência Química se afirmou e se desenvolveu.

O interesse futuro da Química continuará a orientar-se predominantemente para a transformação e o controlo da Natureza pelo próprio homem, mas necessitará no seu processo evolutivo, de recorrer a novos aspectos do conhecimento dessa mesma Natureza, que lhe terão de ser transferidos e comunicados por outras ciências, como a Física, a Biologia e a Ciência do Ambiente.

Novas variáveis terão assim de ser contempladas e, conseqüentemente, sistemas mais complexos terão de ser abordados. Novas teorias e novas concepções terão de ser elaboradas, que transcendam as existentes, e que permitem, por uma atitude de espírito indutiva e dedutiva, abrangendo as diversas dimensões, encontrar, por parte do cientista, do técnico e do próprio cidadão, o progresso cadenciado e equilibrado da Química que

melhor sirva a Humanidade, libertando-a simultaneamente das influências que poderão ameaçar a sua destruição.

II

A imensa variedade de substâncias que constituem o mundo físico interfere e condiciona necessariamente, em muitos aspectos, a vida da Humanidade.

A transformação dessas substâncias operou-se através dos tempos, por condicionalismos das próprias forças da Natureza. Só ao fim de muitos e muitos anos, mercê de uma aplicação sistemática e progressiva de experimentações e raciocínios científicos, essas transformações vieram, progressivamente, a ser determinadas e controladas pelo próprio homem, no interesse da sua vida e na orientação das suas necessidades.

Os organismos vivos são eles próprios também constituídos por uma variedade de substâncias, onde, constantemente, se operam transformações que determinam a vida ou morte, e até o seu próprio comportamento.

O conhecimento e o controlo de todas essas transformações tem ocupado e continuará a ocupar o trabalho fundamental, árduo e fascinante, da Ciência Química e da arte da Química, entendida hoje, mais propriamente, como a indústria química.

Uma das primeiras dúvidas, de natureza química, que se apresentou ao homem, foi o conhecimento da estrutura da matéria que constitui o Universo físico e das mutações dessa mesma matéria. Perante a complexidade e variedade do mundo físico e das substâncias que o constituem, o espírito humano teve, naturalmente, uma dificuldade imediata de apreensão e compreensão das identidades e interligações dos diversos elementos dessa realidade, bem como das causas e processos que determinam e caracterizam as suas evoluções e transformações.

São, na realidade, mais imediatamente apreensíveis pelo entendimento humano, os fenómenos em que intervêm um número limitado de variáveis. São exemplo disso os fenómenos físicos que se exprimem, de forma clara, por um modo distinto de pensamento permitido pela ciência matemática, como são por exemplo a lei de Ohm da electricidade e a lei de Hook da deformação elástica. Dum modo geral, aí se situam, nesse sentido de apreensão mais imediata todos os fenómenos da Física, hoje designada por clássica, onde não intervêm escalas de espaço e de tempo infinitas relati-

* Comunicação apresentada no painel: *Química para Químicos e Química para cidadãos*, 8.º Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Química, Braga, Abril de 1985.

^a Petrogal, Direcção-Geral de Produtos Químicos.

vamente à dimensão da sensibilidade dos órgãos humanos de percepção.

O conhecimento actual e verdadeiramente científico da estrutura química da matéria e da sua transformação, data de há pouco mais de cem anos. Foi, essencialmente, o trabalho das três gerações que nos precederam:

- que conseguiu inventariar, classificar e sistematizar o conhecimento das diversas substâncias existentes na Natureza e a sua estrutura;
- que veio descobrindo progressivamente as simplificações que estão subjacentes a todos os sistemas complexos, como é o facto, hoje nada surpreendente para qualquer estudante de química, de que as diversas substâncias que existem ou que poderão ser produzidas, resultam da agregação e ordenação de um número limitado de átomos — menos de uma centena!
- que veio, progressivamente, estabelecendo, através de raciocínios indutivos, da criatividade de concepções e da sua verificação experimental e dedutiva, as leis e os princípios científicos dos fenómenos e das transformações químicas, sem os quais, o espírito humano se veria impossibilitado de desenvolver um trabalho sistematizado, rápido e seguro, e orientado, progressivamente, para objectivos mais definidos.

Sem procurar ser exaustivo na enumeração dos factos mais singulares e das pessoas que, durante as três últimas gerações, mais contribuíram para o conhecimento científico das estruturas e das transformações químicas, não poderemos deixar de apontar alguns exemplos mais representativos pela forma de trabalho intelectual e humano que lhes são inerentes.

Assim, o trabalho de Mendelief nos anos 70 do século passado, congregou uma simplificação e arrumação notáveis dos elementos da matéria. Foi conseguido por uma persistente análise e indução, e permitiu, simultaneamente, deduções lógicas e mais imediatas, que levaram à descoberta de novos elementos até então desconhecidos. Para além disso, a expressão assim simplificada e inteligível da realidade exterior, possibilitou a caracterização de várias propriedades qualitativas, por uma correspondência dos valores quantitativos, identificados pelos números de ordem seriados na arrumação lógica do quadro que desenvolveu, e que hoje constitui uma ferramenta básica do ensino e compreensão da Química.

A descoberta do electrão por Thompson nos finais do século passado, que, iniciando o caminho dos desenvolvimentos da física atómica e nuclear, que se processou nos princípios do século, permitiu romper e ultrapassar as concepções milenárias reinantes da indivisibilidade do átomo.

As teorias atómicas de Rutherford e Bohr, que nessa consequência se desenvolveram, vieram permitir à Ciência Química estabelecer novas concepções da ligação química dos elementos, que, distinguindo-se e transcendendo as anteriores, potenciaram, por essa razão, deduções e descobertas mais imediatas na área das transformações químicas.

Todas estas citações são aqui referenciadas como exemplo de qualidade e atitudes humanas e de metodologia de trabalho que caracterizam o comportamento científico, e que terão de concorrer, em simultâneo, para que o homem possa apreender e ultrapassar a

compreensão e orientação dos fenómenos da Natureza, no sentido de uma utilização adequada para melhor satisfação da sua vida.

Podem ser consideradas excepcionais as qualidades de inspiração e inteligência indutiva que levam à generalização das interpretações e das leis científicas, a maior parte das vezes leis de probabilidades e não de certezas, e por isso efémeras e insuficientes. Mas são absolutamente normais e comuns à maioria dos cidadãos, as outras qualidades e atitudes complementares — como a determinação, a dúvida, a persistência, o desenvolvimento progressivo e metódico de toda a experiência acumulada — que, constituindo os aspectos dominantes e seguros do comportamento científico, permitem a qualquer indivíduo a resolução prática dos grandes e pequenos problemas que tem de enfrentar, e o seu posicionamento e intervenção, perante os fenómenos da Química do Universo.

III

Na sua vida diária, os cidadãos estão cada vez mais dependentes dos produtos que se originaram através das transformações permitidas pela Química.

Quer se trate das suas necessidades básicas e essenciais, ou de um conforto e bem-estar mais exigentes, a Humanidade utiliza constantemente:

- os materiais mais diversos obtidos dos produtos naturais por processos químicos, ou aqueles que são inteiramente fabricados por síntese, e que são utilizados, quer nos edifícios e abrigos que constituem o envolvimento habitacional das populações, quer no vestuário que utiliza para se resguardar, quer nos veículos que necessita para as suas deslocações, quer ainda nos suportes e meios físicos utilizados nos diversos processos de comunicação;
- os produtos químicos que asseguram a produção dos alimentos que necessita — os adubos e pesticidas;
- os diversos produtos de consumo que permitem preservar a saúde e a higiene;
- os combustíveis — obtidos também por transformações químicas — necessários aos diversos processos de aquecimento e iluminação, à movimentação dos veículos de transporte e ao accionamento das diversas máquinas e mecanismos, nas mais diversas escalas, e para os mais distintos fins;
- uma diversidade crescente de produtos e formulações (desde colas e aditivos a catalisadores, produtos de acabamento, preservantes, etc.), que condicionam ou estimulam os mais diversos aspectos funcionais requeridos ao nível do consumo ou da produção.

No entanto, o conhecimento e a consciencialização destas realidades apenas focalizam os aspectos mais directos e mais imediatos e, de certa forma, mais secundários, daquilo que a Química, nos seus efeitos práticos, tem posto à disposição do homem e do enriquecimento da sua vida.

A montante de todos esses produtos enunciados, e que maior contacto directo têm com as populações, desenvolve-se todo um conjunto de transformações químicas primárias de que o utilizador final se não apercebe imediatamente, que constituem os marcos fundamentais, que permitiram desenvolver e estruturar, toda uma indústria química, que se ramifica numa di-

versidade de produções e de aplicações e se interliga numa série sequenciada de operações.

Durante os últimos cem anos o desenvolvimento de novos processos e novas produções químicas foi enorme. São de salientar, por exemplo, os principais produtos de síntese (plásticos, fibras sintéticas, produtos farmacêuticos e pesticidas), cuja inovação ocorreu basicamente, no período que se iniciou pouco antes da 2.^a Guerra Mundial até ao post-guerra. A expansão económica que caracterizou as décadas de 60 e 70 veio aproveitar toda esta inovação para uma produção industrial em massa.

A crise económica dos últimos anos, o aumento de preço da energia e das matérias-primas energéticas, bem como a ausência de inovações químicas relevantes durante as últimas três décadas, têm forçado a indústria a adaptar-se a novas configurações.

Continuam a existir populações carecidas de inúmeros bens, que só lhe poderão ser proporcionados pela indústria química, tal como hoje se situa, ao nível das suas potencialidades científicas e tecnológicas.

No entanto, as mutações que se detectam, apontam predominantemente, sem que se altere a realidade das situações existentes, que terão de ser realinhadas e adaptar-se a um crescimento mais lento, para o desenvolvimento de novos processos e para uma química substancialmente distinta, como será, por exemplo, a bioquímica.

IV

As investigações que ocorreram no domínio da Biologia desde o início deste século, e sobretudo nos anos 50, transformaram completamente a nossa maneira de pensar sobre o mundo vivo.

Disciplinas que até então eram estudadas e desenvolvidas separadamente, como a fisiologia celular, a genética, a bioquímica, a microbiologia, a virologia, fundiram-se numa disciplina comum — a biologia molecular.

A partir dela se procura, por uma visão mais generalizada dos fenómenos e das leis que eles permitem induzir, explorar as propriedades e os comportamentos dos seres vivos, pela estrutura e interacção das moléculas que os compõem.

O conhecimento da estrutura das principais macromoléculas biológicas — proteínas e ácidos nucleicos — a interpretação das suas funções em consequência das suas estruturas, o reconhecimento das suas vias de biosíntese, permitiu modificar completamente os nossos conhecimentos sobre a hereditariedade e os mecanismos celulares. O funcionamento da célula assemelha-se verdadeiramente ao de uma indústria química miniaturizada e automatizada, com uma eficiência que desafia os nossos próprios meios tecnológicos.

O interesse recente que as instituições de ensino, de investigação e económicas, têm anunciado relativamente às ciências da vida e às biotecnologias, permite-nos aperceber, que importantes inovações poderão vir a ocorrer nestes domínios, quer ao nível da investigação fundamental ou aplicada. Nessa linha de desenvolvimento surgirá naturalmente, com marcada prioridade, o homem, como objecto de estudo para o próprio homem, esperando-se que sejam abordados de uma nova maneira assuntos tão complexos como o funcionamento do cérebro, as deficiências genéticas e toda uma gama de doenças.

Para além disso, são também os campos da própria

indústria, da saúde pública, da farmacologia, da nutrição e da agronomia, que se preparam para se adaptarem e responderem aos desenvolvimentos permitidos por essas inovações.

V

A melhoria da qualidade e do nível de vida que se tem verificado nos últimos decénios nas regiões industrializadas é devida, em grande parte, ao incremento de consumo de produtos químicos e ao aumento da sua variedade, que a própria indústria tem disponibilizado, para beneficiar a agricultura, a saúde, a qualidade dos alimentos e, de uma maneira geral, a maioria dos produtos do consumo industrial e doméstico.

No entanto, a utilização e a produção maciça desses produtos, e também, dum modo geral, a concentração industrial exigida pelo desenvolvimento económico, começou já a acusar os seus riscos e os seus custos, pelas ameaças que tem apresentado para a saúde e segurança das populações e para a deterioração do meio ecológico.

O recente acidente de Bophal, com uma fuga de metilisocianato numa fábrica de pesticidas, que dizimou milhares de pessoas, alertou seriamente a opinião pública mundial e a própria indústria química.

São também muito recentes as divulgações que têm sido publicitadas sobre a destruição de florestas na Alemanha, como resultado da poluição, originada de zonas fortemente industrializadas, bem como acidentes e destruições várias, mais localizadas ou mais expandidas, que constantemente se têm verificado ou detectado nos últimos anos.

As instituições que, a nível nacional ou internacional, se ocupam do estabelecimento e fiscalização dos níveis de segurança e de poluição, intervêm muitas vezes «a posteriori», na sequência dos acidentes ocorridos, e quando impõem regulamentos apriorísticos, eles são algumas das vezes estabelecidos, em dissonância com as realidade e com as possibilidades concretas dos sistemas.

Não queremos com isto significar, que os desequilíbrios temporais, num sentido ou noutro, permitidos por estes desajustamentos, invalidem a justificação ou a necessidade deste tipo de intervenções, mas apenas que ele não é suficiente, e que são necessárias outras actuações e outras concepções, e que não sejam descuradas as metodologias que, através dos tempos, permitiram todo o desenvolvimento científico e o entendimento do homem e da Natureza pelo espírito humano.

O progresso e a evolução que ao longo dos milénios a Natureza imprimiu à sua própria matéria e à formação e desenvolvimento dos organismos vivos, foi um processo prosseguido por etapas sucessivas, envolvendo estabilidades intermediárias dos sistemas que, progressivamente, se foram tornando mais complexos.

Os átomos originaram moléculas, estas formaram bases que dirigiram a formação de amino-ácidos, que por sua vez formaram proteínas, e que evoluíram para a formação de células, progredindo assim, sucessivamente, etapa por etapa, cada uma delas estável, até que se formaram os seres mais simples e os mais complexos que hoje habitam o Universo.

As colisões nucleares que se processam nas estrelas vão originando a formação de elementos progressivamente mais pesados. A colisão de dois núcleos de hidrogénio pesado origina, por fusão, um núcleo de hélio; a colisão de 3 núcleos de hélio resulta num

núcleo de carbono, e assim progressivamente. Para além de uma certa dimensão, quando os elementos se tornam maiores e mais complexos, tendem a desintegrar-se num processo potencialmente explosivo.

Também o progresso e a evolução que o homem desenvolve na própria Natureza não pode deixar de atender aos mesmos princípios.

A probabilidade de estados desordenados, que Boltzman caracterizou na sua equação da entropia, aumenta com a complexidade dos sistemas; e as confi-

gurações mais elevadas só se originam a partir das unidades; estabilizadas, dos níveis inferiores.

