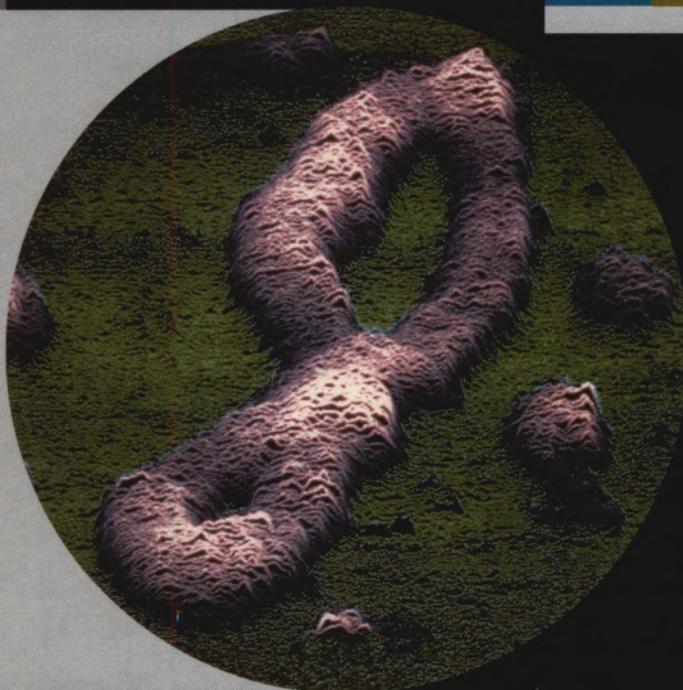


QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Passado, presente
e futuro da
Química no Brasil



Microscopia
de Força
Atômica

Publicação trimestral • N.º 55 • Outubro - Dezembro 1994

Incluir:
Comunicações do 1.º Encontro
de Química de Alimentos
parte II

Orientação Editorial

Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, versa todos os assuntos relacionados com a Química, e em particular aqueles que dizem respeito à Química em Portugal.

Química publica entrevistas, reportagens, artigos solicitados e propostos, noticiário, resenhas de livros e outras publicações e correspondência dos leitores.

Nenhum texto será considerado a priori inaceitável, mas é dada preferência a artigos de carácter relativamente geral e escritos de modo a poderem interessar a um vasto leque de leitores.

Normas de colaboração

1. Enviar três exemplares, dactilografados a dois espaços, com as páginas numeradas e em formato A4, endereçados a: Director de *Química*, Boletim da SPQ, Av. da República, 37-4º, 1000 LISBOA. Não enviar os originais das eventuais ilustrações.

2. A Redacção acusará a recepção das colaborações propostas e os textos serão apreciados por um ou mais avaliadores.

Com base nas apreciações obtidas, a Direcção decidirá da aceitação ou recusa das colaborações propostas.

Eventualmente, proporá aos autores a reelaboração dos textos antes de tomar uma decisão definitiva.

3. Os artigos devem conter um resumo de 50 a 100 palavras com a descrição do respectivo conteúdo. Salvo casos excepcionais os textos não devem exceder 15 páginas A4.

Os autores deverão sugerir e apresentar ilustrações para os seus textos, até ao máximo de oito por artigo. As fórmulas complexas, os esquemas, etc. deverão ser prepa-

rados como ilustrações mas não estão incluídos no número limite anterior.

As ilustrações deverão ter a qualidade indispensável a uma boa reprodução gráfica, devendo ser acompanhadas de legendas.

4. Os artigos devem seguir, tanto quanto possível, as recomendações da IUPAC quanto à nomenclatura e unidades.

5. Na Bibliografia, a indicação abreviada de artigos em publicações periódicas deve obedecer à convenção autores-volume-ano-página, por exemplo W. Krätschmer, L.O. Lamb, K. Fostiropoulos, D.R. Huffman, *Nature* **347** (1990) 354. A indicação de livros deverá seguir a convenção autor-editor-título-editora-ano, por exemplo S.J. Formosinho, I.G. Czismadia, L.G. Arnaut (Editores), *Computational and Theoretical Models for Organic Chemistry*, Kluwer, 1991.

6. Em casos especiais, sujeitos à concordância da Direcção do

Química, as contribuições poderão ser publicadas em inglês, ou noutra língua estrangeira, devendo então conter um resumo suplementar em português.

7. No caso dos autores desejarem corrigir pessoalmente as provas dos textos aceites para publicação, deverão indicá-lo expressamente no momento em que enviarem para a Redacção.

8. Após a aceitação da colaboração, será solicitado o envio da mesma em disquete, preferencialmente em *Word Macintosh* ou em *Word for Windows*, gravado como *RTF*. Embora não obrigatório, este meio permite um processamento mais fácil e mais rápido do texto.

9. A inobservância de qualquer das normas de colaboração poderá levar à devolução do texto recebido.

10. Os autores de cada artigo receberão gratuitamente 20 separatas do mesmo.

QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

Propriedade de:
Sociedade Portuguesa de Química
ISSN 0870-1180
Registo na DGCS n.º 101 240 de 28/9/72
Depósito Legal n.º 51 420/91
Publicação Trimestral
N.º 55 - Outubro-Dezembro 1994

Redacção e Administração
Avenida da República, 37 - 4.º 1000 LISBOA
Telefone: (01) 793 46 37
Telefax: (01) 795 23 49

Director
Mário Nuno M.S. Berberan e Santos

Director-Adjunto
Hermínio Diogo

Redactora
Helena Pais Costa

Direcção Gráfica
Luís Moreira

Secretária de Redacção
Cristina Campos

Comissão Editorial
Jorge Calado (IST)
Alberto Romão Dias (IST)
Maria José Calhorda (IST)
Paulo Agostinho (ES de Porto Salvo)
Maria Gabriela Cepeda Ribeiro (UM)

Colaboradores
José A. Martinho Simões (FCL)
Joaquim Moura Ramos (IST)
Fernando Fernandes (FCL)
António Amorim da Costa (UC)
Manuel E. Minas da Piedade (IST)
João Paulo Leal (INETI)

Publicidade
Hermínio Diogo (IST)
Maria da Conceição Mesquita (IST)

Tratamento de texto
Cristina Cardoso

Execução Gráfica
FACSIMILE
Offset e Publicidade, Lda.
Rua dos Lagares D'El Rei, 21C, r/c esq.
Tel.: 846 41 79
1700 LISBOA

Tiragem: 3800 exemplares

Preço avulso: 1500\$00
Assinatura anual - quatro números
5000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)
6000\$00 (Estrangeiro / via aérea)

Distribuição gratuita aos sócios da SPQ

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direcção de «Química».

São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas.

A Orientação Editorial e as Normas de Colaboração são publicadas anualmente no número de Março.

Publicação subsidiada pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica e pelo Instituto de Inovação Educacional do Ministério da Educação

Na capa:

Imagem de uma molécula de ADN obtida por microscopia de força atómica (v. artigo B. Samori na pág. 38).

Insuficiente Escolaridade de Química Orgânica do Ensino Pré-Universitário Português

CARLOTA SALDANHA

Lavoisier et la Naissance de la Thermochimie

BERNARD VALEUR

Actividades da Comissão Europeia de Promoção da Utilização de Tecnologias Limpas do Carvão

SAMUELE FURFARI

A Qualidade das Águas de Mesa Portuguesas

VICTOR M. M. LOBO e MANUELA ARAÚJO

Passado, Presente e Perspectivas da Química no Brasil

AÉCIO PEREIRA CHAGAS, MARIA APARECIDA HUGO CAGNIN e MARCO-A. DE PAOLI

Con la Microscopia a Scansione di Forza alla Scoperta delle Organizzazioni Molecolari in Biologia

B. SAMORI

Perspectives de l'Industrie Chimique: Formation / Recherche / Emploi

C. BARRÉ, M.N. BERBERAN E SANTOS, H. GIBERT

Aplicação de Técnicas de Análise Multivarietal no Reconhecimento de Vinhos Elementares

A. M. P. VASCONCELOS

Universidade de Évora

Universidade de Coimbra

Duas Poesias

ANTÓNIO RIBEIRO DOS SANTOS

Polarografia e Métodos Polarográficos

MARGARIDA C. DOS SANTOS

2 notícias

6 notícias SPQ

8 notícias IUPAC

10 opinião

12 bicentenário

18 artigos

26

32

38

45

47

52

57

61

62

66

70

72

química alimentar
(EDITOR CONVIDADO:
JOSÉ EMPIS)

ensino

antologia

novos produtos

técnicas experimentais

publicações correspondência

publicações SPQ

Prémio Nobel da Química 1994

O Prémio Nobel da Química de 1994 foi atribuído a George Olah, pelo seu trabalho sobre carbocatiões. A quebra de uma ligação envolvendo pelo menos um átomo de carbono deixa-o num estado de valência anormal. As espécies químicas assim produzidas são intermediários normalmente instáveis, portanto reactivos, e ocorrem em várias reacções químicas. Se o carbono trivalente resultante da quebra da ligação não possui

carga, o intermediário é um *radical* (R_3C^\cdot). Se tem carga negativa, diz-se um *carbanião* (R_3C^-). Se tem carga positiva, diz-se um *ião carbónio* ou *carbocatião* (R_3C^+). Os intermediários iónicos são mais comuns em reacções em fase líquida em solventes cujas propriedades atenuem as interacções electrostáticas resultantes. O trabalho de Olah (ca. 1962), consistiu em encontrar um processo de isolar os intermediários

carbocatiões durante um intervalo de tempo suficiente para os detectar por via espectroscópia — isso foi conseguido em meio superácido (e.g. SbF_5 em SO_2 líquido, a $-60^\circ C$), que forma pares iónicos suficientemente estáveis para serem detectados por RMN.

A química dos carbocatiões desenvolveu-se muitíssimo desde então, tendo várias aplicações em síntese orgânica. Húngaro de nascimento, Olah era

director do Instituto de Investigação Química da Academia Húngara das Ciências na altura da ocupação russa, em 1956, que sufocou as tentativas de democratização então tentadas. Foi forçado a emigrar para o Canadá, empregando-se na *Dow Chemicals*. Em 1964 acompanhou a Companhia na transferência para os EUA. Trabalha desde 1977 na Universidade da Califórnia do Sul, em Los Angeles, no Hydrocarbon Research Institute.

Os Fullerenos, a sida e a extinção dos dinossauros

As descobertas sobre os fullere nos não cessam de espantar a comunidade científica.

Se por um lado a molécula de C_{60} parece apresentar riscos para a saúde humana pelo facto de converter oxigénio na forma tripleto em oxigénio singuleto e de alguns dos seus derivados provocarem a cisão fotoinduzida do ADN, descobriu-se, por outro lado, que certos derivados do C_{60} interactivam com o centro activo da protease específica do vírus da imunodeficiência humana (HIV) bloqueando a sua acção. As potencialidades destes últimos compostos na terapia da sida estão presentemente a ser estudadas. (ver, por exemplo, *J. Am. Chem. Soc.* (1993), **115** 6506 e 6510).

Em Julho deste ano dois artigos publicados na revista *Science* [265, 642 e 645] relatam a descoberta dos dois maiores depósitos naturais de fullerenos

(C_{60} e C_{70}) conhecidos até a data na superfície terrestre. Uma das jazidas, situada numa cratera rochosa em Sudbury (Ontário, Canadá), foi descoberta por uma equipa chefiada pela geoquímica Luann Becker da Universidade de San Diego (Califórnia). Esta descoberta é importante não só pela idade dos depósitos (cerca de $1,85 \times 10^9$ de anos) como pela "elevada" concentração do C_{60} detectada nas amostras de rocha recolhidas (da ordem de ppm). Segundo esta equipa, a síntese dos fullerenos deve ter ocorrido como consequência do impacto de um meteorito na superfície terrestre. Este impacto, seguido de explosão, gerou um elevado aumento de temperatura na nuvem gasosa então formada. Os investigadores julgam que o carbono proveio, na sua quase totalidade, do meteorito (possivelmente um asteróide ou cometa), uma vez que a superfície das

rochas em Sudbury, tem uma baixa percentagem de carbono. Estes investigadores sugerem ainda que a não oxidação dos fullerenos, durante os cerca de $1,85 \times 10^9$ de anos, deve-se há presença de enxofre na forma de complexos de sulfureto-silicato associados aos fullerenos.

A segunda jazida de fullerenos foi detectada em argilas existentes na Nova Zelândia, pela equipa do do geoquímico Dieter Heymann da Universidade de Rice (Huston, EUA). Esta equipa, que procedeu à extracção da fuligem de determinadas rochas sedimentares nas camadas correspondentes aos períodos *Cretácico-Terciário*, encontrou concentrações em fullereno-60 da ordem dos 0,1 a 0,2 ppm. Estes investigadores admitem que a formação dos fullerenos foi originada pelos extensos incêndios que se sucederam à queda de vários meteoritos na terra duran-

te o final da era Mesozóica. Isto terá acontecido há cerca de 65 milhões de anos levando à extinção de muitas espécies existentes, incluído os últimos dinossauros. Heymann e colaboradores argumentam que a persistência dos fullerenos durante estes anos se deve à protecção exercida por depósitos de carbonato e silicato.

Recorde-se que as duas primeiras referências na literatura relativas à detecção na crosta terrestre de C_{60} produzido por processos naturais datam de 1992 e 1993. A primeira referiu-se a amostras de *shungite* (variedade de antracite) colhidas de um depósito próximo de Shunga, Rússia (*Science* **259** (1993) 1599) e a segunda a *fulgurites* (uma variedade de rocha vítrea formada quando um raio atinge o solo) existentes no estado do Colorado, EUA (*Science* **257** (1992) 215).

"Viva a Ciência" no IST

Decorreram no passado mês de Outubro, em vários pontos do país, diversas iniciativas (visitas guiadas a escolas do ensino superior e laboratórios de investigação, palestras para a divulgação da ciência, etc.) englobadas na semana designada

por "Viva a Ciência" que foi promovida pela Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, com o apoio dos Serviços Culturais da Embaixada de França em Portugal e das diversas instituições onde decorreram os eventos.

A participação do Departamento de Engenharia Química

(DEQ) do I.S.T. foi realizada em duas vertentes. Por um lado, consistiu na organização da conferência do Prof. Guy Ourisson (antigo secretário-geral da IUPAC, Professor da Universidade de Estrasburgo e consultor da revista francesa de divulgação científica, *La Recherche*), que decorreu no anfiteatro do Com-

plexo I, subordinada ao tema "La Chimie c'est la Vie" e que contou com uma assistência de cerca de 130 pessoas, na sua maioria docentes e alunos do ensino secundário. A outro nível a participação do DEQ concretizou-se no apoio à realização de *Ateliers* e espectáculos de Química (26 a 29 de Outubro) para alunos do ensino primário e secundário, a

Seminários Agostinho Lourenço na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Os Seminários Agostinho Lourenço, organizados pelo Departamento de Química e Bioquímica da FCUL, são dirigidos a docentes, investigadores e estudantes universitários e têm por objectivo divulgar, com profundidade, mas de forma a serem entendidos por não-especialistas, o trabalho de investigação de cientistas nacionais e estrangeiros da área da Química e Bioquímica. Todos os seminários realizar-se-ão às 21 horas, no Bloco C3 da FCUL (Campo Grande), em Lisboa.

PROGRAMA 1995

15 de Fevereiro

Moléculas em Movimento: Por que se fala de Termofísica, de

Caracterização de Materiais e de Aplicações de Sucesso
Carlos A. Nieto de Castro
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

22 de Março

Agostinho Vicente Lourenço: Um Químico Português, Célebre na Europa do Século XIX
Maria Alzira Almoester Ferreira
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

26 de Abril

Complexidade do Real em Cinética Química
Raquel Gonçalves
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

17 de Maio

Funções Biológicas dos Elementos Químicos

J.J.R. Fráusto da Silva
Dep. de Engenharia Química,
IST-UTL

21 de Junho

Actividades electrocatalítica de Eléctrodos Modificados por Polímeros Electronicamente Condutores
Luísa M. Duarte de Almeida Abrantes
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

18 de Outubro

Cancro e Química,
Ana M. Lobo
Dep. de Química, FCT-UNL

15 de Novembro

Oxidação Biológica de Aldeídos — A Hipótese de Szēnt-Gyorgy
Ana M. Ponces Freire
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

13 de Dezembro

Óxidos Metálicos: dos Isoladores aos Supercondutores
Fernanda Madalena de Abreu da Costa
Dep. de Química e Bioquímica,
FCUL

A FCUL vai também realizar um ciclo de conferências "de ciências" que se iniciará em 10 de Março com o Prof. Harry Kroto (Univ. de Sussex).

Contacto:

Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências
Universidade de Lisboa,
1700 Lisboa.
Telefone: (01) 7500075/7500076;
Fax: (01) 7599404

European Initiative for Training in NMR

Scientific Committee: S. Aime (I), *secretary*; I. Bertini (I); D. Canet (F); H. Günther (D); R.K. Harris (UK), *coordinator*; G.E. Hawkes (UK); R. Kaptein (NL), H. Kessler (D); Kowalewski (S); J.F. Lefevre (F); A. Merbach (CH); L.H. Sutcliffe (UK); A. Xavier (P).

An International Scientific Committee has been formed to address matters of training in NMR at research student level on a European Union basis, in order to optimise the available expertise. It is planned to institute a series of courses on various aspects of NMR. These will

generally last between 4 and 6 days and will consist of lectures, seminars, problem-solving and in some cases, practical experience. Each course will have its own director (who will have international reputation in the area of NMR concerned), plus three-four other lecturers (generally from different European Union countries) and assistants.

Accommodation for participants will be arranged at the relevant conference centre. It is anticipated that most students will obtain funding from their national sources, but it is hoped that some bursaries will be available.

cargo da associação francesa "Graine de Chimiste". Estes *ateliers* consistiram em manipulações de iniciação à química, em que cada aluno dispunha de todo o material e reagentes necessários à fabricação de um produto encontrado na sua vida quotidiana, cite-se como exemplo, a fabricação de um champô e de um creme de maquilhagem. Nos

ateliers e espectáculos participaram cerca de quatrocentos e cinquenta alunos de escolas das regiões de Lisboa e Setúbal.

O interesse suscitado por estas actividades foi muito grande (o número de solicitações ultrapassou os 1250) mostrando a necessidade de aumentar o seu número no futuro.

Hermínio Diogo

lable. Approximately 40-50 participants are expected for each course.

Courses planned for the period 1995-96:

Title: Inorganic and Organometallic NMR

Director: S. Aime
Period: Spring '95
Place: ISI-Villa Gualino Torino (Italy)

Title: NMR Methods for Structural Elucidation of Organic Molecules

Director: R.J. Abraham
Period: Summer '95
Place: ISI-Villa Gualino Torino (Italy)

Title: Multi-Dimensional NMR

Co-sponsored with EMBO (Director by: R. Kaptein, G. Griesinger and H. Oschkinat)
Period: Summer '95
Place: ISI-Villa Gualino Torino (Italy)

Title: NMR of Polymers (Solid

and Solution)

Director: F. Lauprêtre
Period: 1996
Place: to be defined

Title: In-vivo NMR

Director: J. Seeling
Period: 1996
Place: to be defined

Title: NMR of Solids

Director: R.K. Harris
Period: Autumn '96
Place: Durham (UK)

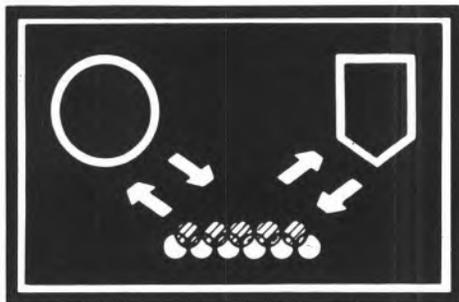
Title: Theory of Applications of Nuclear and Electronic Relaxation

Director: C. Luchinat
Period: 1996
Place: to be defined

For further information contact:

Silvio AIME
Università Degli Studio di Torino
Dipartimento di Chimica
Inorganica, Chimica Fisica e
Chimica dei Materiali
Via P. Giuria, 7 - 10125 Torino
(ITALY) Tel. (39) 11 670.7520
Fax (39) 11 670.7855

III Encontro Nacional de Catálise Básica e Aplicada (Industrial e Ambiental)



Terá lugar de 15 a 19 de Maio de 1995 no Centro de Congressos do Instituto Superior Técnico em Lisboa o III ENCONTRO NACIONAL DE CATÁLISE BÁSICA E APLICADA (INDUSTRIAL E AMBIENTAL), organizado pela Sociedade Portuguesa de Catálise, na sequência dos realizados em 1981 no Instituto Superior Técnico e em 1988 na Fundação Gulbenkian.

A Catálise intervém de modo crucial nos processos de produção das Indústrias do Petróleo, Petroquímica, Química e Alimentar e na protecção do Ambiente (particularmente quanto aos gases de escape dos automóveis e poluentes industriais). Na verdade, 70% dos actuais processos das Indústrias Químicas e Paraquímicas, que envolvem reacção, são catalíticos e 90% dos novos processos recorrem à Catálise. Em Portugal são

agora produzidas anualmente por processos catalíticos industriais cerca de 5 milhões de toneladas de produtos com um valor da ordem de 150 milhões de contos.

O encontro destina-se a debater e perspectivar para o futuro questões vitais para um muito importante sector da actividade industrial, incluindo o impacto que o desenvolvimento acelerado da Catálise terá nesse sector e na protecção do Ambiente. Serão tratados em especial:

- Situação, tendências e perspectivas da Indústria particularmente do Sector Químico, Petrolífero e Petroquímico e os problemas da protecção do ambiente.
- Situação e tendências da Catálise a nível internacional nos campos básico, industrial e ambiental.
- Situação actual da utilização de processos catalíticos, em particular no domínio das Indústrias

Petrolíferas. Petroquímica, Química e Alimentar e da protecção do ambiente.

— Perspectivas de evolução na utilização de processos catalíticos industriais e de protecção do ambiente.

— A experiência do passado quanto a problemas que têm sido detectados na operação dos diferentes processos catalíticos. Os progressos recentes nos processos catalíticos industriais e de protecção do ambiente mais importantes.

— Necessidades de apoio tecnológico e científico sentidas:

- na negociação do licenciamento de tecnologias catalíticas.
- na operação e optimização de unidades catalíticas industriais. Medidas a tomar para se diminuir o grau da actual dependência dos licenciadores de processos.

— A investigação em Catálise em Portugal.

— As modernas tendências da investigação em Catálise. O papel da investigação no futuro das actividades utilizadoras de processos catalíticos e meios actualmente disponíveis para assegurar o grau adequado da sua intervenção.

— Adequação do ensino universitário às necessidades dos utiliza-

dores de tecnologias catalíticas.

— Os meios de investigação e apoio actualmente disponíveis nas universidades e outros organismos públicos, que poderão favorecer as indústrias nacionais de base catalítica. Vantagens que poderão derivar de uma colaboração Universidade-Indústria neste domínio industrial, inclusive à luz da experiência de outros países.

INFORMAÇÕES GERAIS

LOCAL: Todas as sessões terão lugar no novo Centro de Congressos do Instituto Superior Técnico (Pavilhão de Engenharia Civil).

Av. Rovisco Pais. 1 — Lisboa, Portugal

DATA: O Encontro começará no dia 15 de Maio e terminará a 19 de Maio de 1995.

IDIOMAS: Português, Espanhol e Inglês.

CALENDÁRIO:

06-02-1995 - Data limite para entrega dos resumos das comunicações.

Fevereiro de 1995 Notificação aos autores sobre a aceitação das comunicações.

Março de 1995 Envio da 2ª circular e boletins de inscrição e alojamento.

2º Congresso de Radicais Livres em Química, Biologia e Medicina



Na sequência do 1º Congresso Nacional de Radicais Livres em Química, Biologia e Medicina, realizado há dois anos em Lisboa, vai realizar-se nos dias 23 a 25 de Outubro de 1995, nas instalações do Grupo de Química desta Faculdade, o 2º Congresso, que tem o patrocínio das Sociedades Portuguesas de Química, de Bioquímica e de Radicais Livres.

A Comissão Organizadora do Congresso, que integra cole-

gas das Universidades do Porto, Coimbra e Lisboa que realizam investigação nesta importante e interdisciplinar área científica, conta reunir no Porto químicos, bioquímicos, biólogos e médicos em torno de um programa muito actual, constituído por quatro conferências plenárias, 14 comunicações orais e várias comunicações sob a forma de cartaz, para discutir a química dos radicais (mecanismos radicalares, radi-

cais de oxigénio, efeito de radicais no DNA, monóxido de azoto e outros), neuroquímica, o stress oxidativo, o envelhecimento, o exercício físico e outros tópicos de grande interesse actual.

Contacto:

Prof. Carlos Corrêa

Grupo de Química da Faculdade de Ciências

Praça Gomes Teixeira

4000 PORTO

Grand Prix 1996 de la Fondation de la Maison de la Chimie

OBJET ET MONTANT

Le Grande Prix de la Fondation de la Maison de la Chimie est destiné à récompenser une œuvre originale concernant la chimie, au bénéfice de l'homme, de la vie, de la société ou de la nature.

Ce Grand Prix sera décerné pour la cinquième fois en 1996 à une ou plusieurs personnes physiques, quelle qu'en soit la nationalité. Son montant a été fixé à 150 000 FF.

CANDIDATURES

Les candidatures devront être obligatoirement présentées par une Société Savante ou par un organisme scientifique national ou international. Elles seront adressées au Secrétariat du Grand Prix et enregistrées sur présentation du formulaire prévu à cet effet, accompagné d'un rapport en français ou en anglais et des publications les plus représentatives de l'œuvre présentée. Les dossiers de candida-

ture devront parvenir au Secrétariat pour le 1er mai 1995 au plus tard.

JURY

Le Jury international du Grand Prix est constitué d'un Président, de 8 Membres notamment compétents dans les différents domaines de la chimie, et des deux derniers Lauréats. Trois au moins parmi ces personnalités ne sont pas nationalité française. Le Jury est assisté d'un Secrétaire Scientifique.

Le Président du Jury est le Président en exercice de la Fondation de la Maison de la Chimie. Les autres Membres sont désignés par le Bureau du Conseil d'Administration de la Fondation.

EXAMEN DES DOSSIERS

Les candidatures seront communiquées à l'ensemble des Membres du Jury. Après étude des dossiers, le Jury

1st Portuguese-Spanish Biophysics Congress

V Congreso de la Sociedad de Biofísica de España

The 1st Portuguese-Spanish Biophysics Congress / V Congreso de la Sociedad de Biofísica de España will be held in Lisbon (Portugal), at the Fundação Calouste Gulbenkian from December 4-7, 1995, and is organized by the Sociedad de Biofísica de España, Sociedade Portuguesa de Bioquímica and Sociedade Portuguesa de Química.

Scientific Program

The Scientific Program will consist of plenary lectures, invited talks, oral presentations and poster sessions.

The following topics will be covered among others:

- Theoretical biophysics
- Biophysics of the cellular function
- Ionic channels and transport in membranes
- Cell and Molecular Bioenergetics
- Neurotransmission and Receptors
- Membrane structure and dynamics
- Protein structure and supramolecular complexes

Information:

Prof. M. Prieto –

– Biophysics Congress

Centro de Química-Física Molecular
Complexo I, IST, Av. Rovisco Pais,
1096 Lisboa Codex – Portugal

FAX: +351-1-353 69 85 / 352 43 72

PHONE: +351-1-841 92 19 / 841 92 48

choisira le Lauréat à la majorité de ses Membres.

REMISE DU GRAND PRIX

La remise du Grand Prix

aura lieu à la Maison de la Chimie à Paris, lors d'une séance solennelle, le 30 janvier 1996. A cette occasion, le Lauréat fera un exposé sur ses travaux.

Ao contrário de certas «caixas quentes»
AS ESTUFAS **APT.Linē**

WTB binder

têm TECNOLOGIA e DESIGN AVANÇADOS
garantem ESTABILIDADE TÉRMICA
possuem CLASSES DE SEGURANÇA
dignos de
Laboratórios exigentes

labNORMA



RUA INFANTARIA 16, 41, 2º 1250 LISBOA
TELEFONES 384 01 26 - 384 01 27 FAX: 385 62 62



Mensagem do Secretário-Geral cessante da SPQ



Quando, em Março de 1991, fui eleito Secretário-Geral da Sociedade Portuguesa de Química, tinha alinhavado meia dúzia de objectivos que me propunha atingir durante o mandato. Um deles — talvez o mais importante — era conseguir dotar a SPQ de uma estrutura

profissional sólida, que garantisse que o dinamismo da Sociedade não andaria mais à mercê do trabalho voluntário de um conjunto de sócios, em particular dos que compõem o Conselho Directivo. Infelizmente, não consegui criar condições para eliminar totalmente esse amadorismo: embora tenham sido dados alguns passos no bom sentido, o que se conseguiu pouco disfarça o meu sentimento de falhanço.

É certo que se alcançaram alguns sucessos. Deles não vou falar porque foram visíveis ou tiveram reflexos visíveis. Não quero, no entanto, deixar de mencionar algumas das muitas e muitas pessoas que tive a arte e a sorte de convencer a integrar o

“tal” conjunto de sócios. Para além dos colegas que compõem a Conselho Directivo, entre os quais quero destacar, no Conselho Executivo, as Doutoras Rita Delgado (Secretária-Geral Adjunta) e Anabela Fernandes (Tesoureira), a SPQ — ou seja, todos nós — deve estar particularmente grata ao trabalho realizado pelos Doutores Mário Nuno Berberan e Santos e Hermínio Diogo. O *Química* — *Boletim da SPQ* é hoje uma publicação que está ao nível do que de melhor se faz no género, em qualquer país. Foi graças ao *Química* que muitas das actividades da Sociedade começaram a ter visibilidade e despertaram o interesse e o apoio de outras instituições, públicas e privadas —

com relevo para os nossos sócios colectivos.

A falta, que assumo por completo, em dotar a SPQ de uma estrutura profissional que assegure o desenvolvimento das sementes lançadas nos últimos quatro anos, será uma herança pesada para os que sucedem ao actual Conselho Executivo. No entanto, estou certo que a nova equipa, que entra em funções no início de 1995, liderada pelo Doutor José Gaspar Martinho, dará o seu melhor — com o nosso apoio — para consolidar a estrutura da que é hoje a mais dinâmica sociedade científica portuguesa.

J. A. Martinho Simões
Secretário-Geral da SPQ (1991-94)

Mensagem do novo Secretário-Geral da SPQ



Ao iniciar o mandato de Secretário-Geral da Sociedade Portuguesa de Química, queria deixar expressa a vontade de tra-

balhar com todos os Químicos Portugueses, de modo a tornar a nossa Sociedade mais viva e interveniente. É grato poder registar o esforço que foi feito neste sentido pela última Direcção, pelo que a linha estratégica seguida nos últimos anos prosseguirá. A política editorial da revista e do boletim será mantida, assim como a regularidade das publicações. Os números atrasados da revista serão publicados com a maior brevidade. Será fomentado o espírito de união entre os químicos sem

prejuízo de um regular funcionamento das diversas Divisões. Será fomentada a participação activa da SPQ na IUPAC e noutras organizações internacionais, dando continuidade a participação em reuniões e eventos dessas organizações e procedendo à divulgação e/ou tradução de textos dessas organizações. A SPQ tentará a publicação de material que julgue útil para os professores de química do ensino secundário, contribuindo para o ensino/aprendizagem da química e para o entusiasmo dos jovens.

Na mesma linha, serão lançadas conferências a proferir nas escolas secundárias por químicos especialistas sobre os diversos temas da actualidade.

Por fim queria agradecer a todos aqueles que aceitaram participar nos vários órgãos da SPQ, respondendo ao desafio de manter viva e actuante a nossa Sociedade. A todos o meu obrigado.

J. M. Gaspar Martinho
Secretário-Geral eleito da SPQ (1995-1997)

Acordo SPQ/SFC

A *Sociedade Portuguesa de Química* e a sua congénere francesa, *Société Française de Chimie*, acordaram numa colaboração permanente entre as respectivas revistas gerais, *Química* e *L'Actualité Chimique*. Esta colaboração, para além da permuta regular das mesmas, envolve a possibilidade de publicação paralela de artigos, por forma a assegurar-lhes uma maior difusão.

European Federation of Chemical Engineering

Desde 1993 tem vindo a ser reactivada a participação da SPQ na European Federation of Chemical Engineering (EFCE), tendo sido nomeado o Professor J.L. Figueiredo da FEUP para tratar de todas as questões relacionadas com a EFCE e para representar a SPQ na respectiva Assembleia Geral.

Até esta data, foram nomeados os seguintes Delegados aos Grupos de Trabalho:

- Prof. Mário Rui Nunes da Costa (FEUP) — *Working Party on Polymer Reaction Engineering*
- Prof. Alírio Rodrigues (FEUP) e Eng.º António Gonçalves da Silva (Colgate-Palmolive, SA) — *Working Party on Education*
- Prof. Alberto M.C. Sereno (FEUP) — *Working Party on Drying*
- Prof. J.L. Figueiredo (FEUP) — *Chemical Engineering in the Application of Catalysis*.

Química dos Glúcidos - Glupor I

O 1º Encontro do Grupo da Química dos Glúcidos, Glupor I, realiza-se em Lisboa, em 27-29 de Setembro de 1995. Para mais informações contactar Amélia Pilar Rauter, Dep. de Química e Bioquímica, FCL.



Sócios Colectivos da SPQ

BIODINÂMICA
Biónica Aplicada, Lda.

BOREALIS
Polímeros, S.A.

CIRES
Companhias Industriais de Resinas Sintéticas, S.A.

DIAS DE SOUSA, Lda.

ELNOR
Equipamentos Técnicos de Laboratórios, S.A.

EN
Equipamentos de Análise e Ensaio, Lda.

EPAC
Empresa para a Agroalimentação e Cereais, S.A.

ERT
Equipamentos e Reparações Técnicas, Lda.

FISIPE
Fibras Sintéticas de Portugal, S.A.

GDP
Gás de Portugal, S.A.

ILC
Instrumentos de Laboratório e Científicos, Lda.

JF
Importação e Exportação, Lda.

JOSÉ MANUEL GOMES DOS SANTOS, Lda.

KONIK
Instrumentos, S.A. (Portugal)

LABOMETER
Soc. Téc. de Equipamentos de Laboratório, Lda.

MAGNETRON
Comércio/Indústria aparelhagem electrónica

MERCK PORTUGUESA, Lda.

PARALAB
Equip. Industriais e de Lab. Lda.

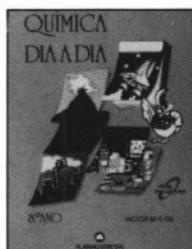
UNICAM
Sistemas Analíticos

Em sintonia com
o Novo Programa

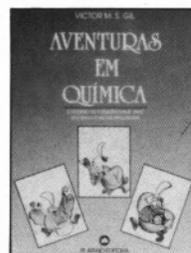
NOVIDADE



PLÁTANO EDITORA, S.A.