No seu desafio constante para alterar a evolução normal da Natureza em seu proveito, não pode o homem alhear-se da responsabilidade que lhe cabe, de procurar, também, com a sua intervenção, e não apenas dos cientistas, mas de todo o cidadão comum, os estados estáveis e ordenados dos sistemas progressivamente mais complexos que vai criando, e que o seu desejo e determinação de progresso lhe impõem.



SOFOEQUIP

PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA A INDÚSTRIA E LABORATÓRIOS LDA

DINAMISMO - QUALIDADE - SERVIÇO

ESCOLHA - EFICIÊNCIA

*PEÇA-NOS A LISTA DAS NOSSAS REPRESENTADAS
ALGUMA LHE INTERESSARÁ!*

Estamos à distância do seu telefone...

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 12-1.º
TEL. 259 44 62

2625 PÓVOA ST.ª IRIA
TELEX 43926 DISO-P

A relevância da Química para o cidadão *

Mariana P. B. A. Pereira ^a

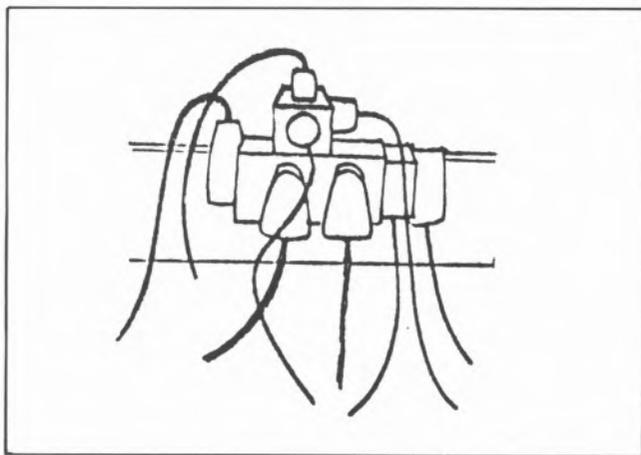


No final de Janeiro, ao ouvirem o último noticiário da TV, muitos cidadãos ficaram horrorizados com a notícia de uma explosão de gás na Escola de Cartaxo. Lembro-me das recomendações de meus Pais "Não se brinca com o fogo". Vemos em muitas paragens de autocarros um belo cartaz com indicações relativas ao uso de gás.

Algumas das aulas laboratoriais começam com uma iniciação aos cuidados a ter com o aquecimento, em especial com aquecimento a gás.

O facto consumado é que um acidente terrivelmente grave ocorreu numa escola. Desse acidente deve ter ficado para vários professores e alunos o alerta permanente para condições básicas de segurança, quer na Escola, quer em casa.

Como estão os tubos e as torneiras de gás?



* Intervenção realizada no painel "Química para Químicos, Química para cidadãos" (8.º Encontro Anual de Química, Universidade do Minho, Abril de 1985).

^a Departamento de Educação, FCL.

Como estão as tomadas de electricidade, as fichas, as fichas triplas, as ligações à terra?

Como proceder para que um fogo accidental não se propague?

Como tratar de queimaduras ligeiras que ocorram com um objecto sólido ou com um líquido quente ou corrosivo?

As questões sucedem-se.

Há cerca de dois meses num programa de televisão em que se pôs a questão "Diga nomes de elementos químicos", algumas das respostas foram dióxido de carbono, carbonato de cálcio, ácido sulfídrico, etc. Para nós, professores de Química, que logo nas primeiras aulas nos preocupamos a estabelecer com os alunos a distinção entre substâncias elementares e substâncias compostas, deve ter ficado a dúvida: a resposta dada por este cidadão será típica da resposta de outros cidadãos à mesma pergunta? Qual é a importância *relativa* que damos nas nossas aulas à distinção entre substâncias elementares e compostas e qual é a *relevância* que este tópico tem na formação em Química do cidadão?

E se a situação fosse outra?

No "Jornal" de 31 de Julho de 1981 apareceu em letras grandes

Na secção de armamento de "Science et Vie" (Outubro 1984) um artigo sobre a guerra bacteriológica classifica-a de 'horror total'. Mas o espanto é bem grande ao ler que o Professor Ovchinnikov será o grande especialista da genética aplicada à guerra biológica: um químico de renome mundial usa a Química como meio de trabalho para a guerra, em vez de procurar um caminho para a melhoria da vida e para a Paz.

Em face dos holocaustos previsíveis, não é de admirar que haja preparativos para os combater (The Guardian, 3 Sept 1981);

No Vietnam foi utilizado durante a guerra o denominado *agente laranja* que provocou deformações tristemente célebres.

As afecções provocadas por metilissocianato em Bhopal e, as provocadas pela dioxina em Seveso, afligiram muitos cidadãos, alguns dos quais se manifestaram abertamente.

O caso de envenenamento na baía de Minamata é menos recente mas não menos preocupante. Durante 1953, os habitantes de Minamata, uma cidade altamen-

Bomba de neutrões

Uma explosão na guerra

Chamam-lhe a "bomba limpa"...

Primeiro ouve-se, sente-se, o silvo característico da bomba a fender o ar. Depois, num instante, é o impacto, o enorme clarão e o estrondo. O calor, capaz de fundir instantaneamente o ferro, e o sopro brutal, arrasam então tudo numa área variável conforme a potência da bomba. Depois, é o silêncio entrecortado pelos gemidos das vítimas ou pelo ruir retardado de algum edifício. É assim que explode uma bomba convencional. Destrói e mata. A bomba de neutrões também destrói, mas, sobretudo, mata. Depois da sua explosão, o silêncio nunca poderia ser entrecortado pelos gemidos das vítimas. Mesmo lá longe, para além do limite das ruínas, reinaria o silêncio, mais completo e absoluto, o silêncio da ausência total de vida.

Guerra, explosão, bomba, são termos conhecidos do cidadão; mas... neutrões, o que são? O impacto das consequências descritas no extenso artigo suplantam, para muitos cidadãos, as poucas linhas em que se explica o princípio da mesma.

te industrial da ilha de Kyushu, no Sul do Japão, notaram que os gatos eram afectados por uma doença estranha: primeiro, andavam à roda mal se aguentando em pé, à medida que os músculos enfraqueciam; eventualmente ficavam paralisados e passavam por um es-



As radiações mortíferas penetram através das paredes das casas e, inclusivamente, das blindagens dos carros de combate



A explosão provoca poucos estragos nos edifícios e nas propriedades, permitindo o seu uso posterior



Liberta pouca radioactividade e as suas radiações não alcançam grandes distâncias, o que permite a deslocação quase imediata de tropas para a zona bombardeada



Pode disparar-se com a mesma precisão que um projectil de artilharia ou um míssil. Porém, a morte por contaminação neutromiônica pode ser lenta e dolorosa

No entanto, seria desejável que o leitor comum tivesse um espírito que lhe permitisse analisar a descrição feita do princípio da bomba, para melhor entender as consequências que ela provoca.

tado de coma seguido de morte. Infelizmente as entidades sanitárias não entenderam os sintomas de envenenamento dos animais. Em Dezembro do mesmo ano foi relatado o primeiro caso desta doença numa pes-

The Guardian, 3 Sept 1981

Swiss survival food to beat holocaust

from Ian Guest
in Geneva

Switzerland's preparations against the nuclear holocaust were further refined yesterday with the news that the huge multinational, Nestlé, has developed the world's first survival food—a glutinous, and by all accounts foul-tasting substance which is intended solely for use in the country's warren of bomb shelters.

The first consignments of the new food will start rolling today from Nestlé factories for delivery to local protection centres, where they will remain until the bombs start to

fall. Nestlé is preparing a first batch of 19.5 million daily rations, each of 50 grammes, which will be enough to feed the whole Swiss population for three days.

The food has been developed over 15 years of intermittent research. A Nestlé spokesman explained yesterday that it is nutritional and also that it provides roughly 1,600 calories a day—which is less than the daily consumption of a peasant in Bangladesh, but apparently all that is needed for someone who is cooped up for several days in a space of 2.5 cubic metres, which is allowed each person in a shelter by the

Swiss Government's handbook on civil protection.

There are two basic products. One, made of sugar, cocoa, cinnamon, and vanilla, is mixed with water for breakfast. The other is based on soya flour, with vegetable fat, yeast, and starch. It has the texture of porridge and (to judge from the expression of some journalists who tested it on television) is about as appetising as wet peat. It is capable of being stored for 10 years in controlled conditions and the first batch of rations will cost the Swiss Federal Government £10 million.

The substance has already

been tested on a group of students at Berne Hospital University who lived on it exclusively for two weeks without any apparent sign of abnormality. Equally reassuring was the reaction of a mixed group aged between nine and 60 who were fed the substance over a period of three days in actual shelters.

The food rounds off Switzerland's preparations against nuclear war, which are already among the most extensive in the world—even though the last war fought by the Swiss was in 1815. According to a Federal law, all new buildings are required to have bomb

shelters, over 90 per cent of the population has access to a shelter, and one of the biggest under a car park in Zurich even contains a morgue and prison cells.

Yesterday's news was greeted with derision by the Swiss Association of Groups for Peace which described the new survival food as "a huge hoax." It complained that this was simply a way of handing Nestlé a subsidy of £10 million, and suggested that the Swiss Government would be better engaged in trying to prevent the next war than anticipate its horrors.

Bhopal: Índia vai processar Estados Unidos

O GOVERNÒ indiano vai processar judicialmente os Estados Unidos em nome das vítimas do desastre de Bhopal, em Dezembro último, quando uma fuga de gás tóxico das instalações da multinacional norte-americana Union Carbide naquela localidade indiana matou dois milhares e meio de pessoas.

Por outro lado, vários advogados norte-americanos já apresentaram queixas contra a multinacional exigindo indemnizações num montante de centenas de milhões de dólares.

soa; durante a década seguinte 43 pessoas morreram e mais de 60 ficaram permanentemente incapacitadas. A doença afectava também outros animais domésticos que se alimentavam de peixe; ao examinar peixe e moluscos da baía detectou-se que continha 20 a 60 vezes mais mercúrio do que aquele que normalmente se acumula no mar. Foi proibida toda a actividade piscatória na baía e iniciou-se a procura da fonte de mercúrio, tendo-se detectado que provinha de uma fábrica de cloreto de polivinilo, em que os efluentes da fábrica iam para a baía de Minamata.



Manifestação em Hamburgo contra uma fábrica produtora de dioxina: os ecologistas capitalizam politicamente a irresponsabilidade do governo e das empresas oeste-alemãs

Embora nas experiências de laboratório se continue a utilizar mercúrio, os efeitos deste elemento e dos seus compostos não são referidos nos programas do ensino secundário.

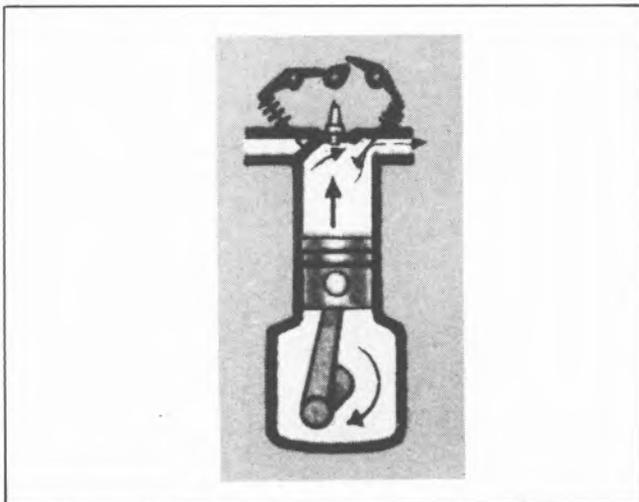
Após o inverno particularmente frio que atravessámos este ano, o cidadão comum deve ter ouvido falar de vários combustíveis — petróleo, diesel, carvão, gás butano e gás propano — sem ter que considerar de



imediate, como característica predominante, o facto de serem substâncias poluentes. Aliás, existem minas de carvão limpas.

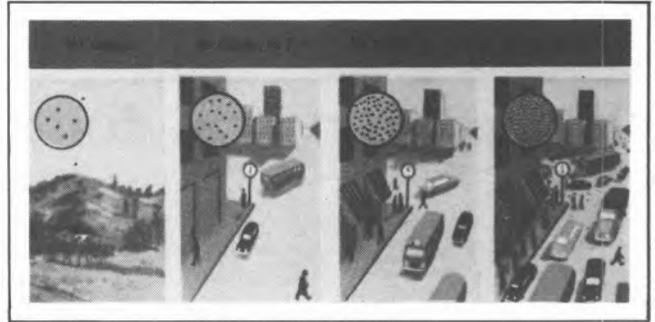


O crescente emprego dos motores térmicos, notavelmente em veículos, faz aumentar em muito a proporção de dióxido de carbono existente no ar. É importante que o cidadão comum saiba que amostras de ar recolhidas em vários locais — montanha, campo, ci-



dade — e a várias horas do dia, contêm diferentes números de bactérias, bem como de outros constituintes. Nas cidades onde há grande densidade populacional, o ar quente é carregado de gases nocivos e de micróbios.

O fumo e os gases contaminam o ar provocando muitas doenças e agravando uma série de outras. Um dos focos da poluição é o tubo de escape dos automóveis, donde se desprende muito monóxido de carbono. Assim, muitas cidades do Mundo executam planos de



controlo da poluição do ar e é importante que o cidadão os conheça. Uma das providências tomadas tem sido preparar gasolina sem chumbo, que protege igualmente o motor do automóvel.



Um outro aspecto da relevância da Química para o cidadão é o estudo de processos de conservação de alimentos. Um artigo refere que

Conservantes de alimentos preocupam americanos

É dada a informação da percentagem de pessoas que apresentam sensibilidade aos sulfitos e de alimentos que podem conter sulfitos. Além disso refere-se que os sulfitos têm uma função essencialmente estética, isto é, empregam-se para dar aos alimentos um aspecto fresco. A 'Food and Drug Administration' (E. U. A. N.) está a elaborar novas regras para a etiquetagem que obrigará a especificar os níveis a partir dos quais os sulfitos terão de ser identificados nas embalagens de alimentos.

Qualquer cidadão comum sabe que uma das utilidades do frigorífico é permitir que os alimentos não se deteriorem. No curso secundário o aluno estuda que um aumento de temperatura aumenta a velocidade de reacções químicas e sabe que, inversamente, o frio é importante na conservação de alimentos.

Em 1798, exploradores na Sibéria setentrional, famintos e mal protegidos para o frio intenso, abrigavam-se na tenda. De repente, o latido dos cães levou-os ao ar livre. Os animais exaltados cavavam furiosamente, até que apareceu o corpo enorme de um mamute congelado, do qual cozinham e comeram um bife de milhares de anos, perfeitamente conservado. Após



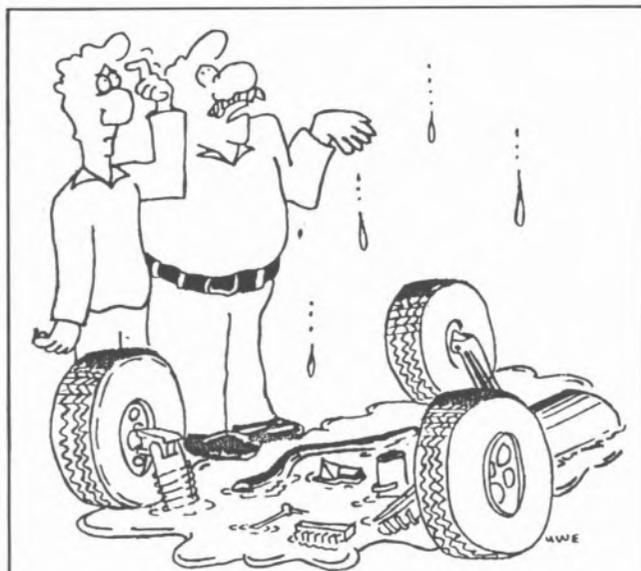
esta cena real, os homens têm constantemente explorado vários métodos de refrigeração, num dos quais se utiliza 'gelo seco', que em 1923 já era utilizado nos Estados Unidos da América do Norte, para fins industriais. É importante que o cidadão saiba que o gelo seco não é gelo no sentido comum do termo; este, não funde, sublima a -78°C , não deixa resíduos nem humidade e, pode ser tocado por pouco tempo sem perigo, porque o produto que sublima, por ser mau condutor do calor, forma uma camada isolante entre a substância e a pele. O gelo seco é importante para a conservação dos alimentos porque, para além das características referidas anteriormente, tem propriedades anti-sépticas, que ajudam a conservar os alimentos.

Haverá outras preocupações que a Química levante ao cidadão?

Noutro artigo (de "A Capital"), pretende-se alertar os consumidores para o uso de desodorizantes nas casas de banho. Os desodorizantes de sanita que foram

analisados, além de não eliminarem os cheiros nem dispensarem uma boa lavagem da sanita, não são suficientemente desinfectantes e a substância que os constitui é dificilmente biodegradável sendo, pois, inconvenientes para o ambiente.

A poluição de origem química nos monumentos e florestas afectadas pelas chuvas ácidas parece estar a acelerar o devastamento ecológico.



ACID RAIN AND OTHER INTERNATIONAL PROBLEMS:
HOW TO ASSESS THE RISK, AND WHAT SHOULD BE DONE



CONSUMIDOR PREVENIDO

Por TERESA MARIA SANTA-CLARA
Da Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor (DECO)

DESODORIZANTES

DEVEM OU NÃO USAR-SE NAS CASAS DE BANHO?

Para que possamos respirar a poeira atmosférica é purificada, isto é, é preciso que perca as substâncias e os microorganismos que são prejudiciais à saúde do corpo. É necessário que o cidadão saiba que a primeira defesa contra aquelas impurezas está nas narinas, onde os pêlos aí existentes retêm a poeira, purificam e humedecem o ar, sendo o calor proporcionado pelos vasos sanguíneos e a humidade proveniente das glândulas lacrimais.

O petróleo que polui a água e o 'smog' que atormenta os olhos, são produtos químicos. Todo o nosso corpo, por assim dizer, é um laboratório de Química.

A Química faz parte da nossa cultura, da nossa vida quotidiana. Os medicamentos, os polímeros, as pinturas, os produtos farmacêuticos têm todos alguma coisa em comum: uma estrutura química.

A Química é uma ciência viva que representa uma parte activa da investigação que ajuda a resolver os

BONS ARES DÃO SAÚDE MELHOR

Suspensas no ar, existem de modo geral inúmeras partículas formando o que se chama *poeira atmosférica*. Para que a gente possa respirar, é necessário que esse ar fique purificado — ou seja, perca as substâncias e os microrganismos que são tão prejudiciais à saúde do corpo humano.



A primeira defesa do organismo contra aquelas impurezas está nas narinas. As *vibrissas* (os pêlos ali existentes) retêm a poeira suspensa no ar. Nas narinas, o ar é ainda aquecido e umedecido. Esse trabalho se realiza na mucosa que recobre as fossas nasais: o calor é proporcionado pelos vasos sanguíneos que ali circulam; a umidade provém da secreção que chega das glândulas lacrimais. Assim tratado, o ar que vai aos pulmões não pode causar danos: está filtrado, esterilizado, com o calor e a umidade necessários. Quando respiramos pela boca o ar chega impuro aos pulmões, ameaçando nossa saúde.

É evidente que não se pode ignorar a Química porque ela não nos ignora. A exposição de posters "A Química a seu lado" em exibição no sector de Educação do Encontro de Química de 1984 ilustrou convenientemente que na nossa sociedade estamos rodeados de produtos químicos. O vestuário que se usa, os alimentos que se comem são produtos químicos. As aspirinas e outros medicamentos são produtos químicos; alguns, não convenientemente testados, podem ter consequências desastrosas.

problemas actuais. As reacções químicas produzem-se continuamente à nossa volta e é necessário compreender os problemas quotidianos que nós enfrentamos e aqueles com que o nosso ambiente se debate. Devemos ter como meta que os alunos desenvolvam a curiosidade, ponham questões, discutam os problemas quotidianos e tenham referências temporais relativamente às descobertas e produtos criados pelos químicos. Mas, acima de tudo, tomem conhecimento dos compostos do nosso universo e da importância da sua vivência nesse universo, de modo a que seja melhor e mais feliz.

A Química é muitas vezes descrita como uma ciência experimental que trata da transformação dos elementos e das suas propriedades. A Química, tal como os químicos a vivem, ajuda-nos a compreender o Mundo em toda a sua complexidade desenvolvendo uma estrutura lógica de raciocínio e um método de trabalho sólido, utensílios indispensáveis neste mundo altamente científico e tecnológico.

A Química, estudada num contexto cultural, social e económico ajudará grandemente e servirá de ferramenta útil em qualquer estudo de ciências.

Será que aqueles alunos que não têm intenção de seguir uma carreira de Química a vêem como qualquer coisa que só diz respeito aos químicos? Ou, pelo contrário, será que esperam impacientemente pelo dia em que o professor os leva a trabalhar no laboratório da escola? Qual é a reacção final dos alunos a quem durante dois anos do curso unificado não lhes foi dada a possibilidade de experimentarem um pouco do trabalho dos químicos nem lhes foi mostrado que a Química faz parte da vida deles, que vivem no final do século XX?

Espera-se que um aluno que não segue uma carreira de Química seja um simples espectador? Ou espera-se que ele desenvolva ideias pessoais?

Pretende-se que um aluno ignore os problemas que ameaçam a sociedade de hoje? Ou pretende-se que

saúde

Medicamentos: uma pílula pode esconder a morte

Todo o Terceiro Mundo é o palco preferido das drogas de acção duvidosa, distribuídas pelas multinacionais. E até nos países em via de desenvolvimento, como é o caso de Portugal, as centrais mundiais dos remédios chegam a controlar 80 % dos mercados.

o aluno fique com capacidades desenvolvidas para resolver estes problemas?

Podemos controlar a crise energética, e a que preço?

A nossas necessidades de energia e o nosso desejo de um meio de qualidade são compatíveis? Como é que os problemas de energia e do meio ambiente afetam a nossa vida?

Como cidadãos compete-nos examinar esta espécie de problemas. Quanto melhor forem reconhecidos estes problemas, mais inteligente será a resposta. Nos nossos dias é útil conhecer os produtos sintéticos e os aditivos, os fosfatos e os glúcidos, bem como o seu uso.

Somos capazes de impedir o ferro (das carrocerias dos automóveis, por exemplo) de enferrujar?

Somos capazes de produzir um remédio que trate o cancro? Um remédio que trate a depressão?

Somos capazes de preparar combustíveis que não sejam poluentes?

Apesar de aspectos negativos aqui mencionados, está nas mãos dos cidadãos o controlo dos acontecimentos. É da responsabilidade dos professores de Química referir aos alunos que estão rodeados de fenómenos químicos. É certo que há causas químicas que originam perturbações nefastas. Mas há estudos conducentes a que se neutralizem essas reacções; esses estudos são postos em execução quando há vontade política e vontade da direcção das empresas para o fazer.

O universo existe há vários milhares de anos. A vida do Homem na Terra existe há alguns milhares de anos e, a vida do Homem veio acompanhada de um livro em branco sem indicações do que se deveria e do que não se deveria fazer.

A vida de cada um de nós é um curto intervalo de tempo comparado com o tempo de existência do universo e, corresponde a uma página do livro no qual escrevemos a história do Homem na Terra. É a cada um de nós, químicos e não químicos, que compete a responsabilidade do que se escrever na página do livro, correspondente à sua curta passagem pela Terra.

Haverá esperança para o cidadão de hoje e para o de amanhã? Está nas mãos dos cidadãos o controlo dos acontecimentos.

Bibliografia

Araújo, R. & Capinha, A. (16 de Outubro de 1982). Medicamentos: uma pílula pode esconder a morte. *Expresso*, 18R-19R.

Bomba de neutrões — uma explosão na guerra das superpotências. (31 de Julho de 1981). *O Jornal*, 21-21.

Bons ares dão melhor saúde (1967). *Conhecer*, 2(29), 480-481.

Brody, J. (26 de Dezembro de 1984). Conservantes de alimentos preocupam americanos. *Diário de Notícias*. 31-33.

Callagan, J., Garrod, A. & Godwin, J. [1979]. Oil pollution. R S P C A .

Castro, P. V. (7 de Julho de 1984). Poluição, a catástrofe ecológica. *O Jornal*, 43R-50R.

Chemistry all around us. (July 1982). Report of a seminar. Norwich: University of East Anglia.

Chemistry films at the 1985 Meeting of The Association for Science Education.

Direcção Geral de Energia (s/d). Campanha de segurança na utilização de combustíveis gasosos.

Gardner, M. (1980) in Huheyey, J. *Diversité et Periodicité*. Montréal: Études Vivantes

Garforth, F. (July 1982). International seminar on Chemical Education. Norwich: University of East Anglia.

Gelo seco (1967). *Conhecer*, 3 (34), 576-577.

Gervais, R. (1980). in Huheyey, J. *Diversité et Periodicité*. Montréal: Études Vivantes.

Guest, I. (5 September 1981). Swiss survival food to beat holocaust. *The Guardian*.

Hill, G. & Holman, J. (1978). *Chemistry in context*. Surbury-on-Thames: Nelson.

IUPAC (1981). *Chemistry International*, 1, 3-5.

McKnight, D. & Coldam, M. (1975). *Chemistry in context*. London: Hutchinson Educational.

A mina de carvão limpa (s/d). 23-26.

Motores a combustão (1976). *Conhecer*. 2 (17), 278-281.

O óleo de pedra (1976). *Conhecer*. 2 (17) 278-281.

Ortoli, S. (Octobre 1984). Le quatrième cavalier de l'Apocalypse. *Science et Vie*, 84-91, 166-168, 170, 172, 174, 176-177.

Parker, S., ed. (1980). *Encyclopedia of environmental Science*. New York: McGraw Hill.

Perina, I. (1982). Popularization of chemistry through ecological topics. *Journal of Chemical Education*, 59, 1016-1017.

Santa-Clara, T. (s/d). Consumidor prevenido-desodorizantes. *A Capital*.

Scientists play a leading role in forming high-technology industries. (1982). *Chemistry International*. 4, 1-2.

Vitz, E. (1979). The ambit of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 56, 327-328.

Antologia Química Portuguesa

A. Amorim Costa ^a

Afinidades quiescentes versus afinidades divelentes

Vicente Coelho de Seabra

Da Afinidade.

§. 16. A acção reciproca que exercem os corpos huns sobre os outros he devída a huma lei geral da materia, pela qual todos tendem a unir-se huns com os outros com maior, ou menor força, segundo a natureza particular de cada hum; esta lei he aquella, que os Chemicos chamaõ *Afinidade*, e segundo me parece não he diferente da *Attracção*: porém sim esta mesma, como diz Buffon, obrando ou nas massas grandes, ou nos seus *elementos*, ou *corpos muito pequenos*; onde toma o nome de *Afinidade*. Ora como a attracção no ponto do contacto deve obrar sómente na razão da superficie atrahente (porque neste caso a distancia he nenhuma,

ma, e os elementos são iguaes): bem se vê, que ella deve variar conforme a variedade das superficies. Ella pois não tem lugar se não entre os *elementos*, ou *corpos muito pequenos*. Esta lei admiravel, de que dependem todos os fenomenos da Natureza, & da Chémica, póde existir entre corpos da mesma, ou de diferente natureza: entre estes chama-se *Afinidade de composição*, entre aquelles de *agregação*.

Da Afinidade de Agregação.

§. 17 A Afinidade de Agregação he aquella pela qual os corpos da mesma natureza se unem, e formão hum todo com as mesmas propriedades, que tinhaõ dantes, crescendo sómente de massa, e volume. Sirvaõ de exemplo tres corpos *a, a, a*, que unindo-se em razão desta lei, formão hum todo *3a*, que tem as mesmas propriedades, que dantes, e sómente augmentou de volume, e de massa. O grão desta afinidade he conhecido pela adherencia, ou força, que estas particulas oppoem á sua desunião, ou desagregação. Ora como da maior, ou menor adherencia, ou força, com que estas particulas se unem entre si; pende a maior, ou menor solidez dos corpos; he claro, que deve haver tantos grãos diferentes desta afinidade, quantos são os diferentes grãos de adherencia das particulas do corpo mais solido até á das do corpo mais fluido; ou aeriforme: mas em geral podem-se reduzir a quatro: *Aggregação solida*, que pertence aos corpos solidos, ou duros, como as pedras, e muitos metaes, &c. *Aggregação molle*, que pertence aos corpos molles,

como a cera &c. *Aggregação fluida*, como a da agoa, e Mercurio, &c. emfim *Aggregação aeriforme*, como a do ar, e em geral a das substancias aeriformes. B 2 Da

Da Afinidade de Composição.

§. 18. A lei pela qual dous corpos *a*, e *b* de diferente natureza se unem intimamente, resultando desta combinação hum novo corpo *ab* composto de *a*, e *b*, he aquella, que se chama *Afinidade de composição*: esta lei não differe da precedente, se não por ser entre corpos de diversa natureza: mas para que tenha lugar são precisas as condições seguintes: 1. Que entre os corpos combinantes haja manifestamente esta lei; ha corpos que pela arte não se unem, se não por meio de outros, como a agoa com o oleo: 2. Que hum delles ao menos esteja no estado fluido: os corpos solidos não se combinão: 3. Que aquelles que se houverem de unir sejaõ de diferente natureza; se forem da mesma não haverá se não afinidade de agregação: ella póde ter lugar entre dous, tres, quatro, e mais corpos todos diversos.