QUÍMICA DIA A DIA
8.º ANO
Victor M. S. Gil

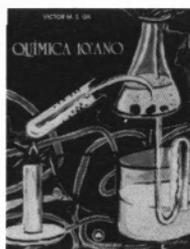


AVENTURAS EM QUÍMICA
Caderno de Experiências
8.º ANO
Victor M. S. Gil

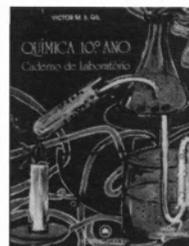
também do mesmo autor:



QUESTÕES E PROBLEMAS
EM QUÍMICA - 10.º ANO
Victor M. S. Gil



QUÍMICA 10.º ANO
Victor M. S. Gil

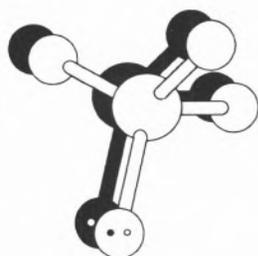


CADERNO DE LABORATÓRIO
QUÍMICA 10.º ANO
Victor M. S. Gil

Com testes finais e prova global.
Com soluções e resoluções
esquemáticas.



24th IUPAC Conference on Solution Chemistry



**August 30 — September 3
1995**

Lisbon - Portugal

The 24th IUPAC Conference on Solution Chemistry will comprise plenary and invited lectures, oral communications and poster sessions followed by discussion.

Topics:

- Structure and thermodynamics of solution in different solvents
- Reaction molecular mechanisms
- Enzymatic reaction
- Dynamic simulation in solution chemistry
- Free radicals in solution
- Applied thermodynamics
- Interfacial problems in solution

- Models of nitrogen fixation on coordination compounds
- Others

Please contact:

Prof. C. A. N. Viana
Inst. Bento da Rocha Cabral F.C.U.L.
Calçada Bento da Rocha Cabral
1200 LISBOA
Phone 385 96 28 - 60 88 23
Fax 797 78 37

Pure and Applied Chemistry

66 (6) (1994)

Main lectures presented at the 11th International Symposium on Plasma Chemistry held at Loughborough University of Technology, UK: 22-27 August 1993.

1405

Properties of ethylene-dimethylaminoethylmethacrylate copolymers as poly(vinyl chloride) resin modifier.

66 (7) (1994)

Main lectures presented at the 7th International Symposium on Organometallic Chemistry, in Kobe (Japan): 19-23 September 1993.

66 (8) (1994)

Plenary lectures presented at the 34th IUPAC Congress held in Beijing, China: 15-20 August 1993.

1641

Recommendations for nomenclature and tables in biochemical thermodynamics (IUPAC Recommendations 1994)

1667

Thin films including layers: terminology in relation to their preparation and characterization (IUPAC Recommendations 1994)

1739

Recommendations for the characterization of porous solids (Technical Report)

66 (9) (1994)

Plenary lectures presented at the 8th International Conference on High Temperature Materials Chemistry, held in Vienna, Austria: 4-9 April 1994

1831

Impedances of electrochemical systems: Terminology, nomenclature and representation — Part I: Cells with metal electrodes and liquid solutions (IUPAC Recommendations 1994)

1893

Nomenclature and terminology of graphite intercalation compounds (IUPAC Recommendations 1994)

1903

Nomenclature of interlaboratory analytical studies (IUPAC Recommendations 1994)

1913

Analytical techniques for trace organic compounds — VI. Application of liquid chromatography — mass spectrometry (Technical Report)

66 (10/11) (1994)

Main lectures presented at the 19th International Symposium on the Chemistry of Natural Products held in Karachi, Pakistan: 16-20 January 1994



Equipamento de Laboratório

Balanças - Centrífugas - Aparelhos de pH
Tituladores - Condutímetros - Agitadores
Espectrofotómetros - Microscópios - etc.

Vidros e Plásticos de Laboratório

Distribuidores NORMAX

Material Didático

Ensino Secundário e Superior
Representantes exclusivos
SISTEDUC - Sistemas Educativos S.A.

Rua Soeiro Pereira Gomes, 15 r/c Frente
Bom Sucesso - 2615 Alverca
Telefs. (01) 957 04 20/1/2 - Fax (351-1-957 04 23) - Portugal

NOVO

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE VARRIMENTO SEM ATOMIKA / AMRAY

2 MICROSCÓPIOS ELECTRÓNICOS EM 1 SÓ APARELHO



ECO-SEM 1920

EMISSÃO DE CAMPO



SEM 1910 FE



DIAS DE SOUSA LDA
INSTRUMENTAÇÃO ANALÍTICA E CIENTÍFICA

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 15, R/C - 2625 PÓVOA DE STA. IRIA - TEL. (01)9592316, 9592409 - FAX (01)9590813
RUA GONÇALO CRISTÓVÃO, 294, 7.º ET, 4000 PORTO - TEL. (02) 31 08 39, 208 24 90 - FAX (02) 32 35 73
CANADA DOS FOLHADAIS, N.º 15 - 9700 ANGRA DO HEROÍSMO - AÇORES - TEL. (095) 3 25 12 - FAX (095) 3 13 38

Insuficiente Escolaridade de Química Orgânica do Ensino Pré-Universitário Português

C. SALDANHA*

O curriculum de algumas disciplinas do ciclo básico e pré-clínico do curso de medicina tais como Bioquímica, Biologia, Farmacologia e Microbiologia fundamenta-se maioritariamente no conhecimento de Química Orgânica (QO), no que respeita a composição, estrutura e propriedades das funções químicas. Na Europa e nos Estados Unidos da América a aprendizagem das generalidades de QO decorre na fase do ensino secundário, em proporção variável no conjunto das Químicas Geral, Inorgânica e Orgânica.

Em Portugal, 6% do ensino total de Química do 12º ano é destinado à QO [1]. Esta percentagem é manifestamente insuficiente, como foi demonstrado em estudos do domínio da Educação Médica, efectuados pelo Instituto de Bioquímica da Faculdade de Medicina de Lisboa (FML) [2-5].

Apesar de se estar na última década do século XX, e de se legislar sobre autonomia universitária, não se vislumbra nenhuma mudança nos requisitos dos conteúdos da QO. A comprovar o que se disse, está a última Prova Específica de Química (11 de Junho, 1994): em 6 perguntas (com um total de 15 alíneas) apenas duas alíneas recaíram na área da QO; perfazendo 7 pontos no total de 100 pontos.

Será oportuno (e indispensável) realçar que a prova "Específica" é apenas título sem correspondência prática; porque o conteúdo programático não foi definido pelas Faculdades de Medicina (FM) nem, que se saiba, por qualquer outro Estabelecimento do Ensino Superior a cujo domínio compete. Aqui reside a "cronicidade" da deficiência curricular pré-universitária apresentada pelos discentes admitidos, e que se traduz por exemplo, na dificuldade em compreender (i) a representação tridimensional das proteínas, (ii) a relação estrutura/função de biomoléculas, ou (iii) o funcionamento molecular do metabolismo celular. Os alunos têm conhecimentos insuficientes sobre as propriedades das ligações C-H e dos grupos funcionais, para além de outras, que em sentido figurativo corresponde a incapacidade de todos nós em correr sem primeiro termos aprendido a andar.

Para colmatar a carência curricular, têm sido adoptadas soluções de emergência, designadamente pela inserção do ensino/aprendizagem de Química Orgânica (i)

no programa de Bioquímica (anos lectivos de 1978 a 1984), ou (ii) antecedendo (aulas de "reciclagem") o curriculum da disciplina de Bioquímica (anos lectivos de 1984 a 1992). Esta acção didáctica foi abandonada, nos anos lectivos subsequentes a 1992 por diversos motivos, em especial, (i) o ensino limitado a aulas intensivas de revisão (por carência de tempo) tiveram reduzida eficácia (2-5); (ii) o conteúdo programático da QO não era assimilado pelos alunos na escolaridade desponível, e (iii) por consumir tempo destinado ao ensino da Bioquímica.

Na realidade, à Bioquímica não compete ensinar QO, do mesmo modo que, por exemplo, ao programa da Matemática do ensino secundário não pertence leccionar a tabuada.

A partir de 1992 aconselhou-se a auto-aprendizagem de QO aos alunos recém-admitidos, mediante indicação de palavras-chave consideradas imprescindíveis para o ensino da Bioquímica e de bibliografia pertinente.

Na prática, a aplicação daquelas estratégias metodológicas resultou que os discentes recorrem à memorização como meio auxiliar de conciliar o binómio aprendizagem/tempo. A utilização exclusiva da memória como método de aprendizagem apresenta, como consequências nefastas, o pseudo-saber e o esquecimento [6 e 7].

É necessário espaço e tempo para que qualquer novo conhecimento seja aprendido, raciocinado, moldado e integrado com o pré-existente, isto é, seja exercitado. A elaboração contínua do conhecimento torna o homem culto, com capacidades acrescidas de relacionar, associar, e aplicar a outras áreas do saber, predispondo-o a prática da interdisciplinaridade. O crescimento científico ocorre naturalmente em todos aqueles possuidores de níveis superiores de conhecimento, objectivo esse a atingir pelos licenciados. Como consequência o processo educativo alcançaria qualidade com reflexo natural num maior prestígio das Faculdades.

Em conclusão, sugere-se como proposta de mudança que:

a) a adopção de programa e a inclusão de escolaridade adequada de QO ocorra no 12º ano do ensino secundário e/ou num

ano "vestibular", precedendo a admissão no Ensino Superior.

b) a fixação dos conteúdos em Química Orgânica, necessários ao ensino das disciplinas do ciclo básico do curso de Medicina seja feita pelas Faculdades de Medicina.

c) a definição dos requisitos e respectivos níveis, isto é, o enunciado dos objectivos científicos e humanísticos a demonstrar pelo candidato, seja competência das FM.

d) a aferição e a selecção dos candidatos fique à responsabilidade das FM, mediante metodologias adequadas

O sistema em vigor será burocraticamente cómodo mas não deixa de ter um inconveniente fundamental: é pedagogicamente ineficaz, perante os requisitos estabelecidos pelas Faculdade de Medicina.

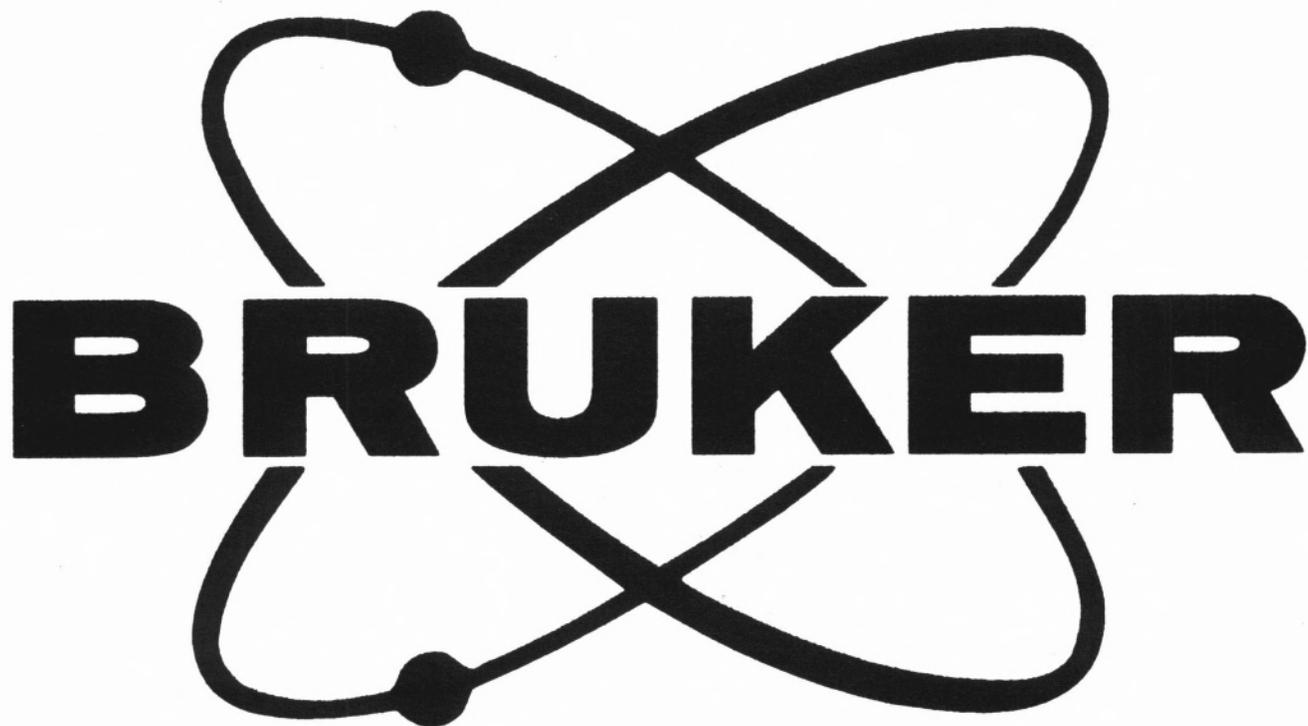
BIBLIOGRAFIA

1. C. Saldanha, Proposta de reestruturação das perguntas de química nas provas específicas de biologia, física e química e suas implicações. *Educação Médica* 1 (1993) 18-26.
2. J. Martins e Silva, Acesso à Faculdade de Medicina de Lisboa. A avaliação dos conhecimentos específicos de química e perfil sócio-cultural dos alunos admitidos nos anos lectivos de 1989/1990 e 1990/1991. *BFML*, 1991; II Série, nº 8, p. 20.
3. J. Martins e Silva, D. Santos, S. Marques, C. Moreira, Preparação real dos alunos candidatos ao curso de medicina, na área da química. *J. Soc. Ciên. Med.* CXLVII (1984) 28-32.
4. C. Saldanha, Y. Pinto, M. Nunes e J. Martins e Silva, Apreciação de uma avaliação diagnóstica precedente ao ensino de bioquímica em 1986/1987. *Actas do IV Cong. Nac. Educ. Med.* FML ed. (1988) 61-76.
5. C. Saldanha, C. Moreira, Y. Pinto, M. Nunes e J. Martins e Silva, Avaliação diagnóstica dos interesses, vivências e conhecimentos da química dos alunos admitidos a FML em 1989/1990. *Acta Med. Port.* 4 (1991) 37-42.
6. E. Rico, J. Galindo, P. Marsset, Remembering biochemistry: a study of the patterns of loss of biochemical knowledge in medical students. *Biochem Educ.* 9 (1981) 100.
7. M. Saffran, W.B. Kennedy, P.R. Jr Kelley, Use of national board examinations to estimate retention of biochemistry. *Biochem Educ.* 9 (1981) 97-99.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Sra. D. Emília Alves pela dactilografia do manuscrito.

* Instituto de Bioquímica da FML (Director: Prof. Doutor J. Martins e Silva)



NMR : EPR : FT-IR : MS

AGORA, EM PORTUGAL
É



DIAS DE SOUSA LDA

INSTRUMENTAÇÃO ANALÍTICA E CIENTÍFICA

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 15, R/C - 2625 PÓVOA DE STA. IRIA - TEL. (01)959 2316, 959 24 09 - FAX (01)959 0813

RUA GONÇALO CRISTÓVÃO, 294, 7.º ET - 4000 PORTO - TEL. (02)310839, 208 24 90 - FAX (02)32 35 73

CANADA DOS FOLHADAIS, N.º 15 - 9700 ANGRA DO HEROÍSMO - AÇORES - TEL. (095)3 25 12 - FAX (095)313 38



Lavoisier et la Naissance de la Thermochimie

BERNARD VALEUR*

Les expériences de Lavoisier et Laplace utilisant des calorimètres à glace ont permis pour la première fois de mesurer la chaleur dégagée au cours de réactions chimiques, et en particulier la chaleur de formation de l'eau à partir de ses éléments.

La thermochimie est née avec ces expériences. Quant à l'ensemble des travaux de Lavoisier et Laplace qui comportent également des mesures de chaleurs spécifiques et de chaleurs animales, il marque une étape importante dans l'histoire de la science de la chaleur.

Livres [1,2], articles [3-5], colloques, expositions et autres manifestations célèbrent dignement cette année le bicentenaire de la mort d'Antoine-Laurent Lavoisier et rendent ainsi hommage à cet homme dont l'oeuvre politique et scientifique est d'une exceptionnelle diversité. C'est évidemment en tant que l'un des pères de la chimie moderne qu'il est le plus connu. Parmi les nombreux aspects de la "révolution chimique" dont il a été l'un des plus actifs participants, celui qui concerne la chaleur et plus particulièrement les effets thermiques associés aux réactions chimiques — c'est à dire ce qu'on appelle aujourd'hui la thermochimie — est particulièrement intéressant à divers titres: originalité des concepts, ingéniosité des appareils conçus, diversité des phénomènes étudiés, méthodologie, ...

En 1782, Lavoisier sollicite Pierre-Simon de Laplace pour entreprendre des recherches sur la chaleur. Laplace était un savant déjà réputé pour ses travaux en astronomie, en mathématiques et en physique; il avait déjà travaillé avec Lavoisier depuis 1777 sur la mise au point de baromètres et de dilatomètres. Pourtant, Laplace refuse la proposition de Lavoisier en expliquant qu'il ne se sent ni le courage, ni la volonté d'entreprendre la nécessaire lecture des nombreux ouvrages de physique et de chimie déjà parus et qu'il préfère se consacrer à des travaux de géométrie et d'analyse. Il faudra toute la force de persuasion de Lavoisier pour qu'il se laisse convaincre. L'objectif de Lavoisier est de réfléchir à

la notion de chaleur, de concevoir des appareils pour la mesure précise de quantités de chaleur et d'entreprendre des séries d'expériences sur la chaleur spécifique des corps, la chaleur dégagée lors de réactions chimiques, la chaleur animale,...

Auparavant, le concept de *chaleur latente* avait été introduit par Black en 1762: c'est la quantité de chaleur mise en jeu au cours du changement d'état d'un corps. Le nom de "latente" traduit le fait qu'il s'agit d'une quantité de chaleur non détectable par un thermomètre; elle est en quelque sorte "cachée" et peut se libérer lorsque, par exemple, un gaz se condense. Par ailleurs, la définition de la *chaleur spécifique* résultait de l'observation selon laquelle il faut fournir des quantités de chaleur différentes pour élever d'un degré la température d'une unité de poids de substances différentes. La chaleur spécifique de l'eau fut prise conventionnellement égale à l'unité et celles des autres corps s'en déduisaient par comparaison. Black avait ainsi déterminé les chaleurs spécifiques de divers corps en utilisant la méthode des mélanges pour mesurer les quantités de chaleur. Cette méthode, imaginée par Crawford, reposait sur le fait que la température finale de deux substances de même poids, initialement portées à des températures différentes puis mélangées, dépend de leurs chaleurs spécifiques. Ainsi Black avait-il jeté les premiers fondements de la science de la chaleur qui allait atteindre son apogée 60 ans plus tard avec les célèbres travaux de Sadi Carnot sur la *puissance motrice du feu*.

LE CONCEPT DE CHALEUR

Mais qu'est-ce que la chaleur? A l'époque où Lavoisier et Laplace débutèrent leurs travaux, en 1782, deux conceptions différentes faisaient l'objet d'un débat dans la communauté scientifique. Certains considéraient la chaleur comme une substance fluide, d'autres comme l'effet du mouvement des molécules qui constituent les corps. Dans l'article premier de leur célèbre Mémoire sur la Chaleur [6] Lavoisier et Laplace résument

avec précision les deux conceptions: "*Les physiciens sont partagés sur la nature de la chaleur. Plusieurs d'entre eux la regardent comme un fluide répandu dans toute la nature, et dont les corps sont plus ou moins pénétrés, à raison de leur température et de leur disposition particulière à le retenir; (...). D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat des mouvements insensibles des molécules de la matière. On sait que les corps, même les plus denses, sont remplis d'un grand nombre de pores ou de petits vides, dont le volume peut surpasser considérablement celui de la matière qu'ils renferment; ces espaces vides laissent à leurs parties insensibles la liberté d'osciller dans tous les sens, et il est naturel de penser que ces parties sont dans une agitation continue (...); c'est ce mouvement intestin qui, suivant les physiciens dont nous parlons, constitue la chaleur.*"

Lavoisier et Laplace décident de ne pas trancher. Laplace préfère la seconde conception fondée sur la force vive résultant des mouvements des molécules et s'exprimant par la somme des produits de la masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse, alors que Lavoisier restera jusqu'au bout attaché à l'hypothèse d'une substance réelle, "*un fluide très subtil qui s'insinue à travers les molécules de tous les corps et qui les écarte*". C'est ainsi qu'il explique les états de la matière dans les premières pages de son *Traité élémentaire de Chimie*, paru en 1789 [7]: les corps "*sont ou solides, ou liquides, ou dans l'état élastique et aëriiforme, suivant le rapport qui existe entre la force attractive de leurs molécules et la force répulsive de la chaleur, ou, ce qui revient au même, suivant le degré de chaleur auquel ils sont exposés.*" Lavoisier désigne ce "*fluide éminemment élastique*" qui produit la chaleur sous le nom de *calorique*, mais prudemment il ajoute: "*nous ne sommes pas même obligés de supposer que le calorique soit une matière réelle: il suffit (...) que ce soit une cause répulsive quelconque qui écarte les molécules de la matière, et on peut ainsi en envisager les effets d'une manière abstraite et mathématique.*" Le concept de calorique sera



définitivement abandonné plus d'un demi-siècle plus tard [8].

Lavoisier et Laplace étaient néanmoins d'accord sur un principe essentiel commun aux deux hypothèses; ils l'expriment de la façon suivante dans leur Mémoire sur la Chaleur: "Si, dans une combinaison ou dans un changement d'état quelconque, il y a diminution de chaleur libre, cette chaleur reparaitra tout entière lorsque les substances reviendront à leur premier état, et, réciproquement, si, dans la combinaison ou dans le changement d'état, il y a une augmentation de chaleur libre, cette nouvelle chaleur disparaîtra dans le retour des substances à leur état primitif. (...) Toutes les variations de chaleur, soit réelles, soit apparentes, qu'éprouve un système de corps, en changeant d'état, se reproduisent dans un ordre inverse, lorsque le système repasse à son premier état." En d'autres termes, la chaleur mise en jeu (absorbée ou dégagée) au cours d'une transformation d'un corps (changement d'état, réaction chimique) ne dépend que de l'état initial et de l'état final. Un tel principe n'est pas correct car la chaleur n'est pas en fait une fonction d'état du système. Il faudra attendre la seconde moitié du XIXe siècle avec les travaux de Mayer, Thomson et Clausius pour que le premier principe de la thermodynamique soit énoncé avec le concept indispensable d'énergie interne et appliqué correctement à la chimie. On perçoit néanmoins à travers les propos de Lavoisier et Laplace les prémises de la thermochimie.

CONCEPTION ET RÉALISATION DES CALORIMÈTRES À GLACE

L'article premier du Mémoire sur la Chaleur [6] comporte une réflexion pertinente sur la façon de déterminer avec précision une quantité de chaleur. Cette réflexion conduit à la conception du modèle de la *sphère de glace creuse* qui est remarquable: un corps préalablement chauffé à une certaine température et placé à l'intérieur d'une telle sphère rayonne de la chaleur qui est arrêtée par la glace intérieure et sert uniquement à faire fondre de la glace jusqu'à ce que la température du corps atteigne la température de la glace fondante (zéro degré). Le poids de glace fondue est proportionnel à la chaleur perdue par le corps lorsque celui-ci passe de la température initiale à zéro degré; une quantité de chaleur

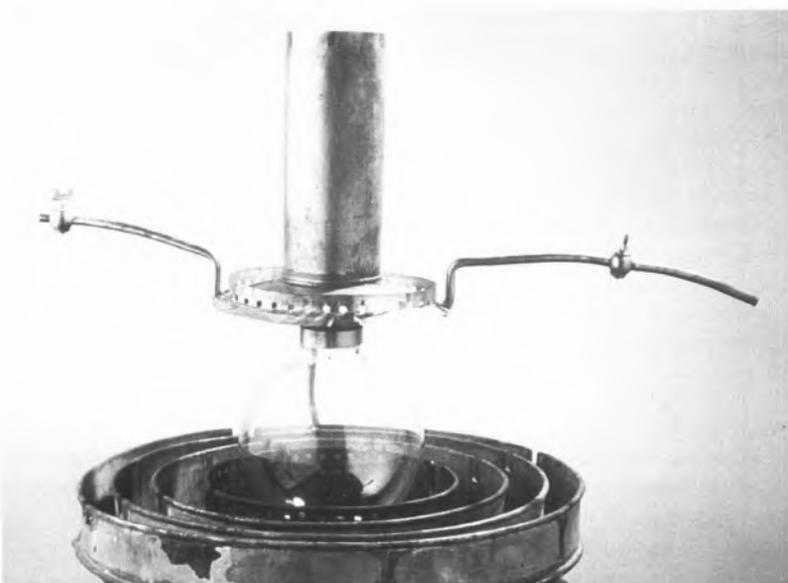
double doit en effet faire fondre deux fois plus de glace. Ainsi, par exemple, la chaleur spécifique d'un corps peut-elle être évaluée en divisant le poids d'eau résultant de la fusion de la glace par le produit de la masse du corps et sa variation de température exprimée en degrés [9].

Ces réflexions sur le modèle de la sphère de glace creuse, évidemment irréalisable pratiquement, ont conduit Lavoisier et Laplace à concevoir un calorimètre à glace [10] fonctionnant selon le même principe: la quantité de chaleur rayonnée par un corps qui se refroidit est

proportionnelle à la quantité de glace fondue sous l'influence de ce rayonnement, et la masse d'eau produite permet de mesurer cette quantité de chaleur.

C'est en 1782 que Lavoisier fait construire deux calorimètres à glace (Figure 1). On ne sait pas de façon certaine qui fabriqua ces calorimètres, mais il s'agit très vraisemblablement du ferblantier Naudin à qui Lavoisier faisait appel au moins depuis 1774; des factures de réparations effectuées par Naudin datant de

Figure 1. Calorimètres à glace de Lavoisier et Laplace. (Photos J. C. Wetzel, © Musée des Arts et Métiers-Paris)



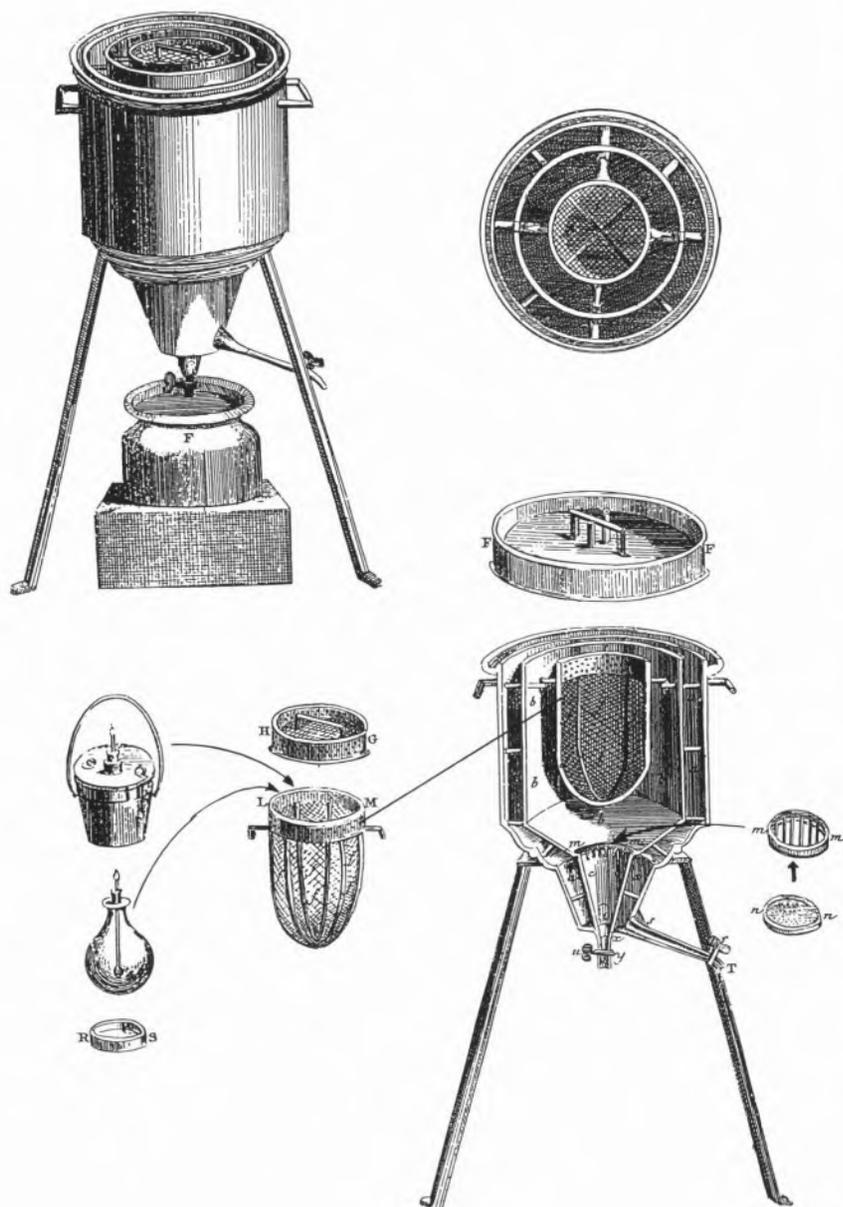


Figure 2. Eléments d'un calorimètre à glace extraits de la planche VI du *Traité élémentaire de Chimie* [7]. Les éléments de cette planche ont été redessinés et des flèches ont été ajoutées pour des raisons de clarté. Il est intéressant de noter que toutes les planches des ouvrages de Lavoisier ont été dessinées par son épouse Marie-Anne, collaboratrice très active.

1783 ont d'ailleurs été retrouvées [11]. A l'origine, les deux calorimètres étaient identiques puis l'un d'eux sera modifié en 1786 dans le but de mesurer la chaleur de formation de l'eau [12].

La Figure 2 représente les élé-

ments d'une planche du *Traité élémentaire de Chimie* [7] et permet de comprendre le fonctionnement du calorimètre qui est divisé en trois compartiments:

— le compartiment central *LM* est formé d'un grillage de fil de fer dans lequel on place l'objet de l'expérience; la partie supérieure est fermée par un couvercle *HG*;

— le compartiment intermédiaire est destiné à recevoir de la glace pilée qui est retenue par une grille *mm* et un tamis *nn*; la chaleur que dégage l'objet de l'expérience fait fondre la glace et l'eau coule à travers le tamis dans un vase;

— le compartiment externe, également

rempli de glace pilée, sert d'isolant: il arrête la chaleur venant de l'extérieur; l'eau résultant de la fusion de la glace est évacuée par un tube *T*.

L'ensemble est recouvert d'un couvercle sur lequel de la glace est déposée, toujours dans un but d'isolation vis à vis de l'atmosphère ambiante.

Une expérience de mesure de la chaleur spécifique se déroule de la façon suivante. Les compartiments intermédiaire et externe ainsi que les couvercles intérieur et extérieur sont remplis de glace pilée bien tassée. Une fois que la glace est bien égouttée, on introduit rapidement dans le compartiment central l'objet de l'expérience préalablement chauffé à une température connue. S'il s'agit d'un corps solide, il est placé dans un seau en tôle muni d'un thermomètre; s'il s'agit d'un liquide, il est disposé dans un matras en verre également muni d'un thermomètre. Une expérience à blanc, c'est à dire avec les récipients vides, est nécessaire pour tenir compte de leur propre chaleur rayonnée. On attend que les corps soient totalement refroidis et on pèse l'eau recueillie dans le vase. L'expérience dure 10 à 20 heures selon les cas.

Ce type de calorimètre très original et astucieux permet non seulement de déterminer la chaleur spécifique des corps mais aussi la chaleur dégagée au cours de réactions chimiques, ou encore par des animaux.

Il est évidemment nécessaire de travailler l'hiver pour disposer de glace. Dans leur *Mémoire sur la Chaleur*, Lavoisier et Laplace décrivent avec rigueur les précautions à prendre. On ne doit pas opérer dans une atmosphère en dessous de zéro degré, sinon la température de la glace ne serait pas de zéro degré mais inférieure. "Ainsi dans un temps de gelée, il faudra renfermer la machine dans un appartement dont on aura soin d'échauffer l'intérieur". Lorsque la température extérieure est d'une dizaine de degrés au dessus de zéro degré, on ne peut pas empêcher l'air extérieur de pénétrer dans le compartiment intérieur, car l'air situé dans ce compartiment est spécifiquement plus lourd que l'air extérieur; il s'écoule donc par le tuyau *xy* et il est remplacé par l'air extérieur qui contribue à la fusion de la glace. Pour rendre cette source d'erreur presque négligeable, il est souhaitable d'opérer à des températures extérieures ne dépassant pas 3-4 degrés. "Nous pouvons, à cette température, répondre de l'exactitude de nos



expériences sur les chaleurs spécifiques des corps, à un quarantième près, et même à un soixantième près, si la température extérieure n'est que de un ou deux degrés."

Pour les expériences nécessitant un renouvellement de l'air (combustion, expérience sur la respiration des animaux), les deux couvercles sont percés de deux trous par lesquels passent deux petits tuyaux permettant d'insuffler de l'air.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES EFFECTUÉES AVEC LES CALORIMÈTRES À GLACE

Par malchance, l'hiver 1782-83 est doux. Pourtant Lavoisier et Laplace réussirent à mener à bien de nombreuses expériences. Ils rapportent les chaleurs spécifiques de tous les corps à celle de l'eau prise égale à l'unité. Ils trouvent que "la chaleur nécessaire pour fondre une livre de glace pouvait élever de 60 degrés (Réaumur) la température d'une livre d'eau; (...) il suit de là que la glace absorbe 60 degrés de chaleur en devenant fluide". Le Tableau 1 rassemble les résultats tels qu'ils sont présentés dans le Mémoire sur la Chaleur [6]. Ces tables comportent non seulement des chaleurs spécifiques (ce que Black avait su mesurer auparavant mais avec la méthode des mélanges qui était d'un emploi beaucoup plus limité que le calorimètre à glace), mais surtout des chaleurs dégagées au cours de réactions chimiques qui constituaient donc les premières expériences de thermochimie. On remarquera en particulier la réaction de l'acide sulfurique avec l'acier, les réactions de combustion du charbon, du phosphore ou de l'éther, la détonation du nitre (nitrate de potassium) avec du soufre,.... Cette dernière réaction présente un intérêt tout particulier car la poudre à canon était constituée de nitrate de potassium, de soufre et de charbon. N'oublions pas que Lavoisier exerça les fonctions de régisseur des Poudres et Salpêtres.

Autre grande première, la mesure de la chaleur animale: un cochon d'Inde est placé dans un petit panier garni de coton; l'ensemble est introduit dans le calorimètre. Pendant les 5 à 10 heures que dure l'expérience, l'air est renouvelé à plusieurs reprises au moyen d'un soufflet. Les auteurs observent que "l'animal n'a point paru souffrir dans ces expériences"! Cette expérience vise à montrer

que la respiration est une combustion lente: la consommation d' "air vital" (oxygène) par l'animal produit de l' "air fixe" (dioxyde de carbone) et fabrique de la chaleur. Lavoisier pense que les poumons sont le siège de la combustion; en fait, la combustion a lieu dans les cellules des tissus, ce qui sera démontré près d'un siècle plus tard.

Durant l'hiver 1783-1784, Lavoisier et Laplace poursuivent leurs expériences sur les chaleurs spécifiques de divers corps et notamment des gaz (air, oxygène,...), sur les chaleurs de combustion (carbone, bougie, huile d'olive,...) et sur la chaleur de respiration des cochons d'Inde et des moineaux.

La dernière expérience, et non des moindres, utilisant un calorimètre à glace a pour objectif la mesure de la chaleur de formation de l'eau. Elle est réalisée durant l'hiver 1785-1786. Avant de décrire cette expérience il est souhaitable de rappeler que de nombreuses expériences avaient été entreprises auparavant sur la combustion de l'hydrogène et de l'oxygène par Lavoisier, Macquer, Warrtierre et Cavendish. C'est ce dernier qui démontra sans équivoque au printemps de 1783 que cette combustion donne de l'eau, mais il était trop imprégné de la théorie du phlogistique [13] pour conclure que l'eau était constituée d'hydrogène et d'oxygène. Quelques mois plus tard, le 24 juin 1783, Lavoisier, Meusnier, Laplace, Vandermonde, de Fourcroy,... réalisent ensemble l'expérience décisive de la synthèse de l'eau, et dès le lendemain ils annoncent à l'Académie: "L'eau n'est pas une substance simple; elle est composée poids pour poids d'air inflammable (hydrogène) et d'air vital (oxygène)." Le rapport des poids n'est pas correct car les quantités d'oxygène et d'hydrogène n'avaient pas été mesurées à l'aide de gazomètres comme ce fut le cas plus tard. La grande expérience (quantitative) de la synthèse de l'eau a lieu les 27, 28 février et 1er mars 1785 en présence de plusieurs savants et des commissaires de l'Académie.

L'hiver suivant, l'un des calorimètres à glace est modifié afin de pouvoir y disposer un ballon muni de deux tubes permettant l'arrivée d'hydrogène et d'oxygène. On ne dispose pas d'une description détaillée de l'expérience, mais le protocole expérimental doit être identique à celui décrit pour la synthèse de l'eau hors calorimètre: après avoir fait le vide dans le ballon, on le remplit

Tableau 1. Tables extraites du Mémoire sur la Chaleur [6].

CHALEURS SPECIFIQUES.				
De l'eau commune.....	1			
De la tôle ou du fer battu.....	0,109985			
Du verre sans plomb ou du cristal.....	0,1929			
Du mercure.....	0,029			
De la chaux vive du commerce.....	0,21689			
Du mélange d'eau et de chaux vive dans le rapport de 9 à 16.....	0,439116			
De l'huile de vitriol dont la pesanteur spécifique est 1,87058.....	0,334507			
Du mélange de cette huile avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3.....	0,603162			
Du mélange de la même huile de vitriol avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3.....	0,663102			
De l'acide nitreux non fumant, dont la pesanteur spécifique est 1,29895.....	0,661391			
Du mélange de cet acide avec la chaux vive, dans le rapport de 9 1/2 à 1.....	0,61895			
Du mélange d'une partie de nitre avec huit parties d'eau.....	0,8107			

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE PAR UNE LIVRE DU MÉLANGE				
	Livres.	Onces.	Gros.	Grains
De l'huile de vitriol dont la pesanteur spécifique est 1,87058, avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3.....	0	14	2	62
De la même huile avec l'eau, dans le rapport de 4 à 3.....	0	12	6	18
De l'eau avec la chaux vive du commerce, dans le rapport de 9 à 16.....	1	8	3	00
De l'acide nitreux non fumant, dont la pesanteur spécifique est 1,29895, avec la chaux vive, dans le rapport de 9 1/2 à 1.....	1	0	2	0

QUANTITÉ DE GLACE FONDUE				
	Livres.	Onces.	Gros.	Grains
Par la détonation d'une once de nitre, avec un tiers d'once de charbon.....	0	12	0	0
Par la détonation d'une once de nitre avec une once de fleur de soufre.....	2	0	0	0
Par la combustion d'une once de phosphore.....	6	4	0	48
Par la combustion d'une once d'éther vitriolique.....	4	10	2	36
Par la combustion d'une once de charbon.....	6	2	0	0
Par la chaleur d'un cochon d'Inde en dix heures.....	0	13	1	13 1/2

Rappels:

huile de vitriol = acide sulfurique
nitre = nitrate de potassium

1 livre = 489,51 grammes

1 once = 30,59 grammes

1 gros = 3,824 grammes

1 grain = 0,053 grammes

d'oxygène; puis l'hydrogène arrivant par un tube plongeant dans celui-ci est enflammé par un dispositif fournissant une étincelle électrique. L'hydrogène et l'oxygène sont issus de gazomètres qui permettent de connaître les quantités



Tableau 2. Table extrait du Traité élémentaire de Chimie [7].

<i>Combustion du Gaz hydrogène.</i>			
	liv.	onc.	grs gr.
Quantité de gaz hydrogène brûlé, I	33	33	33
Quantité de gaz oxygène employé pour la combustion,	5	10	5 24
Quantité d'eau formée,	6	10	5 24
Quantité de calorique dégagé par la combustion d'une livre de gaz hydrogène,	295,58950		
Quantité de calorique dégagé par chaque livre de gaz oxygène,	52,16280		
Quantité de calorique qui se dégage pendant la formation d'une livre d'eau,	44,33840		
Quantité de calorique que confère une livre d'oxygène dans la combustion avec l'hydrogène,	14,50386		
Quantité de calorique que confère une livre d'eau à zéro,	12,32823		

utilisées. Les résultats sont exposés dans le Traité élémentaire de Chimie [7] (Tableau 2). La quantité de calorique est exprimée en livres de glace fondue et rapportée à 1 livre d'hydrogène brûlé. Le nombre de chiffres avec lequel le résultat est donné paraît excessif : 295,58950; et la précision sur la quantité d'oxygène consommé et la quantité d'eau formée est quelque peu surprenante quand on sait qu'1 grain représente 53 milligrammes ! Laissons de côté ces interrogations pour ne retenir que le fait historique: *pour la première fois la chaleur de formation d'un composé à partir de ses éléments a pu être déterminée.*

CONCLUSION

Ainsi l'histoire des calorimètres à glace est exemplaire à divers titres. Tout d'abord, il faut souligner la démarche scientifique de Lavoisier et Laplace qui est fondée sur

- l'analyse des phénomènes à étudier,
- la conception d'un appareil susceptible de donner des résultats précis et fiables, l'étude rigoureuse des sources d'erreur,
- la réalisation d'expériences avec le souci de concordance des mesures,
- enfin l'analyse des résultats avec

esprit critique. Cette démarche est universelle et ces travaux fournissent donc un des exemples les plus remarquables de l'histoire des sciences tant par la méthodologie que par la réalisation et les résultats. La pensée et la méthodologie de Lavoisier s'inscrivent dans l'évolution intellectuelle et scientifique du XVIIIe siècle, le "Siècle des lumières". Ce n'est pas le *pourquoi* des choses, mais le *comment* qui importe; les faits doivent être contrôlés et, sous-jacente, la notion optimiste de progrès sous-tend la démarche rationnelle.

On peut noter également le souci de réserve vis à vis de concepts nouveaux comme le *calorique*, introduit par commodité comme une hypothèse mais de façon non dogmatique. Cette hypothèse de l'existence d'un fluide n'a pas résisté pas à l'épreuve des faits par la suite, mais elle n'a pas freiné l'avancement de la connaissance, au contraire. Ce n'est pas le seul exemple de l'histoire des sciences où un concept constitue temporairement un outil pour expliquer des phénomènes physiques ou chimiques, puis il doit être modifié ou abandonné à la suite de nouveaux faits expérimentaux dont il ne peut rendre compte. Il faut d'ailleurs reconnaître que le concept de chaleur est particulièrement difficile à décrire.

Un autre point qui mérite d'être souligné et qui est une particularité habituelle des travaux conduits par Lavoisier, c'est la mise en oeuvre du travail en équipe. A son initiative, Lavoisier a entrepris des travaux sur la chaleur avec Laplace. Ces travaux touchant à la physique, la chimie et même la biologie, la complémentarité de leurs compétences s'est avérée féconde. En outre, les discussions approfondies, la confrontation des idées, la critique objective conjointe des résultats sont certainement autant d'éléments clés de la réussite de leurs recherches. Quel exemple pour les générations suivantes!

RÉFÉRENCES ET NOTES

1. J.-P. Poirier, *Lavoisier*, Ed. Pygmalion-Gérard Watelet, Paris, 1993.
2. B. Bensaude-Vincent, *Lavoisier, Mémoire d'une*

- révolution*, Ed. Flammarion, Paris, 1993.
3. *L'Actualité Chimique*, mars-avril 1994, Ed. Dunod, Paris (12 articles).
4. *La Revue*, mars 1994, Ed. Musée National des Techniques, Paris (7 articles).
5. *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, n° 52, 1994 (2 articles); n° 53, 1994 (1 article).
6. A.-L. Lavoisier et P.-S. Laplace, *Mémoire sur la Chaleur*, réédition Gauthier-Villars, 1920. La publication originale figure dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1780, p. 355, bien que la lecture en fut donnée les 18 et 25 juin 1783 à l'Académie.
7. A.-L. Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie*, 1789. Réimpression de l'édition originale, Ed. J. Gabay, Paris, 1992.
8. P. Brouzeng et D. Fauque: *Eléments d'histoire d'un concept disparu: le calorique*, L'Actualité Chimique, Mars-Avril 1994, p. 32-35.
9. Dans le Mémoire sur la Chaleur [6], l'échelle Réaumur (0° pour la glace fondante, 80° pour l'eau bouillante) est utilisée.
10. Dans le Mémoire sur la Chaleur [6], le nom de machine est utilisé; c'est dans le Traité élémentaire de Chimie [7] que le nom de calorimètre sera utilisé pour la première fois. Lavoisier est conscient que ce mot vient en partie du latin et en partie du grec et il le justifie ainsi: "*mais j'ai cru qu'en matière de science on pouvait se permettre moins de pureté dans le langage, pour obtenir plus de clarté dans les idées*".
11. M. Daumas: *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Presses Universitaires de France, Paris, 1955.
12. Ces deux calorimètres font partie de la riche collection des instruments de Lavoisier que possède le Musée National des Techniques au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris.
13. Dans la théorie du phlogistique élaborée par Stahl, tous les corps combustibles étaient considérés comme formés d'un constituant non combustible uni à un fluide inflammable que l'on appelait le phlogistique.

**Laboratoire de Chimie Générale Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris*



SOQUÍMICA

Sociedade de Representações de Química, Lda.

Lisboa, Dezembro de 1994

Exmos. Senhores,

Querendo acompanhar as necessidades dos seus clientes, a **SOQUIMICA** criou o laboratório de ensaios **SOQUILAB** que está integrado no Sistema Português da Qualidade, conforme nossa comunicação de 1 de Outubro de 1993.

É com satisfação que comunicamos que,

O SOQUILAB É UM LABORATÓRIO ACREDITADO PELO IPQ

Esta certificação foi concedida pelo IPQ para a calibração de instrumentos de pesagem não automáticos de equilíbrio automático e semi-automático e agora para a calibração de espectrofotómetros, tituladores, buretas, condutímetros e aparelhos de pH.

A SOQUIMICA É A PRIMEIRA EMPRESA PRIVADA ACREDITADA PARA A CALIBRAÇÃO DE BALANÇAS, ESPECTROFOTOMETROS, TITULADORES, BURETAS, CONDUTIMETROS E APARELHOS DE pH

Foi já iniciada a terceira fase deste processo, estando pronta a extensão do domínio da calibração a outras áreas e equipamentos.

Para mais informações podem V. Exas. contactar o director do **SOQUILAB**, Eng^o José António Reis, utilizando os mesmos endereços e telefones da **SOQUIMICA**.

Esperando que este serviço cumpra as necessidades e expectativas de V. Exas, subscrevemo-nos com elevada estima e consideração,

De V. Exas.
Atentamente
SOQUIMICA
Soc. de Representações de Química, Lda.

Eng^o Carlos A.C. Gonçalves

Sociedade por Quotas, Contrib. n.º 500 274 231, Matr. C.R.C. de Lisboa n.º 17 376, Capital Social de Dez Milhões de Escudos
Sede Social: Av. da Liberdade, 220-2.º • 1298 LISBOA CODEX

Rua Coronel Santos Pedroso, 15 • 1500 LISBOA
Tels.: 716 51 60 • Fax: 716 51 69 • Telex: 62 419
Rua 5 de Outubro, 269 — Apartado 1327 — 4106 PORTO CODEX
Tels.: 609 30 69 / 606 86 82 / 600 30 48 • Fax: 600 08 34 • Telex: 26 049

Actividades da Comissão Europeia de Promoção da Utilização de Tecnologias Limpas do Carvão

SAMUELE FURFARI*

A ELECTRICIDADE E O CARVÃO NA CENA ENERGÉTICA

A electricidade assumiu um papel tão importante desde o início do presente século, que não surpreende o facto de a sua importância ser por vezes comparada à que tinha o fogo, há muitos séculos atrás. É, pois, natural, que uma das principais preocupações no contexto da questão energética seja a produção de electricidade, e é precisamente nesta área que o debate sobre a energia se revela frequentemente mais emocional do que racional. O desenvolvimento recente (se visto à escala da era industrial) da ecologia veio criar demasiadas expectativas que, pelo menos a curto prazo, só muito dificilmente poderão ser concretizadas. Sem dúvida que deverão ser desenvolvidos todos os esforços no sentido de atingir estes objectivos, mas é também necessário chamar a atenção da opinião pública, não só para o facto de que tal não poderá ser feito imediatamente, como ainda para os custos inerentes. De facto, a protecção ambiental envolve custos, que deveremos estar dispostos a suportar.

Todos os esforços desenvolvidos no sentido da introdução das novas energias renováveis ainda não se traduziram em alterações significativas, isto apesar das iniciativas tomadas por todos os países membros da OCDE e, em particular, da UE. Se observarmos o saldo energético global da UE, constataremos que as novas energias renováveis representaram, em 1991, 3,24 Mtep, ou seja, 0,28% do consumo total de energia (de notar que a maior fracção deste valor se refere à energia produzida a partir da biomassa). Quanto à vertente da produção de electricidade, a situação não é diferente — a Figura 1 ilustra a distribuição da capacidade de produção de electricidade na UE.

As centrais térmicas concentram actualmente a maior parte da produção de electricidade (57,6%), sendo ainda de destacar o papel de relevo atingido pelo

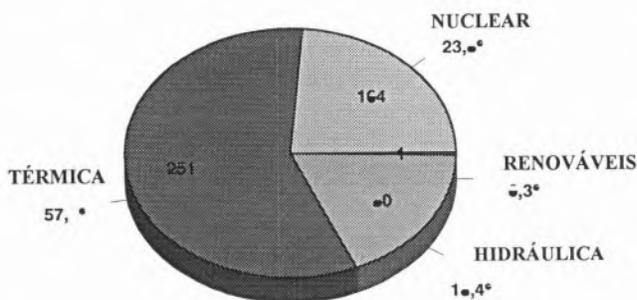


Figura 1 — Capacidade de produção de electricidade na UE (1991 — Dados da Comissão)

nuclear na UE, enquanto recurso energético (23,8%), isto graças ao empenhamento da França e, também, de outros países membros. No entanto, e à escala mundial, o sector nuclear representa apenas 14,7% do total da electricidade produzida; da fracção restante, é óbvio que uma grande parte depende dos combustíveis fósseis sólidos, ou seja, o carvão e a lenhite.

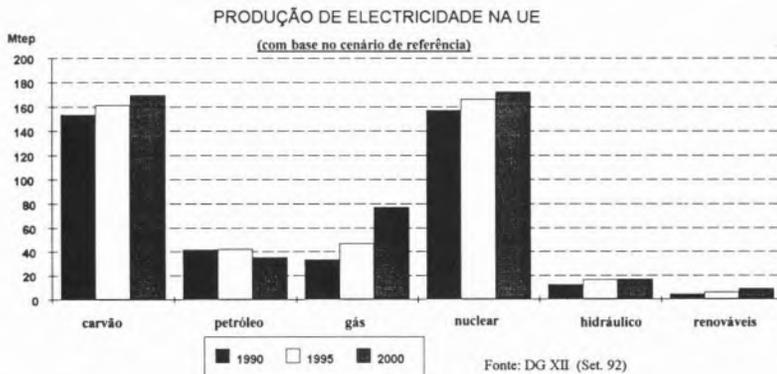
O consumo industrial e doméstico de combustíveis sólidos será cada vez mais limitado, já que se manterão, naturalmente, as diversas vantagens do gás natural sobre os mesmos. Contudo, no campo da produção de electricidade, o carvão e outros combustíveis sólidos continuarão a desempenhar um papel de relevo — as centrais a carvão satisfazem actualmente 40% da procura mundial de electricidade,

consumindo, entretanto, mais de metade da produção mundial de carvão.

Elaboradas pela Comissão, as previsões relativas à utilização de energia até aos anos 2000 e 2005 foram apresentadas, em Setembro de 1992, à Conferência Mundial de Energia, realizada em Madrid. O cenário considerado abrangeu os aspectos económicos associados à oferta e os custos relativos dos diversos combustíveis, sem esquecer as preocupações de carácter ambiental. Os números avançados para os anos 2000 e 2005, relativamente às necessidades em carvão da União Europeia, situam-se na ordem das 279 Mtep.

Quanto à produção de electricidade, trata-se de um sector em franco crescimento (média de 2,0% por ano até 2005, com aproximadamente 2,4% por

Figura 2 — Produção de electricidade na União Europeia por tipo de recurso energético



ano até meados da presente década); de notar que, em 1990, a electricidade representou, na União Europeia, cerca de 18% do consumo energético final. No que se refere à utilização de carvão nas centrais eléctricas (ver a Figura 2), apesar de uma subida de 144% no consumo de gás entre 1990 e 2000, o carvão e a lenhite continuarão a responder por uma grande parte da crescente procura de electricidade prevista para os países membros da UE.

As análises individualizadas para cada um dos estados membros indicam tratar-se de uma tendência generalizada (ver Figura 3). Naturalmente que a dependência do carvão será mais importante nos países que tradicionalmente recorrem a este combustível.

Na Dinamarca — um dos estados membros mais avançados no domínio da protecção ambiental —, cerca de 92,5% da electricidade é produzida a partir de carvão importado. O Reino Unido, pelo seu lado, constitui o único exemplo de redução (a partir de 1995) do consumo deste produto, em consequência, aliás, da decisão de construir novas centrais de ciclo combinado a gás natural. Contudo, no contexto da presente conjuntura energética deste país, e tomando em consideração a problemática do sector mineiro, não é de excluir a hipótese de que esta reestruturação se venha a revelar menos marcante que o inicialmente previsto.

Uma das principais vantagens do carvão assenta na existência de grandes reservas mundiais espalhadas por diversas regiões do globo, as quais garantem a fiabilidade dos fornecimentos (aliás, as importações da União Europeia já começaram a aumentar). A lenhite continuará a ser utilizada na maioria das centrais eléctricas da Grécia, país em que este combustível representa cerca de 79% da electricidade produzida. Quanto à Alemanha, as previsões apontam para uma quebra acentuada do consumo deste último produto; de facto, enquanto na parte ocidental do país este continuará a ser utilizado em centrais equipadas com sistemas de dessulfuração dos gases de combustão, já na antiga RDA, após o recente colapso, se forem retomados os padrões normais de consumo de electricidade, os custos proibitivos associados à reconversão das centrais segundo critérios de protecção ambiental farão assim desviar as atenções para outros combustíveis.

UTILIZAÇÃO DE CARVÃO EM CENTRAIS ELÉCTRICAS

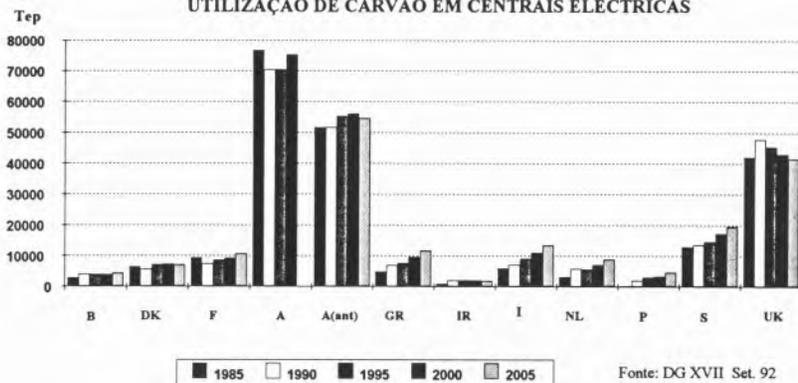


Figura 3 — Utilização de carvão nas centrais eléctricas dos Estados Membros

A influência da Taxa proposta sobre a Energia/Carbono foi alvo de um estudo recente por parte da Direcção-Geral de Energia da Comissão. Aparentemente, este instrumento fiscal iria exercer um efeito limitado sobre a selecção de combustíveis para produção de electricidade. De facto, a aplicação da referida taxa sobre estes factores de produção de electricidade traduzir-se-ia por um aumento mais pronunciado do custo dos combustíveis sólidos, logo seguido pelos do petróleo combustível e do gás, o que deveria conduzir a uma diminuição da utilização dos primeiros. Entretanto, se estabelecermos uma comparação com o cenário de referência, o consumo de combustíveis sólidos na produção de electricidade diminuiria apenas em cerca de 2,0%, no ano 2000, enquanto a procura de petróleo e de gás registaria uma redução de 1,9% e 1,5%, respectivamente. **Assim, o sector da produção de electricidade não acusaria, por volta do ano 2000, uma reacção marcada à taxa proposta.** Quanto às emissões de CO₂, a redução deveria ser ligeiramente inferior a 2% (ver Figura 4).

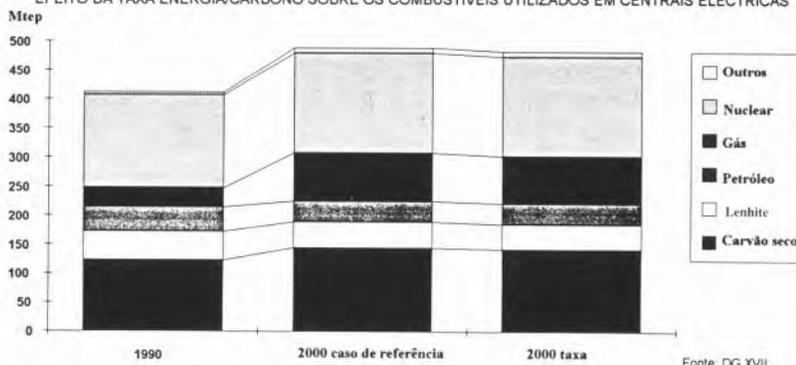
Uma das razões subjacentes a esta

evolução é o facto de a parte da taxa que incide sobre a energia ser aplicada como uma taxa média sobre combustíveis, quer fósseis, quer nucleares, limitando assim o agravamento dos preços dos combustíveis utilizados em centrais com rendimentos energéticos mais baixos; tal situação não constituiria, pois, um estímulo para a substituição dos combustíveis. Além disso, há a considerar que a vida útil das centrais eléctricas atinge várias décadas, pelo que o tempo disponível até ao ano 2000 se revela claramente insuficiente (noutros sectores, os ritmos de substituição dos equipamentos consumidores de energia são muito mais elevados). Finalmente, o caso de referência contempla já uma transferência maciça do sector da produção de electricidade para o gás natural, deixando assim uma pequena margem, caso a taxa venha a ser aplicada, para a construção de novas instalações a gás em substituição dos sistemas mais antigos caracterizados por elevadas emissões de CO₂.

No que diz respeito ao padrão de utilização de combustíveis na União Europeia, prevêem-se, para o horizonte do ano 2000, algumas transferências para com-

Figura 4 — Influência na UE da Taxa proposta sobre Energia/CO₂

EFEITO DA TAXA ENERGIA/CARBONO SOBRE OS COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM CENTRAIS ELÉCTRICAS



Fonte: DG XVII

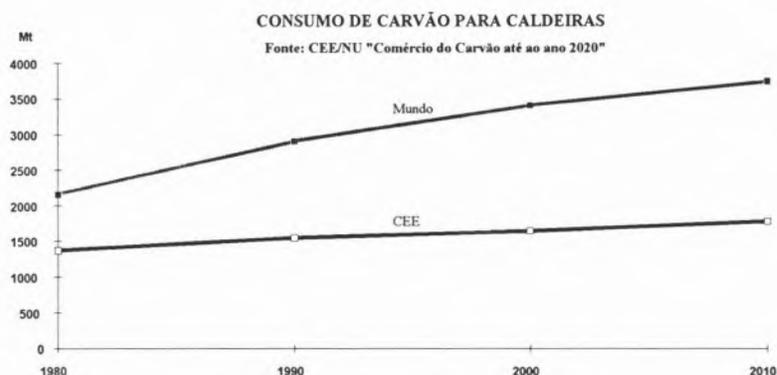


Figura 5 — Consumo mundial e europeu de carvão (em Mtec) em centrais eléctricas

bustíveis com baixos teores de carbono, as quais poderão ser mais pronunciadas no próximo século, quando as instalações existentes atingirem o fim da sua vida útil ou tiverem sido já substituídas por tecnologias de baixa emissão de CO₂.

O estudo da Comissão não é o único a destacar estas tendências. Na verdade, também o relatório "Comércio do Carvão até ao ano 2010", publicado, em Março de 1992, pela Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas (ver Figura 5), defende que o carvão continuará a desempenhar, nos próximos anos, um papel da maior importância (menos na Europa do que no resto do mundo). Assim, é legítimo concluir que, relativamente ao campo das tecnologias limpas do carvão, existe uma margem para o desenvolvimento do mercado e de novos produtos.

Embora reconhecendo a inquietação gerada pelo potencial impacto ambiental da emissão atmosférica de gases resultantes da combustão de volumes tão elevados de carvão, a concorrência de outros combustíveis (em particular, o gás natural) e, em muitos casos, a dificuldade de obtenção de financiamento para novas centrais, a Agência Internacional de Energia mantém que, até ao final do presente século, o consumo global de carvão crescerá a um ritmo anual de 1,5%. Nas centrais eléctricas, o crescimento do consumo será, em princípios do próximo século, de aproximadamente 3.000 Mt/ano. O carvão continuará a responder por cerca de 40% da produção mundial de electricidade (ver Figura 6).

Figura 6 — Produção mundial de electricidade em 1988 e 2000 ("Utilização de carvão em centrais eléctricas: perspectivas até ao ano 2000". AIE — Estudos sobre o carvão — Out.91)

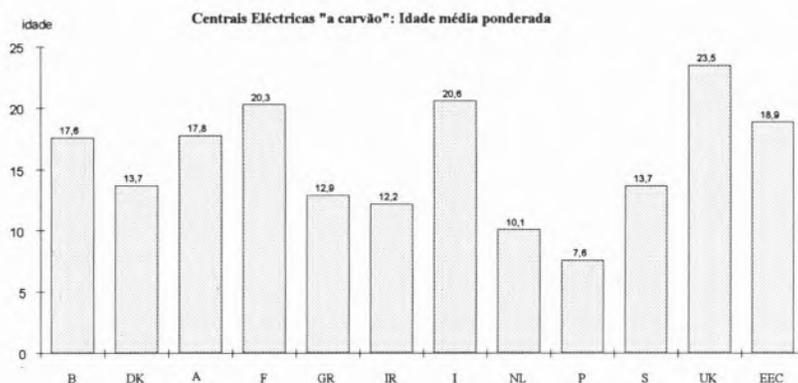
O aumento do recurso ao carvão, incluindo o destinado às centrais eléctricas, ocorrerá principalmente em países em vias de desenvolvimento, como a China ou a União Indiana, pelo que se torna óbvia a necessidade de garantir o acesso destes países às tecnologias mais avançadas de combustão de carvão (instalações eficientes e pouco poluidoras), assim como a concessão dos correspondentes apoios financeiros e políticos. Mas, também nos países desenvolvidos, e apesar das críticas levantadas nos últimos anos, com base em argumentos, quer ambientais, quer económicos, a opinião generalizada é que o consumo de

carvão, lenhite incluída, deverá aumentar ao longo das próximas décadas.

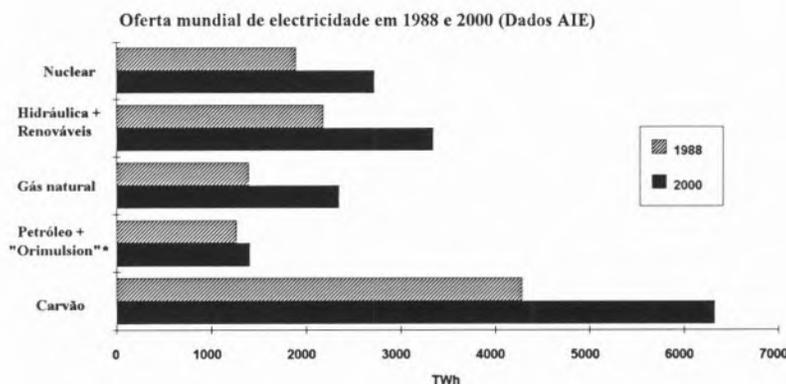
A irradiação progressiva do carvão não constitui uma opção economicamente viável: embora seja inegável que o gás natural se tornou num combustível atraente e que a energia nuclear representa uma alternativa potencial, face aos volumes necessários e aos problemas inerentes a estes dois recursos energéticos, não parece viável, nem política, nem economicamente, abdicar da utilização de carvão em centrais eléctricas. Assim, tanto na União Europeia, como em muitas outras partes do mundo, continuarão a ser consumidos grandes volumes de carvão e de lenhite, sendo, por conseguinte, da maior importância garantir que a combustão destes produtos se processa da forma mais eficiente e limpa possível.

Mas, mesmo que estas perspectivas optimistas não se concretizem, tal não exclui a necessidade de substituição das instalações que se tornem obsoletas num futuro próximo. A Figura 7

Figura 7 — Idade média ponderada das centrais eléctricas a carvão na União Europeia, em 1992 (Dados da Comissão)



Fonte: EPIC e CE



apresenta as idades médias para os vários estados membros (valores ponderados com base na dimensão das unidades), as quais nos permitem constatar que, no início do próximo século, uma grande parte da capacidade instalada terá atingido o fim da vida útil; nessa altura, para que o carvão possa continuar a constituir uma opção, será necessário recorrer a tecnologias mais limpas e menos dispendiosas.

A Direcção-Geral de Energia da Comissão crê ser necessário prosseguir o desenvolvimento e o ensaio de novas tecnologias que permitam a utilização económica e limpa do carvão e, em particular, demonstrar a eficácia das mesmas a uma escala suficientemente grande para persuadir o sector da produção de electricidade da justificação dos volumosos investimentos inerentes; é nesta perspectiva que este organismo continua a apoiar o desenvolvimento e a demonstração de novas tecnologias na União Europeia. Na medida em que uma grande parte do carvão utilizado se destina às centrais eléctricas e que os custos de novas unidades (especialmente se de concepção moderna) são elevados, é compreensível que muitos dos esforços desenvolvidos visem novos conceitos de produção de electricidade.

O CARVÃO E O AMBIENTE

Independentemente da questão do dióxido de carbono, já referida a propósito da Taxa sobre Energia/Carbono, o carvão e os produtos minerais a ele associados contêm elementos potencialmente poluidores que, na sequência de uma combustão ou gaseificação, podem ser libertados para a atmosfera. As tecnologias de prevenção destas emissões atmosféricas são, hoje, bem conhecidas (e de aplicação generalizada), pelo que nada obriga a que à combustão do carvão esteja associada a produção de fumos.

Na União Europeia, os níveis de emissão de compostos silicados e poeiras que acompanham os gases de combustão de todas as caldeiras e fornalhas a combustíveis fósseis são, actualmente, regulamentados. De referir, também, que se encontra já disponível toda uma série de dispositivos de remoção de poeiras e compostos silicados produzidos pela combustão e gaseificação de carvão e lenhite — ciclones, precipitadores elec-

trostáticos, depuradores por via húmida e filtros — capazes de responder às normas vigentes e às que, provavelmente, serão impostas no futuro. Embora continuem a ser alvo de estudos visando o seu aperfeiçoamento (também aqui, a Comissão concede o seu apoio), estes métodos garantem, desde já, que, em futuras centrais a combustível sólido, operadas sob condições correctas, os produtos de combustão acima referidos não constituirão um problema.

Naturalmente que é necessário considerar o destino a dar às cinzas recolhidas, evitando, simultaneamente, impactos ambientais negativos. Nalguns casos, em particular no que se refere às centrais eléctricas a combustível pulverizado, as cinzas podem ser utilizadas na construção civil, nomeadamente, no enchimento de estruturas, no fabrico de blocos de construção ou como substituto do cimento no betão. Nas caldeiras de leite fluido, a adição de calcário ao combustível, com o objectivo de reter o enxofre (processo abordado mais adiante), embora contribua para aumentar o volume dos resíduos, confere-lhes, também, propriedades de auto-endurecimento, o que constitui uma vantagem. Desde há anos que a Comissão tem vindo a apoiar estudos sobre a aplicação e eliminação de cinzas e, presentemente, apoia, no âmbito do programa THERMIE, o estudo de um processo de extinção da cal contida em cinzas parcialmente desulfatadas produzidas por caldeiras a carvão, visando a obtenção de um produto aplicável no fabrico de cimento.

O carvão e o petróleo contêm frequentemente compostos de enxofre que, na sequência do processo de combustão, libertam dióxido de enxofre para a atmosfera. Este pode ser devolvido à superfície, normalmente através da chuva, provocando a acidificação de solos, lagos e cursos de água, com os consequentes danos para florestas e espécies aquáticas. As emissões de dióxido de enxofre, com origem em centrais a carvão, podem ser reduzidas por meio de três métodos: limpeza do carvão; tratamento durante a combustão; e remoção do dióxido de enxofre depositado nas condutas de fumo e dessulfuração dos gases de combustão.

A limpeza do carvão constitui um método capaz de remover apenas entre 5% e 30% do enxofre, já que o restante se encontra integrado na própria estrutura química do carvão, logo não sendo

passível de remoção por processos físicos, como a lavagem. Quanto aos métodos de dessulfuração dos gases de combustão, estes são amplamente utilizados em todo o mundo em centrais a carvão pulverizado, apesar de os custos de investimento e de exploração dos sistemas complementares onerarem o preço da electricidade ou do calor produzidos.

Por conseguinte, muitos dos esforços desenvolvidos neste campo têm visado os processos em que o enxofre é removido das cinzas ainda no interior do sistema de combustão ou noutra reactor (mais adiante, serão abordados exemplos destas tecnologias "limpas do carvão", objecto do apoio da Comissão).

Quer os óxidos de azoto resultantes da combustão de combustíveis fósseis, quer os hidrocarbonetos emitidos, sobretudo, nos gases de escape dos veículos automóveis, podem, quando expostos à luz solar, dar origem à formação de ozono, o qual tem sido responsabilizado por danos em árvores, na Europa Central. De referir, também, que estes gases contribuem para o fenómeno das chuvas ácidas. Se em todos os processos de combustão são normalmente produzidos óxidos de azoto, na sequência da reacção do azoto com o oxigénio do ar, às altas temperaturas desenvolvidas, no caso do carvão, a formação destes óxidos é ainda maior devido à oxidação dos compostos azotados presentes neste combustível. Várias técnicas permitem reduzir a emissão de óxidos de azoto na combustão do carvão; embora seja possível proceder à sua remoção dos gases de combustão, a maior parte dos métodos baseia-se na alteração das características de combustão na fornalha (mais adiante, será também abordado o trabalho desenvolvido pela Comissão nesta área).