§. 19. Quando ha *Afinidade de composição* succedem constantemente os fenomenos seguintes: 1. ha mudança de temperatura no tempo da combinação; nós daremos a razão deste fenomeno, quando tratarmos do calor. 2. o composto adquire sempre novas propriedades, e diferentes daquellas, que tinha cada hum dos corpos antes de se unirem: as vezes toma propriedades inteiramente contrarias. 3. Quanto mais destruida está a afinidade de agregação das substancias combinantes, tanto mais de preza se executa a afinidade de composição. 4. Que todos os corpos não tem entre si a mesma força, ou grão de afinidade; logo sómente por meio da observação poderemos determinar o grão desta força entre as diferentes substancias.

§. 20. O grão de força desta afinidade mede-se pela

pela difficuldade que se experimenta em descombinar os corpos combinados. Esta decomposição faz-se por meio de outros corpos que tenhaõ mais afinidade com algum dos combinados, do que aquella que estes tinhaõ entre si: a pratica sómente nos póde ensinar quaes são aquelles corpos. A afinidade de composição se divide em *Simple*, de *Intermedio*, *Elecliva*, *Dobrada*, e *Reciproca*.

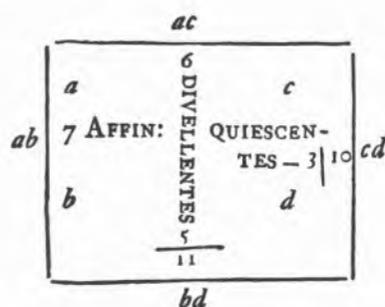
^a Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.

§. 21. A *Affinidade de composição simples* he quando dous, tres, quatro, ou mais corpos diferentes se combinaõ, e formaõ pela sua uniaõ hum novo composto.

§. 22. A *Affinidade de Intermedio*, he quando não havendo entre os corpos, que se quer unir, huma *affinidade manifesta*, servimo-nos d'hum terceiro corpo que tenha *affinidade* com os primeiros; e assim se combinaõ os tres entre si formando hum novo composto: por exemplo, se quizessemos combinar o corpo *a* com *b*, e se entre estes dous não houvesse *affinidade manifesta*; procuraríamos hum terceiro *c*, que tivesse *affinidade* com os dous primeiros; e misturando-se todos, teríamos huma combinaçaõ, donde resultaria hum novo corpo composto dos tres *ac b*: entaõ dizemos que a *affinidade*, ou a combinaçaõ de *a* com *b*, se fez por intermedio do corpo *c*.

§. 23. Se a hum composto *ab* dos dous corpos *a*, e *b* juntarmos hum terceiro *c*, com o qual o corpo *b* tenha mais *affinidade*, do que com o corpo *a*; he claro, que *b* deixará o corpo *a*, e se combinará com *c* formando hum novo composto *bc*. Esta especie de escolha, que o corpo *b* teve para deixar *a*, e combinar-se com *c* he, que se chama *Affinidade Electiva*. Por esta se fazem quasi todas as composicoens, e decomposicoens tanto naturaes, como chemicas, ou artificiaes. §. 24.

§. 24. A *Affinidade dobrada* he quando hum composto *ab* dos dous corpos *a*, e *b*, não pôde ser decomposto por hum terceiro *c*, nem por hum quarto *d* separadamente, mas unindose-lhe hum composto *cd* do terceiro, e quarto corpo: ha logo huma decomposiçaõ mutua. Para concebermos como succede este fenomeno, representaremos estes compostos deste modo.



A *affinidade* que une o corpo *a* com *b*, que supponmos igual a 7, e a que une o corpo *c* com *d*, que supponmos igual a 3, chamaõ-se *affinidades quiescentes*: a que tende a unir o corpo *a* com *c*, que supponmos igual a 6, e a que tende a unir *b* com *d*, que supponmos igual a 5, chamaõ-se *affinidades divellentes*. Isto posto he claro, que estando o corpo *a* combinado com *b* com huma força igual a 7, não poderá o composto *ab* decompor-se nem pelo corpo *c* que tem com *a* sómente 6 de força de *affinidade*, nem pelo corpo *d*, que tem com *b* sómente 5 de *affinidade*; mas se ao composto *ab* unirmos juntamente o corpo *c*, e *d*, isto he o composto *cd*; entaõ como a somma 11 das forças, com que *c* tende a combinar-se com *a*; e *d* com *b* he maior,

do que a força 7, que une *a* com *b*, haverá duas decomposicoens, huma do composto *ab*, e outra

do composto *cd*; e *a* se combinará com *c* formando o novo composto *ac*; e *b* se combinará com *d* formando outro novo composto *bd*. Eis aqui o que he *affinidade dobrada*; mas he de advertir, que ella não pôde ter lugar, se não quando a somma das *affinidades divellentes* for maior, do que a somma das *affinidades quiescentes*. Vejaõ-se as *Memorias Chemicas de Fourcroy* (1. vol. pag. 308 — e 438.)

§. 25. A *Affinidade reciproca* he quando hum composto *ab* he de composto por hum terceiro corpo *c*, que tinha maior *affinidade* com hum dos dous componentes, por exemplo *b*; formando hum novo composto *bc*, e deixando *a* livre; mas depois de feita a decomposiçaõ, o corpo *a* faz-se novo componente de *bc*, e torna-se a combinar com *b*, reproduzindo o antigo composto *ab*; hauendo repetidas vezes este jogo reciproco. Mas he de notar que o composto *bc* não pode ser decomposto por *a*, senão por alguã circunstantia, que faça, com que *a* tenha com *b* mais *affinidade*, que *c*: o que muitas vezes acontece pelo calor, privaçaõ, ou accesso do ar, e phlogisticaçaõ &c. Em todas estas *affinidades* ha sempre decomposiçaõ, e composiçaõ ao mesmo tempo.

Vicente Coelho de Seabra, *Elementos de Chimica**, (Coimbra, Real Officina da Universidade, 1788), § 16-25, pp. 10-15.

NOTA BIOGRÁFICA

Vicente Coelho de Seabra era natural de Vila Rica, capitania de Minas Gerais, no Brasil, onde nasceu em 1764. Graduou-se na Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra, em 1791, tendo sido logo nomeado demonstrador de Química e Metalurgia do Laboratório Químico da mesma Faculdade. Ainda como estudante, publicou um tratado de química intitulado *Elementos de Chimica*, oferecido à Sociedade Literária do Rio de Janeiro para uso do Curso de Química. É o primeiro tratado de química em português. Publicado em dois volumes, o primeiro data de 1788, um ano antes do *Tratado de Química* de Lavoisier (1); o segundo data de 1790.

Além de várias memórias sobre problemas de saúde pública e agricultura, em Portugal, escreveu ainda:

— *Dissertação sobre o calor* (Coimbra, Real Imprensa da Universidade, 1788);

— *Dissertação sobre a fermentação em geral e suas espécies* (Coimbra, Real Imprensa da Universidade, 1792);

— *Nomenclatura chimica portugueza, franceza e latina; a que se junta o systema de caracteres adaptados a esta Nomenclatura por Hassenfratz e Adet* (Lisboa, Officina do Arco do Cego; 1801).

Morreu em março de 1804, quando não contava ainda 40 anos (2).

(1) A.L. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie*, Paris, 1789.

(2) Bibliografia: — J.A. Simões de Carvalho, *Memória Historica da Faculdade de Philosophia* (Coimbra, Imprensa da Universidade, 1872); A.J. Andrade Gouveia, *Memórias da Acad. das Sci. de Lisboa*, vol. XXI (1976/77) pp. 7-35.

(*) Esta obra foi recentemente editada em reprodução fac-similada (edição do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 1985).

Dificuldades na aprendizagem de um primeiro curso de Química Orgânica: A síntese orgânica *

Maria Rosa Gomez Anton, ^a
Consuelo Boticario ^a

INTRODUÇÃO

Os estudantes que frequentam pela primeira vez a cadeira de Química Orgânica no currículo da licenciatura em Ciências Químicas encontram, como maior dificuldade na sua aprendizagem, a aplicação correcta da reactividade dos diferentes grupos funcionais com vista à obtenção de um determinado composto, isto é o projectar dos conhecimentos adquiridos na síntese orgânica.

Esta conclusão advém da análise dos resultados obtidos nas provas de avaliação de conhecimentos a que foram submetidos os estudantes de Química Orgânica da Universidade Nacional de Educação à Distância (U. N. E. D.).

A informação obtida com os alunos da U. N. E. D. reflecte plenamente a realidade, tendo em conta a característica muito especial que possui, como estudante, o aluno de uma Universidade à distância. O facto de estudarem sozinhos nas suas casas sem ajuda directa (salvo raras excepções) de um professor que lhes oriente os primeiros passos neste campo ou colaboração de colegas com quem possam discutir ou trocar informação, como sucede na Universidade tradicional, define mais claramente qual o aspecto da Química Orgânica que apresenta maior dificuldade de compreensão para tais alunos.

Estes utilizam como elementos de estudo Unidades Didácticas totalmente autosuficientes do ponto de vista da exposição teórica do seu conteúdo, nas quais se inclui ainda, em cada capítulo, uma série de exercícios práticos devidamente resolvidos e comentados que lhes permitem, pela sua resolução, autoavaliar o grau de aprendizagem adquirido. As informações teórica e prática são ambas completadas com uma bibliografia adicional.

As provas de avaliação de conhecimentos a que os alunos são submetidos duas vezes por ano, numa época normal (Fevereiro e Junho) e numa época especial no mês de Setembro, englobam todos os aspectos da Química Orgânica. Devem, assim, conter:

- uma pergunta de tipo teórico (A)
- uma pergunta sobre síntese orgânica, constituída por cinco alíneas (B)
- uma pergunta sobre reactividade funcional, constituída por cinco alíneas (C)
- um problema de identificação de vários compostos interrelacionados por reacções diferentes, em cuja resolução se segue a técnica do "puzzle" (D)

A título de exemplo transcrevem-se dois modelos de exercícios propostos (Fevereiro e Junho) cujo con-

teúdo coincide com o grau de avanço dos temas que constituem o programa completo da cadeira. Não se transcrevem as questões propostas na época especial, dada a analogia com as apresentadas.

CHAMADA DE FEVEREIRO. 1.^a PARTE

- (A) Coloque, por ordem crescente de estabilidade, os seguintes carbocatiões: n-propilo, isopropilo, benzilo, p-metoxibenzilo e alilo. *Justifique* a sua resposta.
- (B) Proponha uma via de síntese para os seguintes compostos:
- 1) 4-metilpenteno-(2), a partir do propeno
 - 2) 4-hidroxipenteno-(2), a partir do propeno

CHAMADA DE FEVEREIRO. 1.^a PARTE

- (A) Coloque, por ordem crescente de estabilidade, os seguintes carbocatiões: n-propilo, isopropilo, benzilo, p-metoxibenzilo e alilo. *Justifique* a sua resposta.
- (B) Proponha uma via de síntese para os seguintes compostos:
- 1) 4-metilpenteno-(2), a partir do propeno
 - 2) 4-hidroxipenteno-(2), a partir do propeno
 - 3) 4-vinilciclo-hexeno, a partir do acetileno
 - 4) m-hidroxianilina, a partir do benzeno
 - 5) ácido p-aminobenzóico, a partir do tolueno.
- (C) Indique a natureza dos produtos obtidos nas seguintes reacções:
- 1) 3R-bromopenteno-(1) com ácido bromídrico
 - 2) (Z)-buteno-(2) com permanganato de potássio diluído, a frio
 - 3) ciclo-hexeno com diazometano
 - 4) ciclopentadieno com cloreto de vinilo
 - 5) ozonólise, em condições reductoras, do produto obtido em 4).
- (D) Não se transcreve, devido à extensão do texto. Trata-se do modelo clássico "um composto A (fórmula molecular) reage com outro composto B (fórmula molecular) dando C, cuja oxidação...".

† Trabalho apresentado no 6.º Encontro Anual da SPQ, que teve lugar em Coimbra em Setembro de 1983. Tradução de Maria Matilde Marques.

^a Dpto de Química General Y Macromoléculas, Facultad de Ciencias, U. N. E. D., Ciudad Universitaria s/r, MADRID-3, ESPAÑA.

Por vezes, como complemento do problema, pede-se o projecto de síntese de algum dos compostos mencionados.

CHAMADA DE JUNHO. 2.^a PARTE

- (A) Explique detalhadamente como poderia determinar inequivocamente se a formação do álcool s-butílico, a partir do 2-bromobutano, decorre por via uni ou bimolecular.
- (B) Proponha uma via de síntese para os seguintes compostos:
- 1) 2,3-epoxibutano, a partir do acetileno
 - 2) 2-metilpropiofenona, a partir do benzeno e do propeno
 - 3) n-propilamina, a partir do ácido butírico
 - 4) 3-metilpentanol-(3), a partir do etileno
 - 5) N-metilacetamida, a partir do isobuteno
- (C) Indique a natureza dos produtos obtidos nas seguintes reacções:
- 1) 1,2-epoxipropano com metilamina
 - 2) acetaldeído e benzaldeído em meio alcalino
 - 3) brometo de benzilo e p-bromofenol em meio alcalino
 - 4) brometo de fenilmagnésio com óxido de etileno
 - 5) m-cloroanilina com nitrito de sódio e ácido clorídrico.
- (D) Problema (Não se transcreve, devido à sua extensão).

RESULTADOS

Os resultados obtidos pelos alunos durante o ano académico de 1981-82 estão patentes na tabela seguinte, na qual se indica em termos percentuais o número de alunos que respondeu correctamente a cada uma das questões.

CHAMADA	FEVEREIRO	JUNHO	SETEMBRO
PERGUNTA			
A	42.10	68.30	42.43
B	28.07	13.51	27.02
C	36.42	12.03	43.14
D	55.08	64.32	70.27

A maior dificuldade encontrada pelos alunos acha-se no *planeamento da síntese orgânica*. Como dado quantitativo parcial, de entre os resultados do conjunto, o seu significado não seria mais que anedótico. No entanto, dada a importância da Síntese Orgânica no contexto da Química Orgânica, os dados obtidos são muito graves. Qualquer que seja o caminho profissional que o estudante venha a seguir no futuro, seja no campo industrial ou, sobretudo, no da investigação, é fundamental que domine o planeamento da síntese de compostos. Consideramos necessário insistir neste tema desde o início do estudo da Química Orgânica.

Foi elaborada uma série de indicações complementares de grande simplicidade, que ajudem o aluno a ad-

quirir uma visão de conjunto da problemática que envolve a síntese de um composto.

Em primeiro lugar mostra-se que a filosofia da síntese está na obtenção da substância procurada com o maior rendimento possível, pelo que se deve rejeitar qualquer método sintético que dê lugar a produtos de reacção secundários, e com um custo mínimo, tanto económico como de tempo utilizado para o conseguir. Não nos ocupamos nesta disciplina do primeiro aspecto mas sim do segundo. Devem procurar-se as soluções mais imediatas que for possível para obter o composto desejado a partir dos reagentes disponíveis. Assim, de entre várias alternativas sintéticas será escolhida aquela que se desenvolver com menos número de passos intermédios.

Depois deste esclarecimento, indica-se a estratégia a seguir:

1 — Escrevem-se as fórmulas do composto de partida (P) e do composto que se vai sintetizar (Q), separados por uma seta no sentido do desenvolvimento da reacção.