Relativamente a alguns combustíveis sólidos, há também que levar em conta a libertação para a atmosfera, na sequência da combustão, de pequenas quantidades de elementos vestigiais, como sejam o chumbo, o cádmio e o arsénio. No entanto, a maior parte dos mesmos é retida nas cinzas, pelo que, à medida que aumentar a eficiência dos sistemas de remoção de poeiras -em paralelo com o crescente rigor das normas aplicáveis —, a emissão destes elementos continuará a registar uma diminuição.

Voltando à problemática do CO₂, há que referir que na combustão de todos os combustíveis fósseis é liberta-

do dióxido de carbono, composto responsável por cerca de metade do chamado "efeito de estufa", para o qual concorrem igualmente o metano, o óxido nítrico e os clorofluorocarbonetos produzidos pelas actividades do homem. A emissão destes gases pode pôr em causa o equilíbrio natural da atmosfera, provocando a alteração de padrões climáticos (temperaturas, ventos e chuvas) e a subida do nível dos oceanos.

Não existem dados concretos relativamente à escala temporal e à magnitude do fenómeno de aquecimento global provocado pela emissão atmosférica destes gases, nem tão pouco sobre o impacto da redução das emissões de dióxido de carbono resultantes da combustão do carvão. De qualquer forma, esta é uma questão que sai fora do âmbito do presente trabalho.

Embora a combustão do carvão represente mais de 40% da electricidade produzida em todo mundo, contribui apenas para 8% do potencial "efeito de estufa". Na UE, as centrais eléctricas a carvão e os veículos automóveis são os principais responsáveis pelas emissões de CO₂ (ver Figura 8), pelo que deverão constituir o principal alvo das iniciativas a tomar.

são avançou com a proposta da já referida Taxa Energia/CO₂. A remoção do dióxido de carbono dos gases de combustão e — aspecto que levanta mais dificuldades — a respectiva armazenagem por forma a que não se escape para a atmosfera é alvo de estudos com vista a uma solução de longo prazo. Em alternativa, a única forma viável de limitar a libertação deste composto quando da combustão do carvão, consiste na melhoria da eficiência do processo de conversão da energia química do carvão em calor, electricidade ou outra forma intermediária de energia, abordagem que, aliás, encerra outras vantagens a nível de redução dos custos da energia e de aumento da competitividade deste tipo de combustível. Nas secções seguintes, serão apresentados exemplos de como as tecnologias "limpas do carvão" apoiadas pela Comissão contribuem para aumentar o rendimento energético das centrais e diminuir as emissões de dióxido de carbono.

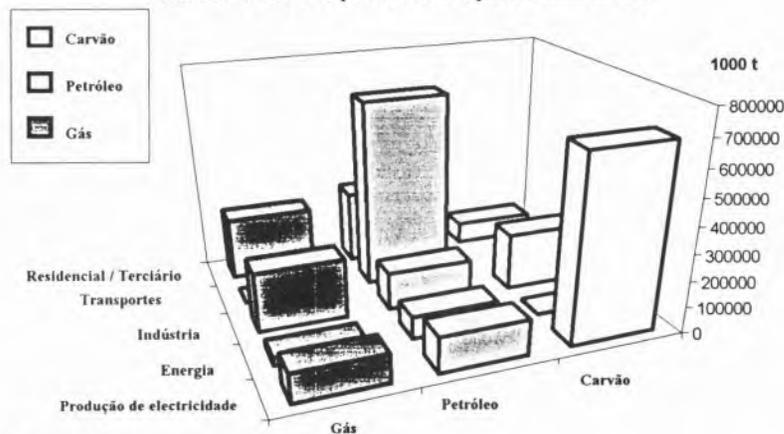
O APOIO DA UE AO CARVÃO ATÉ 1989

Desde a década de 1950, que a União Europeia tem vindo a prestar o seu

Entre 1978 e 1989, a UE apoiou diversos projectos, atribuindo subsídios no valor total de 302 milhões de ECU, dos quais 41 milhões destinados à área da liquefacção, 67 milhões à área da combustão (em particular, a combustão em leito fluidizado) e 122 milhões à área da gaseificação. Aliás, foi o trabalho realizado no âmbito dos gaseificadores pressurizados que se veio a revelar da maior importância no desenvolvimento das tecnologias "limpas do carvão".

Em princípios da década de 1970 — época em que o interesse se centrava principalmente na produção de sucedâneo de gás natural e de outros químicos industriais, existiam em todo o mundo mais de 20 concepções de gaseificadores de oxigénio pressurizado em diferentes fases de desenvolvimento. Embora muitos destes projectos nunca vissem a luz do dia, a União Europeia pode congratular-se por ter concedido o seu apoio a três de entre eles, todos de diferente concepção, que atingiram recentemente a fase de comercialização. Produto da Rheinbraun, o *Gaseificador Winkler de Alta Temperatura* visa fundamentalmente a gaseificação de lenhite bruta; desenvolvido e ensaiado durante vários anos até 1990, numa central a lenhite com um consumo de 1.500 toneladas/dia, este gaseificador opera à temperatura de 1.000°C e à pressão de 120 bar, para uma produção de 37.000 Nm³/hora de gás de potência calorífica média. Desenvolvido pela British Gas e pela Lurgi, o *Gaseificador BGL* constitui uma versão pressurizada do bem conhecido sistema Lurgi de contra-corrente em leito fixo, em que as cinzas são removidas como escória fundida à temperatura obtida através da injeção de uma mistura de vapor e de oxigénio na secção inferior do leito; este modelo foi alvo de um rigoroso programa de ensaios, já concluído, no qual foi utilizada uma pequena unidade comercial, com um consumo da ordem das 600 toneladas diárias. Presentemente, a Comissão continua a prestar o seu apoio ao aperfeiçoamento do processo *PRENFLO*, uma versão pressurizada do processo Koppers-Totzek de caudal arrastado, em que o carvão pulverizado é injectado numa câmara de combustão com oxigénio suficiente para provocar a sua oxidação parcial numa reacção de chama a temperaturas superiores a 2.000°C e a pressões entre 24 e 30 bar. A demonstração prática deste processo foi realizada

Emissões de CO₂ por sector e tipo de combustível



Fonte: DG XVII (Jan.92)

Figura 8 — Emissões de CO₂ na UE, segundo os sectores económicos e os tipos de combustível

No reconhecimento da necessidade de, como medida de prudência, reduzir as emissões de dióxido de carbono resultantes da combustão de combustíveis sólidos, no contexto de um leque mais alargado de medidas tendentes a limitar a emissão de gases que concorrem para o "efeito de estufa", a Comis-

apoio à pesquisa, desenvolvimento e demonstração de novos processos de produção e utilização de carvão e outros combustíveis sólidos. Na sequência das crises petrolíferas dos anos 70, foi criado o Programa de Demonstração Energética da UE, implementado em 1978, o qual visava apoiar a demonstração das tecnologias de liquefacção e gaseificação do carvão. Em 1983, este programa seria alargado à área da combustão.

numa central de carvão de 48 toneladas/dia, concebida e construída para o efeito pela Krupp-Koppers. Ao longo de mais de 8.000 horas de funcionamento, esta central revelou-se bem sucedida na gaseificação de vários tipos de combustíveis sólidos, comprovando as características de segurança e economia do sistema, assim como as suas virtudes na perspectiva da protecção ambiental. No campo da combustão do carvão, todas, senão mesmo todas, as principais tecnologias de combustão limpa foram promovidas no âmbito deste programa. A combustão em leito fluidizado foi sujeita a ensaios segundo os métodos de borbulhamento, circulação e pressurização, merecendo referência especial o projecto de Carling (França), de 125 MWe, concebido pela Charbonnages de France segundo o processo Lurgi e construído pela Stein Industrie, cujo desempenho se revelou suficientemente convincente para que fosse proposta a construção de várias outras unidades baseadas na mesma concepção (ver a secção seguinte).

No que diz respeito ao sistema de leito fluidizado pressurizado, diversos projectos de mérito, aliás bem conhecidos, beneficiaram do apoio financeiro da Comissão, a qual financiou ainda o único projecto da UE a atingir a dimensão de 75 MW(e) — projecto ENDESA/Babcock Española, realizado em Espanha, com base no processo ABB. O apoio financeiro da Comissão foi também extensivo a diversos projectos no âmbito da protecção ambiental associados à utilização de carvão. Para mais detalhes sobre todos os projectos financiados pela Comissão, consultar a base de dados SESAME ou, em alternativa, solicitar ao autor a nova versão impressa do catálogo SESAME, consagrado aos combustíveis sólidos e elaborado a partir da referida base de dados.

O PROGRAMA THERMIE (1990-1994)

Em 1990, a Comissão transferiu para o programa THERMIE todos os mecanismos de apoio à promoção de novos processos particularmente "limpos" de combustão e conversão de carvão. De natureza globalizante, este programa visa o desenvolvimento e o estudo das potencialidades de novas tecnologias aplicadas a todo o sector da energia, enquanto elementos essenciais de

uma base energética sólida a implantar na Europa, em resposta às novas solicitações económicas e industriais decorrentes da integração do mercado interno. Concebido para uma duração de 4 anos (1990-1994), o programa THERMIE foi dotado com uma verba de 700 milhões de ECU, dividida por 4 áreas de trabalho: *utilização racional da energia, energias novas e renováveis, exploração e produção de hidrocarbonetos* e, finalmente, mas não menos importante, *combustíveis sólidos*. No âmbito deste programa, todas as propostas relativas aos combustíveis sólidos vêm-se obrigadas a competir com propostas para as três restantes áreas, em consequência do que os apoios são concedidos apenas àquelas tidas como técnica e economicamente viáveis, sendo ainda condições prévias de aprovação que os processos envolvidos se mostrem seguros e capazes de respeitar as normas de protecção ambiental.

Os projectos apoiados pelo programa THERMIE podem visar o aperfeiçoamento ou a implementação de técnicas, processos ou projectos de características inovadoras que, uma vez concluída a fase de investigação e desenvolvimento, se tenham revelado promissores — neste caso, o apoio financeiro concedido pela Comissão pode ir até 40% da componente inovadora. Quando se tratar da demonstração de processos ou produtos já comprovados na União Europeia, seja na sequência de alterações de carácter técnico, seja num outro estado da UE, sob condições económicas ou geográficas diferentes (*projecto de disseminação*), o apoio é limitado a 35% dos custos elegíveis.

Assim, a gama de tópicos dentro da área da combustão e da conversão do carvão visada pelo apoio da Comissão, dependerá em larga medida das propostas apresentadas. No entanto, o programa THERMIE contempla também a possibilidade de, sempre que a Comissão considerar conveniente o desenvolvimento de um campo específico, esta poder avançar com uma proposta de trabalho própria, estimulando várias partes interessadas a conjugar esforços nesse sentido. Relativamente a este tipo de iniciativas, o exemplo mais relevante é o projecto da central de *Ciclo Combinado Integrado (IGCC)*, a construir em Puertollano (Espanha), o qual será abordado sucintamente na secção seguinte deste trabalho.

Na área da Combustão em Leito Fluidizado Circulante, a Comissão Europeia concedeu o seu apoio financeiro a um grande e interessante projecto proposto conjuntamente pela Charbonnages de France e pela Electricité de France e apoiado tecnologicamente pela Lurgi e pela Stein Industrie. Trata-se de uma central de 250 MWe a construir em Gardanne (França) que, como característica inovadora, apresenta uma câmara de combustão bifurcada na sua metade inferior. Esta configuração visa garantir que o ar secundário injectado penetra a toda a largura do caudal de gás, permitindo uma boa mistura entre o gás e as partículas sólidas.

A unidade de 50 MWe presente em construção nas Astúrias (Espanha) constitui outro exemplo da aplicação do conceito de leito fluido circulante na utilização de combustíveis pobres. Também aqui, as componentes inovadoras do sistema foram objecto do apoio da Comissão. Esta instalação destina-se a queimar uma mistura de resíduos mineiros — resíduos de hulha, restos de madeira e carvão de baixa qualidade — com conteúdos de cinzas na ordem dos 65%. Do tipo Foster Wheeler, esta unidade foi construída pela Babcock Wilcox España, empreiteiro geral da Hunosa — a companhia mineira local que irá explorar a instalação.

Os apoios da Comissão são extensíveis a outros projectos em que se pretende fazer a demonstração prática das tecnologias envolvendo processos de combustão com baixas emissões de óxidos de carbono e diversas medidas de carácter primário para redução das mesmas. De referir também a promoção de tecnologias de utilização ou eliminação dos resíduos resultantes dos vários processos de combustão de carvão. Para mais detalhes, aconselhamos a consulta do catálogo SESAMO, já referido anteriormente.

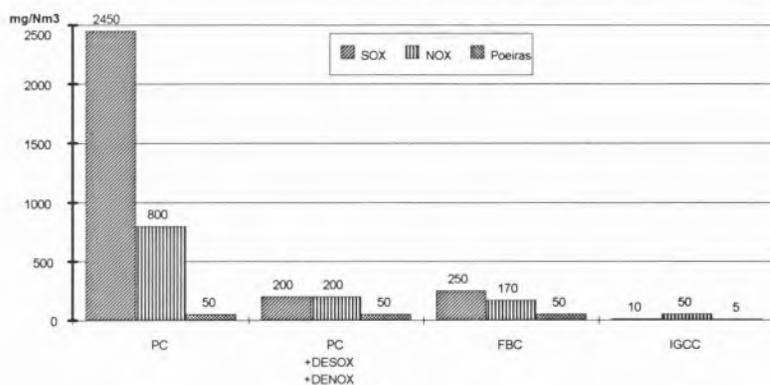
A PARTICIPAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA NA PROJECTO PUERTOLLANO

A principal vantagem exibida pelo processo IGCC (Ciclo Combinado Integrado) encontra-se, muito provavelmente, no baixo nível de emissões. De facto, as limitações impostas às emissões de óxidos de enxofre, particularmente no caso de centrais de grande capacidade, são, já hoje, severas (400 mg/Nm³). Se por um lado, é previsível que, no futuro,

venham a ser impostos limites ainda mais rigorosos, por outro, não existem dúvidas de que o sistema IGCC será capaz de os respeitar. De facto, encontra-se, actualmente, disponível uma série de processos amplamente comprovados de remoção de compostos de enxofre dos gases de combustão, sendo mesmo possível atingir taxas de dessulfitação superiores a 90%; aliás, prevê-se que possam vir a ser alcançados níveis de emissão inferiores a 10 mg/Nm³. Quanto aos óxidos de azoto presentes nos gases de combustão, estes têm duas origens: compostos de azoto contidos no carvão e reacção na chama do ar atmosférico. Os primeiros podem ser quase totalmente removidos durante a fase de purificação a frio do gás, enquanto a formação de óxidos de azoto durante o processo de combustão pode ser limitada por meio da diluição do gás de combustão em vapor de água e/ou em azoto.

Por conseguinte, o sistema IGCC garante a viabilidade da combustão do carvão com emissões muito reduzidas de óxidos de enxofre e azoto e de poeiras (ver, na Figura 9, o quadro comparativo entre diversos sistemas de queima de carvão).

Figura 9 — Emissões de SOx, NOx e poeiras em centrais a carvão



Actualmente, o sistema IGCC constitui a melhor tecnologia de redução das emissões de CO₂, conseguindo-o através de uma combustão mais eficiente do combustível.

Na opinião dos peritos da Comissão Europeia, é vital proceder, o mais rapidamente possível, ao desenvolvimento comercial do IGCC, com o objectivo de dotar o sector de uma tecnologia "limpa do carvão" bem comprovada e aplicável em centrais eléctricas. De facto,

são óbvias as vantagens de natureza técnica e comercial que o desenvolvimento de um tal sistema traria aos países da União Europeia. É nesta perspectiva que a Comissão tem vindo a considerar, desde há alguns anos, a necessidade de promover um projecto piloto com a finalidade de divulgar, à escala da União Europeia, os conhecimentos técnicos envolvidos.

No entanto, um tal projecto, envolvendo uma central relativamente grande (pelo menos, na ordem dos 200-300 MWe) implica investimentos de cerca de 400-550 milhões de ECU. Ora, sejamos realistas, a Comissão não tem, de momento, capacidade para apoiar mais que um projecto, o que, conforme já foi referido, implica a necessidade de fazer opções difíceis entre tecnologias e/ou configurações alternativas. Assim, se bem que a Comissão tenha o dever (e a vontade) de apoiar projectos envolvendo a participação e acesso às tecnologias do máximo número possível de países e empresas da EU, não deixa de ser verdade que o apoio financeiro da União Europeia, limitado, como se impõe, aos aspectos inovadores dos projectos, obrigará os agentes económicos e governos promotores dos mesmos à obtenção de financiamentos volumosos.

Foi neste contexto que a Comissão organizou várias reuniões com compa-

nhias de electricidade da União Europeia, na sequência das quais seriam formuladas e avaliadas diversas propostas. Finalmente, foi decidido apoiar a proposta de construção da central piloto em Espanha, mas numa base de participação conjunta à escala europeia, com o concurso de diversas companhias de serviços públicos de vários países membros.

Assim, o projecto Puertollano recebeu inicialmente o apoio de diversas companhias de electricidade, incluindo

as companhias espanholas ENDESA, IBERDROLA II, SEVILLANA DE ELECTRICIDAD e HIDROELECTRICA DEL CANTABRICO e, ainda, a ELECTRICITÉ DE FRANCE e a ELECTRICIDADE DE PORTUGAL, reunidas numa companhia *ad hoc*, a ELCOGAS. Mais tarde, em finais de 1992, juntou-se-lhes a companhia italiana ENEL, à qual se seguiria, em Junho de 1993, a NATIONAL POWER. A actual estrutura do capital da ELCOGAS é ilustrada pelo quadro seguinte:

QUADRO 1: ACCIONISTAS DA ELCOGAS

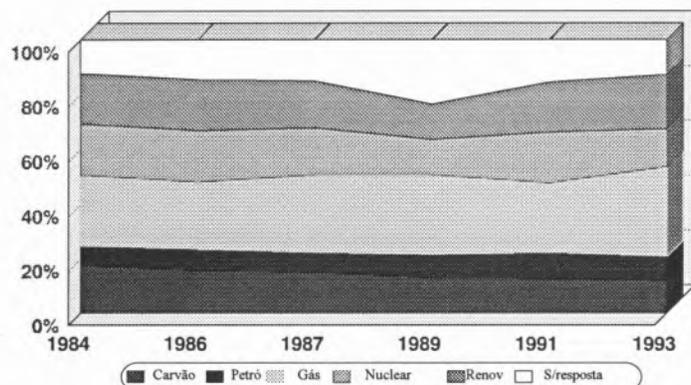
ENDESA	30,53%
ELECTRICITÉ DE FRANCE	29,13%
IBERDROLA	11,10%
SEVILLANA DE ELECTRICIDAD	7,40%
HIDROELECTRICA DEL CANTABRICO	4,00%
ELECTRICIDADE DE PORTUGAL	4,00%
ENEL	4,00%
NATIONAL POWER	4,00%
BABCOCK WILCOX ESPAÑOLA	2,50%
SIEMENS	2,34%
KRUPP KOPPERS	1,00%

A proposta consiste na construção de uma central para queima de carvões betuminosos de produção local ou importados, com uma produção líquida de 305 MWe (337 MWe de potência bruta) e um rendimento (com base na utilização de carvão local) da ordem dos 44,5-45,5% (ISO). As emissões de dióxido de enxofre (a 15% de O₂) serão inferiores a 10 mg/Nm³, enquanto as de óxidos de azoto não atingirão os 60 mg/Nm³. Além disso, e devido à maior eficiência deste tipo de instalação, as emissões de dióxido de carbono serão aproximadamente 80% das observadas numa central de concepção convencional.

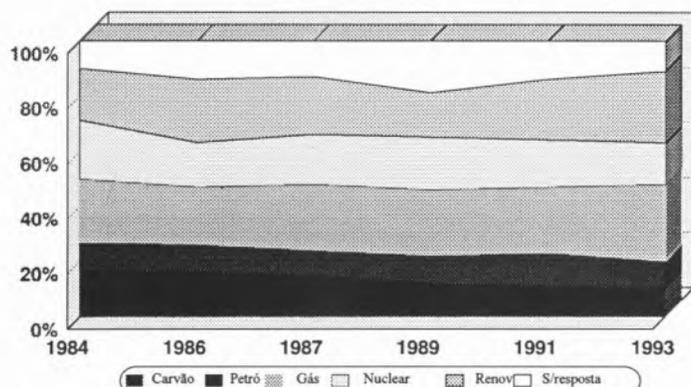
Decisões importantes, foram as tomadas, em Agosto de 1992, relativamente à selecção do gaseificador e das turbinas de gás e de vapor. A ELCOGAS optou pelo gaseificador PRENFLO da Krupp-Koppers, e pela Siemens como responsável pelo ciclo e pelas turbinas. Orçamentado em cerca de 600 milhões de ECU, este projecto prevê que a central atinja as fases de arranque em meados de 1995 (a gás natural) e meados de 1996 (a carvão).

Espera-se que, ao longo de uma período de demonstração de três anos, seja possível confirmar a eficiência, disponibilidade e rendimento da

ESTABILIDADE DE PREÇOS



GARANTIA DE FORNECIMENTO



MENOS POLUIÇÃO

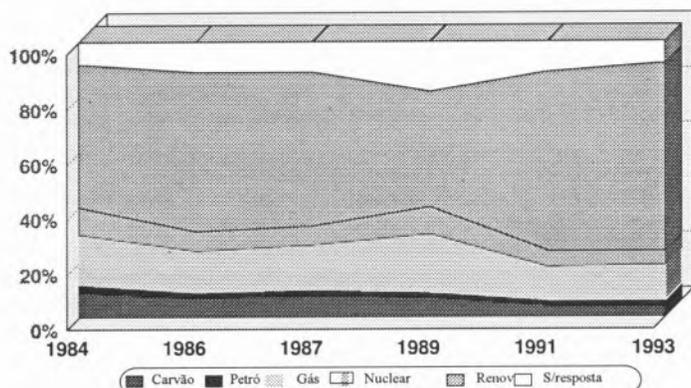


Figura 10: Opinião pública sobre questões energéticas (fontes: Comissão/Eurobarómetro)

central em condições de exploração contínua e, também, avaliar o desempenho do gaseificador com diversos

tipos de carvão, quer importados, quer de produção local.

Em conclusão, a Comissão pensa tratar-se de um projecto europeu da maior importância (e merecedor de todo o apoio da União Europeia), no qual deposita as suas esperanças no sentido

de que venha a demonstrar que o carvão pode ser utilizado na produção de electricidade de uma forma limpa, altamente eficiente e de aceitação generalizada.

O CARVÃO E A OPINIÃO PÚBLICA

Conforme já foi demonstrado, não será possível, nas próximas décadas, prescindir do carvão no sector da produção de electricidade. No entanto, a imagem que a opinião pública faz deste combustível nunca foi tão negativa. Assim, e já que se levantam inquietações a vários níveis, será de toda a conveniência enfrentar esta situação, de modo a garantir a continuidade do recurso ao carvão, pelo menos como uma alternativa. A opinião pública não tem consciência, nem da necessidade da utilização do carvão, nem dos progressos registados nos últimos anos a nível de redução da poluição provocada. Contudo, os factos são patentes: graças aos esforços conjugados dos sectores industriais da UE envolvidos, às iniciativas dos países membros e aos programas das Comunidades Europeias, a situação na UE apresenta-se hoje drasticamente diferente da observada na antiga Europa de Leste.

A Comissão está a levar a cabo uma série de inquéritos visando avaliar a atitude dos Europeus relativamente às questões associadas à energia. As 3 figuras seguintes ilustram que não só a imagem do carvão é muito negativa, como também se tem vindo a deteriorar ao longo dos anos. O mais surpreendente não é o facto de as populações pensarem que o carvão é poluidor, mas sim, de o verem como um combustível dispendioso e pouco fiável a nível de fornecimentos.

É óbvio que organismos como a Comissão, responsáveis pela adopção das políticas energéticas deverão tentar esclarecer devidamente a opinião pública e, também, mentalizar as populações no sentido da aceitação de novas centrais eléctricas a carvão, até que as energias renováveis possam oferecer uma resposta substancial à procura de energia.

*Responsável de combustíveis sólidos do THERMIE, Comissão Europeia
Direcção-Geral da Energia,
Direcção de Tecnologias da Energia

A Qualidade das Águas de Mesa Portuguesas

VICTOR M. M. LOBO* e MANUELA ARAÚJO**

Efectuaram-se análises químicas dos parâmetros fundamentais em todas as águas de mesa que conseguimos obter no mercado nacional (todas portuguesas). Verifica-se que a maioria dos rótulos refere resultados de análise para poucos parâmetros. Contudo, de um modo geral, os valores indicados nos rótulos coincidem razoavelmente com as nossas análises e, quer estes quer os outros parâmetros analisados, mostram tratar-se de águas de boa qualidade segundo os critérios cientificamente aceites e também segundo a legislação em vigor.

INTRODUÇÃO

Felizmente, o nosso país tem grandes capacidades de produção de águas naturais de excelente qualidade para consumo humano, dadas as nossas condições orográficas e pluviais. Daí o mercado nacional ter uma abundante diversidade de águas de mesa (Tabela 1), sobretudo quando em comparação com o mercado britânico, americano ou australiano.

Infelizmente, a situação no que respeita a águas fornecidas por entidades municipais (ou similares) para distribuição domiciliária, em princípio também para consumo humano, já deixa muito a desejar, como os recentes acontecimentos na cidade de Évora relativamente ao teor em alumínio bem demonstram. O Decreto-Lei 74/90 de 7 de Março indica parâmetros químicos a ter em conta para a classificação de águas de abastecimento para consumo humano.

Para o presente trabalho adquirimos amostras de todas as águas que conseguimos encontrar em mercados de Coimbra, Porto, Vila Nova de Famalicão, etc., tendo colectado o conjunto descrito na Tabela 1. Infelizmente não conseguimos encontrar amostras de "Água do Castelo", "Fonte das Avenças", "Serra do Trigo" e "Castelo de Vide", que sabemos existirem ou terem existido no mercado. Também não procurámos fontes oficiais ou comerciais apropriadas para averiguar de outras eventuais marcas disponíveis

no mercado por nos parecer que, para o objectivo em causa, tal não se justificaria.

Procedemos a análises químicas destas e comparamos os valores por nós obtidos com os indicados nos rótulos, bem como com os critérios de qualidade estabelecidos pelo Decreto-Lei 74/90, muito embora este Decreto tenha em vista só águas de abastecimento para consumo humano.

PARTE EXPERIMENTAL E CONCLUSÕES

As amostras foram recolhidas dos seus locais de venda tal como se encontram, sendo nossa preocupação que estivessem devidamente seladas. Adquiriram-se geralmente 3 a 5 garrafas de 1.5 litros, ou 1 garrafão de 5 l.

Foram analisados os parâmetros químicos indicados na Tabela 1 por métodos descritos na bibliografia desta área, nomeadamente [1] e [2] que, face a sua divulgação, nos dispensamos de descrever. São também já bem conhecidos os critérios de cariz médico e estatístico que levam aos conceitos de "Valor Máximo Recomendado" (VMR) e "Valor Máximo Admissível" (VMA). Como é óbvio, será desejável que uma água não tenha, para um dado parâmetro, um valor superior ao VMR, e para poder ser considerada água de consumo, não pode ter um valor superior ao VMA. Note-se que há aspectos que se podem prender com condições logísticas relativas à distribuição da água, e não tanto à saúde humana. Assim, por exemplo, a recomendação segundo a qual o pH da água se não deve situar abaixo de 6.5, prende-se com os problemas de corrosão (que por sua vez podem causar problemas de saúde) nas condutas de ferro galvanizado, normalmente usadas nos sistemas municipais. Assim, uma água de mesa como, por exemplo, "Água de Luso", que tem um pH = 5.6, embora abaixo do previsto para "águas de abastecimento para consumo humano", não deve obviamente ser rejeitada por esse facto como água de mesa [3].

A Tabela 1 apresenta, com o título "valor obtido", os resultados das análises por nos efectuadas para os seguintes

parâmetros: pH, resíduo seco, condutibilidade, dureza total, alcalinidade total, hidrogenocarbonato (bicarbonato), oxidabilidade, sílica, cloreto, sulfato, nitrato, nitrito, cálcio, magnésio, ferro total e amónio. Mostra também, com o título "valor indicado", os valores fornecidos nos rótulos. Note-se que para muitos parâmetros os rótulos nada indicam (como, por exemplo, acerca dos nitratos).

As linhas desvio [(obt.-ind.)/med.] indicam, em termos percentuais, o desvio entre os valores das nossas análises e o indicado no rótulo (quando tal acontece), relativamente a média desses dois valores. Refira-se que, de um modo geral (salvo no caso de valores absolutos muito baixos), os desvios percentuais entre os valores indicados e os valores obtidos são relativamente baixos, tendo em consideração o intervalo de tempo decorrido entre as análises indicadas nos rótulos e as nossas análises. Exceptua-se o caso da água do "Caramulo" que, apesar de um pequeno desvio no resíduo seco, apresenta grandes desvios a nível de composição, nomeadamente no pH, hidrogenocarbonato, sílica e cloreto.

Na generalidade, a composição das águas de mesa estudadas esta dentro dos limites indicados no D.L. 74/90, excepto para os seguintes casos (unidades tal como indicadas na Tabela 1; VMR = Valor Máximo Recomendado):

Água Viva:

condutibilidade = 444; VMR = 400
cloretos = 61.5; VMR = 25
sulfatos = 66.9; VMR = 25

S. Lourenço:

cloretos = 34.1; VMR = 25

Vimeiro:

condutibilidade = 1387; VMR = 400
cloretos = 224.8; VMR = 25
sulfatos = 92.9; VMR = 25
cálcio = 125.5; VMR = 100
amónio = 0.076; VMR = 0.05

Pizões:

condutibilidade = 803; VMR = 400
cloretos = 93.6; VMR = 25
cálcio = 113.8; VMR = 100

Note-se, contudo, que em nenhum destes casos se excede o valor máximo admissível (VMA).

Água		Fastio	Luso	Alardo	Serra da Estrela	Marão	Água Viva	Cruzeiro	São Lourenço	Vitalis	Caramulo	Carvalhos	Serrana	São Silvestre	Vimeiro	Pizões	Ladeira Envidos	Grichões
pH (valor indicado)	Sorensen	5.9	5.6	5.9	5.82	5.7	6.76	6.88	6.6	5.3	5.5	7.91	5.9	7.1	7.00	7.2	5.0	5.3
pH (valor obtido)	Sorensen	6.30	5.87	6.14	6.17	6.27	7.42	7.32	7.14	5.99	7.02	8.05	6.22	7.74	7.34	7.72	5.53	6.03
Desvio pH [(obt.-ind.)/7]		5.7%	3.9%	3.4%	5.0%	8.1%	9.4%	6.3%	7.7%	9.9%	21.7%	2.0%	4.6%	9.1%	4.9%	7.4%	7.6%	10.4%
Resíduo Seco (valor indicado)	mg/l	34.2	40.0	28.0	26.0	27.3	288.6	146.6	206.0	46.6	85.4	245.5	37.6	180.6	917.0	530.0	28.0	32.8
Resíduo Seco (valor obtido)	mg/l	36.6	37.6	23.8	20.2	27.0	305.6	134.4	233.6	43.2	90.2	185.4	49.2	182.6	889.8	519.2	35.4	43.8
Desvio Res. Seco [(obt.-ind.)/med.]		6.8%	-6.2%	-16.2%	-25.1%	-1.1%	5.7%	-8.7%	12.6%	-7.6%	5.5%	-27.9%	26.7%	1.1%	-3.0%	-2.1%	23.3%	28.7%
Condutibilidade (valor obtido)	µS/cm	37.2	49.5	23.6	22.9	33.0	444	234	369	42.6	91.5	195	66.9	266	1387	803	31.4	47.3
Dureza Total (valor indicado)	mg CaCO ₃ /l							100										
Dureza Total (valor obtido)	mg CaCO ₃ /l	7.5	9.4	3.8	4.7	10.6	147	100	155	4.7	20.1	19.3	17.6	85.7	414	393	3.9	9.5
Alcalinidade Total (valor obtido)	mg CaCO ₃ /l	17.9	16.2	13.1	13.0	18.0	145	198	255	11.6	61.5	212	27.5	211	716	630	2.0	11.0
Bicarbonato (valor indicado)	mg HCO ₃ /l	9.2	11.0	6.6		9.0		126.3	134.2	7.3	14.6	133.8	8.6	114.7	441.6	383.1	1.7	2.4
Bicarbonato (valor obtido)	mg HCO ₃ /l	10.9	9.9	8.0	8.0	11.0	88.5	120.6	155.3	7.1	37.5	129.4	16.8	129.0	436.8	384.3	1.2	6.7
Desvio Bicarb. [(obt.-ind.)/med.]		17.1%	-10.7%	19.1%		19.8%		-4.6%	14.6%	-3.1%	87.9%	-3.3%	64.4%	11.7%	-1.1%	0.3%	-32.9%	94.6%
Oxidabilidade (valor obtido)	mg O ₂ /l	0.10	0.18	0.18	0.18	0.20	0.39	0.12	0.12	0.12	0.16	0.12	0.16	0.34	0.72	0.42	0.13	0.18
Silica (valor indicado)	mg SiO ₂ /l	13.1	13.0	12		5.9		13.6		21.6	13.4	39.1	10.6				10.9	7.2
Silica Molibd. (valor obtido)	mg SiO ₂ /l	14.1	13.2	13.3	11.1	7.1	33.0	14.5	14.8	20.0	38.5	41.0	13.4	14.1	13.0	25.0	9.2	7.7
Desvio Silica [(obt.-ind.)/med.]		7.4%	1.5%	10.3%		18.5%		6.4%		-7.7%	96.7%	4.7%	23.3%				-16.9%	6.7%
Cloreto (valor indicado)	mg Cl/l	4.6	8.5	2.4		4.5		16.5	38.3	7.4	23.8			34.1	221.9	103.7	6.8	9.2
Cloreto (valor obtido)	mg Cl/l	4.9	7.9	1.9	2.1	3.7	61.5	16.9	34.1	7.1	7.1	3.8	9.0	32.8	224.8	93.6	6.1	9.1
Desvio Cloreto [(obt.-ind.)/med.]		6.3%	-7.3%	-23.3%		-19.5%		2.4%	-11.6%	-4.1%	-108.1%			-3.9%	1.3%	-10.2%	-10.9%	-1.1%
Sulfato (valor indicado)	mg SO ₄ /l		1.1					1.6		1.9	11.0					17.8		
Sulfato (valor obtido)	mg SO ₄ /l	0.2	1.2	0.1	0.3	0.3	66.9	1.4	10.8	2.1	6.6	8.0	4.5	4.8	92.9	20.4	1.7	0.5
Desvio Sulfato [(obt.-ind.)/med.]			8.7%					-13.3%		10.0%	-50.0%					13.6%		
Nitrato (valor indicado)	mg NO ₃ /l			1.6														
Nitrato (valor obtido)	mg NO ₃ /l	2.5	1.7	2.0	1.4	1.5	< 1.0	0.8	12.1	1.9	< 1.0	< 1.0	2.5	< 1.0	6.3	19.9	< 1.0	4.0
Nitrito (valor obtido)	mg NO ₂ /l	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	<0.001	0.003	0.004	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.003	<0.001
Sódio (valor indicado)	mg Na/l	5.0	6.9	3.5		3.0		10.2	20.2	6.0	20.7	49.6	6.5	31.1	157.7	34.0	3.9	6.2
Potássio (valor indicado)	mg K/l	0.6	0.8					5.8		2.1	1.1				23.2			0.85
Cálcio (valor indicado)	mg Ca/l	1.8	0.8	1.1		2.2		19.6	48.2	1.2	3.2			23.2	116.0	118.0	1.1	1
Cálcio (valor obtido)	mg Ca/l	2.1	2.1	1.5	1.4	3.0	33.6	20.6	54.4	1.1	5.7	6.9	4.1	29.4	125.5	113.9	0.6	2.2
Desvio Cálcio [(obt.-ind.)/med.]		15.4%	89.7%	30.8%		30.8%		5.0%	12.1%	-8.7%	56.2%			23.6%	7.9%	-3.5%	-58.8%	75.0%
Magnésio (valor indicado)	mg Mg/l		1.6					12.4			1.2					29.2		
Magnésio (valor obtido)	mg Mg/l	0.5	1.0	< 0.1	0.3	0.8	14.9	11.9	4.6	0.5	1.4	0.5	1.8	3.0	24.4	26.4	0.6	1.0
Desvio Magnes. [(obt.-ind.)/med.]								-4.1%			15.4%					-10.1%		
Ferro Total (valor indicado)	mg Fe/l					<0.05					0.021							
Ferro Total (valor obtido)	mg Fe/l	0.011	0.003	0.011	0.001	0.011	0.033	0.032	0.025	0.017	0.021	0.012	0.004	0.011	0.019	0.014	0.018	0.019
Amônio (valor indicado)	mg NH ₄ /l										0.004							
Amônio (valor obtido)	mg NH ₄ /l	0.025	0.020	0.020	0.023	0.033	0.013	0.026	0.022	0.023	0.012	0.022	0.008	0.009	0.076	0.002	0.017	0.005
Fluoreto (valor indicado)	mg F/l	0.2	<0.05					0.15				3.1						

Tabela 1 - Comparação entre os valores indicados nos rótulos das embalagens das águas de mesa com os valores obtidos das nossas análises.

Nas figuras 1 a 7 apresentam-se, em gráfico de barras, comparações entre os valores obtidos nas nossas análises e os valores indicados nos rótulos para, respectivamente, os seguintes parâmetros: pH, resíduo seco, sílica, hidrogenocarbonato, cloreto, sulfato e cálcio.

Da Fig. 1 verifica-se que todos os valores de pH medidos estão acima dos indicados nos rótulos, o que leva a crer tratar-se de uma consequência natural do armazenamento. Apenas a água do "Caramulo" apresenta uma grande diferença (de 5.5 para 7.0). As eventuais diferenças de temperatura de análise (de 17 a 25°C) praticamente só se fazem sentir na casa dos centésimos. Como já foi dito, o VmA (valor mínimo admissível) no D.L. 74/90 (6.5) não é aqui aplicável.

Na Fig. 2 verificamos que o resíduo seco determinado é muito próximo do indicado para todas as águas analisadas. Pode concluir-se que, de um modo geral, são águas pouco mineralizadas (10 águas com menos de 100 mg/l, 5 águas entre 100 e 300 mg/l); exceptuam-se as águas do "Vimeiro" (≈900 mg/l) e de "Pizões" (≈500 mg/l). Todas as águas estão conforme o D.L. 74/90, que apresenta um VMA de 1500 mg/l, não mencionando um VMR, e também obedecem ao valor limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde de 1000 mg/l. Geralmente uma água com mineralização inferior a 600 mg/l é considerada "boa", e "desagradável" para cima de 1200 mg/l [2].

Da Fig. 3 conclui-se que todos os valores obtidos para a sílica coincidem razoavelmente com os indicados nos rótulos (das que o indicam), salvo o caso da água do "Caramulo", cujo valor obtido é mais do dobro do valor indicado.

Também na Fig. 4 se verifica que os teores em hidrogenocarbonato são muito semelhantes aos indicados para todas as águas, salvo no caso da água do "Caramulo" em que, apesar da diferença em valor absoluto ser pequena por ter baixa concentração, o valor obtido é cerca do dobro do valor indicado.

Da Fig. 5 verifica-se que também a concentração obtida em cloretos está muito próxima dos valores indicados, com excepção da água do "Caramulo" que, neste caso, tem menos de metade da concentração indicada. O VMR de 25 mg Cl/l é ultrapassado pelas águas mais mineralizadas "Água Viva", "S.

Fig. 1 - Comparação entre os valores de pH indicados nos rótulos e os valores obtidos.

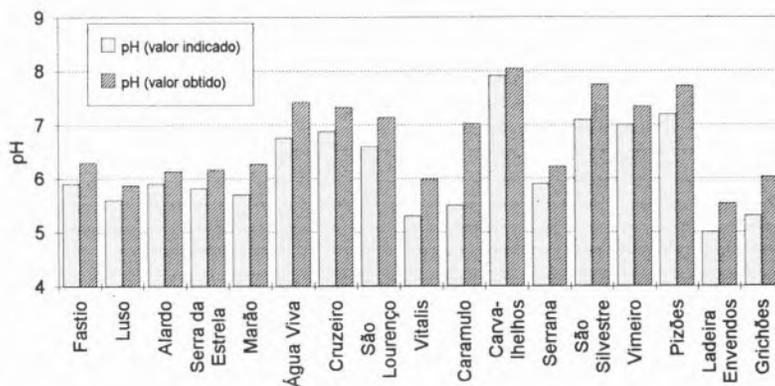


Fig. 2 - Comparação entre os valores de resíduo seco indicados nos rótulos e os obtidos.

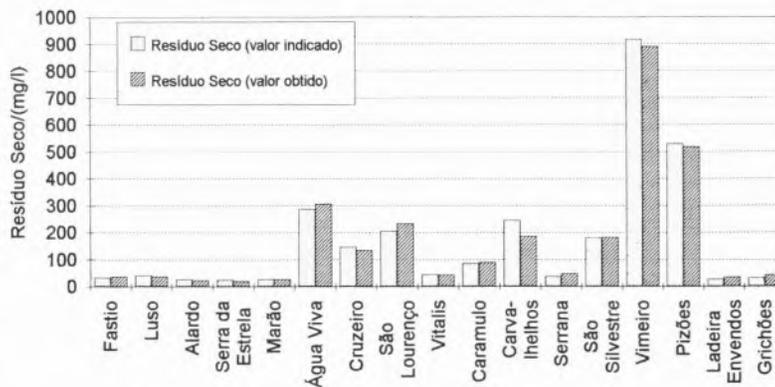


Fig. 3 - Comparação entre os valores de sílica indicados nos rótulos e os valores de sílica molibdoactiva obtidos.

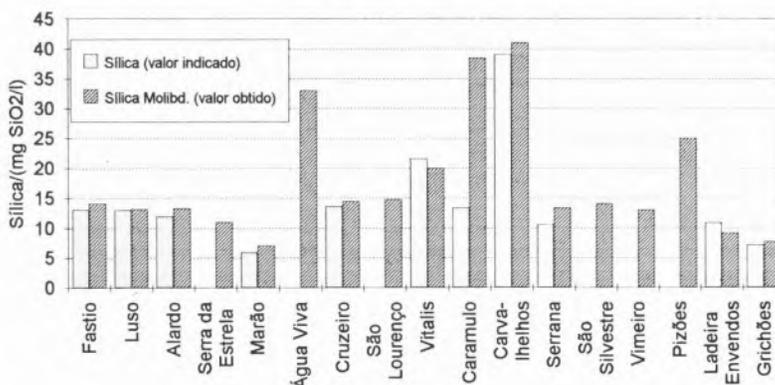


Fig. 4 - Comparação entre os valores de concentração de hidrogenocarbonato (bicarbonato) indicados nos rótulos e os obtidos.

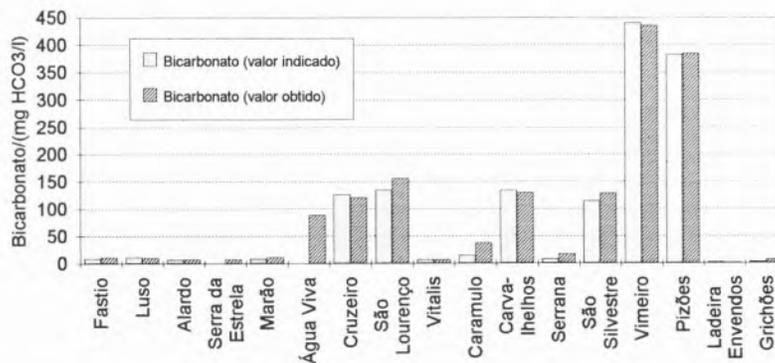


Fig. 5 - Comparação entre os valores da concentração de cloreto indicados nos rótulos e os obtidos.

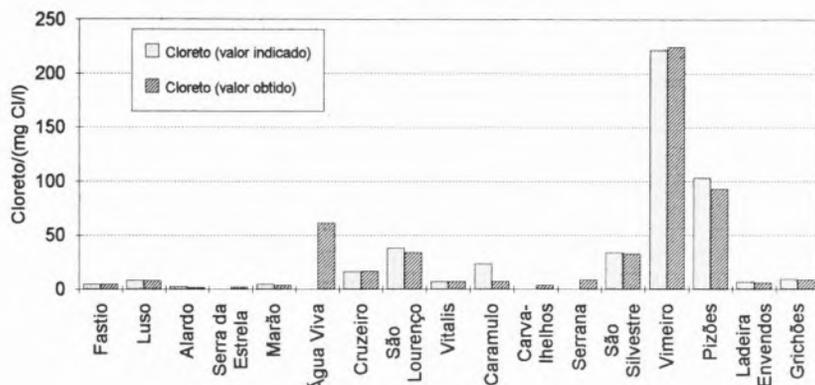


Fig. 6 - Comparação entre os valores da concentração de sulfato indicados nos rótulos e os obtidos.

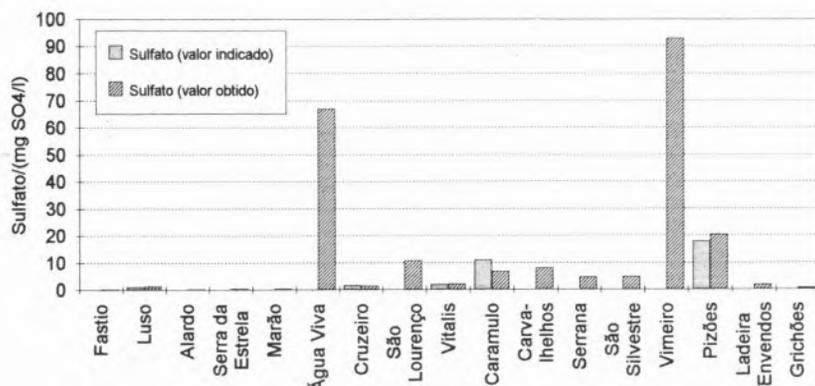


Fig. 7 - Comparação entre os valores da concentração de cálcio indicados nos rótulos e os obtidos.

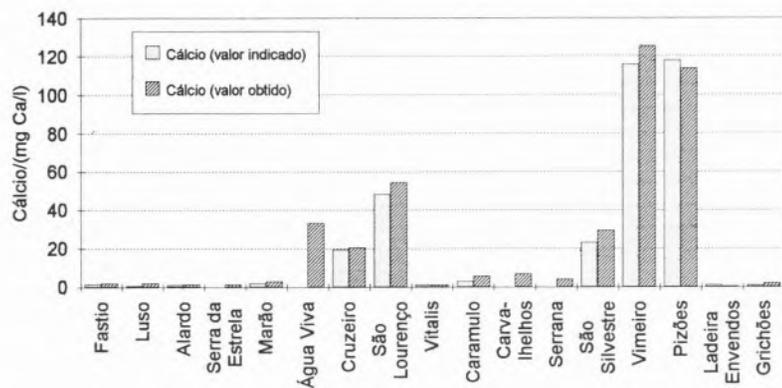
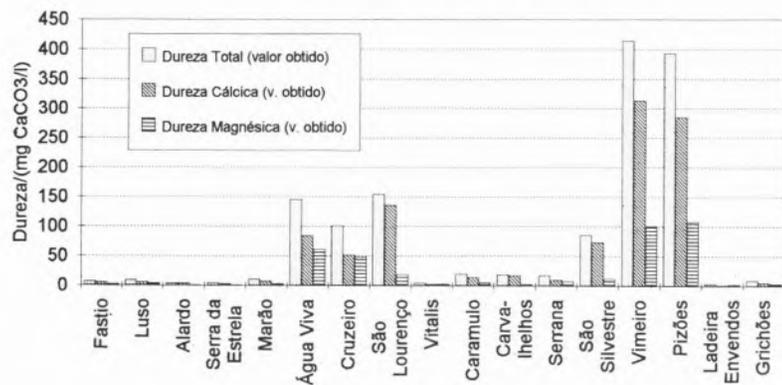


Fig. 8 - Valores obtidos de dureza total, dureza cálcica e dureza magnésica para as 17 águas analisadas.



Lourenço", "S. Silvestre", "Vimeiro" e "Pizões".

Da Fig. 6 conclui-se que poucas águas indicam a concentração em sulfato, não havendo grandes diferenças entre os valores obtidos e os indicados (quando o são). Apenas as águas "Vimeiro" e "Água Viva" ultrapassam o VMR de 25 mg SO₄²⁻/l.

A Fig. 7 mostra-nos as concentrações em cálcio, verificando-se uma razoável concordância entre os valores obtidos e os indicados; apenas duas águas ultrapassam o VMR de 100 mg Ca²⁺/l ("Vimeiro" e "Pizões").

A Fig. 8 apresenta as durezas obtidas para as águas analisadas em termos de dureza total e das suas 2 componentes: dureza cálcica e dureza magnésica. Nenhuma água ultrapassa o Valor Máximo Admissível (VMA), de 500 mg CaCO₃/l. De acordo com [4], uma água com menos de 75 mg CaCO₃/l de dureza total é considerada macia; de 75 a 150 mg CaCO₃/l considera-se mediamente dura; de 150 a 300 mg CaCO₃/l e considerada dura; a partir dos 300 mg CaCO₃/l considera-se muito dura. Segundo este critério temos uma maioria de águas macias, 4 águas médias ("Água Viva", "Cruzeiro", "S. Lourenço" e "S. Silvestre"), e 2 águas muito duras ("Vimeiro" e "Pizões"). No entanto, o VMA fixado prende-se apenas com questões domésticas (prevenção de incrustações nas canalizações), e não com eventuais efeitos menos benéficos na saúde.

A Fig. 9 apresenta uma comparação entre os valores obtidos para o resíduo seco e para a condutibilidade, verificando-se existir uma certa correlação de proporcionalidade directa, como era de esperar, pois a composição química (iónica) das águas é semelhante.

A Fig. 10 apresenta o valor da razão entre a condutibilidade e o resíduo seco, em função do resíduo seco, para as 17 águas analisadas. Daqui se pode concluir haver uma tendência para a razão "condutibilidade/resíduo seco" aumentar à medida que aumentam os valores de resíduo seco. Isto pode ser explicado pelo facto de as águas com maior resíduo seco terem também maiores concentrações em hidrogenocarbonato, ião este que contribui quantitativamente para a condutibilidade, mas apenas em cerca de metade para o resíduo seco. Efectivamente, no processo de evaporação e secagem a 180°C para a

Fig. 9 - Comparação entre os valores obtidos de resíduo seco e de condutibilidade das águas analisadas.

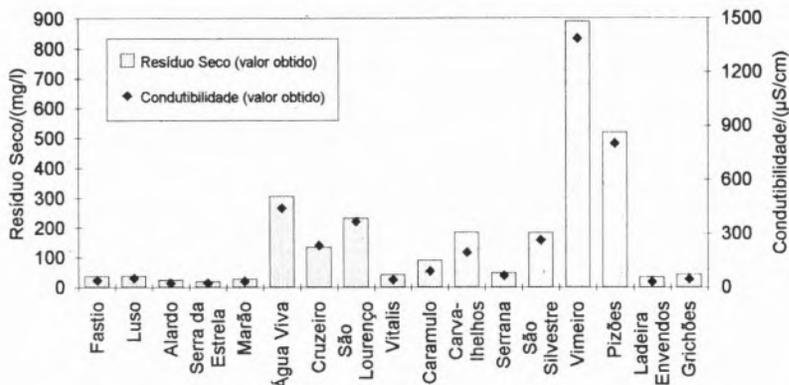
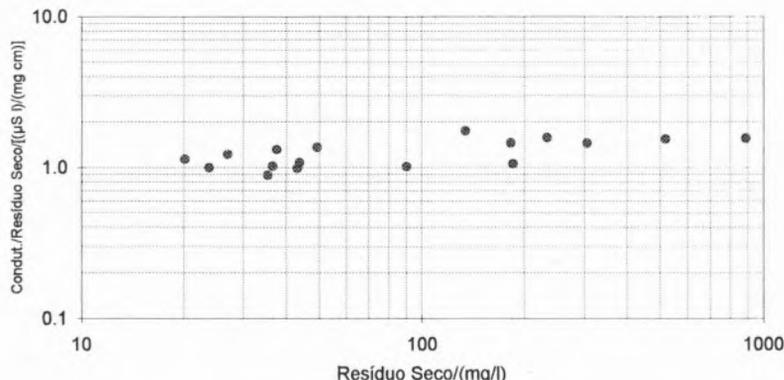
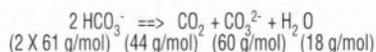


Fig. 10 - Razão entre condutibilidade e resíduo seco em função do resíduo seco, para as águas de mesa analisadas.



determinação do resíduo seco ocorre a seguinte reacção:



Dos produtos de reacção, o dióxido de carbono e a água evaporam, dadas as condições de temperatura, e o ião carbonato precipita juntamente com cationes presentes; assim, há uma "perda" teórica de hidrogenocarbonato de 50.8% [(2 X 61 - 60)/(2 X 61)]; experimentalmente, obtivemos perdas de HCO₃⁻ na determinação do resíduo seco de 47.2 a 49.9 %, como se pode ver na Tabela 2.

mg HCO ₃ ⁻ /l	perda de HCO ₃ ⁻ (%)	
500	49.9;	49.9
200	49.3;	49.3
100	47.7;	48.1
50	48.0;	47.2

Assim, da Tabela 1 e figuras 1 a 10 tiram-se as seguintes conclusões gerais acerca das águas de mesa portuguesas analisadas:

1 - Dum modo geral os rótulos indicam muito poucos parâmetros relativamente aos que deviam indicar para caracterizar a água [desde 2 parâmetros (pH e Resíduo Seco) até um máximo de 12, sendo o número médio de 7-8 parâmetros]. As nossas análises são, assim, muito mais completas (16 parâmetros analisados).

2 - Geralmente, os valores indicados nos rótulos coincidem razoavelmente com as nossas análises, o que leva a

crer corresponderem à realidade. Há que ter em consideração o intervalo de tempo entre as análises indicadas no rótulo e as análises por nos efectuadas. Há um intervalo que vai de cerca de 1 ano ("Griçhões", "Vitalis" e "Serra da Estrela") até 6 anos ("Serrana") entre a data indicada no rótulo e a data das nossas análises. Exceptua-se um caso ("Caramulo") em que apesar do Resíduo Seco ser da mesma ordem de grandeza, os parâmetros mais significativos (tais como pH, Sílica, Bicarbonato e Cloreto) estão muito distantes dos indicados no rótulo (valores estes que se repetiram numa 2ª análise de diferente amostra da mesma água).

É evidente que é natural que na maioria dos casos a data indicada no rótulo seja anterior a data daquele específico engarrafamento e, por isso, embora em princípio próxima, não se aplique àquela específica amostra.

3 - De um modo geral a composição das águas situa-se dentro dos limites estipulados pelo Decreto-Lei nº 74/90 de 7 de Março para águas de abastecimento para consumo humano, havendo apenas as excepções atrás citadas.

REFERÊNCIAS

1. L.S. Clesceri, A.E. Greenberg and R.R. Trussel, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, APHA-AWWA-WPCF, 17th ed. (1989).
2. Jean Rodier, *L'Analyse de l'Eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de Mer*, 7e ed., Dunod, Paris (1984).
3. Supomos que foi este facto que deu origem a comentários na imprensa segundo os quais o Decreto-Lei 74/90 seria tão rigoroso que nem a "Água de Luso" seria por ele "aprovada"!
4. Russel E. Train, *Quality Criteria for Water*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., Castle House Publications Ltd (1979).

*Departamento de Química - Universidade de Coimbra

** Universidade Lusíada — Vila Nova de Famalicão



PSL Scientific Ltd

GERBER INSTRUMENTS

PERKIN ELMER



METTLER TOLEDO



Hansatech



A & R DESIGNS LTD



Alltech



UNIEQUIP



Promochem



CONSORT

instrumentos de laboratório e científicos lda

SEDE: RUA DR. ÁLVARO DE CASTRO, 77 · TELS. (01)7962172-7963313-7940261(BA) · FAX (01)7937035 · 1600 LISBOA
AV. DA BOAVISTA, 80, 3.ª, SALA 29 · TELEF. 6097503 · FAX 6003154 · 4000 PORTO
FILIAIS: RUA MACHADO DOS SANTOS, 61-63 · TELEF. 27043 · 9500 PONTA DELGADA-AÇORES
RUA PADRE ESTEVÃO CABRAL, 79, 3.ª, SALA 311 · TEL./FAX (039)35022 · 3000 COIMBRA

Passado, Presente e Perspectivas da Química no Brasil

AÉCIO PEREIRA CHAGAS*, MARIA APARECIDA HUGO CAGNIN** e MARCO-A. DE PAOLI***

Neste trabalho apresentamos um resumo da história da Química no Brasil, desde 1500 até os tempos atuais. Procuramos relacionar os desenvolvimentos da Química com os fatos mais importantes da história do Brasil. Em seguida discutimos a situação atual da comunidade química acadêmica no Brasil do ponto de vista das pesquisas e dos cursos de pós-graduação. Esta seção é dividida segundo as áreas de pesquisa mais desenvolvidas em nosso país e tenta mostrar o desempenho de cada uma delas através dos resultados apresentados nos congressos nacionais. Por último discutimos as perspectivas futuras de cada uma destas áreas e as novas áreas de pesquisa que deverão surgir em decorrência destas.

DA "DESCOBERTA" AOS TEMPOS ATUAIS

A História da Química no Brasil ilustra bem uma tese defendida por muitos historiadores da Ciência, de que o surgimento e o desenvolvimento desta é algo engendrado e mantido pela sociedade. Se uma determinada sociedade não tem necessidade da Ciência, naquele momento histórico, ela não medrará, se a sociedade tiver, ela brotará e crescerá. Não pretendemos defender esta tese, porém apenas utilizá-la para alinhar alguns factos marcantes da História da Química no Brasil, pois não caberia mais que isto aqui.

No período em que o Brasil foi colônia de Portugal (1500 a 1822), ambas as histórias se confundiram e não vamos tecer maiores comentários. Cumpre apenas destacar alguns nomes: Vicente Coelho de Seabra Silva Teles (1762-1804) [1], José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) [2] e João Manso Pereira (1750-1820) [3]. Os dois primeiros foram notáveis homens de Ciência, vivendo grande parte de suas vidas em Portugal, apesar de terem nascido deste lado do Atlântico. O primeiro

destacou-se por seu livro "Elementos de Chimica" (1788), um dos primeiros livros de Química Moderna (o primeiro em língua portuguesa), antes mesmo do livro de Lavoisier [1]. O segundo, além de destacado mineralogista, teve uma grande atuação administrativa governamental em Portugal, além de Secretário Perpétuo da Academia de Lisboa. Ele é bem conhecido no Brasil como o "Patriarca da Independência", pela sua ação política no movimento que culminou com a separação do Brasil de Portugal e em acontecimentos subsequentes. Como ministro, no novo governo aqui instalado, sua ação pela Ciência foi mínima. Manso Pereira, diferentemente dos anteriores que cursaram a universidade, foi um químico empírico, autodidata, porém com notáveis talentos.

O cultivo e o interesse pela Química científica no Brasil, desde o fim do período colonial e até a época da 1ª Guerra Mundial, era restrito às escolas de medicina e engenharia que aqui existiam [4,5]. A pouca atividade industrial que aqui existia (fabricação de sabão, aguardente, etc.) era praticamente conduzida de forma empírica e nas raras vezes em que um químico profissional aqui aportava, este não deixava uma escola, isto é, não dava continuidade a seu trabalho. Nas referidas escolas de medicina e engenharia o ensino da Química era, na maior parte do tempo, desatualizado, transmitido de forma livresca, sem práticas de laboratório. Notáveis exceções se destacaram: João Martins Teixeira (1848-1906), com seu livro "Elementos de Chimica", um texto claro e atualizado, que teve muitas edições, e Wilhem Michler (1846-1889), conhecido químico cujo nome está associado com as cetonas aromáticas [4,5]. Michler era professor em Zürich, quando sua saúde piorou veio para o Brasil em tratamento, gostou e ficou, tornando-se professor de Química Orgânica na Escola Politécnica do Rio de Janeiro (1884). Montou laboratórios de ensino e pesquisas, porém pouco conseguiu produzir, falecendo em 1889, ano em que o país deixou de ser uma monarquia e se transformou numa

república (a escravidão tinha sido abolida no ano anterior). Uma outra atividade química em nosso país, também cheia de altos e baixos, foi aquela realizada por laboratórios analíticos, em sua maior parte governamentais, destinados ao controle de matérias primas e mercadorias importadas, além de minerais.

Depois da independência, na segunda metade do século XIX, planejou-se instalar uma universidade no Brasil, contando com o estímulo e o patrocínio do Imperador D. Pedro II, no entanto, as fortes oposições que se levantaram impediram a sua instalação. [6] Nesta época, os jovens brasileiros de famílias abastadas iam ao exterior estudar, não apenas em Coimbra, mas em outros centros universitários europeus. Jorge Tibiriçá Piratininga (1850-1928) foi um destes jovens [4,5]. Estudou Química em Zürich, doutorou-se (1879) com uma tese em que estudava a reação do monóxido de carbono com hidróxido de sódio, produzindo formiato de sódio (esta reação é até hoje utilizada industrialmente para a produção de formiato). Ao regressar ao Brasil, assim como José Bonifácio, enveredou-se pela política chegando a tornar-se Presidente da então Província de São Paulo.

Um campo de pesquisas que começou a se desenvolver no Brasil, já na época imperial, foi a Fitoquímica. Dentre os pioneiros destaca-se a figura de Theodor Peckoldt (1822-1912), farmacêutico alemão que se radicou no Brasil e produziu uma extensa obra, sendo posteriormente continuada por discípulos, inclusive seu próprio filho [4,5]. Esta é uma exceção, que acaba por confirmar a tese inicial.

Por ocasião da 1ª Guerra Mundial, o bloqueio naval inglês privou o país de matérias-primas químicas, em sua maioria importadas da Alemanha. Nesta época começou a funcionar no Brasil a primeira fábrica de ácido sulfúrico, próxima a São Paulo [4,5]. Também neste período, iniciou-se uma campanha pública: "Façamos químicos", através da imprensa e nas tribunas políticas. A campanha, apesar das oposições, surtiu

efeito e em 1920 são criadas no Brasil nove escolas técnicas superiores de Química Industrial [4,5]. Estas escolas, espalhadas pelo país (Belém do Pará, Recife, Salvador, Ouro Preto, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre), começaram a funcionar de forma precária. Em algumas conseguiu-se contratar professores qualificados, do exterior, e em outras utilizou-se pessoal improvisado. De qualquer modo, foi o início do ensino da Química profissional no Brasil. Por volta de 1930, estimou-se em trezentos o número de profissionais formados, porém apenas metade exercia a profissão. De qualquer forma, a sociedade brasileira, ao ensaiar o seu primeiro surto industrial, necessitou de químicos.

Em 1934, dois anos depois que as tropas paulistas foram derrotadas no final da "Revolução Constitucionalista de 32", fundou-se a Universidade de São Paulo, cujo principal núcleo universitário era a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras [4,5,7]. Foram contratados na Europa professores capacitados em diversas áreas (Matemática, Física, Química, Botânica, etc.) e iniciou-se a pesquisa científica no Brasil, de forma acadêmica. Na mesma época foi criada no Rio de Janeiro a Escola Nacional de Química, como uma metamorfose da antiga escola de Química Industrial, que daria ao ensino uma orientação científica em lugar da orientação técnica anterior.

A fundação da Universidade de São Paulo, além de marcar realmente o início da atividade científica, mostra também o interesse de parte da sociedade pela mesma. Pouco depois fundou-se a Universidade do Distrito Federal, depois absorvida pela Universidade do Brasil, no Rio de Janeiro. Nesta época, que antecede o início da 2ª Guerra Mundial, iniciou-se um surto de industrialização do país, em parte motivado pelas dificuldades do comércio exterior. Também aportaram ao Brasil, devido à ascensão do nazismo no continente europeu, muitos intelectuais de origem europeia (boa parte de origem judaica), que influenciaram em muito o ambiente cultural do país.

Após o fim da 2ª Guerra Mundial continua o crescimento industrial do país, e na década de 50, muitas escolas de Química Industrial transformam-se em Escolas de Engenharia Química [5]. A procura de químicos foi sempre maior que a oferta, entretanto, o desenvolvi-

mento científico não acompanhou o desenvolvimento industrial. As fábricas que se montaram no Brasil utilizaram sempre instalações e tecnologias importadas e a pesquisa acabou sempre atuando apenas como uma formadora de pessoal.

Na década de 60, além do surto industrial pelo qual o país passou, a pressão populacional obrigou o governo a uma rápida expansão do sistema de ensino, em todos os níveis, o que foi feito com sacrifício da qualidade. Novas universidades foram criadas, assim como cursos de Química. A tradição em pesquisa na Química de Produtos Naturais permitiu a criação, em 1963, do primeiro curso de pós-graduação no actual Centro de Pesquisa em Química de Produtos Naturais da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Nos governos militares, houve uma certa pressão para que se iniciasse a criação de programas de pós-graduação nos moldes norte-americanos. Apesar da forma como esta criação foi conduzida, isto contribuiu decisivamente para o desenvolvimento da Química. Nesta época (1964 a 1986), também consolidou-se o parque petroquímico nacional, construído com tecnologia importada, sem a participação dos químicos nacionais.

No caso da Química, os novos cursos de pós-graduação implantados a partir de 1988 propiciaram uma tênue descentralização da pesquisa. Na atualidade, dos 21 Programas de Doutorado, 16 localizam-se no Sudeste, 3 no Nordeste, 1 no Centro-Oeste e 1 no Sul do país. No que diz respeito aos atuais 38 Programas de Mestrado, há 2 que são desenvolvidos no Norte, 7 no Nordeste, 23 no Sudeste, 5 no Sul e 1 no Centro-Oeste [8]. O desenvolvimento desigual das regiões brasileiras, dos pontos de vista sócio-econômico e cultural, afeta, conseqüentemente, as atividades de pós-graduação. No Sudeste encontram-se os mais antigos curso de pós-graduação do país e também concentra-se o maior número de cursos em nível de excelência, em todas as áreas do conhecimento.

Em 1977 fundou-se a Sociedade Brasileira de Química (SBQ), visto que a associação então existente já não correspondia aos interesses da comunidade. Com a fundação da SBQ, criou-se também a revista *Química Nova*, que, pela sua penetração entre estudantes dos vários níveis, trouxe um redobrado interesse pela Química. Hoje esta revista é

bimensal com uma tiragem de 5.000 exemplares. Com o tempo houve a necessidade de um outro periódico, com abrangência a nível internacional, sendo criado o *Journal of the Brazilian Chemical Society* com um corpo editorial internacional e artigos em inglês. A assinatura deste periódico é vendida na América do Norte e Ásia pela *American Chemical Society*. Atualmente, a SBQ organiza as atividades científicas através de suas divisões. Um número sempre crescente de químicos comparece à Reunião Anual da SBQ. À última destas, a 17ª, em Maio de 1994, compareceram cerca de 1550 sócios, entre estudantes de química de graduação e pós-graduação, professores, pesquisadores e um pequeno número de profissionais de empresas. Foram apresentadas 1171 comunicações, que haviam passado por um processo de arbitragem (6% das comunicações submetidas foram recusadas). Estes trabalhos ficaram assim distribuídos: Ensino de Química 60, Eletroquímica e Eletroanalítica 70, Físico-Química 82, Fotoquímica 31, Produtos Naturais 127, Química Ambiental 76, Química Analítica 147, Química Biológica 14, Química Inorgânica 196, Química dos Materiais 84, Química de Superfície e Colóides 22, Química Tecnológica 25, Química Teórica 24, Estrutura Química-Atividade Biológica 22 e Química Orgânica 191. Atualmente, uma das principais metas da SBQ é penetrar nas indústrias químicas brasileiras promovendo a integração da academia com o setor produtivo. Acordos internacionais garantem aos sócios da SBQ a participação nas actividades de suas congêneres em Portugal, França e Estados Unidos.

Na segunda metade da década de 80 começou-se a ensaiar um novo impulso da indústria química nacional com a expansão do parque industrial de produtos químicos finos. Parecia que, nesta etapa, a participação dos químicos no desenvolvimento industrial seria agora mais direta e visível, mas a recessão econômica desencadeada pelo governo Collor (1990) sustou os empreendimentos e incentivos. Parece que esta fase, felizmente, está passando.

A vontade expressa dos pesquisadores de inserir, no contexto da pesquisa fundamental, articulações tecnológicas e sociais encontra, na atualidade, condições favoráveis na burocracia universitária, devido à existência de instrumentos legais viabilizadores da prestação de

consultoria ao sector produtivo. No âmbito do país existem instrumentos específicos de apoio financeiro como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT) e o Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAÉ). Há também a recente lei de incentivos fiscais à Ciência e Tecnologia, que permite às empresas nacionais utilizarem parte das taxas federais em investimento de pesquisa e desenvolvimento. Apesar destes incentivos, as baixas rentabilidade e competitividade das empresas nacionais (devido ao mercado interno restrito) associada à visão imediatista do empresário, geram, na maioria dos casos, pouco interesse em investir na pesquisa, acarretando uma crescente fragilidade tecnológica ao país.

PANORAMA ACTUAL E PERSPECTIVAS

Nesta seção apresentamos um panorama sintético do estágio atual da pesquisa e da pós-graduação em Química no Brasil bem como as perspectivas da pesquisa académica nas tradicionais sub-áreas da Química, a partir, sobretudo, de avaliações e percepções advindas de pesquisadores com expressiva atuação científica manifestadas em questionário abrangente distribuído pela Sociedade Brasileira de Química entre os membros da comunidade química [9]. A divisão desta seção nas quatro áreas tradicionais da Química se deve apenas à necessidade de organizar o texto, não representando uma compartimentalização artificial do conhecimento.