2 — Analisa-se o esqueleto hidrocarbonado de ambos os compostos, procurando relações entre o número de átomos de carbono de um e outro, linearidade, ramificações, ...

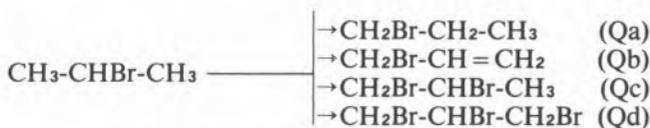
3 — Analisa-se a diferença de funcionalidade entre ambos os compostos.

4 — Neste momento deve começar-se a esboçar uma linha de actuação:

4a — Se o número de átomos de carbono de P coincide com o de Q, o problema reduz-se a modificar a funcionalidade de P até obter a de Q.

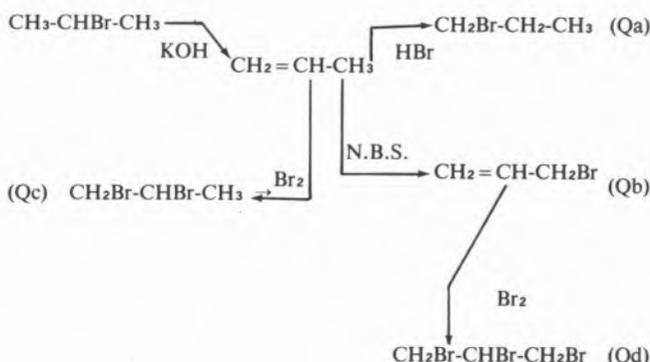
Vejamos um exemplo:

Sintetizar separadamente 1-bromopropano, 1,2-dibromopropano, 1,2,3-tribromopropano, e 3-bromopropeno a partir de 2-bromopropano (P).



Recorda-se, aos alunos que têm a tentação de propor a síntese de Qc e Qd por reacção directa do composto P com o bromo, que a halogenação de alcanos decorre por via radicalar, dando lugar a misturas de compostos de separação laboriosa e de que se obtém a substância procurada com rendimentos baixos.

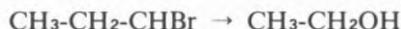
A síntese de todos os produtos indica-se no esquema seguinte.



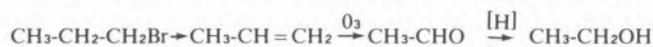
4b — O número de átomos de carbono de P não coincide com o de Q.

4.b.1 — Se o número de átomos de carbono de Q é menor que o de P, o problema reduz-se a fragmentar P numa posição que origine o fragmento de átomos de carbono adequado para a estrutura de Q e, depois, a funcionalizar Q devidamente. Os métodos mais usuais de fragmentação de cadeias são oxidações, ozonólise, descarboxilação, etc.

Como conseguir esta transformação?



Tendo em conta as indicações anteriores faríamos:



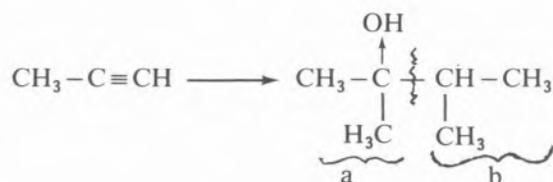
4.b.2 — Se o número de átomos de carbono de Q é maior que o de P:

4.b.2.a — N.º de átomos de carbono de Q = n × N.º de átomos de carbono de P (n = 2, 3, etc.)

Analisa-se a relação entre a estrutura e a funcionalidade de ambas as moléculas. Fragmenta-se mentalmente a molécula Q, em grupos coincidentes com o número de átomos de carbono de P, decidindo se:

1 — deve manter-se o grupo funcional inicial de P, fazendo esta molécula reagir consigo própria (reação de Wurtz, condensação aldólica, etc.) ou se

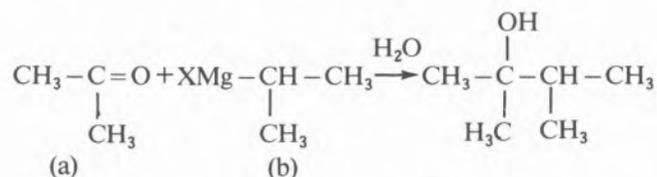
2 — deve modificar-se o grupo funcional inicial, fazendo a molécula reagir com ou através de produtos modificados. Exemplo: sintetizar o 2,3-dimetilbutanol-(2) a partir do propino.



Fragmentamos mentalmente a molécula pela ligação C₂-C₃ (observe-se, aliás, que C₂ está funcionalizado. Trata-se de uma posição apropriada para efectuar ligações C-C). Resultam dois fragmentos, a e b, de três átomos de carbono cada um, tal como P.

O átomo de carbono 2, pelo qual se efectuou a ligação, possui a função álcool que pode ter sido originada mediante uma síntese de Grignard com um composto de magnésio, também de três átomos de carbono, por sua vez derivado de P.

Reconstruindo os factos temos:

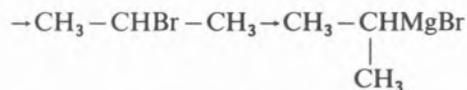


O problema deslocou-se agora para o caso 4a, síntese dos fragmentos a e b a partir de P.

a — Síntese de uma cetona a partir de um alcino — Adição de água em meio ácido, em presença de sais mercúrios.



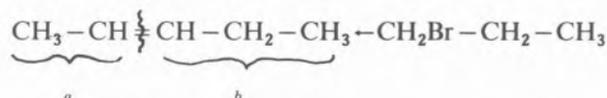
b — Síntese de um composto de Grignard a partir de um alcino — através do derivado mono-halogenado e sua posterior reacção com magnésio. Por sua vez, o derivado mono-halogenado obtém-se a partir da olefina resultante da redução parcial do alcino.



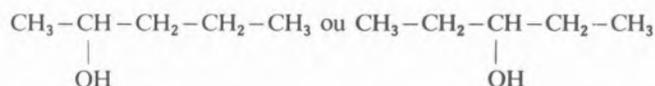
4.b.2.b — Se N.º de átomos de carbono de Q ≠ n N.º de átomos de carbono de P (n = 2, 3, ... etc.), temos duas alternativas diferentes: que a síntese de Q se faça a partir de um único composto inicial (P) ou que possa utilizar-se P com qualquer outro composto orgânico.

Esta última alternativa é muito simples.

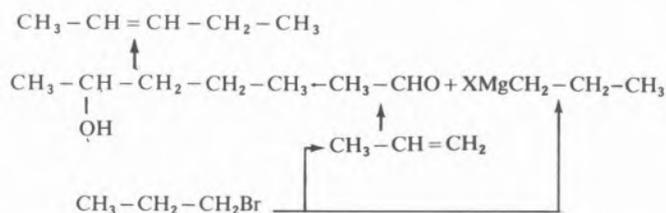
Basta procurar as moléculas de funcionalidade adequada para obter Q. Vejamos um exemplo da primeira: Obtenção de penteno-(2) a partir de 1-bromopropano como único composto orgânico.



Fragmentamos mentalmente a molécula pela ligação dupla. Aparecem dois fragmentos, a e b. A ligação dupla pôde formar-se por desidratação ou desidrohalogenação, sendo a primeira mais provável.



Qual dos dois alcoóis é o precursor de Q? Os alcoóis provêm de um composto carbonílico por reacção de Grignard, sendo mais provável que se trate do primeiro. Com efeito, o composto carbonílico que o originou — acetaldeído — provêm de uma fragmentação, por ozonólise, do propeno, por sua vez derivado de P por desidrohalogenação. Reconstituindo o processo:



Uma vez que os alunos sabem como modificar o esqueleto hidrocarbonado seguindo as orientações anteriores, presume-se que a obtenção de funcionalidade adequada do composto Q não terá para eles grande dificuldade.

A Formação do Professor de Química do Ensino Terciário

Ana M. N. Simões e
Raquel M. C. Gonçalves^a

A maior parte dos cursos do ensino terciário está, hoje em dia, essencialmente organizada em dois ramos diferentes: o científico-tecnológico e o educacional. O objectivo principal do ramo científico-tecnológico consiste na formação de técnicos e investigadores, enquanto que, o do ramo educacional, na formação de professores do ensino secundário.

O professor do ensino terciário é seleccionado, geralmente, de entre os alunos melhor classificados do ramo científico-tecnológico, o que significa que não teve preparação específica do ponto de vista educacional. No entanto, o facto do professor do terciário ser, em regra, simultaneamente, um investigador, exerce uma influência positiva no processo ensino-aprendizagem: o aprofundar do conhecimento num campo específico melhora a capacidade de análise de outros assuntos.

Dependendo a carreira do professor do ensino terciário, quase exclusivamente, do seu curriculum científico, é natural que dedique todo o seu tempo disponível à investigação científica.

Hoje em dia, no entanto, alguma coisa está a mudar: há, na universidade, cada vez mais professores sensibilizados com os objectivos pedagógicos, interessados em partilhar as suas experiências educacionais e preocupados com a ausência de uma formação profissional adequada.

Analisando o ensino da Química a nível universitário, verificamos que, para além de um elevado nível científico, outros objectivos educacionais devem também ser atingidos, no sentido de solucionar os problemas acima referidos. Assim, a formação universitária de um Químico deverá incluir:

1 — A Dimensão Histórica e Cultural da Química

A "História da Química" deve permitir ao futuro professor tomar consciência da evolução dos conceitos, da importância dos trabalhos laboratoriais e, principalmente, da metodologia adequada a cada conteúdo programático.

Uma introdução histórica, pequena mas cuidadosamente preparada, motiva os alunos para o tema em estudo e prepara-os para compreenderem, com maior facilidade, a evolução de modelos e teorias. O professor deve preocupar-se com o estudo das condições de aplicabilidade e das limitações de modelos e teorias, para que os alunos deixem de fazer perguntas tais como:

"Porque devo aprender o modelo atómico de Bohr se já foi ultrapassado?"

"Porque devo aprender o modelo quântico do átomo se não vai ser o definitivo?"

2 — A Dialéctica Teoria-Experiência

O "pensamento teórico" é mais importante do que a "prática experimental". A escala de valores implícita nesta afirmação, tradicional no século passado, ainda vigora na maioria das nossas escolas universitárias. No entanto, se as aulas teóricas e experimentais forem planeadas em conjunto pelo Professor e pelos Assistentes, se o Professor tiver pelo menos uma turma prática e se o Assistente leccionar um assunto particular nas aulas teóricas, a desigualdade entre teoria e experiência poderá ser finalmente eliminada.

3 — A Realidade Industrial

Uma vez que é estabelecido anualmente um número máximo de admissões na Universidade, apenas uma parte dos alunos do 12.º ano tem acesso ao ensino terciário.

O número de alunos admitidos em cada curso é função exclusiva da capacidade dos edifícios escolares, o que traduz a ausência de interacção Indústria-Universidade.

Os estágios na indústria são raros e resultam, quase sempre, de contactos a nível pessoal. No entanto, tanto a Universidade como a Indústria sentem necessidade de uma maior interpenetração; os programas de ensino deveriam ter sempre presente a realidade industrial nacional e regional e os números *clausus reflectiriam* um desejável progresso da Indústria.

4 — A Formação Psicológica-Pedagógica-Didáctica

O estudo da Psicologia, Pedagogia e Didáctica deve ser incluído no curriculum do estudante de Química, sem que seja afectado, contudo, o seu nível científico sob o ponto de vista químico.

A formação psicológica contribuirá, desde logo, para um melhor entendimento professor-aluno, e permitirá, ao futuro licenciado, uma melhor compreensão das relações humanas.

A formação pedagógica e didáctica terá uma influência positiva no aluno, pois permitir-lhe-á, mais facilmente, verificar se os objectivos propostos estão a ser atingidos, e ajudá-lo-á a encontrar os processos adequados para esse fim.

O processo ensino-aprendizagem teria, sem dúvida, um progresso evidente se o aluno do ensino terciário "aprendesse a ensinar".

^a CECUL, Calçada Bento da Rocha Cabral, 14, 1200 LISBOA.

O professor do ensino terciário, apenas na sua intuição pessoal, encontra as respostas que julga mais adequadas para os problemas pedagógicos com que se depara.

Uma das suas preocupações fundamentais deve ser o enquadramento dos conteúdos das disciplinas que lecciona, nos conhecimentos anteriormente adquiridos pelos alunos.

No ensino secundário, os conceitos são apenas abordados com auxílio de exemplos simples, uma vez que o pensamento abstracto ainda se encontra pouco desenvolvido. É no ensino terciário que vai ser possível aprofundar teorias e adquirir novos conceitos.

Os objectivos comportamentais poderão ser avaliados no decorrer das aulas laboratoriais enquanto que os cognitivos serão melhor avaliados através de testes escritos. A elaboração de testes deverá ser cuidadosa e de acordo com critérios rigorosos. A sua análise deverá ser feita de um modo não subjectivo, o que conduzirá a uma classificação, de cada aluno, não influenciada pelo nível global da turma. É desejável que esta avaliação seja feita de um processo contínuo e formativo, de modo que a classificação final reflecta a melhoria progressiva na aquisição, compreensão e aplicação dos conhecimentos.

A formação pedagógica dos actuais professores do ensino terciário poderia obter-se através de cursos periódicos, de curta duração, orientados por quem "aprendeu a ensinar", e já vão existindo alguns no nosso país.

AVALIAÇÃO NO ENSINO SECUNDÁRIO: UMA PROPOSTA DE DEBATE

A avaliação no ensino secundário sofreu nos últimos anos profundas alterações em todos os níveis. Assim, foram extintos os exames para os alunos internos e foi por diversas vezes alterado o regime de acesso ao ensino superior. Estas alterações nunca foram submetidas a qualquer debate e avaliação sistemática, por razões que se prendem, provavelmente, com a elevada "velocidade" de substituição das equipas responsáveis do Ministério da Educação.

Já vai sendo altura de se fazer uma reflexão sobre tais alterações. Resultaram um benefício para o ensino? Ou, pelo contrário, os seus efeitos negativos são maiores que os positivos? Que características deve apresentar um "bom" sistema de acesso ao ensino superior? Qual deve ser o papel das Universidades na selecção dos seus alunos? Etc., etc...

É este o tema que propomos para debate nas páginas deste Boletim. As contribuições devem ser remetidas ao Director do Boletim e não devem ser excessivamente extensas (tipicamente 3 a 6 páginas dactilografadas).

Ficamos à espera das vossas contribuições.

MERCK

Spectroquant®

Sistema: Fotómetro e Reagentes



Testes rápidos para a determinação de: amónio, cálcio, cloreto, cromo, cianeto, ferro, hidrazina, hidrogenossulfureto, cobre, manganês, níquel, nitrato, nitrito, fósforo, silício e sulfato, etc.

em: águas de todos os tipos, géneros alimentícios, solos, materiais biológicos e lígias.

Testes prontos a serem utilizados e longa estabilidade.