Química Orgânica

A Química Orgânica é a sub-área que detém o maior número de pesquisadores, a mais extensa disseminação de grupos de pesquisa no país, bem como a mais alta produção científica formal, que é disseminada em revistas de circulação internacional [10]. Há 12 anos se realizam os "Brazilian Meeting on Organic Synthesis", reunindo parte da comunidade dos químicos orgânicos. No último evento, realizado em Campinas, em 1992, participaram 330 químicos brasileiros apresentando 135 comunicações [11]. Houveram também conferências proferidas por pesquisadores estrangeiros convidados. Os químicos de produtos naturais não realizam o seu próprio

congresso, preferindo apresentar os seus trabalhos nas Reuniões Anuais da SBQ. No entanto, recentemente foi criada a Divisão de Produtos Naturais da SBQ.

A Química de Produtos Naturais é a especialidade com maior tradição de pesquisa no país, notadamente na Fitoquímica. A nível mundial, a Química de Produtos Naturais foi a base dos primeiros avanços na Química de Corantes, Pesticidas e Medicamentos (sendo a indústria química da época directamente associada ao trabalho académico [12]). No futuro, esta área continuará a ter repercussões profundas no sector industrial pelo fato de envolver substâncias naturais e intrinsecamente não mutagênicas, cuja identificação vem sendo acelerada e facilitada pelo desenvolvimento de técnicas analíticas cada vez mais sofisticadas, precisas e rápidas.

A busca de moléculas bioativas de plantas e de animais, incluídos os aquáticos, constitui um campo vasto e promissor da Química de Produtos Naturais. O Brasil, com sua imensa biodiversidade e experiência de pesquisa acumulada, poderá transformar esta especialidade em um efetivo agente portador de futuro, caso consiga vencer as barreiras existentes ao seu desenvolvimento que são comuns às demais especialidades.

A Química Orgânica Sintética e a Físico-Química-Orgânica são especialidades de desenvolvimento mais recente no país. Seu marco inicial foi a criação do Departamento de Química da Universidade de São Paulo (USP), em 1934, e seu progresso nos últimos anos é expressivo.

A Química Orgânica Sintética é bem desenvolvida na região Centro-Oeste (Brasília) e no Sudeste (Rio de Janeiro e Estado de São Paulo). Há uma clara e generalizada preocupação dos pesquisadores desta especialidade em estimular o seu progresso, quer do ponto de vista da pesquisa fundamental (como o estudo de sínteses totais e parciais de inúmeras classes de substâncias, incluindo as de origem natural que apresentam actividade biológica potencial; o desenvolvimento de novos métodos sintéticos e a aplicação de métodos de síntese na preparação de compostos bioativos), quer relativamente aos seus aspectos mais aplicados, através do desenvolvimento de sínteses de produtos orientados para a Química Fina, explorando a utilização de matérias-primas que sejam produtos naturais abundantes.

Há uma predisposição dos químicos orgânicos sintéticos em contribuir com o desenvolvimento do sector industrial de Química Fina, altamente desnacionalizado (em cerca de 75-80%) e de importância estratégica, posto que é supridor vital de vários segmentos industriais de ponta, como o de defensivos agrícolas, de alimentos e de medicamentos [15]. Na Química Orgânica Sintética, a síntese de substâncias naturais é considerada de futuro altamente promissor posto que, além dessas substâncias terem, muitas vezes, aplicação económica directa, são, também, pontos de partida para a obtenção de novas moléculas mais estáveis e mais específicas para uso agrícola e farmacológico. Sob uma óptica mais abrangente, independentemente da origem da matéria prima, a síntese orgânica "permanecerá como a tecnologia mais importante na manufatura de drogas" [24] ou medicamentos, para a qual assume relevância especial a busca de processos de mais baixo custo que levem em conta, também, a segurança e a preservação do meio ambiente.

A Físico-Química-Orgânica é bem desenvolvida no Sul do país (com maior ênfase no estudo de reacções micelares) e no Sudeste (investigação de mecanismos de reacções orgânicas em geral) com algumas interações com grupos de pesquisa dos países do "cone-sul" (Argentina, Uruguai e Paraguai). No Norte, Nordeste e Centro-Oeste as actividades de pesquisa nesta especialidade são pouco expressivas. Uma conferência brasileira de Físico-Química Orgânica é organizada periodicamente por químicos da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, desde 1982, publicando-se o periódico "Atualidades em Físico-Química-Orgânica".

Uma área da orgânica que é bastante interdisciplinar e que se encontra razoavelmente desenvolvida na região Sudeste é a Fotoquímica. Há grupos usando-a como ferramenta experimental para síntese de novos compostos e grupos que estudam os processos fotoquímicos e fotofísicos. Estes últimos se confundem com os grupos da sub-área de físico-química. Esta área de pesquisa começou no Brasil na década de 70, com a vinda de pesquisadores norte-americanos dentro do programa de intercâmbio entre a National Academy of Sciences e o Conselho Nacional de Pesquisas. Hoje ela está diversificada entre químicos orgânicos, inorgânicos, físico-químicos e

químicos ambientais. Desde 1979 se realizam os Encontros Informais de Fotoquímica e Fotobiologia, com a participação de químicos e bioquímicos. Mais recentemente estas reuniões passaram a ser organizadas pela Divisão de Fotoquímica da SBQ.

Química Inorgânica

As condições para a pesquisa em Química Inorgânica no país surgiram com a criação da USP e a vinda do professor Heinrich Rheinboldt interessado, entre outros campos, na Química de Compostos de Coordenação. Esta sub-área ganhou consistência em 1960, quando se implantaram as linhas de pesquisa em Química de Coordenação de Lantanídeos [9]. A Química de Compostos Lantanídicos disseminou-se no país a partir dos químicos pós-graduados na USP. Hoje, ela já se ampliou, abrangendo os estudos de íons lantanídicos em sistemas cristalinos e amorfos, sinterização e caracterização de vidros e vitrocerâmicas. Deve-se ressaltar que uma empresa brasileira, a Orquima, era detentora de diversas patentes internacionais de processos de extração e purificação de sais de lantanídeos provenientes da areia monazítica. Com a encampação desta empresa pelos governos militares estas patentes foram perdidas.

Outro salto qualitativo resultou do programa conjunto Conselho Nacional de Pesquisas e Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (CMq/NAS), vigente no período 1969/1976. Este programa possibilitou a criação de novos grupos de pesquisa em química inorgânica e orgânica. Deve-se ressaltar que este programa visava desenvolver todas as sub-áreas da química, no entanto, os objectivos foram alcançados de forma satisfatória somente na química de compostos de coordenação e na fotoquímica orgânica. Na sub-área de inorgânica o programa CNPq/NAS lançou as bases para a interligação entre a química de coordenação tradicional e os compostos com organização supra-molecular.

A expansão nas linhas de pesquisa em Inorgânica, nos últimos nove anos, não é generalizada, concentrando-se na Química de Coordenação, Cinética e Mecanismos de Reação de Complexos Inorgânicos e na Química de Compostos Organo-Metálicos [13]. Ainda no contexto da química de coordenação, um campo de actividades com característi-

cas multidisciplinares é o estudo dos chamados adutos ou complexos moleculares. Esta linha de pesquisas foi introduzida no Brasil por Heinrich Rheinboldt em 1934 e tem sido desenvolvida em várias instituições brasileiras [14].

Esta sub-área sofreu uma grande diversificação nos últimos anos, como se pode ver nos resumos dos trabalhos apresentados no VII Simpósio Nacional de Química Inorgânica, realizado em Caxambu em 1994. Surgiram trabalhos com zeolitas, compostos de intercalação, materiais suportados, "clusters", etc.. Apesar de inúmeros problemas tecnológicos tradicionais e de ponta estarem ligados a Química Inorgânica (metais, ligas, catalisadores, materiais supercondutores, semicondutores, cerâmicas odontológicas, etc.), parece haver pouca motivação entre o restrito número de pesquisadores da sub-área para envolver-se por esses rumos e para interagir com físicos e biólogos. Uma exceção está na Universidade Estadual de Campinas, onde há um grande grupo se dedicando a um programa denominado "Química para a Eletrônica", onde se desenvolvem pesquisas em vidros, semicondutores e precursores para MOCVD (deposição de cristais por decomposição de compostos organo-metálicos).

Há no Brasil uma grande falta de sintonia entre a universidade e a indústria, o que pode ser sentido mais profundamente no campo da Catálise [11]. A universidade está apta e predisposta a aprofundar o estudo de catalisadores homogêneos e de catalisadores suportados, que são fundamentais na manufatura de produtos de alto valor agregado como os de Química Fina. No entanto, prevalece na indústria a Catálise Heterogênea, como reflexo do estágio de desenvolvimento industrial brasileiro. O empresário brasileiro resiste a usar uma tecnologia moderna, a Química Fina, fundamentada em um maior conhecimento científico.

A evasão de divisas do país no setor de Química Fina é indicador das causas de seu baixo nível de desenvolvimento endógeno [15]. No caso dos catalisadores industriais, estes acabam sendo importados pela indústria instalada no país, sob a forma de pacotes tecnológicos fechados [16]. A dependência das importações é profunda, posto que mais de 95% dos produtos químicos passam por vários processos catalíticos, evidenciando o alto valor estratégico deste campo de pesquisa. A Catálise é

um exemplo clássico de agente portador de futuro para o desenvolvimento do país, hoje condicionado a injunções de mercado. Esse quadro é inibidor da pesquisa acadêmica e do desenvolvimento social, a despeito de condições internas altamente favoráveis à disseminação e apropriação da pesquisa nesta especialidade. Dentre os setores mais diretamente condicionados ao desenvolvimento da Catálise no país, merecem citação especial a álcooquímica e a redução da poluição ambiental.

Em nível mundial, é no âmbito da Catálise que se situa uma interface particularmente ativa da pesquisa de fronteira da Química, que é a crescente influência da Química Inorgânica na Química Orgânica Sintética. Um exemplo dessa interface é o desenvolvimento de catalisadores de metais de transição para reações de ciclização químico, régio e estereoseletivas, onde a importância fundamental é a especialização dos sistemas vivos neste tipo de controle [17].

No país, a Catálise é vista pelos químicos inorgânicos como uma oportunidade de renovação da pesquisa que, para avançar em direcções mais profícuas, exige uma maior interação com os químicos orgânicos [18]. O espaço institucional para essa interação e para o desenvolvimento da Catálise existe: o Programa Nacional de Catálise (PROCAT). Este programa, hoje independente, foi iniciado por ação estabelecida no âmbito do Programa Nacional de Apoio à Química (PRONAQ, criado pelo CNPq em 1980). O PRONAQ, similarmente ao Programa CNPq/NAS, objectivava fortalecer o setor químico via geração e absorção da Ciência e da Tecnologia pela Indústria Química Nacional. Sua extinção coincidiu com o estabelecimento do PADCT, que absorveu, na forma de subprogramas, várias das acções pretendidas pelo PRONAQ: a criação de um sistema eficiente de manutenção de equipamentos; a capacitação tecnológica, incluindo as áreas de pesquisa, indústria e comércio no sector de instrumentação e o provimento de insumos essenciais aos laboratórios de ensino, pesquisa e desenvolvimento.

Química Analítica

A Química Analítica é uma das sub-áreas mais tradicionais da Química no Brasil. Apesar disso, ela comporta a menor produção científica nos anos 70 (disseminada principalmente em revistas

nacionais), o menor contingente de pesquisadores contemplados com as bolsas pelo CMq, nas décadas de 70 e 80, além de vir disputando com a Química Inorgânica a menor parcela de recursos do Programa de Auxílios à Pesquisa do CNPq dirigidos à Química.

Há 12 anos vem se realizando bienalmente os "Encontro Nacional de Química Analítica", ENQA, organizado pela Divisão de Química Analítica da SBQ. O último ENQA, realizado no Rio de Janeiro em 1993, reuniu 400 participantes que apresentaram 344 trabalhos nos seguintes assuntos: análise por injeção de fluxo, espectroanalítica, análise orgânica, metodologia, eletroanalítica e química analítica ambiental. Isto mostra uma revitalização desta sub-área.

A especialidade da Química Analítica com atividades de pesquisa mais pronunciadas é a Química Analítica Orgânica e Inorgânica, particularmente no campo do Desenvolvimento de Métodos de Separação, Detecção e Determinação de Constituintes Químicos. Merece destaque a aplicação das seguintes técnicas: eletro-analíticas, de absorção e emissão atômicas por plasma, termo-analíticas e radioquímicas. Tais pesquisas concentram-se no Sudeste (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), Nordeste (Bahia) e Centro-Oeste (Brasília). Cita-se, ainda, as pesquisas em Geoquímica Orgânica, restritas ao Rio de Janeiro. Todas as demais especialidades são consideradas pouco desenvolvidas, carecendo de estímulos específicos, tanto a Química Ambiental quanto a Instrumentação/Automação Analítica.

No Brasil a Química Analítica se confunde com a Química Analítica. Apesar desta visão ser altamente equivocada, ela contribuiu para que se desenvolvessem métodos e instrumentação para os estudos da atmosfera, especialmente dos aerossóis resultantes da poluição urbana.

No que concerne à pesquisa em Instrumentação/Automação, há poucas empresas nacionais dedicadas à fabricação de instrumentos analíticos, que é restrita aos relativamente simples e com significativo grau de obsolescência em relação ao mercado internacional. Mesmo assim, estes equipamentos não são competitivos em termos de preço com os importados. O citado Subprograma de Instrumentação do PADCT objetiva ampliar o desenvolvimento nacional neste setor. Entretanto, seu impacto só poderá ser devidamente aquilatado a

médio prazo. Porém, é digno de nota, o desenvolvimento, pelo grupo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, de técnicas de injeção por fluxo contínuo, atualmente disseminadas em vários outros centros de pesquisa nacionais.

Físico-Química

No âmbito da Química, as pesquisas físico-químicas só começaram a ser desenvolvidas em 1944 – dez anos depois de seu início no Departamento de Física da USP, que abrigou os químicos interessados em estudos de espectroscopia [19].

A Físico-Química traz em sua gênese a interdisciplinaridade, da qual depende cada vez mais o vigor dessa sub-área. O seu progresso no país foi um dos mais expressivos durante os anos 70, tendo contado, para tanto, com a participação dos físicos [20]. Apesar dos físico-químicos de origem Química delimitarem suas atividades de pesquisa em campos diferentes daqueles com formação na área da Física, a Espectroscopia (especialidade detentora do maior número de publicações na sub-área, nas décadas de 70 e 80) mostrava-se como campo de interesse comum. Ressalta-se que o nascimento na Inglaterra desta especialidade, no século passado, só foi possível devido ao trabalho colaborativo de químicos e físicos [21].

A especialidade mais desenvolvida da sub-área é a eletroquímica, cujas atividades de pesquisa estão principalmente concentradas em São Carlos, Estado de São Paulo. Este desenvolvimento se deu, principalmente, depois da imigração de eletroquímicos argentinos para aquela região do país. Em outras regiões também há grupos de pesquisa em eletroquímica e corrosão em Institutos de Química e em Faculdades de Engenharia Química. Apesar do seu interesse industrial, a síntese orgânica por via eletroquímica é pouco pesquisada, com a exceção de um grupo em São Paulo. A pesquisa em síntese e caracterização eletroquímica dos polímeros condutores intrínsecos eletrônicos e iônicos se disseminou recentemente e está localizada em Campinas, São Carlos, Recife, Belo Horizonte e Porto Alegre. Deve-se lembrar que os "Simpósios Brasileiros de Eletroquímica e Eletroanalítica" vêm sendo realizados há 18 anos. O último, realizado em Abril de 1994 juntamente com o Congresso Iberoamericano de

Eletroquímica, reuniu 300 pesquisadores apresentando 250 trabalhos.

A segunda especialidade considerada de reconhecida competência (provavelmente, não só do ponto de vista dos que a vêem como campo de pesquisa, mas também dos que são seus usuários) é a Espectroscopia, especialmente no Sudeste (Rio de Janeiro e São Paulo), regiões onde as Espectroscopias de Massa, Eletrônica, Vibracional, Ressonância Nuclear Magnética (RMN), por Impacto de Elétrons e Multifotônica são avançadas, e no Nordeste (Pernambuco), onde as Espectroscopias por Impacto de Elétrons, Ótica Linear e Não Linear são desenvolvidas.

As pesquisas em Espectroscopia, bem como o uso de técnicas espectroscópicas por outras linhas de pesquisa, necessitam, para o seu aprimoramento, de instrumentos avançados e sofisticados, visando não só ao aperfeiçoamento das espectroscopias citadas, como também a disseminação e vulgarização de uso ainda restrito, como a Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR), a de laser de alta resolução e a em feixes supersônicos, por exemplo [22]. Deve-se ressaltar a construção do Laboratório Nacional de Luz Sincrotron nas vizinhanças da Universidade de Campinas, que permitirá aos químicos o acesso a estas técnicas espectroscópicas modernas.

A terceira especialidade a considerar é a Físico-Química Teórica (destacando-se aqui Panambuco, São Paulo, Minas Gerais e, em menor grau, Rio de Janeiro e Brasília). Há um contingente de pessoal qualificado que permite o avanço da Química Computacional (Química Quântica, Quimiometria e Dinâmica Molecular) e das suas aplicações interdisciplinares (na Química Orgânica e na Farmacologia, por exemplo). Hoje em dia, os químicos teóricos são os maiores usuários de computação de alto desempenho no país. A perspectiva no âmbito dessa especialidade é de que, a incorporação rotineira da computação em grande escala em programas experimentais afete a forma como a própria Química vem sendo praticada. Desde 1981 que vêm se realizando regularmente os Simpósios Brasileiros de Química Teórica. O último ocorreu em Novembro de 1993 em Caxambu, reunindo 235 participantes com a apresentação de 190 trabalhos. Os trabalhos completos destes simpósios são publicados no *J. Molecular Structure*.

As demais especialidades existem, mas são menos desenvolvidas. Cita-se, como exemplo na Química de Superfície e Colóides, o estudo de Micelas e de Fenômenos de Superfície (fundamentais para o progresso da Química Macromolecular, do Estado Sólido e da Catálise); na Química do Cristal, o estudo de Cristais Líquidos e da Cristalografia por Difração de Raios-X; na Termodinâmica/Termoquímica, o estudo Termodinâmico de Compostos de Coordenação de Processos Irreversíveis e Métodos Termoquímicos.

Outras Sub-áreas da Química e a Interdisciplinaridade

A visão do químico brasileiro sobre as perspectivas de seu trabalho científico está em fase de mutação. Nota-se que uma maior prioridade vem sendo dada ao desenvolvimento da Química de Novos Materiais. O progresso dessa especialidade exige a integração de cientistas com diferentes formações em um grupo comum de pesquisa. Isto já começa a ocorrer no país, mais destacadamente no Estado de São Paulo [23]. A Química de Materiais é considerada como a mais importante dentre os principais temas científicos que levarão no futuro a união de áreas de pesquisa [24]. Nesta direção há grupos que se dedicam a fotoeletroquímica, a química dos semi-condutores e a química dos polímeros.

A química dos polímeros representa um capítulo à parte nesta história, pois a pesquisa nesta área se iniciou nas universidades muitos anos depois que as grandes indústrias já se haviam instalado no país. Começou no Rio de Janeiro com o Instituto de Macromoléculas, na década de setenta, e se disseminou por todo o país. Hoje encontramos grupos de pesquisa em polímeros em departamentos de Química Orgânica, de Físico-Química ou em Faculdades de Engenharia Química. Estes estão localizados em Porto Alegre, Campinas, São Carlos, Rio de Janeiro, Brasília, Salvador, Campina Grande e Fortaleza. Esta sub-área se confunde com a engenharia de materiais (reologia e processamento, por ex.), com a física (polímeros condutores e fotoresistências) e com a biologia e medicina (materiais poliméricos biocompatíveis, por ex.), sendo essencialmente interdisciplinar.

Resalta-se a destacada preocupação dos pesquisadores químicos com a

deterioração do meio ambiente no âmbito das investigações interdisciplinares, notadamente a Química Ambiental – que busca o entendimento da natureza e dos agentes nela intervenientes. Essa preocupação ocorre também em nível da sociedade civil e, por isso, tornou-se política e economicamente importante. Ela é ainda mais expressiva ao se constatar a ênfase dada às atividades de pesquisa que implicam em interação entre a Química e a Biologia: a Ecologia Química – onde a pesquisa busca contribuir, através do entendimento dos controles naturais, para a melhor sobrevivência do indivíduo no ecossistema [25].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades da Pós-graduação em Química no Brasil têm sido fundamentalmente dirigidas à formação de recursos especializados e à criação de conhecimentos, de forma não articulada, por falta de uma política inicial privilegiando o desenvolvimento tecnológico endógeno.

Apesar da qualidade bastante razoável da Pós-graduação, o contingente de pessoas a ela dedicadas (577 docentes-doutores, em 1991) ainda é reduzido. Em muitos casos a sua inoperância é causada pela incapacidade de adaptar os projetos de pesquisa às condições dos laboratórios, em alguns casos, mais bem equipados do que alguns laboratórios europeus.

Não há dúvida de que a pesquisa brasileira em Química, apesar de sua modesta dimensão, tem bom nível de qualidade em certas sub-áreas/especialidades, atestada, por exemplo, para as pesquisas de carácter mais básico, pela aceitação dos artigos pertinentes pelas revistas internacionais de primeira linha. Há que se considerar, também, a disparidade de seu desenvolvimento nas diferentes regiões do país.

REFERÊNCIAS

1. C. A. L. Filgueiras, *Quím. Nova* **8** (1985) 263.
2. C. A. L. Filgueiras, *Quím. Nova* **9** (1986) 263.
3. C. A. L. Filgueiras, *Quím. Nova* **16** (1986) 155.
4. H. Rheinboldt, "A Química no Brasil", cap. VIII in *As Ciências no Brasil*, F. Azevedo (org.), Ed. Melhoramentos, São Paulo (1955).
5. S. Mathias, "Cem anos de Química no Brasil",

Colecção da Revista de História (LXIII), São Paulo (1975).

6. C. A. L. Filgueiras, *Quím. Nova* **11** (1988) 210.
7. S. Schwartzman, "Formação da Comunidade Científica no Brasil", FINEP e Cia. Editora Nacional, Rio de Janeiro e São Paulo, 1979.
8. CAPES, *Resultados da Avaliação da Pós-graduação por Área do Conhecimento 1979-1989*, Brasília, 1991.
9. a) M.A.H. Cagnin, *Quím. Nova* **14** (1991) 219, b) M.A.H. Cagnin, *Quím. Nova* **16** (1993) 161 e c) M.A.H. Cagnin, *Interciência* **18** (1993) 146.
10. M.A.H. Cagnin, *Quím. Nova* **10** (1987) 223.
11. Anais do 5th Brazilian Meeting on Organic Synthesis, Campinas, 1992.
12. V. Walsh, *Res. Policy* **13** (1987) 211.
13. J. Feldman et al., *Quím. Nova* **12** (1989) 379.
14. C. Airoidi e A. P. Chagas, *Quím. Nova* **6** (1983) 13.
15. M.A.H. Cagnin *Rev. Bras. Tec.* **18** (1987) 10.
16. A.C. Massabni et al., *13ª Reunião Anual da SBQ*, Minas Gerais, 1990.
17. R.M. Baum, C & EN 6 de Fevereiro (1989) 24.
18. H.E. Toma, *13ª Reunião Anual da SBQ*, Minas Gerais (1990).
19. S. Schwartzman, *Formação da Comunidade Científica no Brasil*, Cia Ed. Nacional/Finep, 1979.
20. M.A.H. Cagnin, *Interciência* **10** (1985) 64.
21. F.A.J.L. James, *British J. Hist. Sci.* **21** (1988) 181.
22. M. Riveros, *Mimeo*. (1993) 54.
23. F. Galebeck et al., *13ª Reunião Anual da SBQ*, Minas Gerais, 1990.
24. G. Whitesides, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **29** (1990) 1209.
25. W.B. Mors, *Interciência* **13** (1988) 221.

* Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas.

** Universidade de Brasília, Directora Adjunta da FLACSO-Sede Brasil (Convênio FLACSO/CNPq)

*** Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, ex-Presidente da Sociedade Brasileira de Química (Maio 92/Maio 94).

Con la microscopia a scansione di forza alla scoperta delle organizzazioni molecolari in biologia*

B. SAMORÌ**

A Microscopia de Força Atômica (Atomic Force Microscopy, AFM) ou Microscopia de Varrimento de Força (Scanning Force Microscopy, SFM) é seguramente a mais recente novidade no campo microscópico. Nascida nos laboratórios da IBM (nos quais nasceu também o Laser) em 1986, ao contrário das outras técnicas microscópicas de nível molecular baseadas sobre interações de fótons ou electrões e a matéria ela baseia numa ideia ao mesmo tempo simples e original: 'tocar' com uma agulha de dimensões atômicas (raio de curvatura da ponta de 30 nm) os campos de força moleculares (geralmente forças de Van der Waals) que formam a superfície de uma molécula (como a vara com a qual um cego sente a organização superficial do espaço em volta dele). Embora a sua utilização abranja a física, a química e a biologia, foi no campo da biologia molecular e celular que a AFM conseguiu os seus maiores sucessos e isso pelo facto de ser a resolução da SFM, hoje em dia, apenas capaz de 'ver' conjuntos macromoleculares como a cromatina ou complexos membrano-proteicos. Com efeito com essa técnica conseguiu-se determinar a quiralidade da cromatina e a organização de complexos membrano-proteicos em solução e esse último facto é a outra vantagem da SFM: analisar de maneira não invasiva (e no seu ambiente) as amostras biológicas.

E' nato negli anni 80 un nuovo approccio alla microscopia con potenzialità applicative alla biologia strutturale che si vanno scoprendo essere sempre più sorprendenti. In questo nuovo modo di fare microscopia non vi sono più sonde di fotoni od elettroni che colpiscono il campione. Non vi sono più problemi di risoluzioni laterali limitate dalle lunghezze d'onda di queste radiazioni impiegate. Non più lenti con le loro aberrazioni. Non più diaframmi. Il nuovo approc-

cio si basa sull' utilizzo di una sonda che scorre sul campione in esame ed effettua su di esso misure di una proprietà locale. Una sonda come può esserlo uno stetoscopio che registra localmente dei suoni.

Su questo nuovo approccio sono basate le microscopie a scansione di sonde (scanning probe microscopies). Le immagini nascono dalla composizione di dati misurati localmente, punto per punto separatamente e la risoluzione dipende da quanto "locale" sia stata la misura.

La microscopia a sonda che più si sta rivelando utile in biologia è la Atomic Force Microscopy (1,2). Questa denominazione viene sempre più diffusamente sostituita con Scanning Force Microscopy (SFM), dizione più corretta dal punto di vista fisico, che tradurremo in Microscopia a scansione di forza.

COME E NATA?

Agli inizi degli anni 80, nei laboratori IBM a Ruschlikon (Svizzera) Heini Rohrer e Gerard Binnig svilupparono la Scanning Tunneling Microscopy e per questa invenzione nel 1986 fu loro assegnato il premio Nobel in Fisica. Questa nuova microscopia era basata sull' effetto tunnel. Quando due conduttori metallici (in questo contesto, uno dei due è uno stilo appuntito) sono posti a distanze dell'ordine dell' Å e separati da uno strato non conduttore (vuoto o aria), una piccolissima corrente elettrica fluisce dall' atomo più avanzato della punta dello stilo verso l'atomo a lui più vicino della superficie dell' altro conduttore.

La genesi di questo fenomeno deriva dal comportarsi degli elettroni sia come particelle sia come onde. Gli elettroni si muovono liberamente all' interno dei materiali conduttori e vengono riflessi indietro ove questi materiali finiscono. Ma questi elettroni non si comportano come le palle da tennis quando esse rimbalzano su un piano limite, ad esempio su una parete: la riflessione degli elettroni può non accadere sempre esattamente

sullo stesso piano limite. Una parte di loro infatti penetrerà anche in quella sottilissima lamina di vuoto che si trova fra i due conduttori. Se poi fra questi viene applicata una tensione elettrica, essa stabilisce un flusso di corrente che possiamo poi modulare a piacere, al variare della tensione stessa e della distanza della punta dalla superficie. Questa corrente di tunneling è estremamente localizzata. Rohrer, Binnig e Gerber pensarono quindi di pilotare la punta facendola scorrere da un atomo a quelli adiacenti sulla superficie in esame sì da evidenziare la loro presenza e posizione. Utilizzarono a tale scopo la tecnologia dei piezoelettrici che consente spostamenti dello stilo in tutte le direzioni spaziali con precisioni dell' ordine dei decimi di Å, quindi all' interno di dimensioni subatomiche. Le correnti di tunneling vengono così registrate punto per punto, Å per Å, sulla superficie e posti insieme, come pezzi di un puzzle, si da ottenere una topografia della superficie esaminata. Con questa tecnica riuscirono a raggiungere risoluzioni laterali inferiori alla lunghezza d' onda degli elettroni delle correnti di tunnel che misuravano. Anche nel caso dello stetoscopio che abbiamo preso come modello macroscopico delle sonde, l' area su cui effettua la misura è inferiore alla lunghezza d'onda del suono che registra.

In questi ultimi anni sono state tentate applicazioni di questa microscopia alla biologia. Tali esperimenti hanno confermato la diffusa sensazione che questa tecnica non possa essere di grande utilità in questo contesto perché richiede conduzioni elettroniche che i materiali organici e biologici, di norma isolanti, non sono in grado di assicurare.

Lo stesso Binnig nel 1986, già conscio di queste limitazioni intrinseche all' STM, in collaborazione con Carl Quate di Stanford, estese questo nuovo approccio della microscopia a scansione di sonde a misure che non richiedessero fenomeni di conduzione.

Due atomi che stanno l'uno di fronte all' altro possono awertire la loro

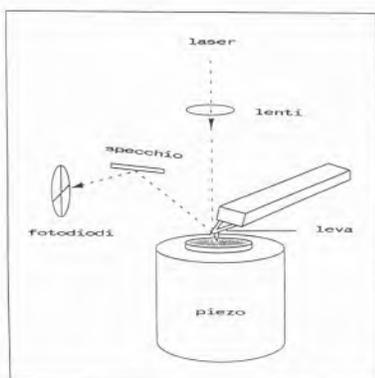
presenza anche attraverso le forze attrattive o repulsive che essi possono esercitare l'uno sull'altro. Essi mostrarono come fosse possibile misurare queste interazioni fra gli atomi su una punta in scansione e quelli sulla superficie del campione in esame. Nacque così quella che essi chiamarono la Atomic Force Microscopy. Al contrario della microscopia ad effetto tunnel, con questa microscopia, non essendo più in gioco alcuna conduzione elettronica, possiamo anche esaminare materiali isolanti ed in particolare campioni biologici.

Di fatto questo microscopio non è altro che un profilometro in scansione che può operare fino alla scala molecolare. È sorprendente vedere come esso non sia nato da una evoluzione dei profilometri macroscopici usati fin dall'inizio del secolo nello studio della rugosità di superfici levigate meccanicamente. Sarebbe bastato lavorare un poco di più sull'affinamento della sonde allora usate per giungere direttamente a tale tecnica. Essa è nata invece come uno sviluppo della microscopia ad effetto tunnel, una tecnica concettualmente molto più raffinata e più complessa. È questo un altro esempio di come il progresso scelga a volte cammini ben più tortuosi e ad energie potenziali ben superiori a quelle di altri che avrebbero potuto condurre alle stesse acquisizioni.

COME FUNZIONA?

Le risoluzioni di questo nuovo profilometro potranno diventare anche molecolari se la sonda utilizzata sarà sottile grossomodo come la molecola che si desidera osservare e se si riuscirà a far scorrere questa sonda su di essa, toccandola con una delicatezza sufficiente da non modificarne la struttura. Registrando punto per punto la posizione in altezza dello stilo si potrà così ottenere una mappa tridimensionale della molecola in esame. Si trasferiscono così le nostre esperienze tattili alle dimensioni del mondo delle singole molecole ed alla loro delicatezza.

Negli strumenti che lavorano in scansione continua sul campione (contact-mode) (figura 1) questo è stato reso possibile posizionando la punta su una leva, di norma triangolare, molto flessibile, con costanti elastiche da 0.1 a 0.01 N/m. La costante elastica di una striscia di Al lunga 4mm e larga 1mm è di circa 1 N/m.



1. Schema costruttivo di un microscopio a scansione di forza. La sonda è sostenuta da una leva a sezione triangolare. I suoi spostamenti in verticale indotti durante la scansione dalla rugosità del campione sono amplificati e misurati con una leva ottica: un raggio laser si riflette sulla estremità del braccio che supporta la punta e va a colpire una serie di fotodiodi affiancati. Lo scorrimento del campione e la definizione della sua posizione sono affidati ad un piezoelettrico che ne controlla i movimenti con una precisione superiore al decimo di Å.

La leva deve essere così flessibile perché deve assorbire gli spostamenti della punta durante la scansione sì da evitare ogni danno al materiale in esame. Saranno in gioco costanti elastiche dell'ordine di 10 N/m se pensiamo ad un legame chimico fra due atomi. Saranno in gioco costanti ben minori se vogliamo preservare quegli ordini supramolecolari che in biologia giocano ruoli funzionali di primaria importanza.

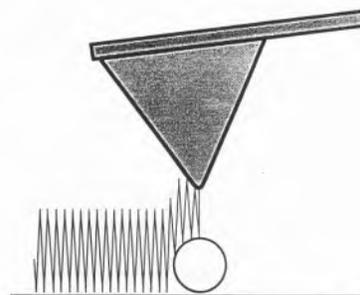
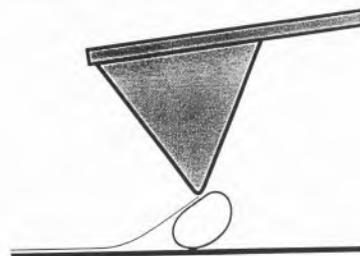
Gli spostamenti in verticale della punta sono amplificati e misurati con una leva ottica: un raggio laser si riflette sulla estremità del braccio che supporta la punta e va a colpire una serie di fotodiodi affiancati. Lo scorrimento del campione e la definizione della sua posizione sono affidati ad un piezoelettrico che ne controlla i movimenti con una precisione superiore al decimo di Å.

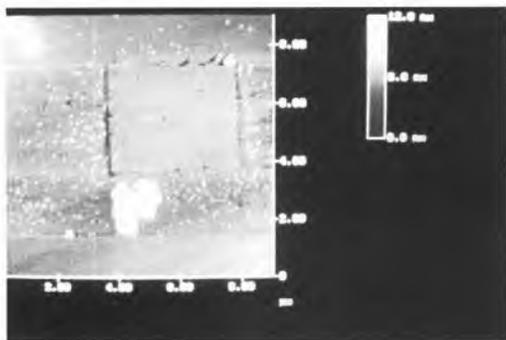
In biologia, per meglio controllare i possibili danni della sonda all'integrità del campione, si opera normalmente misurando e tenendo costante in ogni punto la forza esercitata dalla sonda sul campione: quando la sonda incontra un ostacolo la leva si piega ed un circuito elettronico di controllo allontana il campione fino a completa rimozione della deflessione stessa. L'immagine è così ottenuta registrando punto per punto, l'altezza del campione richiesta per mantenere la forza costante.

È stata di recente sviluppata una nuova tecnica di scansione detta "tapping-mode" (figura 2). La leva è più rigi-

da, con una costante elastica di circa 50 N/m. Mentre il campione viene posto in scansione laterale la leva è posta in vibrazione nell'intorno della sua frequenza di risonanza (250-300 kHz) con ampiezze, al momento, ancora dell'ordine dei 10-20 nm. Il campione aggancia e riduce l'ampiezza dell'oscillazione. In questo caso è la riduzione dell'ampiezza ad essere tenuta costante dal circuito di controllo e la topografia del campione è ottenuta registrando gli spostamenti del piezo richiesti per mantenere questa condizione. Il tapping-mode ha almeno due vantaggi sul metodo a contatto. Primo, le forze punta-campione sono minori. Secondo, le forze tangenziali di scorrimento sono ridotte al minimo: la forza esercitata è quasi completamente perpendicolare alla superficie del campione e sono così su di esso minimizzati gli effetti distorsivi della punta. Il tapping-mode che si riteneva fosse limitato ad operare in aria, è stato di recente esteso anche all'ambiente fisiologico dal gruppo di Paul e Helen Hansma (3). Con questo nuovo sviluppo essi hanno mostrato come si possa seguire in soluzione non solo il moto di singole molecole di DNA debolmente attaccate al substrato di mica, ma anche la loro degradazione ad opera della DNAsi I (3).

2. Nel contact-mode (a) la punta scorre sul campione senza perdere in contatto con esso. Nel Tapping-mode essa salta invece da un punto a quello contiguo (da referenza 3).





3. L'osservazione di materiali biologici soffici e non legati saldamente al substrato può portare, se non si riesce a minimizzare le interazioni punta-campione, alla sua distruzione e ad artefatti simili a quelli mostrati da questa figura. Allargando il campo di osservazione posso vedere aree quadrate corrispondenti alla scansione precedente in cui la sonda invece di fare immagini ha "arato" la superficie del campione spostando le molecole di DNA depositate sulla superficie della mica ai bordi della zona di scansione.

LE FORZE IN GIOCO

Il collaudo di uno strumento commerciale prevede di norma, l'osservazione degli atomi della superficie di un cristallo di mica. Ma se si vuole passare dai cristalli a materiali ben più soffici e delicati come i materiali biologici i giochi diventano del tutto diversi. Se si vogliono osservare molecole depositate su un substrato come la mica, il risultato che più facilmente posso ottenere è quello di arare il mio campione con la punta e spostare il materiale. In esame ai bordi del campo di osservazione (figura 3). Se si vogliono osservare invece tessuti o complessi molecolari, la sonda può deformarli facilmente e le proprietà viscoelastiche del campione giocano un ruolo primario nella formazione delle immagini.

Quando lo stilo si avvicina al campione entrano in gioco forze sia a corto sia a lungo raggio, che operano su aree della punta più o meno ristrette.

Le forze a lungo raggio sono di norma attrattive e composte da forze di van der Waals, forze elettrostatiche e capillari (4,5). Le prime dipendono dalla forma e dal raggio di curvatura finale della punta. Queste forze sono dell'ordine di 10^{-9} N. Le forze elettrostatiche nascono dalle cariche superficiali presenti e possono essere molto più forti, fino a 10^{-7} N. Il campione è sempre ricoperto da uno strato di acqua se si opera in aria. Quando la punta si avvicina si forma quindi un menisco che la tiene aggancia-

ta al campione stesso. Queste forze capillari possono essere anch'esse dell'ordine di 10^{-7} N.

In un sistema macroscopico queste grandezze sono infinitesime, ma nelle scale su cui opera questa tecnica si possono con esse sviluppare pressioni locali enormi: l'area di contatto punta-campione è estremamente piccola. E' immediato vedere come con forze di soli 10^{-10} N e con aree di contatto di circa 200 \AA^2 , quali quelle attese nel caso delle punte commerciali piramidali, si sviluppino localmente pressioni dell'ordine delle 10 atmosfere. Queste pressioni non possono non essere fonte di grande preoccupazione se si vogliono studiare campioni biologici.

Le forze a corto raggio sono repulsive e sono dovute alla pressione meccanica che la punta esercita sul campione. Esse possono creare profonde deformazioni locali. In un campione particolarmente soffice.

Queste forze devono essere ridotte al massimo possibile. Per fare questo si deve primariamente agire sullo stilo riducendone la dimensione e controllandone la composizione chimica, anche in funzione di quella del campione. Si deve inoltre eliminare le forze capillari operando a umidità controllata (almeno sotto il 30%) o sotto liquidi. Si devono usare modalità di scansione della punta il meno invasive possibili: il tapping mode è di norma preferibile al contact mode. Se si utilizza quest'ultimo si deve, prima di iniziare la scansione, ritrarre la punta, tenuta incollata al campione dalle forze attrattive, fino quasi al punto di distacco e operare quindi la scansione continuando a ritrarre la punta.

IMMAGINI, E NON SOLO, DI TESSUTI E CELLULE IN AMBIENTE FISIOLÓGICO

Il problema della deformazione del campione ha spinto alcuni biologi a partire nel loro studio con un microscopio SFM da materiali ben duri come i denti. Ottennero così facilmente immagini delle strutture cristalline dello smalto e dei legamenti paradontali di collagene. I risultati ottenuti non fornirono di fatto alcun avanzamento sul piano conoscitivo rispetto a quanto era stato in precedenza ottenuto con la microscopia elettronica. Quelle immagini SFM erano state però registrate su denti tenuti immersi in una soluzione tampone. Gli autori pensarono

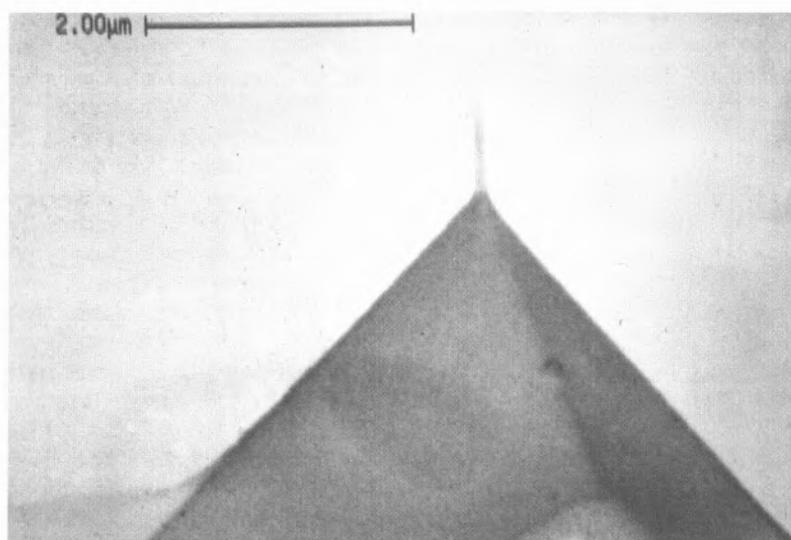
di aggiungere a questa un poco di acido ortofosforico e filmare il suo attacco acido sullo smalto registrando immagini in tempi successivi (6). Condussero l'esperimento anche con Coca Cola, ma al momento non hanno ancora deciso di pubblicare i dati. Questo è un esempio di come tale tecnica ci permetta non solo di poter osservare campioni biologici con risoluzione anche molecolare ed in ambiente di fatto fisiologico, ma anche di filmare processi che avvengono in essi con tempi di scala almeno dell'ordine di qualche secondo. E' questo il tempo minimo richiesto per ottenere un'immagine. Ciò è stato mostrato in film costruiti registrando in sequenza continua immagini dei processi di coagulazione del sangue (7) o dell'esocitosi di virus da cellule (8) e più recentemente dal già menzionato esperimento di degradazione di molecole di DNA ad opera della DNasi I (3).

Nel caso di cellule viventi nei loro mezzi di coltura si può non solo osservare e seguire processi che avvengono sulla loro superficie come la propagazione di ondulazioni (9), ma anche fermare lo stilo in un punto ed effettuare misurazioni locali di elasticità della stessa superficie (10). Questa prospettiva di effettuare misure locali sta aprendo possibilità di utilizzo di questa tecnica in biologia che potranno essere particolarmente utili e significative. Sono in corso su questa linea esperimenti particolarmente eleganti come seguire la risposta dinamica di cellule cardiache a diverse concentrazioni di ioni calcio nel mezzo di coltura ed in presenza o meno di farmaci complessanti (P. Hansma, comunicazione personale). E' in corso di effettuazione anche uno studio dei processi di cicatrizzazione e riparazione in cornee di coniglio: ne registriamo immagini e ne misuriamo localmente la elasticità a tempi crescenti da un intervento chirurgico (11).

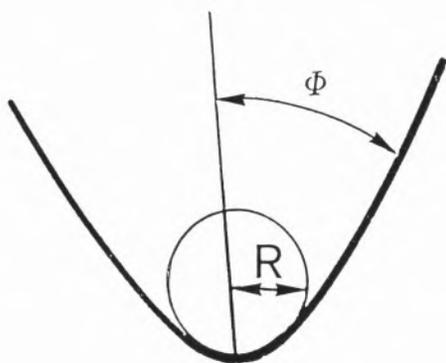
LE SONDE: LA LORO FORMA, LA LORO COMPOSIZIONE

Questi risultati fino ad ora menzionati sono stati ottenuti su una scala ancora macroscopica e sono ben lontani dalla risoluzione molecolare. Le risoluzioni sono in biologia primariamente limitate dalla deformabilità del campione e dalla dimensione delle punte.

Le punte commerciali sono prodotte con tecniche di microfabbricazione



A



B

4. (A) Immagine con un microscopio elettronico a scansione di una delle super-tips prodotte da noi nell'Università della Calabria (Cosenza). Sulle punte commerciali a profilo piramidale, usate nella grande maggioranza dei laboratori operanti nel settore, si fanno crescere, con la tecnica di D. Keller (12), aghi di carbonio amorfo con raggi di curvatura terminali inferiori anche di un ordine di grandezza (vedi testo). (B) La forma delle punte determina la loro capacità risolutiva. La risoluzione orizzontale dipende dal raggio terminale di apertura (R) e quella verticale dall'angolo di apertura della punta.

sviluppate nell'Industria elettronica. I loro raggi di curvatura finali sono mediamente dell'ordine dei 30nm e l'angolo di apertura sui 57° (figura 4).

La tecnica che fornisce al momento le punte più sottili è quella delle cosiddette "e-beam tips" sviluppata da David Keller (12). Un fascio elettronico opportunamente focalizzato sull'estremità delle punte commerciali, fa crescere su queste, in presenza di impurezze di materiale organico, aghetti di carbonio amorfo.

In biologia queste punte sono assolutamente necessarie, non tanto perché queste assicurano forti riduzioni nel raggio di curvatura (figura 4), quanto perché esse sono molto più idrofobiche delle sonde commerciali a base di silicio e se si vuole operare in ambiente acquo-

so questa proprietà è assolutamente richiesta. Ne consegue che per operare al meglio in biologia con questa nuova microscopia bisogna poterle affiancare, anche solo con un ruolo ausiliario, un microscopio elettronico, possibilmente a scansione e ad emissione di campo per la più ridotta larghezza del suo fascio elettronico.

Con queste punte nei laboratori di Carlos Bustamante a Eugene (OR) ed in quello di Helen Hansma a S. Barbara (CA) si stanno al momento studiando complessi nucleoproteici ed i processi di docking che portano alla loro formazione. Sono state di recente riportate dal primo gruppo immagini del complesso fra l'RNA polimerasi e frammenti di DNA contenenti l'opportuno promotore.

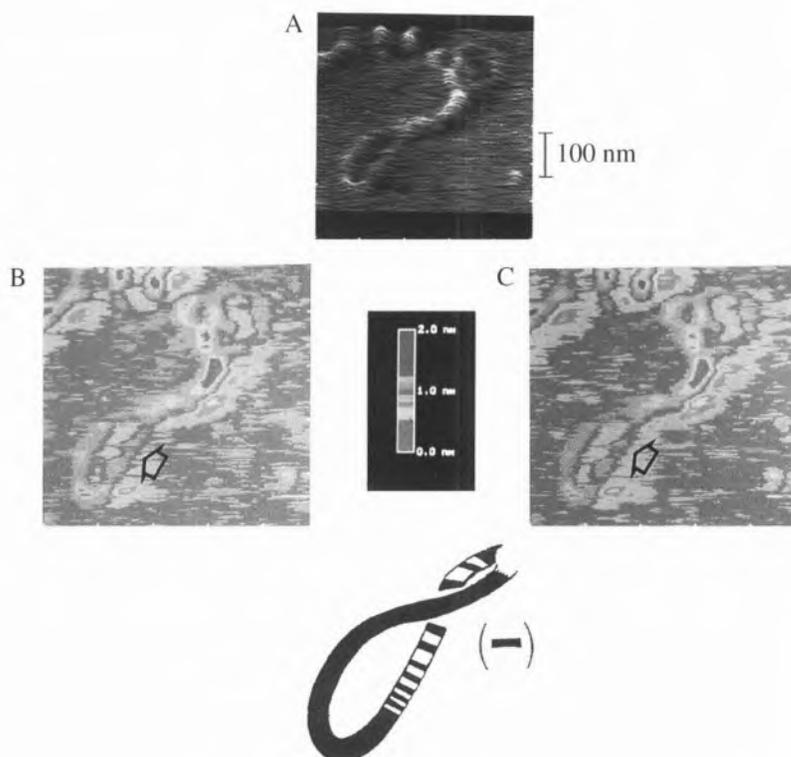
Queste immagini registrate in aula con le punte di carbonio sono state in grado di dimostrare chiaramente come il bending del DNA sul sito di legame della polimerasi cambi quando si passi dal complesso iniziale a quello di elongazione con un trascritto di appena quindici nucleotidi (13).

LA CHIRALITÀ DEL SUPERAVVOLGIMENTO DEL DNA

Le immagini costruite da questa microscopia essendo di fatto del profilo topografico, contengono informazioni sulla tridimensionalità dell'oggetto in esame. Le immagini registrate con un microscopio elettronico nascono da una sovrapposizione bidimensionale dei diversi strati della struttura tridimensionale studiata. Si possono prendere coppie stereo e immagini ad angoli diversi. Con i microscopi a trasmissione (TEM) è difficile ottenere informazioni sulla struttura superficiale e la natura tridimensionale dell'oggetto in esame. Su questo si basa la forte complementarità fra la microscopia elettronica a trasmissione e quelle a scansione di forza.

In uno studio comparativo fra le microscopie TEM e SFM su complessi sinaptonemici è ben mostrato come le immagini TEM non siano di rivelare dettagli strutturali resi invece perfettamente evidenti da quelle SFM (14).

Quando si scende a risoluzioni molecolari anche nelle immagini SFM la tridimensionalità dell'oggetto è difficilmente riconoscibile direttamente. Con una buona punta di carbonio si possono ora agevolmente ottenere immagini



5. (A) Immagine di una singola molecola di DNA circolare.

Nonostante l'alta definizione di questa immagine non si è però in grado di assegnare direttamente la chiralità del superavvolgimento della molecola di plasmide in essa "fotografato". Non si è in grado di identificare agli incroci delle catene quale di esse sia sopra e quale sia sotto. E' però possibile trattare l'immagine si da colorare con otto colori diversi otto sezioni della stessa che sono ad altezze diverse sull'asse verticale. Prima si posiziona il colore rosa si da avere tutta la spira che si vuole esaminare completamente colorata con esso (8). Spostando in alto questo colore un braccio della spira inizia ad interrompersi nei punti indicati dalle frecce. Quindi questo braccio è sotto l'altro che resta invece continuo. Si può così facilmente schematizzare la spira come indicato ed identificare la chiralità come destrogira e quindi il superavvolgimento come negativo (da referenza 15).

quale quella riportata in figura 5A. Nonostante la sua definizione particolarmente buona, la sua risoluzione verticale non permette però di riconoscere agli incroci quale braccio della catena sia sopra e quale sia sotto: non si riesce cioè ad assegnare la chiralità del superavvolgimento. Per rivelare le informazioni tridimensionali di queste immagini abbiamo messo a punto una tecnica di indagine stratigrafica delle stesse (15). Sono ampiamente diffusi programmi di elaborazioni di immagini, quali l' NIH image (Bethesda, MD) o il TCL-Image (Technical University of Delft). Nel Microscopio SFM Nanoscope III della Digital Inst. (S.

Barbara, CA), è già disponibile un programma che al pari di quelli permette di evidenziare con diversi colori sezioni delle immagini che sono ad altezze diverse sull'asse verticale. In questo caso si può avere la spira che si vuole esaminare colorata di un unico colore. Nella figura 5B questo è stato scelto essere il rosa.

Questo colore può essere quindi spostato in alto o in basso sull'asse verticale sino ad identificare agli incroci delle catene quale di esse sia sopra all'altra. Spostando in alto il colore che nella figura 5B si estendeva su tutta la spira, un braccio di questa inizia ad interrompersi. Ciò mostra che nei pressi dell'incrocio questo braccio è sotto l'altro che resta invece continuo. Si può così facilmente identificare la chiralità destrogira, cosiddetta negativa, del superavvolgimento, come schematizzato nel fondo della figura 5.

Abbiamo di recente mostrato come con una punta la cui forma presenti raggi di apertura molto piccoli (figura 4) si possa ottenere questa informazione anche senza alcuna analisi stratigrafica, come mostrato dalla figura 6. La sua risoluzione verticale è talmente buona che l'intreccio dei due bracci di catena del DNA sia in questo caso direttamente e chiaramente identificabile nella sua tridimensionalità (16). Mentre la risoluzio-

ne laterale dipende dal raggio di curvatura terminale della punta, la risoluzione verticale dipende invece dal suo raggio di apertura.

ANALISI TOPOLOGICA DI SINGOLE MOLECOLE

Le nostre conoscenze sulle molecole sono state fino ad ora sempre mediate su loro popolazioni grandissime contenenti un numero di molecole la cui unità di misura è il Numero di Avogadro di esse ($6.02 \cdot 10^{-23}$ molecole). Questo offre il vantaggio di avere a che fare con grandezze stazionarie che possono essere interpretate in termini termodinamici. Ma così si è sviluppata una conoscenza di parametri strutturali e costanti dinamiche che sono di fatto limitate in quanto mediate su distribuzioni molecolari non note e non necessariamente omogenee. Quanto più aumenta la complessità delle molecole, dei sistemi studiati e delle loro funzioni tanto più si fa importante avere informazioni sulle proprietà delle singole molecole e possibilmente anche sulle funzioni di distribuzione di queste loro proprietà

Immagini come quella in figura 6 ci permettono di estendere l'analisi topologica del superavvolgimento di un campione di DNA. Il superavvolgimento è di norma descritto da un parametro topologico come il linking number (L_k). Questo viene misurato con la gel elettroforesi. Per le larghe popolazioni di molecole costituenti un campione devo usare un parametro puramente topologico, come l' L_k , che è invariante alla conformazione delle singole molecole. Questo parametro mi può così fornire una valutazione topologica delle concatenazioni delle catene nelle molecole del mio campione. Questa valutazione è necessariamente mediata non solo su tutte queste le molecole ma anche su tutte le conformazioni che esse assumono nel tempo richiesto per la loro separazione elettroforetica in un' unica banda.

La possibilità di analizzare una singola molecola alla volta permette di ottenere una descrizione ben più completa. Posso così utilizzare un vero parametro geometrico come il writing (W_r). Per ottenerlo, proprio perchè è un parametro geometrico, devo conoscere la struttura nelle tre dimensioni del superavvolgimento della doppia elica. Immagini come quella in figura 6 ci rendono possibile calcolare il W_r della molecola

fotografata. questo parametro può essere stimato o calcolato esattamente come l' integrale di Gauss della curva descritta dalla catena. Per la molecola di figura 6 il W_r può essere stimato essere molto vicino a valore di -2, col primo metodo, ed è poi stato da noi calcolato, con il secondo, essere esattamente -1.975 (17). Su questa base possiamo giungere ad una definizione sperimentale di tutti i parametri utilizzati in topologia come fino ad ora non era considerato essere possibile. Infatti se si parte da un campione contenente solo singoli topoisomeri di DNA superavvolto isolati elettroforeticamente, la loro differenza nell' L_k rispetto alla forma rilassata corrispondente (linking deficit) risulta nota. Determinando quindi il W_r di singole molecole dello stesso campione si ottiene così anche il loro twisting (T_w) e la loro topologia risulta essere completamente determinata.

LE FIBRE DELLA CROMATINA IN TRE DIMENSIONI (18)

In questi ultimi due decenni la struttura delle fibre di cromatina a bassa concentrazione salina è stata oggetto di una controversia molto vivace. Sono questi stati a più basso impacchettamento nucleosomico quelli che ci danno più informazioni sulle strutture incontrate dalle polimerasi. Preparazioni con la tecnica di Miller per la microscopia elettronica, già dai primi lavori classici di Thoma, Koller e Klug (19), hanno mostrato, a bassa forza ionica, strutture estese di "perle sul filo". A forza ionica un poco più alta (10 mM NaCl) hanno evidenziato strutture bidimensionali a "zig-zag". Ad ulteriori aggiunte di NaCl fino a 100mM, sembrava che la fibra si compattasse progressivamente per formare la cosiddetta struttura a "30 nm". Tuttavia sospetti sulla significatività di queste osservazioni furono già sollevati dagli stessi autori perchè non si possono escludere distorsioni delle strutture originarie dovute a stiramenti e tensioni durante il processo di essiccamento completo ed alle condizioni di alto vuoto richieste dalla microscopia elettronica. Dati di raggi X e scattering neutronico a basso angolo suggerirono prima che i nucleosomi fossero impaccati densamente su una fibra con un diametro di circa 10 nm (20), poi con una struttura ad elica aperta (21). Quest' ultimo dato

fu rafforzato poi da dati di microscopia STEM e da crio-microscopia elettronica (23). La microscopia SFM con l' utilizzo del tapping mode ha iniziato a rivelare già a bassa forza ionica strutture tridimensionali con diametri di circa 34 nm senza ordini elicoidali. La tecnica di indagine stratigrafica, messa a punto in precedenza per studiare la chiralità del superavvolgimento plectonemico (15) ci ha permesso di studiare queste strutture evidenziando l' altezza sull' asse verticale del singolo nucleosomi. Sulla base di queste immagini stratigrafiche le strutture della fibra di cromatina a bassa forza ionica sono risultate essere ben più organizzate di quanto accettato fino ad ora ma anche più irregolari. Questa irregolarità sembra essere imposta dalle costrizioni legate alla rigidità dei tratti di DNA internucleosomiali (linkers) agli angoli di entrata ed uscita del filamento del DNA sul nucleosoma ed alla presenza del linker istonici. Aumentando la forza ionica aumenta la flessibilità del linkers ma anche l' interazione fra nucleosomi contigui: si possono così ottenere le strutture più ordinate che questa tecnica ha mostrato a partire da soluzioni 10 mM. Questo studio ancora in corso sta mostrando come la struttura della cromatina risulti da un compromesso fra le forze che dirigono l' affacciamento dei singoli nucleosomi in una fibra a struttura elicoidale e la configurazione permessa dalle costrizioni dei linkers.

TRA PRESENTE E FUTURO

I laboratori di fisica che si occupano specificatamente degli avanzamenti strumentali di questa tecnica fanno già intravedere alcuni sviluppi che permetteranno a questa microscopia di aprire ulteriori prospettive alla biologia strutturale. Fra questi è già in grossa evidenza la costruzione di microscopi integrati. L' abbinamento con un microscopio ad epifluorescenza invertito permette di osservare un campione con risoluzioni sia molecolari che macroscopiche, quali quelle della microscopia ottica.

Si sta sviluppando una vera ingegneria strutturale delle sonde che prevede anche la loro funzionalizzazione per mettere in gioco riconoscimenti molecolari fra molecole depositate sulla punta e molecole sul campione. Su questa linea



6. Immagine di una molecola di DNA ottenuta con la Microscopia a Forze in Scansione. È stata questa la prima immagine tridimensionale del DNA in cui si è potuto riconoscere direttamente, oltre alla forma della molecola anche il superavvolgimento destrorso della catena (da referenza 16)

si può pensare anche ad interazioni antigene-anticorpo per riconoscimenti localizzati su superfici cellulari.

È in arrivo un microscopio non-contact, in cui la costruzione della topografia del campione non richiederà più alcun suo contatto meccanico con la sonda.

Si potranno sviluppare tecniche di dissezione molecolare. La punta dopo essere scorsa gentilmente su una molecola per permettere di costruirne l'immagine, può essere fermata su diversi punti di essa ed aumentando la pressione essere usata come un coltello per sezionare meccanicamente la molecola stessa. Queste manipolazioni meccaniche di singole molecole permettono di ipotizzare anche una sorta di chirurgia su scala molecolare.

CONCLUSIONI

Questa tecnica nuovissima ancora ad uno stadio pionieristico ci sta rivelando giorno dopo giorno le sue sorprendenti potenzialità per la biologia strutturale. Ottenere con essa immagini a bassa

resolução não é de norma difícil se o campione não é troppo "soffice", ma se si vogliono spingere i giochi al limite delle sue potenzialità i giochi diventano molto complessi. Gli sviluppi più recenti di questa tecnica evidenziano sempre più chiaramente come essa debba operare in un contesto culturale e tecnologico fortemente interdisciplinare. Per lavorare al meglio nel laboratorio di biologia in cui questo strumento si viene a collocare devono essere disponibili sia microscopi ottici ed elettronici sia un laboratorio chimico per interventi di ingegnerizzazione delle sonde, in funzione del tipo di campione che si vuole studiare. Con questa microscopia non v'è una interazione di una radiazione con un campione come nelle altre microscopie classiche, ma interazioni meccaniche e chimico-fisiche fra due corpi: la sonda ed il campione. Le variabili in gioco sono ben più varie e di ben più difficile controllo. Su questa base si capisce perchè a fianco di alcuni laboratori che possono esibire risultati sorprendenti ve ne siano molti altri che hanno grosse difficoltà nei giustificare l'impegno fino ad ora profuso con questa tecnica e sono giunti al punto di meditare di abbandonarla

BIBLIOGRAFIA

1. C. Bustamante et al. *Current Opinions Struct. Biol.* **3** (1993) 363.
2. G. Binning, C. F. Quate & C. Gerber, *Phys. Rev. Lett.* **56** (1980) 930.
3. M. Bezanilla, B. Drake, E. Nudier, M. Kashlev, P.K. Hansma and H. Hansma: Motion and Enzymatic Degradation of DNA in the Atomic Force Microscope (in corso di stampa).
4. D. Sarid *Scanning Force Microscopy: with applications to electric, magnetic and atomic forces* Oxford University Press, 1991.
5. J. Israelachvili *Intermolecular and surface forces* Academic Press, 1985.
6. S. Kasas, A. Berdal and M. R. Cello *Scanning Probe Microscopies II* (1993).
7. B. Drake et al. *Science* **243** (1989) 1586.
8. W. Haberle et al. *Ultramicroscopy* **42-44**, (1992) 1161.
9. S. Kasas et al. *Biophys. J.* **64** (1993) 539.
10. A. L. Welsenhorn et al. *Nanotechnology* **4** (1993) 106.
11. S. Kasas, F. Broccoll and B. Samori (in corso di pubblicazione)
12. D. Keller e C. C. Chung *Surface Science* **68** (1992) 33.
13. W. A. Rees et al. *Science* **260** (1993) 1646.
14. A. J. J. Dietrich C. A. J. Putman, J. van Marle,

C. Heyting B. G. de Groth e J. Greve (In corso di pubblicazione)

15. B. Samori, G. Siligardi, C. Quagliariello, A. L. Welsenhorn, J. Vesenska and C. J. Bustamante *Proc. Nat. Acad. Sci. (USA)* **90** (8) 1993, 3595-3601.
16. B. Samori, C. Nigro, V. Armentano, S. Cimieri, G. Zuccheri, C. Quagliariello *Engl. Angew. Chem. Int. Ed.* (1993) **32**, 1461-1463.
17. G. Zuccheri, C. Nigro, G. Ranieri e B. Samori (in corso di pubblic.)
18. S. H. Leuba, G. Yang, B. Samori, K. van Holde, J. Ziatanova, C. Bustamante (in corso di pubblicazione)
19. F. Thoms et al. *J. Cell Biology* **83** (1979) 403; *Methods in Enzymology* **170** (1989) 141.
20. Sperling e A. Tardieu *FEBS Lett.* **64** (1976) 89.
21. A.M. Campbell et al. *Nucl. Acids Res.* **15** (1978) 1571; L. Perez-Grau et al. *Nucl. Acids Res.* **12** (1984) 2987; S.E. Gerchman et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **84** (1987) 7802.
22. J. R. Swerdiow et al. *Curr. Opin. Cell Biol.* **84** (1993) 412.

* da un seminario tenuto il 15/2/94 presso il Dipartimento di Biologia Evol. Sper. dell' Università di Bologna.

**Dipartimento di Chimica, UNICAL Cosenza

Biodinâmica

Biónica Aplicada Lda.

RUA DA GUINÉ, 2-2º E
1100 LISBOA-PORTUGAL
TEL. 815 07 60 — FAX 815 07 70

INSTRUMENTAÇÃO

HI-TECH SCIENTIFIC - Stopped Flow e instrumentação para estudos de cinética de reacções rápidas.

PHOTON TECHNOLOGY INTERNATIONAL (PTI) - Fontes de Radiação, Fluorímetros (estado estacionário e de tempos de vida), Lasers de Azoto com ou sem laser de corantes, Fluorescência de Rácio, software.

IBH - Tempos de vida, Lâmpadas pulsadas, Detecção ultra rápida (fotomultiplicadores e instrumentação), software.

OLIS - Espectrofotómetros clássicos modernizados. Monocromadores de Scanning Rápido (até 1000 scans/sec).

CANBERRA INDUSTRIES - Instrumentação nuclear, detectores de estado sólido, etc.

BROOKHAVEN INSTRUMENTS - Analisadores de tamanho de partículas por dispersão de luz,

centrifugação e electrocinética.

KINETIC SYSTEMS - Mesas e "breadboards" para óptica.

GENTEC - Medidores de energia para lasers.

LASER SHIELD - Óculos de protecção para radiação laser (Nd-Yag, CO₂, He-Ne), espectro largo e UV.

CORION - Gama completa de filtros ópticos.

STRAWBERRY TREE COMPUTERS - Placas e software para aquisição de dados.

HELLMA - Células (cuvettes) em vidro e quartzo.

Desenvolvimento e construção de instrumentação.

Exponha-nos as suas necessidades

Perspectives de l'Industrie Chimique: Formation/Recherche/Emploi[†]

C. BARRÉ* M. N. BERBERAN e SANTOS** H. GIBERT***

En dépit de la crise, la perception de la situation de l'industrie chimique mondiale en 1994 n'est pas réellement mauvaise. Elle témoigne d'un remarquable effort d'adaptation dans tous les pays, qu'ils disposent de ressources minérales et fossiles extractibles à coût réduit — comme certains pays en voie de développement, où l'on assiste à une concentration des usines de fabrication des matières premières intermédiaires (commodités) où qu'ils ne disposent au contraire de pratiquement aucune ressource, comme la France. Ces derniers pays mettent tout leur talent au service de la fabrication de produits très élaborés (haute valeur ajoutée). Ainsi, le secteur "dit de la chimie fine" est-il considéré comme actif et porteur.

La France, troisième puissance mondiale exportatrice de la chimie, affiche, tout compte fait, une bonne santé grâce à la chimie fine, alors que l'importation des "commodités" la pénalise parfois. Le mouvement général se fait aujourd'hui de l'aval, en partant des besoins du marché, vers l'amont, après définition des composants nécessaires pour la fabrication des produits visés (identification d'un besoin). Il faut noter que la démarche n'est pas purement technique mais qu'elle intègre également une activité économique avec l'intervention essentielle des services technico-commerciaux...

La définition des nouveaux produits haut de gamme (cf. par exemple les spécialités pharmaceutiques) et la compétition naturelle qui s'instaure, impliquent une certaine confidentialité des études. La Recherche doit faire l'objet d'une protection adéquate (brevets) et il est à prévoir que les transferts en chimie fine en direction de pays économiquement moins favorisés, vont se réduire dans les prochaines années. Les transferts de technologie d'un pays à un autre se feront de plus en plus difficilement, ce qui explique en la matière, la tendance à l'agrandissement du fossé (*gap*) entre les pays riches et les pays les plus pauvres.

Une autre évolution de l'industrie

chimique dans l'Union Européenne est la réduction des achats de matière première et d'énergie (diminution du gaspillage, recyclage des produits, sous la pression des environmentalistes). Au plan mondial, la compétition internationale fait rage. Comme la Chimie Fine est moins consommatrice, sa part devient de plus en plus importante dans les pays développés. On peut estimer aujourd'hui que les pays nouvellement industrialisés ont 15 ans pour acquérir leur autonomie. Passé ce délai ils seront obligés de se placer sous la tutelle d'autres pays (les grands) qui les domineront ... L'indépendance nationale à son prix. Ne l'oublions pas.

L'industrie chimique — et pas seulement elle — s'est progressivement vue imposer des contraintes. Elles ont pour noms: la sécurité — la qualité — le respect de l'environnement — l'économie de l'énergie... Ce sont les quatre mots clés du cahier des charges de l'Ingénieur qui sont aujourd'hui incontournables.

Il faut ajouter à cette liste le maintien d'obligations sociales minimales à respecter, à l'égard des employés, lesquelles, exprimées en terme de coût, viendront probablement, dans l'avenir, remplacer les taxes douanières en voie de disparition.

PERCEPTION DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE

L'industrie chimique mondiale est globalement en crise. Elle est obligée de subir aujourd'hui une évolution très rapide et le reclassement des forces est inéluctable. Il faut s'attendre à ce que la crise y dure plus longtemps qu'ailleurs. La chimie n'est pas dans le peloton de tête des grands secteurs industriels et l'observation de sa situation, en fonction des besoins du marché et des emplois qu'elle génère, montre qu'il existe un fort décalage dans les évolutions. Même si l'Économie reprend, il faut s'attendre à un temps de latence important dans la croissance de l'industrie chimique.

Un examen plus fin montre que le bilan est contrasté. Ainsi la France,

4ème puissance mondiale de la chimie, si l'on examine le chiffre d'affaires, mais la 3ème en terme de capacité d'exportation, traverse la crise tant bien que mal, plutôt bien d'ailleurs que mal. On observe des signes de reprise dans certaines sociétés — les plus grandes, comme Rhône Poulenc où encore dans les Sociétés moyennes de la Chimie — et ce dans un climat général de privatisation accélérée, qui n'est pas forcément favorable aux bouleversements stratégiques, mais qui incite à une prise de responsabilité accrue dans la conduite des affaires. Dans le monde, des pays émergent avec une santé insolente: la chimie de Taiwan, Singapour, l'Afrique du Sud... D'autres, en Amérique Latine, sont également en nette reprise (Le Mexique, le Brésil réinvestissent depuis maintenant 6 mois)... Enfin il y a ceux qui traversent une crise profonde, comme le Japon (le saviez-vous ?) où la Finlande désormais privée de ses contrats avec l'URSS...