O sistema garante uma elevada selectividade, reduzindo ao mínimo o custo das análises.

A calibração do aparelho faz-se em segundos mediante a cuveta de calibração. Não são necessários quaisquer ajustes.

Apresentação digital dos resultados das análises.

É favor pedir folhetos.

Merck Portuguesa, Limitada
Rua Miguel Lupi, 12 — 1200 Lisboa
Tel. 67 70 24 — Telex 16112 MPLLIS P

Divisão Químicos

Representantes de:
E. MERCK, Darmstadt/R.F.A.
Dynamit Nobel AG, Troisdorf, R.F.A.
Eppendorf Gerätebau Netheler +
Hinz GmbH, Hamburg R.F.A.

As Olimpíadas da Química

Mariana P. B. A. Pereira ^a

Desde 1982 que se realiza em Portugal uma actividade extra-escolar de particular relevância, a Olimpíada da Química, com o objectivo de estimular o interesse pela Química através da competição entre alunos do ensino secundário e de criar uma oportunidade para troca de experiências e materiais entre professores de diferentes escolas.

De acordo com o regulamento competem equipas de 4 elementos, que escolhem nome e capitão e se apresentam acompanhadas por um professor, existindo três níveis:

- I — alunos do 11.º ano de Quimicotecnia e/ou 12.º ano, com menos de 19 anos;
- II — alunos do 10.º ano de Quimicotecnia, com menos de 18 anos;
- III — alunos do 10.º ano e/ou 11.º ano, ou 1.º e/ou 2.º anos complementares, que não sejam da formação vocacional Quimicotecnia, com menos de 18 anos. (Os limites de idade referem-se a 31 de Dezembro do ano lectivo correspondente).

A Olimpíada de Química decorre em 3 etapas, a saber:

Seleção inicial, realizada nas escolas, em que é apurada uma equipa por nível por escola;

Semifinal, realizada pelas delegações Norte, Centro e Sul da SPQ, em que é apurada uma equipa por nível por delegação;

Final, à escala nacional, em que é vencedora uma equipa por nível.

Em 1983, 1984 e 1985 incluiu-se a final nas actividades do sector de Educação do Encontro Anual da SPQ.

As provas classificativas são: escritas, de dois tipos (teórica e criativa) e laboratoriais, podendo realizar-se provas orais.

Existem ainda provas não classificativas, a apresentar facultativamente pelos participantes, como por exemplo, palavras cruzadas, jogos, representações teatrais, experiências, etc., sobre temas de Química.

As actividades a apresentar pelos professores acompanhantes são facultativas, sugerindo-se exploração de experiências, programação em computador, discussão de questões metodológicas, elaboração de critérios de classificação, análise de provas de avaliação, promoção de actividades extra-curriculares, etc., sobre temas de Química.

A 12 de Abril de 1985 realizou-se a final da Olimpíada de Química — com despesas pagas pela SPQ — com os seguintes resultados:

Nível I:

- 1.º — “Os fotões” — Escola Secundário António Nobre, Porto
- 2.º — “Os₄ BeBeS” — Escola Secundária de Queluz
- 3.º — “Os Alquimistas” — Escola Secundária de Castelo Branco

Nível II:

- 1.º — “Piromaniacos” — Escola Secundária n.º 2, Vila Nova de Gaia
- 2.º — “Os Inertes” — Escola Secundária S. Julião, Setúbal
- 3.º — “Halogénios” — Escola Secundária de Viseu

Nível III:

- 1.º — “A mistura” — Escola Secundária n.º 2, Montemor-o-Velho
- 2.º — “Os Delfins” — Escola Secundária da Amadora
- 3.º — “Os Alquimistas” — Escola Secundária de Paços de Ferreira

Mini-Olimpíada de Química 1985

Em reunião das Divisões de Educação realizada em Outubro de 1984 decidiu-se instituir uma Mini-Olimpíada de Química para alunos do 8.º e 9.º anos, com os mesmos objectivos da Olimpíada de Química, e com dois níveis:

- A — para alunos do 9.º ano, com menos de 16 anos
- B — para alunos do 8.º ano, com menos de 15 anos

(Os limites de idade referem-se a 31 de Dezembro do ano lectivo correspondente).

Realiza-se em duas etapas:

Seleção inicial, a decorrer nas escolas, onde é apurada uma equipa por nível por escola;

Final regional, a decorrer nas delegações Norte, Centro e Sul da SPQ, em que é vencedora por delegação uma equipa por nível.

As provas classificativas, não classificativas e as actividades para professores têm características análogas às referidas anteriormente para a Olimpíada.

^a Departamento de Educação, Faculdade de Ciências de Lisboa.

Para as escolas da Zona Sul foram enviadas oportunamente o resumo do regulamento e fichas de inscrição.

Zona Sul: Olimpíada de Química e Mini Olimpíada de Química, 1985-1986

Na Zona Sul estabeleceu-se o costume de formar uma comissão para a realização da Olimpíada e Mini Olimpíada de Química, constituída por professores de uma escola dispostos a preparar e a montar as provas respectivas. Sem esta comissão não se poderá dar continuidade a esta iniciativa. Assim, solicita-se aos Colegas que manifestem o seu interesse e disponibilidade, escrevendo para a SPQ, Zona Sul, Divisão de Educação, Avenida da República, 37, 4.º, 1000 Lisboa.

Olimpíada Internacional de Química (OIC)

A Olimpíada de Química, a nível nacional em diferentes países iniciou-se há vários anos, e, nalguns destes países são organizados cursos especiais e emitidos livros para os alunos participantes.

Em 1968 realizou-se a 1.ª Olimpíada Internacional de Química em Praga, com a participação de 3 países, Checoslováquia, Hungria e Polónia. As seguintes OIC realizaram-se na Polónia, Hungria, Rússia, Bulgária, Roménia, Hungria, República Democrática Alemã. Em 1977, em Bratislava, Checoslováquia, participaram 12

países. Nos anos seguintes as OIC realizaram-se na Polónia, Finlândia, Áustria, Finlândia, Suécia. Em 1984 realizou-se em Frankfurt, na República Federal Alemã e, pela primeira vez, participaram representantes dos Estados Unidos da América do Norte. Em 1985 realizou-se-á em Bratislava.

As Olimpíadas Internacionais de Química realizam-se no final do ano escolar, habitualmente em Julho, num dos países participantes. Os apoios para a organização vêm do Ministério da Educação do país respectivo, organizações de juventude, sociedades de Química e da indústria química. A deslocação dos participantes é a cargo dos próprios; todas as despesas ligadas à estadia dos participantes e à montagem das provas estão a cargo do país organizador.

O país organizador tem que preparar provas pelo menos em 4 versões: inglês, francês, alemão e russo. De modo a que se estabeleçam as mesmas condições para todos os alunos antes da organização da OIC preparam-se problemas que são semelhantes aos da competição, o que possibilita que se atenuem diferenças de curricula dos diferentes países.

A Olimpíada Internacional de Química comporta duas provas: uma prova teórica que dura 4 a 5 horas e, após um dia de descanso, uma prova laboratorial que dura cerca de 4 horas. Como também se realizam excursões e visitas de estudo, a Olimpíada Internacional de Química tem uma duração aproximada de oito dias.

Terminologia, Símbolos e Convenções *

Maria Estela Jardim ^a, Mariana P. Pereira ^b

QUANTIDADE DE SUBSTÂNCIA E MOLE

A grandeza fundamental independente *quantidade de substância* tem uma importância especial para os químicos, mas até muito recentemente não tinha um nome aceite na generalidade, apesar de ser utilizada a unidade mole. A definição de quantidade de substância, tal como a definição de outras grandezas físicas não tem nada a ver com qualquer escolha de unidades, em particular não tem nada a ver com a mole.

Mole — a mole é a quantidade de substância de um sistema que contenha tantas entidades elementares quantos os átomos de carbono contidos em 0,12 quilogramas de carbono-12. As entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, iões, electrões, outras partículas ou grupos especificados de partículas.

É incorrecto chamar a *n* “número de moles”, tal como é incorrecto chamar a *m* “número de quilogramas” ou a *l* “número de metros”, pois *n*, *m* e *l* são símbolos de grandezas e não são números. É correcto afirmar “ $n(\text{Cl})=0,1$ mol, em que $n(\text{Cl})$ significa a quantidade de Cl^\ominus ”; contudo, é incorrecto dizer “ $n(\text{Cl})$, o número de moles de cloro”.

A quantidade de substâncias *não* é o mesmo que a massa. A quantidade de uma substância e a sua massa, ao contrário do volume, por exemplo, têm em comum a propriedade de serem independentes da temperatura e da pressão. A quantidade de uma dada substância é proporcional à sua massa.

A quantidade de substância é proporcional ao número de entidades elementares dessa substância. O factor de proporcionalidade é o mesmo para todas as substâncias e o seu inverso é a *constante de Avogadro* (símbolo *L*, N_A)⁽¹⁾ igual a $(6,022\ 045 \pm 0,000\ 031) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. A designação número de Avogadro não deve ser utilizada; a constante de Avogadro é uma grandeza física com dimensões de

$$(\text{quantidade de substância})^{-1},$$

não é um número puro e representa o número de entidades elementares por unidade de quantidade de substância. As unidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, iões, radicais, electrões, grupos de partículas que tenham ou não existência real autónoma, ou misturas.

Exemplos:

- 1 mol de átomos de cloro tem a massa de 35,453 g e contém $6,002 \times 10^{23}$ átomos
- 1 mol de moléculas de cloro tem a massa de 70,906 g
- 1 mol de HgCl tem a massa de 236,04 g
- 1 mol de Hg_2Cl_2 tem a massa de 472,08 g
- 1 mol de Hg^+ tem a massa de 200,59 g

- 1 mol de Hg_2^{2+} tem a massa de 401,18 g
- 1 mol de $\frac{1}{2} \text{Hg}_2^{2+}$ tem a massa de 200,59 g
- 1 mol de CH_3^\bullet tem a massa de 15,03 g
- 1 mol de $\text{Cu}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}$ tem a massa de 64,46 g
- 1 mol de electrões tem a massa de 548,60 μg , contém $6,022 \times 10^{23}$ electrões e tem carga de $-96,49 \text{ kC}$
- 1 mol de fotões cuja frequência é $1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ tem a energia de 39,90 kJ
- 1 mol de $\text{NaCl}(s)$ tem a massa de 58,443 g
- 1 mol de ar, mistura que contém 78,09 mol por cento de N_2 , 20,95 mol por cento de O_2 , 0,93 mol por cento de Ar, e 0,03 mol por cento de CO_2 , tem a massa de 28,964 g

Termos como átomo-grama, molécula-grama, equivalente, equivalente-grama, ião-grama e fórmula-grama caíram em desuso.

Exemplos:

não deve dizer-se	deve dizer-se
1 átomo-grama de He	1 mole de He
1 molécula-grama de H_2SO_4	1 mole de H_2SO_4
1 equivalente de H_2SO_4	1 mole de $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$
1 ião-grama de SO_4^{2-}	1 mole de SO_4^{2-}
1 fórmula-grama de ZnS	1 mole de ZnS
1 faraday	1 mole de e
1 einstein	12 mole de γ

BIBLIOGRAFIA

- ASE. (1979). *Chemical nomenclature, symbols and terminology*. Hatfield, Herts: The Association for Science Education.
- IUPAC. (1982). *Chemistry International — Special Supplement*. Oxford: Pergamon Press.
- IUPAC. (1979). *Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units*. Oxford: Pergamon Press.
- Jardim, M. E. & Pereira, M. P. *Terminologia, símbolos e unidades para grandezas físico-químicas do sistema internacional de unidades*, Edição da Sociedade Portuguesa de Química e da Livraria Escolar Editora, Lisboa (1985).
- McGlashan, M. L. (1971). *Physicochemical quantities and units*. Monographs for teachers, n.º 15, London: Royal Institute of Chemistry.

* Neste texto apresentam-se indicações actualizadas sobre terminologia, símbolos e convenções. Na sequência de artigos publicados nos números 12 (pp. 16-17) e 15 (pp. 36-37) inclui-se neste número uma contribuição para o esclarecimento da definição da grandeza físico-química fundamental quantidade de substância e exemplos do emprego da unidade respectiva, designada por mole.

^a Dep. Química, Faculdade de Ciências de Lisboa.

^b Dep. Educação, Faculdade de Ciências de Lisboa.

(1) L. de Loschmidt, que em 1865 determinou o valor desta constante por estudos de teoria cinética de gases.

CROMATOGRAFIA (G. C.) ?

(Capilar, do Ambiente, "Process", etc.)

ANÁLISES ELEMENTARES (CHN-S-O) ?

ANÁLISES DE AMINO-ÁCIDOS ?

**LABORATÓRIO COMPLETO
PARA ANÁLISE DE MICROESTRUTURAS ?**

POROSÍMETROS ?

ANÁLISES DE ÁREAS ESPECÍFICAS ?

CARBONO EM ÁGUAS ?

CARBONO TOTAL NO AR ?

ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS ?

ANÁLISES CLÍNICAS (DENSITÓMETRO) ?

ANÁLISES DE AZOTO ?

ANÁLISES EM FLUXO CONTÍNUO ?

(Colorimetria)

CONTACTE-NOS:

**CARLO ERBA
STRUMENTAZIONE**

FARMITALIA CARLO ERBA SUBSIDIARY  **MONTEDISON GROUP**



Distribuidor exclusivo em Portugal:

DIAS DE SOUSA LDA

Quinta da Piedade, Lote 12, 1.º D • 2625 PÓVOA STA. IRIA • Tel.: 2594615 • TELEX: 43926 DISO-P

Os livros

É óbvio o interesse da inclusão no Boletim de uma rubrica contendo resenhas críticas de livros ou publicações no domínio da Química, quer de interesse lato quer de interesse mais restrito, voltados para problemas do ensino (secundário e superior) e da educação em Química, da Indústria, da relação Química/Sociedade, etc... Iniciamos aqui uma experiência nesse sentido. Precisamos no futuro da colaboração dos químicos de todos os azimutes, que nos deverão dar sugestões relativas aos seus domínios específicos e eventualmente enviar críticas já elaboradas acerca de livros cuja divulgação e crítica considerem interessante. Precisamos também da colaboração dos editores e dos livreiros através do envio de exemplares de edição recente de livros de Química, em língua portuguesa ou estrangeira.

O "bias" do professor e a "Química-Física" de P. Atkins

É possível classificar as disciplinas de qualquer curso universitário com base no grau de profundidade e na extensão dos seus programas. Uma disciplina "geral" é, via de regra, introduzida nos primeiros anos do curso e tem como objectivo dar ao aluno uma visão moderna, global e equilibrada de uma certa área do conhecimento. Uma disciplina "especializada" tem necessariamente que tratar um número de assuntos restrito, mas com grande profundidade e actualidade.

Quando várias universidades oferecem cursos análogos, as diferenças principais entre os currículos situam-se ao nível do último grupo de disciplinas referido. É natural, e até salutar, que uma dada instituição, que possui tradições de investigação numa determinada área, possa reflectir, sem exageros, essa actividade, na docência pré-graduada. Pelo contrário, uma disciplina geral não pode ser um espelho do domínio científico dos seus docentes, sob pena de se distorcer a perspectiva global, que se pretende equilibrada. Talvez seja esta a principal razão por que a organização de uma disciplina geral é mais difícil que a de uma disciplina especializada: para um docente universitário é extremamente árduo esquecer as suas preocupações científicas quando ensina. Por exemplo, num curso de Química ou de Engenharia Química, se a disciplina for Química-Física e o professor trabalhar na área da Cinética, é quase certo que dará ênfase a este assunto, cortando uma ou duas aulitas de Mecânica Quântica... e vice-versa.

Dizia-me, há tempos, um amigo, que uma maneira de fugir ao problema anterior seria pedir a um Quími-

co Orgânico ou Inorgânico para dar o curso de Química-Física. O seu soberbo desprezo (!) e a sua confessada ignorância (?) sobre o assunto garantiriam que alguns tópicos não fossem excessivamente desenvolvidos, em detrimento de outros. Não contestando a eficácia da solução (que é, aliás, praticada nalgumas universidades), parece-me que infelizmente poucos docentes aceitam de bom grado dar um curso cujo conteúdo se afasta apreciavelmente da sua área científica. Assim, julgo que a única alternativa é manter o especialista e "amarrá-lo" a um programa considerado conveniente. Ora as únicas formas de "amarrar" o responsável são (1) obrigá-lo a escrever ou a adoptar um texto e (2) obrigá-lo a cumprir esse texto. Atendendo a que a escrita de um texto de grande qualidade exige, entre outras coisas, anos de trabalho dedicado e actualizações frequentes, a hipótese mais viável é, nos casos em que abundam bons livros sobre o assunto em causa, a de escolher um deles.

O arrazoado anterior conduziu a que o problema da selecção de um livro que baseasse o programa das cadeiras semestrais de Química-Física I e II do Instituto Superior Técnico fosse recentemente encarado. A escolha recaiu sobre a última edição da obra "Physical Chemistry", de Peter Atkins, editada pela Oxford University Press [1]. É sobre o critério que presidiu a essa escolha que passarei a falar.

Sendo a Termodinâmica um dos domínios mais importantes da área da Química-Física, é natural que qualquer livro com pretensões de generalidade reflecta esse facto. Não é, pois, de espantar que mais de 30% do texto de P. Atkins seja dedicado ao estudo daquele assunto (Parte 1: "Equilíbrio"). Percentagens idênticas, ou mesmo superiores, podem ser observadas noutras obras [2-5]. Esta opção põe, *a priori*, um problema. Em cursos, como o do IST, em que a Termodinâmica constitui uma disciplina diferenciada (dois semestres de Termodinâmica Química e um de Previsão de Propriedades), o grau de desenvolvimento desta matéria é necessariamente superior ao oferecido por qualquer livro geral de Química-Física. Assim, a escolha de um texto deste tipo poderá implicar a amputação de mais de 1/3 do seu conteúdo. Por outro lado, a adopção de um livro exclusivamente sobre Termodinâmica Química acarretaria um agravamento substancial das despesas dos alunos. Ora é precisamente este um dos pontos positivos da obra de P. Atkins, em particular da sua edição de 1984. O conteúdo, a estrutura e o grau de profundidade da Parte 1 são perfeitamente adequados para um curso introdutório (semestral) de Termodinâmica Química. Mais: com alguns desenvolvimentos pontuais (exemplos: Princípio dos Estados Correspondentes, regra de Lewis-Randall, equação de Antoine, aplicações da equação de Gibbs-Duhem, coefi-

cientistas de partição de Nernst, solubilidade ideal), apoiados em obras como a de Smith e Van Ness [6] e a de K. Denbigh [7] (que continua a ser o melhor texto para o ensino da Termodinâmica Química "clássica"), torna-se fácil passar do nível elementar para o intermédio, e mesmo avançado, sem alterar a unidade do programa. Estas razões foram consideradas suficientes para adoptar o livro de P. Atkins como texto base para a disciplina de Termodinâmica Química I do IST.

As Partes 2 e 3 do livro de Atkins chamam-se, respectivamente, "Estrutura" e "Mudança". Na primeira estudam-se assuntos como a Teoria Quântica, a estrutura molecular, as propriedades eléctricas e magnéticas das moléculas, e as macromoléculas; a segunda é dedicada às teorias da Cinética Química, à Química-Física de Superfícies e à Electroquímica Dinâmica. Como seria de esperar, *nenhum* tópico é tratado de forma suficientemente profunda para satisfazer o especialista. No entanto, poucos serão os pontos verdadeiramente importantes numa abordagem geral da Química-Física que não se encontram no texto. É, aliás, fácil desenvolver um tópico que interesse particularmente aos alunos, uma vez que as referências recomendadas no final de cada capítulo foram criteriosamente escolhidas e estão razoavelmente actualizadas. Creio, todavia, que será preferível que estes desenvolvimentos fiquem adiados para as disciplinas especializadas.

Um aspecto curioso do livro é que, nos problemas propostos no final de cada capítulo, o autor introduz, com alguma frequência, extensões da matéria. O aluno é assim levado não só à mera utilização dos modelos físicos que aprendeu, com também ao desenvolvimento desses modelos. Esta opção permitiu, por outro lado, libertar o texto de assuntos que, sendo importantes, poderiam prejudicar o ritmo e a unidade da exposição — talvez as maiores virtudes do livro.

Há quem adore e há quem deteste esta obra de Peter Atkins. Não há, contudo, quem lhe fique indiferente. Vale a pena lê-la, mesmo que apenas se pretenda colher algumas ideias de carácter pedagógico (definição clara de objectivos de aprendizagem, exemplos resolvidos, apresentação gráfica).

Embora considerando que o abuso da linguagem matemática é normalmente reflexo de ignorância, creio que o que menos me agrada no livro "Physical Chemistry" de P. Atkins é que, por vezes, se tenta evitar em demasia a utilização daquele tipo de linguagem, com sacrifício de concisão e profundidade. Neste aspecto, a obra de Fried, Hameka e Blukis [4] parece-me modelar, não tendo porém outras características tão positivas como a que se escolheu (entre elas o preço).

Resta-me sublinhar a convicção de que a perspectiva global da Química-Física, adquirida pelos alunos do IST ao longo de três semestres, na companhia do livro de P. Atkins, permitir-lhe-á, com facilidade, futuras explorações mais detalhadas naquele domínio. Acresce que a boa variedade de trabalhos de laboratório que actualmente se encontram à sua disposição [8] e que acompanham o curso, lhes proporciona, desde logo, oportunidades de testarem e de desenvolverem os conceitos e os modelos estudados.

O conhecimento da língua inglesa é essencial para quem pretenda dedicar-se a uma carreira no âmbito da ciência ou da tecnologia. Haverá porém quem fique

aliviado ao saber que a preparação da versão em língua portuguesa do livro de P. Atkins se encontra em fase adiantada.

J. A. Martinho Simões
Departamento de Engenharia Química
Instituto Superior Técnico

REFERÊNCIAS

- [1] P. W. ATKINS, "Physical Chemistry" (2nd ed.), Oxford University Press, Oxford, 1984.
- [2] G. M. BARROW, "Physical Chemistry" (4th ed.), McGraw-Hill, Tokyo, 1979.
- [3] I. N. LEVINE, "Physical Chemistry", McGraw-Hill, Tokyo, 1978.
- [4] V. FRIED, H. F. HAMEKA, U. BLUKIS, "Physical Chemistry", Macmillan, New York, 1977.
- [5] W. J. MOORE, "Physical Chemistry" (5th ed.), Longman, London, 1972.
- [6] J. M. SMITH, H. C. VAN NESS, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", (3rd ed.), McGraw-Hill, New York, 1975.
- [7] K. DENBIGH, "The Principles of Chemical Equilibrium" (4th ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
- [8] Guia do Laboratório de Química-Física, A. E. I. S. T., Lisboa, 1984.

"Determination of Organic Reaction Mechanisms", Barry Carpenter, ed. John Wiley & Sons, Inc. (1984)

Este livro foi escrito para servir de texto de apoio a uma disciplina semestral dum curso de pós-graduação do Departamento de Química da Universidade de Cornell. Interessa a estudantes deste nível, e também a cientistas que trabalhem na área do estudo e determinação de Mecanismos de Reacções Químicas, e cuja formação inclua conhecimentos sólidos de Química Orgânica e de Espectroscopia, e ainda Álgebra Linear e Análise Numérica.

O autor expõe diversas técnicas de estudo dos mecanismos reaccionais, e suas aplicações, bem como o significado da informação obtida.

Estas técnicas são a marcação isotópica, a análise da estereoquímica e da quiralidade, a cinética reaccional, os efeitos isotópicos, métodos vários da química ácido-base, parâmetros de activação, relações lineares de energias livres e ainda uma introdução a volumes de activação.

Tópico a tópico o autor descreve os fundamentos teóricos e pelo menos um exemplo de aplicação retirado da literatura.

No último capítulo, o autor analisa detalhadamente alguns exemplos de investigação mecanística que integram a globalidade das técnicas expostas, e analisa a utilidade da sua aplicação face à importância e natureza das conclusões obtidas, por um lado, e às limitações de que sofrem os fundos destinados a investigação científica, por outro lado.

Escrito numa linguagem clara e precisa e dispondo de uma apresentação gráfica excelente, este livro engloba informação correcta e detalhada sobre trabalho de investigação de interesse actual, incluindo um exemplo de aplicação destes métodos a uma reacção que envolve catálise enzimática.

José Empis
Departamento de Engenharia Química
Instituto Superior Técnico

Congressos e Conferências

M. Regina Tavares

1985

JULHO

- 7-13
Helsinquia (Finl.) 14th International Conference on Medical and Biological Engineering and 7th International Conference on Medical Physics
- 1-4
Schenectady (NY, USA) 2e Conférence Internationale sur les films de Langmuir-Blodgett.
- 1-5
Eindhoven (H) 7th Intern. Symp. on Plasma Chemistry (IUPAC).
- 1-5
Bangor (GB) Intern. Symp. on Strain and Steric Effects in Organic Chemistry (RSC, Perkin Div.).
- 1-5
Edimburg (Escócia) 9th Intern. Symp. on Column liquid Chromatography.
- 8-11
Praga (Checosl.) 28th Microsymposium on Macromolecules "Polymer Composites" (IUPAC).
- 8-12
Cambridge (GB) 7th Intern. Meeting on NMR Spectroscopy.
- 8-12
Atenas (G) 11th International Conference in Organic Coatings Science and Technology.
- 15-18
Praga (Checosl.) 17e Conférence sur la physique macromoléculaire: "Morphologie des polymères".
- 15-18
Louvain-la-Neuve (B) 3rd International Conference on Correlation Analysis in Organic and Biological Chemistry.
- 11-15
Kyoto (Japão) 3rd IUPAC Symposium on Organometallic Chemistry directed towards organic synthesis.
- 15-19
Reading (GB) 7th Intern. Symp. on Solute-Solute-Solvent interactions.
- 15-19
St-Andrews (Escócia) 5th International Symposium on Novel Aromatic compounds (IUPAC).
- 17-19
Oxford (GB) Biochemical Society Colloquium on Photosynthesis and Genetic Engineering.
- 18-23
Haia (H) 30e Symposium International IUPAC sur les Macromolécules.
- 22-25
Hamilton (Ont., Can.) Faraday Disc.: "Physical Interaction and Energy Exchange at the Gaz-Solid Interface".
- 22-25
Pretoria (Af. Sul) 6th Intern. Symp. on Mycotoxins and Phycotoxins.
- 23-25
Oxford (GB) 9th Intern. Symp. "Synthesis in Organic Chemistry" (RSC - Perkin Div.).
- 22-26
Darmstadt (RFA) 8th International Symposium on Nuclear Quadrupole Resonance Spectroscopy

AGOSTO

- Perth (A) Chemeca 85 — 13th Australian National Conference on Chemical Engineering.
- 11-16
Waterloo (Can.) 10th International Congress of Heterocyclic Chemistry (IUPAC).
- 12-14
Pensilv. (USA) 2nd International Symposium on Hydrothermal Reactions.
- 12-15
Iena (RDA) 7th Intern. Symp. on Cationic Polymerization and related processes (IUPAC).

18-23
Haia (H)

18-22
Munchen (RFA)

19-23
Bratislava (Checosl.)

20-22
Bergen (Noruega)

20-24
Tokyo (Japão)

20-24
Salt Lake City, Utah (USA)

23-28
Tokyo (Japão)

26-29
Stockolm (S)

SETEMBRO

1-4
Istambul (T)

1-5
Jerusalem (Isr.)

2-6
Jerusalem (Isr.)

2-6
Orsay (F)

2-6
Siófok (H)

2-6
Jerusalem (Isr.)

2-6
Paris (F)

2-5
Dubrovnik (Iugosl.)

2-5
North Ryde (A)

2-5
Paris (F)

2-6
Aix-en-Provence (F)

3-6
Noordwijkerhout (H)

2-10
Salamanca (E)

5-7
Paris (F)

5-13
Paris (F)

30e Sympo. Intern. IUPAC sur les Macromolécules.

10th International Congress of the International Union for the Study of Social Insects.

8th Intern. Conference on Thermal Analysis (IUPAC).

Intern. Symp. on Reliable Flow of Particulate Solids.

Symp. Intern.: "Les fibres: Science et Technologie".

International Conference on Defects in Insulating Crystals.

8th Intern. Conf. on Chemical Education: "Widening the scope of chemistry" (IUPAC).

Intern. Symp. on New Trends in the Photochemistry of Polymers.

3rd International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the mediterranean Region.

6th European Congress of Clinical Chemistry.

2nd Congress of the International Society of Animal Clinical Biochemistry.

4e Symposium International sur les cycles inorganiques.

International Conference on High-Performance Chromatographic and Electrophoretic Techniques in Biochemistry.

5th International Congress on Clinical Enzymology.

5th International Symposium on Marine Natural Products.

Intern. Symp. on Applications of Mathematical Concepts to Chemistry (IUPAC).

Colloque "Propriétés électriques, optiques et acoustiques des polymères".

Colloque intern.: "Comportement mécanique et physique des matériaux sous sollicitations dynamiques".

ESOC IV — 4e Symposium Européen de Chimie Organique.

3rd Noordwijkerhout Symp. "Innovative Approaches in Drug Research".

Ecole d'été sur les États de Surface et la Liason Clinique.

2nd Workshop on Vapour-Liquid Equilibrium in 1-Alkanol + n-Alkane Mixtures (IUPAC).

Intern. Meetings on Phase Equilibrium and Related Property Data.

- 7-10**
Newport Beach
Calif. (USA)
World Chemical Congress of Marketing and Business Research
- 8-13**
Viena (Áustria)
12th Intern. Conference on Organometallic Chemistry.
- 8-13**
Swansea (GB)
10th International Symposium on Mass Spectrometry.
- 9-11**
Orléans (F)
Conférence Internationale "Science of Ceramic 13".
- 9-13**
Manchester(GB)
30th International Congress of Pure and Applied Chemistry.
- 10-13**
Leuven (B)
5th International Conference: Chemistry for Protection of the Environment.
- 10-13**
Ferrara (I)
Workshop on Electrochemical Corrosion Testing with Special Consideration of Practical Applications.
- 10-13**
Atenas (G)
International Conference «Heavy Metals in the Environment.
- 10-13**
Guildford Surrey (GB)
6th International Bioanalytical Forum.
- 10-13**
Caen
10e Colloque Franco-Polonais sur la Catalyse.
- 10-14**
Beijing (China)
International Conference on Rare Earth Development and Applications.
- 15-21**
Garmisch-Partenk
(RFA)
24th Colloquium Spectroscopicum International e 11th International Conf. on Atomic Spectroscopy.
- 16-21**
Sofia (Bulg.)
3rd International Conference on Chemistry and Biologically Active Natural Products.
- 16-20**
Leeds (GB)
Instrumentation Measurement and Control in Chemical Engineering.
- 16-18**
Londres(GB)
2nd European Conference on Coal Liquid Mixtures.
- 16-20**
Leuven (B)
International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect.
- 16-20**
Grenoble (F)
3e Symposium européen sur les glucides.
- 10-20**
Strasbourg (F)
Réunion intern.: "Chimie quantique: le défi des métaux de transition et de la chimie de coordination" (SFC-Ch. Phys.).
- 16-20**
Birmingham (GB)
Exposition professionnelle des plastiques et des caoutchoucs.
- 17-18**
Bradford (GB)
Advances in Process Control.
- 17-19**
Siofok (H)
Conference on "Temporary Corrosion Preventives and Anticorrosive Lubricants".
- 17-18**
Saint-Denis (F)
1er Colloque francophone sur l'Ignifugation des polymères.
- 18-20**
Noordwijkerhout (H)
Symp. "Mechanism and Structure in Heterogeneous Catalysis".
- 20-27**
Woods Hole (Mass., USA)
CHEMRAWN IV (Chemical Resources of the Global Oceans (IUPAC).
- 21-25**
Sofia (Bulg.)
International Conference on Circular Dichroism.
- 22-27**
Padoue (I)
Colloque bisannuel de l'Association Italienne des Macromolécules.
- 23-26**
Engelberg (Suíça)
9th International Colour Symposium.
- 25-27**
Dublin (Irl.)
Conference on Fine Chemical Processing.
- 25-27**
Nancy (F)
Bio+85. Recontres Internationales de bio-industries.
- 25-27**
Bordeaux (F)
Colloque "Développement de la Science et de la Technologie des matériaux composites".
- 30-2/10**
Bâle (Suíça)
Réunion commune des Sociétés Biochimiques de France, RFA et Suisse.
- 30-3/10**
Veneza (I)
2nd Congress Colbat Metallurgy and Uses.
- OUTUBRO**
- 6-9.**
Calgary Alberta (Can.)
35th Canadian Chemical Engineering Conference.
- 6-11**
Las Vegas NV (USA)
48th American Society for Information Science (ASIS).
- 8-10**
Hanover (RFA)
BIOTECHNICA'85 - Congrès International et exposition spécialisée de biotechnologie.
- 9-11**
Antwerp (B)
6th International Conference Large Chemical Plants.
- 13-14**
San Miniato (I)
Symp. OTAN "Méthodes photochimiques et de luminescence dans la Science des polymères".
- 15-18**
Kyoto (Japão)
International Rubber Conference.
- 15-19**
Pretoria (Af. Sul)
Symp. Intern. "Chimie analytique (exploitation minière et traitement de la matière".
- 21-26**
Veneza (I)
International Conference "Man's Role in Changing the Global Environment.
- 23-25**
Lisboa (P)
2.º Simpósio Nacional de Produção de Novas Proteínas e Utilização de Recursos Inexplorados.
- 28-31**
Tützing (RFA)
Tützing Symp. "Liquid Crystals in Materials and Life Science".
- 28-1/11**
Sydney (Austrália)
Intern. Conference on Coal Science.
- NOVEMBRO**
- 3-7**
Alkhorbar (Ar. Saud.)
2nd Gulf Petrochemical, Chemicals, Plastics and Processing Industries. Exhibition and Conference.
- 10-13**
Shanghai (China)
Intern. Symp. on Organic Chemistry of Medicinal Natural Products (IUPAC).
- 14-16**
Santiago (E)
I Encontro Galego-Português de Química "Augas Naturais e Residuais".
- 19-21**
Nice (F)
7th European Congress of Corrosion (EFC).
- 26-29**
Zurich (Suíça)
Interpleex Europe 85.
- DEZEMBRO**
- 3-7**
São Paulo (Brasil)
II Simpósio Brasileiro de Química Teórica. CHEMASIA 85.
- 2-5**
Singapura
- 2-6**
Paris (F)
MESUCORA'85 - 9e exposition internationale. A cette occasion. Le GAMS organisera deux sessions sur le thème "L'Automatisation au service de la Chimie analytique. Avantages et limites". 1. Applications à la spectrométrie d'absorption atomique. 2. Application à la chromatographie.
- 11-13**
Noordwijkerhout (H)
1st IFAC Symposium "Modelling and Control of Biotechnological Process".
- 17-18**
Oxford (GB)
Symposium: "Phase Transitions in Adsorbed Layers".
- 1986**
- JANEIRO**
- ?**
Cadiz (E)
III Seminário sobre Química Marinha.
- MARÇO**
- ?**
Verona (I)
Magnetic Resonance Methods in Biochemical and Medicinal Chemistry.
- ABRIL**
- 8-11**
Warwick (GB)
RSC Annual Chemical Congress.

- 14-18**
Schlob Elman (RFA) Euchem Conference "The Use of Synchrotron Radiation in Chemistry.
- 16-18**
Nuremberg (RFA) 1st World Congress on Particle Technology.
- 22-25**
Anvers (B) World Filtration Congress.
- MAIO**
- 8-9**
Interlaken (Suíça) 4th Modern Synthetic Methods Seminar.
- 11-16**
Uppsala (Suécia) 3rd Meeting on Recovery of Bioproducts.
- 11-16**
Helsingor (D) 4th Intern. Conf. on Fluid Properties and Phase Equilibria - Process Design.
- 19-21**
Philadel. (PA, USA) ISCRE 9 - Intern. Symp. on Chemical Reaction Engineering.
- 19-22**
Brigton (GB) 5th BEAMA International Insulation Conference.
- 29-31**
Regensburg (RFA) 3rd European Conference on Solid State Chemistry.
- JUNHO**
- 3-6**
Birmingham (GB) Eurochem 86 International Chemical and Process Engineering Show + Conference.
- 3-6**
Munique (RFA) ANALYTICA 86
- 23-27**
Copenhague (D) 7th International Conference Modern Trends in Activation Analysis.
- 30-4/7**
Nijmegen (H) 12th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur.
- 30-4/7**
Baden-Baden (RFA) Carbon'86 - International Conference on Carbon
- ?(F) Dynamics of Molecular Crystals.
- JULHO**
- 6-13**
Berlim (RFA) 33rd International Field Emission Symposium.
- 7-11**
Kent (GB) 4th International Conference on Mechanisms of Reactions in Solution.
- 7-10**
Praga (Checol.) 29th Microsymposium on Macromolecules.
- 14-17**
Praga (Checosl.) 9th Discussion Conference on Macromolecules.
- 14-18**
Nottingham (GB) 3rd International Conference on Natural Products.
- 14-18**
Lisboa (P) IUPAC Conference on Chemical Thermodynamics.
- 20-26**
Bristol (GB) SAC 86 International Conference on Analytical Chemistry.
- 21-25**
Univ. Califórnia, Berkeley (USA) 8th International Conference on the Origins of Life.
5th Meeting of the International Society for the Study of the Origin of Life.
- 27-2/8**
Lisboa (P) XI IUPAC Conference on Photochemistry.
- AGOSTO**
- ?
Campinas (SP, Brasil) Recent Developments in Organic NMR Workshop Brasil-USA.
- 10-15**
Moscu (URSS) 6th International Conference on Organic Synthesis (IUPAC).
- 10-17**
Ottawa (Can.) 6th International Pesticide Chemistry Congress (IUPAC).
- 17-22**
Leuven (B) 7th Intern. Zeolite Conference.
- 17-21**
Haia (H) 10th International Conference on Non-Aqueous Solutions.
- 17-22**
Haia (H) 15th IUPAC International Symposium on the Chemistry of Natural Products.
- 21-2/9**
Munich (RFA) Intern. solvent Extraction Conference (ISEC).
- 25-29**
Antuérpia (B) 10th International Symposium on Microchemical Techniques.
- 24-29**
Tokyo (Japão) 8th IUPAC Conference on Physical Organic Chemistry.
- SETEMBRO**
- 1-7**
Louvain-la-Neuve (B) 4th International Symposium on the Scientific Bases for the Preparation of Heterogeneous Catalysts.
- 1-5**
Beijung (China) International Conference on Nuclear and Radiochemistry
- 1-7**
Bonn (RFA) International Congress on Phosphorus Chemistry.
- 8-12**
Padoue (I) 5th Intern. Conf. on Organometallic and Coordination Chemistry of Germanium, Tin and Lead.
- 15-18**
Sussese (GB) 2nd International Symposium Models of Enzyme Action.
- 15-19**
Cannes (F) 5th Intern. Symp. on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry.
- 15-19**
Berlim (RFA) IXth Intern. Symposium on Medicinal Chemistry.
- 21-25**
Tokyo (Japão) World Congress III of Chemical Engineering.
- 21-26**
Paris (F) 16th International Symposium on Chromatography.
- 23-25**
Balth (GB) RSC Autumn Meeting.
- ?
Sevilha (E) 3rd African, Mediterranean and Near East Congress of Clinical Chemistry.
- OUTUBRO**
- 6-10**
? Chemrawn 86 - Current and Future Contributions of Chemistry to Health - The New Frontiers.
- 1987**
- ?
Nanjing (China) IUPAC: 25th International Conference on Coordination Chemistry (ICCC).
- 1988**
- ?
Munique (RFA) 8th International Symposium on Cationic Polymerization and Related Process.
- JUNHO**
- 5-11**
Frankfurt (RFA) International Meeting of Chemical Engineering andACHEMA - Chemical Engineering Exhibition Congress.
- 26-1/7**
Calgary (Can.) 9th Congress on Catalysis.

SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

Avenida da República, 37 - 4.º — 1000 LISBOA

REACÇÕES ÁCIDO-BASE

Fichas, acetatos (matrizes) e diapositivos

por Jean-Max Dumas, Doutor em Ciências

com a colaboração técnica de Joel Monteau, Doutor de 3.º ciclo

Centro Universitário dos Novos Media de Ensino, Universidade de Poitiers

Tradução e adaptação por

Artur Marques da Costa, colégio Militar, Lisboa

Herta Beckert, Escola Secundária da Amadora

Maria Elisa Maia, Departamento de Química da Faculdade de Ciências de Lisboa

Maria da Vistação Barbosa, Escola Secundária de Queluz

Mariana P.B.A. Pereira, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa

Este módulo destina-se essencialmente a:

Quimicotecnia — 10.º e 11.º anos

Química — 11.º e 12.º anos

Química — 1.º ano das Universidades

Nome

Morada

Escola

Está disposto a colaborar na avaliação deste módulo?

Está interessado (ou a sua escola) na aquisição de:

Colecção de 9 acetatos colecção de 58 diapositivos

(O preço das colecções de acetatos e diapositivos será enviado a quem o solicitar, numa carta que contenha um envelope selado e endereçado)

Envio cheque n.º do Banco no valor de.....

(750\$00 módulo + 100\$00 embalagem e envio)

EDIÇÕES DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

— *EQUILÍBRIO QUÍMICO E CINÉTICA QUÍMICA*,
Raquel Gonçalves e Ana M. Simões

— *QUÍMICA E SOCIEDADE, Vol. 1: Química e Vida*,
J.J. Moura Ramos, Hernâni Maia, Ana Lobo

NOVIDADES:



**TERMINOLOGIA,
SÍMBOLOS
E
UNIDADES
PARA
GRANDEZAS
FÍSICO-QUÍMICAS**

**sistema
internacional
de unidades**

MARIA ESTELA JARDIM
MARIANA P. PEREIRA

Encomendas a solicitar à Sociedade Portuguesa de Química, Av. da República, 37, 4.º, 1000 Lisboa
(Tel.: 73 46 37 — expediente: 2.ª a 6.ª das 10 às 13 horas)

NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO DE ORIGINAIS NO BOLETIM

1. Os originais devem ser enviados em 3 exemplares (dactilografados) em envelope dirigido ao director do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, Av. da República, 37, 4.º, 1000 LISBOA.
2. Os originais não devem exceder, na generalidade, 15 páginas dactilografadas a 2 espaços.
3. As gravuras, desenhos, esquemas e outras figuras que acompanhem os originais devem estar numeradas e acompanhadas das legendas correspondentes. A qualidade das ilustrações deve permitir uma boa reprodução. As fórmulas complexas devem ser preparadas como ilustrações.
4. Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.
5. As regras de nomenclatura a utilizar devem ser exclusivamente as regras recomendadas pela IUPAC.
6. Compete à Direcção do Boletim a aceitação da publicação de qualquer original que lhe seja submetido. Em caso de dúvida sobre o interesse desta, o original será submetido a apreciação por, pelo menos, dois especialistas sócios da SPQ designados pela Direcção do Boletim.

PREÇO DA PUBLICIDADE POR NÚMERO DO «BOLETIM»

Página interior (só preto)

1/8 de página.....	5 000\$00
1/4 de página.....	7 000\$00
1/2 página.....	10 000\$00
1 página.....	15 000\$00

Capas 2/3 (a duas cores)

1/8 de página.....	7 000\$00
1/4 de página.....	10 000\$00
1/2 página.....	15 000\$00
1 página.....	25 000\$00

Capa 4 (a duas cores) 35 000\$00

MEDALHAS

sociedade portuguesa de química



1
Autor: José de Moura
Diâmetro: 70 mm



Emissão: 350
Data: 1978



2
Autor: José de Moura
Diâmetro: 70 mm



Emissão: 350
Data: 1979



3
Autor: Cabral Antunes
Diâmetro: 90 mm



Emissão: 350
Data: 1980



4
Autor: Joaquim Correia
Diâmetro: 80 mm



Emissão: 400
Data: 1981



5
Autor: Joaquim Correia
Diâmetro: 80 mm



Emissão: 400
Data: 1982



6
Autor: Joaquim Correia
Diâmetro: 80 mm



Emissão: 400
Data: 1983



7
Autor: Joaquim Correia
Diâmetro: 80 mm



Emissão: 400
Data: 1984



8
Autor: Joaquim Correia
Diâmetro: 80 mm



Emissão: 400
Data: 1985