Quelle image doit-on retenir de la Chimie ...? Elle n'a pas toujours bonne presse. Quittons l'image de la grosse industrie chimique qui restera toujours auprès du public synonyme de pollution, surtout depuis qu'elle s'est installée dans les pays en voie de développement, à l'abri des regards et du respect des normes, pour saluer les efforts de l'autre chimie, la chimie fine, qui s'est reconciliée avec son environnement. L'expérience du "radeau des cimes" qui observe la vie des forêts primaires est réconfortante à cet égard.

LA FORMATION DANS LA CHIMIE

Une des conséquences de la modification profonde de l'activité chimique française, s'est manifestée nettement au niveau de la demande, laquelle s'est réduite considérablement, ces dernières années, contrairement aux prévisions. On aurait pu penser en 1980 que l'augmentation de la part de la chimie fine, au détriment d'une chimie lourde très automatisée, se serait traduite par un accroisse-

ment des besoins en ingénieurs ? Nenni. Les pouvoirs publics français se sont les premiers trompés en demandant aux Grandes Ecoles d'Ingénieurs d'accroître leurs effectifs en grande quantité. Pour la chimie et le génie chimique, on est ainsi passé de 500, chiffre des années 80, à 1500 en 1994. Or les besoins de l'industrie chimique, stricto sensu, ne dépassent guère aujourd'hui le chiffre de 600 ! Cette observation situe le décalage permanent qui existe entre les besoins et la réalité. Il y a aujourd'hui inadéquation entre les effectifs sur le marché et la capacité de consommation... C'est une donnée en rapport avec la lourdeur de l'administration, de la difficulté d'adaptation dans le suivi du marché et de la lenteur des décisions... de l'inertie fatale entre décision et réalisation dans l'adéquation des cursus universitaires et des difficultés de prévision des industriels.

Une autre observation à trait à la nette diminution de la demande d'ingénieurs de sexe féminin (qui se corrige toutefois). Là encore, les prévisions, en relation avec le développement de la chimie fine, s'étaient faites en faveur des femmes, peu présentes en France sur le marché de l'emploi des ingénieurs... Or aujourd'hui, le secteur de la production n'emploie encore qu'un pourcentage faible de femmes.

Une troisième donnée à trait aux spécialisations désormais enseignées aux ingénieurs pour faciliter leur insertion dans la vie professionnelle. Il n'est pas étonnant de trouver de nouvelles filières de formation (biotechnologies par exemple), où encore des enseignements de spécialités comme "environnement", "qualité", où encore "propriété industrielle". L'accent "international" est présent partout et un cursus binational, fondé sur un mixage de cultures est fortement apprécié (mixage des cultures latine et anglo-saxonne).

La "mobilité géographique" et le sens de la "formation continue" font partie des qualités courantes de nos étudiants qui manifestent une volonté aigüe de changement, laquelle, au passage, contraste curieusement avec une certaine rigidité des programmes universitaires.

Une dernière particularité française concerne aujourd'hui la constitution de réseaux de formation. Les 17 Ecoles françaises de Génie Chimique sont désormais réunies en une même Fédération (Gay Lussac) qui représente une

force importante dans la défense des intérêts de la chimie, dans l'affichage des complémentarités d'intervention et dans les négociations avec les administrations de tutelle. Qui aurait pu prévoir, il y a dix ans, cette évolution dans un pays au caractère individualiste aussi prononcé ?

L'EMBAUCHE DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE

Comme indiqué précédemment, la crise de l'emploi demeure encore une triste réalité dans ce secteur, même si l'on semble déceler un début de reprise. Pour le jeune ingénieur, il faut déployer beaucoup d'efforts et d'originalité pour percer sur le marché de l'emploi.

Outre une excellente formation scientifique technologique de base, les qualités appréciées sont :

- une bonne connaissance des langues étrangères (en plus de l'Anglais, langue véhiculaire banalisée obligatoire). L'espagnol et le portugais sont à ranger parmi les langues prisées, sans compter les langues d'Extrême Orient

- une formation économique complémentaire

- une aptitude à la mobilité géographique

Il est enfin fondamental que les jeunes diplômés affirment une compétence particulière dans les secteurs où l'industrie fait porter particulièrement ses efforts : la qualité, la sécurité, l'environnement... et qu'ils soient ainsi en phase avec les priorités de leur employeur.

CONCLUSION

S'il faut resumer la situation de l'Industrie Chimique, on peut dire qu'elle est contrastée. Pour un patron, la recherche d'une spécialité originale, en rapport avec le marché et les atouts des pays, est de bon aloi. Les industriels se pressent pour trouver les bons créneaux, et les occuper avant leurs concurrents.

La restructuration qui est en cours, jointe à la diminution de la demande sur le marché mondial de produits élaborés, sont venus accroître les difficultés. La crise a frappé de plein fouet le secteur, alors que d'autres domaines, plus en

prise avec les besoins immédiats sont déjà repartis. Un grand déphasage existe, ce qui est au demeurant consolant, au sortir de difficultés. La reprise est pour demain...!

Un autre problème qui demeure est l'image de marque de la chimie. Elle n'est pas aimée du public car elle est, pour certains, vecteur de maladie, voire de mort. Elle se doit de redorer son blason et une action en faveur de l'environnement doit être amplifiée pour la reconquête de son prestige. Ce doit être fait en harmonie avec la déontologie de l'ingénieur d'aujourd'hui, soucieux du profit, mais aussi de la satisfaction de l'Homme, à court, moyen et long terme. Le drame mondial est que l'écart pays riches/pays pauvres s'accroît de jour en jour et que, si rien n'est fait par les organisations mondiales et les intéressés eux-mêmes, les pays pauvres, en plus des maux dont ils souffrent, seront accusés d'être les seuls pollueurs de notre planète, surtout si certains pays nouvellement industrialisés continuent à ne pas utiliser de procédés non polluants alors qu'ils existent.

Les solutions existent mais elles exigent de l'imagination et du travail. Restons sur cette note optimiste en pariant sur les facultés créatrices et adaptatrices de l'Homme. Après tout, l'industrie chimique française, 5ème au plan mondial, n'est-elle pas aujourd'hui une miraculée, alors qu'elle ne dispose plus d'aucune ressource fossile où minérale ? Elle a su réussir son évolution de la chimie lourde vers la chimie fine, ce qui lui donne de sérieux atouts pour demain.

† baseado numa conferência proferida por C. Barré no IST

*CESGICHIM - SFERE - 39/43,
rue Anatole France
94300 VINCENNES / FRANCE

**IST - Av. Rovisco Pais
1096 LISBOA CODEX

*** Ambassade de France au Portugal

1º Encontro de Química de Alimentos

SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA / GRUPO DE QUÍMICA ALIMENTAR

Com o apoio da União Europeia (Programa Flair)

Comunicações convidadas (parte II)

Escola Superior Agrária de Santarém
SANTARÉM - 19 a 22 de Dezembro de 1993

Aplicação de Técnicas de Análise Multivarietal no Reconhecimento de Vinhos Elementares

A.M.P. VASCONCELOS*

A caracterização enológica assenta, principalmente, na análise sensorial. O carácter subjectivo da prova é, por si só, um estímulo grande na procura de novos métodos capazes de identificar e reconhecer vinhos, os quais, sendo baseados em determinações químicas serão, necessariamente, mais objectivos.

As técnicas de análise de perfil têm já sido utilizadas na caracterização enológica, recorrendo quer aos resultados das análises elementares [1-4] quer aos aminoácidos totais [5] quer aos componentes voláteis [6,7]. No nosso trabalho foram utilizados os aminoácidos livres. Estes compostos existem no fruto maduro de *Vitis vinifera* onde são acumulados principalmente durante o processo de maturação.

Ao estudar 8 vinhos elementares num período de sete anos conseguimos demonstrar a existência de uma correlação entre o perfil de aminoácidos e a variedade inicial de *Vitis vinifera*.

Os aminoácidos foram estudados por cromatografia gás-líquido de alta resolução após derivatização para obtenção dos ésteres isopropílicos N-heptafluorbutíricos. A aplicação da mesma técnica de *cluster* hierárquico, quando aplicada aos D-aminoácidos existentes num conjunto de vinhos brancos estudados durante dez anos, permitiu obter uma separação que está de acordo com a tecnologia utilizada durante o processamento.

INTRODUÇÃO

A crescente procura de parâmetros de qualidade capazes de permitir definir qualidade nos alimentos, tem vindo a provocar uma constante procura de métodos para essa caracterização. Os vinhos ocupam em Portugal uma área de produção significativa pelo que o interesse manifestado na caracterização enológica se reveste de uma componente nacional e científica. O vinho pode ser considerado como um reflexo da uva que lhe dá origem. A qualidade da uva influencia significativamente a qualidade do produto final. O produto final **Vinho** é, no entanto, muito mais do que uva esmagada, pois por detrás disto tudo surge a fermentação alcoólica cuja complexidade de fenómenos que a acompanham permite o desenvolvimento de um produto final, quase mítico, o qual tem sido descrito incessantemente ao longo da história de formas várias, e do qual se pode quase dizer que *"pode-se odiar ou amar, mas nunca ficar indiferente"*, ou tal como disse Pasteur *"Il y a plus de philosophie dans une bouteille de vin que dans tous les livres"*.

Por esta quase impossível indiferença que o homem tem ao longo dos anos demonstrado pelo vinho, a sua composição tem sido objecto de largos estudos, discussões e publicações. A forma até hoje mais capaz de definir e qualificar um vinho como uma obra de arte é a prova organoléptica. A análise sensorial não é contudo fácil, quase que se pode dizer que é uma vocação; no entanto o

provador tem a sua subjectividade e este facto tem levado à procura de formas alternativas de tentar definir o quase indefinível parâmetro que é a qualidade. Os resultados obtidos têm permitido, com a ajuda da análise química e microbiológica, dizer, com segurança, se um produto é ou não Vinho relacionando-o com a sua região de origem [4] e se está ou não em condições de ser comercializado. Em resumo, se obedece aos parâmetros legais [3], ou ainda para dividir regiões vinícolas em subzonas de aptidão agrícola [8]. Por outro lado também os avanços conseguidos têm permitido concordância quanto ao reconhecimento que, dada a complexidade do produto, um só parâmetro nunca será suficiente para caracterizar o produto e nem sequer para o "legalizar". Exemplo disso é o reconhecimento hoje de que o chamado "Teste da Prolina" [9] durante anos considerado como capaz de definir vinho de *Vitis Vinifera* de vinho com adulterações já hoje foi reconhecido como não sendo válido. Este exemplo fez surgir a necessidade de se olhar não para um parâmetro mas para um conjunto de parâmetros capazes de definir um perfil característico. O Objectivo deste trabalho foi definir se o perfil de aminoácidos era característico do vinho inicial. A escolha dos aminoácidos para este tipo de abordagem residiu no facto de eles estarem presentes no vinho desde a uva até ao final da fermentação, terem papel activo durante a fermentação, e terem ainda papel activo na uva durante todo o processo de maturação. São pois compostos que

"acompanham" todo o processo desde o início. Os vinhos escolhidos foram vinhos elementares, ou seja vinhos de casta pura provenientes da mesma vinha. Pretendeu-se uniformizar e dar um assento tónico na casta, eliminando as variáveis solo e clima. As castas escolhidas podem ser consideradas na região do Alentejo com as castas eleitas, ou seja, se nada ocorrer de errado durante o processo dariam vinhos de qualidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras Os vinhos utilizados foram vinificados na adega experimental da Universidade de Évora tendo os vinhos brancos sido vinificados de bica aberta e os tintos de curtimenta [10]. Os vinhos brancos analisados após 1983 e que fazem parte do estudo dos aminoácidos D foram vinificados no frio [11]. As castas escolhidas estavam implantadas inicialmente no campo de ensaio da Herdade do Esporão em Reguengos de Monsaraz e mais tarde no campo experimental da Universidade de Évora na Herdade da Mitra. Todos os vinhos são engarrafados após a fermentação alcoólica e maloláctica. O tempo em garrafa depende apenas do ano de colheita.

Isolamento e análise dos aminoácidos Os aminoácidos foram isolados dos vinhos por cromatografia de troca-iónica após deproteinização, tendo sido analisados por cromatografia gás-líquido sob a forma de ésteres isopropílicos N-heptafluorbutíricos [10] ou N-pentafluorbutíricos [12], em colunas capilares respectivamente revestidas por OV-101 e Chirasil-val[®].

Análise estatística A análise de componente principal, a análise discriminante e a análise de projecção em estrela foram realizadas utilizando sub-rotinas do programa STATGRAPHICS, a análise de *cluster* foi realizada utilizando o programa CLUE [10].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise dos aminoácidos livres das oito castas estudadas analisadas durante os sete anos de estudo encontram-se inscritos na Tabela 1 [13]. É fácil predizer que qualquer tentativa de retirar informação

importante deste amálgama de números seria trabalho quase impossível, ficando ainda por saber se seria de alguma forma útil.

A análise de perfil é ideal para desconvolucionar estes dados retirando-lhes a informação útil, fazendo-a sobressair do conjunto de dados obtidos.

Para este tipo de análise cada vinho foi considerado como objecto, definido por 22 aminoácidos os quais constituem o vector que define cada objecto. A análise de componente principal ao ser aplicada a este conjunto de objectos assim definidos permitiu seleccionar 13 variáveis (Fig. 1A) Alanina (Ala), Treonina

(Thr), Serina (Ser), Leucina (Leu), Cisteína (Cys), Aspártico/Asparagina (Asx), Hidroxiprolina (Hyp), Metionina (Met), Glutâmica/Glutamina (Glx), Fenilalanina (Phe), Lisina (Lys), Isoleucina (Ile) e Tirosina (Tyr) cujos pesos nos dois primeiros componentes principais explicam 68% da variabilidade total.

Considerando apenas estes aminoácidos na análise de componente principal verificou-se que os vinhos Brancos e Tintos são completamente separados, havendo uma tendência para o agrupamento entre as castas Roupeiro e Rabo de Ovelha (brancas) e Moreto e Trincadeira (Tintos) (Fig. 1B). Este resultado

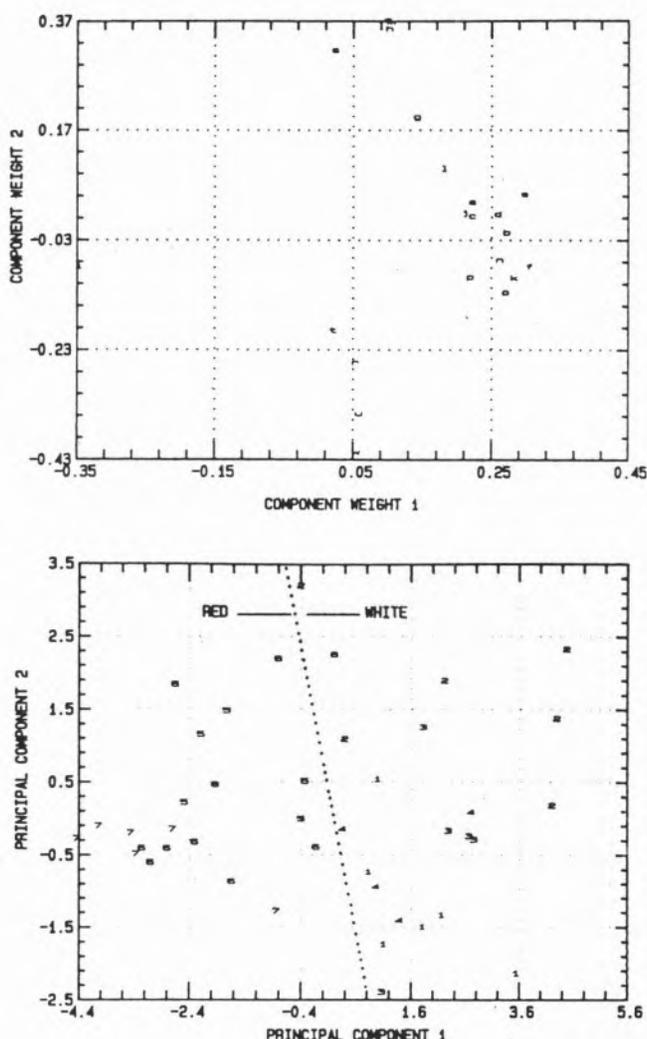


Figura 1 - Análise de componente principal.

Fig. 1A - A projecção dos pesos dos componentes do 1º e 2º componentes principais. a-Alanina; b-Glicina; c - Valina; d-Treonina; e -Serina; f -Leucina; g-Isoleucina; h - γ - Aminobutírico; i - Prolina; j - Cisteína; k-Aspártico/asparagina; l - Hidroxiprolina; m - Metionina; n - Glutâmico/glutamina; o - Fenilalanina; p - Lisina; q - Tirosina; r - Histidina; s - Ornitina; t - Arginina; u-Sarcosina; w-Aminobutírico.

Fig. 1B- Projecção do 1º versus o 2º componentes principais com as variáveis reduzidas pela análise anterior. 1-Roupeiro; 2-Manteúdo; 3- Tamarez; 4-Rabo de Ovelha; 5-Moreto; 6-Trincadeira; 7 - Periquita; 8 - Aragonez.

Tabela I Percentagens Normalizadas da Composição em Aminoácidos Livres de Vinhos Elementares de Variedades de *V. vinifera*. R- Roupeiro; Ro- Rabo de Ovelha; T-Tamarez; M- Manteúdo; A-Aragonez; Mo-Moreto; P-Periquita; Tr-Trincadeira.

Aminoácidos %^{a,b,c}

sample	Ala	Gly	Abu	Sar	Val	Thr	Ser	Leu	Ile	Gaba	Pro	Cys	Asx	Hyp	Met	Glx	Phe	Orn	Lys	Tyr	His	Arg
R77	6.5	3.8			2.3	2.8	3.8	5.1	5.1	0.4	51.2	1.5	7.5	1.9	2.8	5.9	3.1		5.1		0.5	0.6
R79	6.5	3.8			2.3	2.8	4.0	7.8	0.2	0.2	32.5	0.8	7.6	2.0	1.1	4.8	4.0		4.8		1.3	1.6
R80	5.0	4.4			4.2	4.6	6.2	10.3		2.2	28.3	2.4	9.5	2.2	2.2	9.7	6.8		0.5	1.1		
R81	7.4	4.0			3.4	3.0	4.7	8.4		3.0	39.5	6.8	7.6	1.8	1.6	6.5	5.0		6.0	0.3		
R82	7.2	3.7			1.4	2.2	4.2	5.5		1.5	47.7	7.3	4.1	1.8	1.0	6.2	2.3		2.4	1.2		
R83	6.3	3.9			2.7	3.0	4.6	7.4			39.8	3.8	7.5	1.9	1.7	6.6	4.2		3.8			
mean	6.3	3.9			2.7	3.1	4.6	7.4		1.2	39.8	3.8	7.3	1.9	1.7	6.6	4.2		3.8			
SD ^b	14.5	6.4			35.8	3.1	18.8	25.9		72.6	21.8	72.7	24.0	7.7	39.2	24.8	37.0		53.6			
med ^c	6.4	3.9			2.5	2.9	4.4	7.6		1.0	39.7	3.1	7.6	1.9	1.7	6.4	4.1		4.3			
Ro77	7.0	4.6	5.2	0.6	4.5	3.7	4.2	6.1	1.2	0.9	43.5	5.0	5.6	0.8	0.9	5.0	3.6		4.0			
Ro78	8.2	2.7			4.7	2.6	3.0	5.7	2.7	2.2	36.8	2.6	5.5	0.4	1.6	3.3	2.1	11.1	5.0	0.4	1.2	
Ro81	12.5	5.6	2.5		9.7	1.3	2.5	9.4			31.3	4.1	5.6	0.8	1.5	5.9	4.4		10.9		2.3	
Ro82	7.4	6.0	3.8	0.6	2.0	4.0	6.0	7.0	4.5	1.5	29.0	4.2	5.7	1.1	2.1	6.4	5.6	0.7	8.7			
mean	8.8	4.7	3.8		5.2	2.9	3.9	7.1	2.8	1.5	35.2	3.9	5.6	0.8	1.5	5.2	3.9		4.2	7.2		
SD	28.9	31.2	28.7		61.7	42.2	39.6	23.5	48.1	34.6	18.3	25.2	1.4	37.1	32.3	26.5	37.4		44.9			
med	7.8	5.1	3.8		4.6	3.2	3.6	6.6	2.8	1.5	34.1	4.2	5.6	0.8	1.6	5.5	4.0		0.7	6.9		
T79	14.5	7.9			3.5	5.6	6.1	8.4	1.7		18.9	3.0	6.1	1.5	2.6	2.9	3.2		3.9	3.5		
T80	8.2	4.6			6.3	3.6	4.5	7.1	3.5		28.6	4.3	6.7	0.9	1.6	5.9	3.5	1.1	5.9	1.1		
T81	12.0	7.5			6.7	1.5	2.4	12.6	1.2		36.0	0.4	6.0	1.9	0.9	1.7	7.2					
T82	7.7	5.7			2.2	2.8	6.5	5.2	1.6		30.4	3.0	4.7	2.6	4.1	3.0	2.2		13.8	1.8		
T83	10.9	8.6			5.9	4.2	4.6	8.1	1.7		14.9	4.8	6.7	2.3	3.7	4.4	4.1		6.0			
mean	10.7	6.9			4.9	3.5	4.8	8.3	1.9		25.6	3.1	6.0	1.8	2.6	3.6	4.0		7.4	2.1		
SD	26.3	24.1			39.9	43.3	33.6	32.8	46.2		34.3	55.0	13.5	36.7	46.8	45.0	46.9		51.2	47.2		
med	10.9	7.5			5.9	3.6	4.6	8.1	1.7		28.6	3.0	6.1	1.8	2.6	3.0	3.5		6.0	1.8		
M77	5.5	2.6			3.0	2.6	3.6	4.2	2.0	3.8	42.1	4.3	4.1	1.6	2.9	4.6	2.2	2.4	3.1	4.2		
M78	6.9	2.5			4.7	2.0	0.7	5.9	2.8	2.3	31.2	3.0	0.8	0.3	3.1	3.5	2.7	8.2	0.6	15.8		
M79	10.3	6.1			4.6	4.8	7.5	8.6	3.1	6.5	5.0	5.3	8.5	2.4	3.6	5.5	4.1		7.5	8.6		
M81	7.9	7.9			7.8	5.4	7.2	9.5	3.7	3.4	2.4	5.2	5.6	15.2	3.1	5.7	5.0		6.9	2.3	1.5	
M82	8.5	9.2			4.1	4.9	10.7	7.4	3.5	3.6	1.9	3.6	6.9	3.4	5.9	5.1	4.6		4.0	5.7	6.9	
M83	6.9	4.8			3.1	3.5	6.3	7.8	3.9	3.3	31.5	3.1	6.5	1.0	4.1	6.1	3.9		5.9	9.0		
mean	7.7	5.5			4.6	3.9	6.0	7.2	3.2	3.8	19.0	4.1	5.4	4.0	3.8	5.1	3.8		5.4	4.2	7.7	
SD	21.4	49.7			38.4	35.7	57.6	26.5	22.0	37.0	94.1	24.8	49.7	140.5	29.7	18.3	29.0		42.7	62.1	63.7	
med	7.4	5.5			4.4	4.2	6.8	7.6	3.3	3.5	18.1	4.0	6.1	2.0	3.4	5.3	4.0		5.5	4.4	7.8	
A78	7.1	2.1			1.8	0.9	1.4	1.6	1.2	8.0	40.8	0.9	3.0	0.04	3.0	3.2	1.8	14.4	1.0	1.4		
A81	7.0	2.3			3.7	1.9	2.8	5.2	2.7	2.1	46.9	2.4	4.1	0.2	4.6	3.4	2.4	0.9	3.4	7.8		
A82	2.4	1.8			1.6	1.0	1.2	1.6	0.9	1.3	68.1	1.6	2.2	0.5	5.9	1.5	0.4	1.7	0.8	0.2		
mean	5.5	2.1			2.4	1.3	1.8	2.8	1.6	3.8	51.9	1.6	3.1	0.3	4.5	2.7	1.5		5.7	1.8	3.1	
SD	48.8	12.2			48.9	43.4	48.4	74.2	56.9	96.3	27.8	45.9	30.8	103.0	32.5	36.1	66.9		132.2	80.1	130.3	
med	7.0	2.2			1.8	1.0	1.4	1.6	1.2	2.1	46.9	1.6	3.0	0.2	4.5	3.2	1.8		1.7	1.0	1.4	
Mo78	4.7	1.6			2.8	0.6	0.7	2.4	1.8	0.8	70.5	3.0	2.9	0.3	4.0	1.8	0.8		1.3			
Mo79	7.1	2.3			6.1	2.4	2.4	5.6	3.8	2.6	51.7	2.6	4.1		2.4	2.5	2.1		2.2			
Mo81	3.4	2.2			2.7	1.2	1.3	2.3	1.1	2.1	73.1	5.1	2.8	0.1	1.1	0.7	0.7		0.5	0.8		
Mo82	4.5	1.6			2.5	1.4	1.8	2.3	1.2	2.1	64.5	3.5	2.2	0.6	5.2	2.6	0.9		1.7	1.3		
Mo83	9.0	6.8			4.8	2.3	2.6	4.4	2.8	4.9	45.8	2.5	4.2	0.2	2.2	3.8	1.5		2.1			
mean	5.7	2.9			3.8	1.6	1.7	3.4	2.1	2.5	61.1	3.3	3.2	0.3	3.0	2.3	1.2		1.5			
SD	35.3	67.9			37.7	43.2	39.7	40.0	47.9	53.6	17.4	28.3	24.5	62.3	35.5	44.6	44.1		38.7			
med	4.7	2.2			2.8	1.4	1.8	2.4	1.8	2.1	64.5	3.0	2.9	0.3	2.4	2.5	0.9		1.3			
P77	4.5	3.2	1.4		1.1	3.3	0.9	2.1	1.1	0.1	76.4		1.6		1.2	1.3	0.9		0.9			
P78	14.4	4.0	0.6		2.9	4.8	1.8	4.5	0.9	0.8	56.9	0.3	3.0		0.5	2.9	0.3	1.0	0.4			
P79	3.7	1.9			1.7	1.1	1.1	2.5	0.4	0.2	83.3	0.3	0.9	0.4	1.1	0.4	0.9					
P81	3.9	1.5			2.2	0.7	0.9	2.4	0.5	0.4	82.1	0.1	2.5	0.8	0.5	1.2	0.2					
P82	1.8	1.2			0.4	0.3	0.3	0.4	0.1	0.08	93.0	0.2	0.7	0.1	0.2	0.5	0.3		9.2			
P83	2.4	4.8			0.7	0.7	0.5	0.1	0.1	0.08	86.1	0.4	0.5	0.3	0.8	1.0	0.7		0.7			
mean	5.1	2.8			1.5	1.8	0.9	2.0	0.5	0.3	79.6	0.3	1.5	0.4	0.7	1.2	0.6					
SD	83.0	75.0			57.7	91.0	52.1	73.0	73.0	91.8	14.2	43.8	61.0	73.6	49.2	71.3	53.2					
med	3.8	2.6			1.4	0.9	0.9	2.2	0.5	0.2	82.7	0.3	1.3	0.4	0.7	1.1	0.5					
Tr77	4.4	1.4			1.5	1.0	1.2	1.4	0.9	2.3	77.3		3.5		0.9	2.5	0.8		0.8			
Tr78	8.9	2.1			2.7	1.9	1.7	1.9	1.2	11.1	58.3		4.2		0.7	4.3	1.1		0.8			
Tr79	5.3	2.2			2.4	1.4	1.1	2.1	2.0	2.2	71.6		4.8		0.9	1.8	1.1		1.0			
Tr80	6.0	1.1			2.9	1.7	1.7	3.0	1.5	2.0	50.5	1.6	3.3	0.9	6.3	3.4	2.1	5.1	2.2	4.5		
Tr81	4.6	1.4			1.2	1.2	0.9	0.8	0.6	0.1	83.3	0.2	0.4	1.2	0.5	1.1	2.1		0.6	0.1		
Tr82	6.3	4.5			5.8	5.9	0.4	4.3	4.6	0.4	55.6	0.8	3.8	0.2	0.2	1.9	7.6		1.5			
Tr83	3.2	1.9			1.6	1.5	0.5	1.2	0.7	0.2	80.1	0.3	2.8	0.2		0.7	2.0		1.0	0.7		
mean	5.5	2.1			2.6	2.1	1.1	2.1	1.6	2.6	68.1	0.7	3.3	0.6	1.6	2.3	2.4		1.0	1.7		
SD	30.4	50.5			55.7	76.6	44.8	53.0	78.0		17.8	76.4	40.1	70.0	134.0	87.7	90.0		49.2	99.4		
med	5.3	1.9			2.4	1.5	1.1	1.9	1.2	2.1	71.6	0.6	3.5	0.6	0.8	1.9	2.0		0.8	1.1		

^{a,b,c} a-aminoácidos RSD 1-3%; b-percentagem; c-mediana

estava curiosamente de acordo com os resultados das provas organolépticas dos mesmos vinhos. A separação obtida nunca foi de 100% visto as variáveis apenas explicarem 68% da variabilidade total. O *cluster* foi feito pela métodos de agrupamento hierárquico tendo-se utilizado a distância euclidiana. Estes resultados parecem indicar que a separação e caracterização dos vinhos estudados será possível. A separação dos dois grupos Tintos e Brancos mantém-se nítida quando baseada nos perfis de aminoácidos livres característicos dos mesmos.

O método de componente principal para redução de variáveis foi aplicado a cada um dos vinhos durante os sete anos e obteve-se para cada casta/vinho o conjunto de aminoácidos característico do/a mesmo/a. A análise de *cluster* aplicada a este conjunto de vectores definidores de cada vinho permitiu obter o dendrograma da figura 2.

Igualmente se utilizou a análise discriminante para reafirmar a tendência verificada nas análises anteriores. A capacidade de reconhecimento de dois grupos brancos e tintos é total e o agrupamento dos vinhos em cada subgrupo de acordo com as castas também é total. A predição desta função é de 51% (Fig. 3A). A redução de variáveis, seleccionando aquelas que possuem maiores capacidades discriminatórias, permitiu-nos obter uma função discriminante com 81% de capacidade de discriminação com subgrupos bem formados. As classificações tiveram 78% de sucesso (Fig. 3B).

Figura 2 - *Cluster* Hierárquico de caracterização de Vinhos Elementares Alentejanos pela análise do perfil de aminoácidos livres. Mo-Moreto; A-Aragonez; P-Periquita; Tr-Trincadeira; R- Roupeiro; O- Rabo de Ovelha; T-Tamarez; M-Manteúdo.

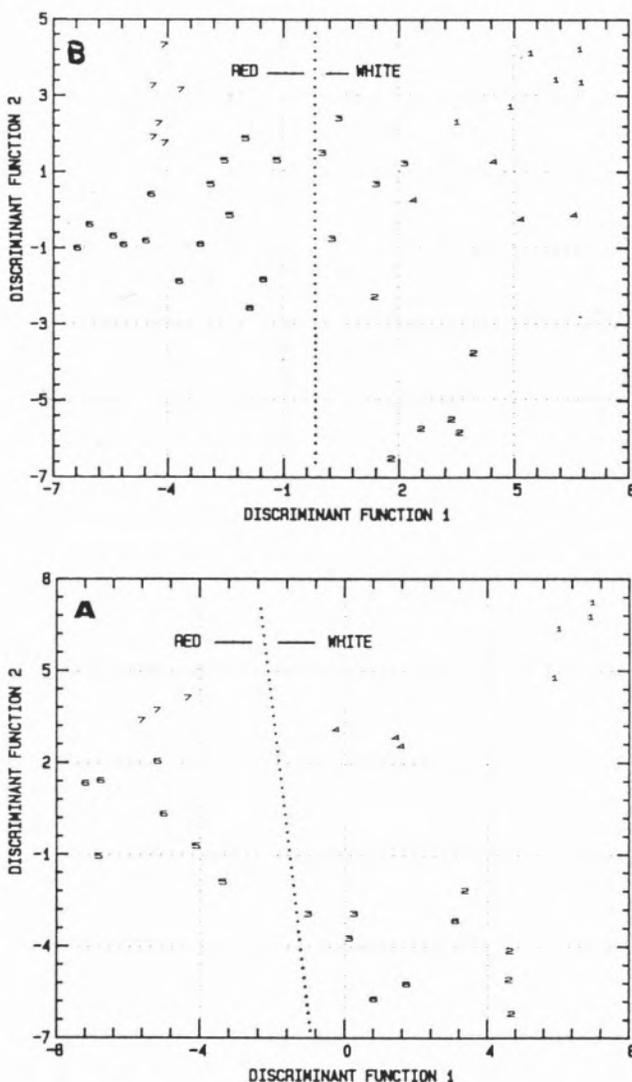
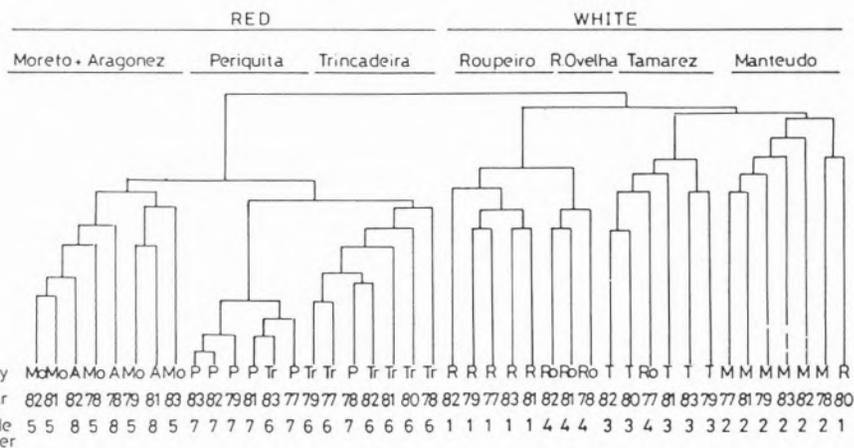


Figura 3
Análise Discriminante A-matriz total;
B-"Jackknifing test series".
27 amostras variáveis usadas gli;
Val; Tre; Leu; Gaba; Pro; Met; Glx, Lys e Orn.

Já que a separação de Brancos e Tintos é visualmente possível experimentou-se a aplicação da técnica de análise discriminante aos vinhos brancos (Fig. 4A) e tintos separadamente (Fig. 4B). A separação varietal foi totalmente conseguida.

A aplicação da cromatografia quiral à análise dos aminoácidos livres dos vinhos da casta Roupeiro demonstrou-nos, não só a existência de aminoácidos D [11,12] nos vinhos bem como o facto de poderem os seus teores, depender de alguma forma da técnica de fermentação utilizada[12]. Na realidade a análise de agrupamento hierárquico, quando aplicada aos resultados obtidos, permite a distinção em duas populações que podem ser associadas quer ao tempo em garrafa [11] (mais que 10 anos em garrafa) quer ao método de fermentação[12] (fermentação tradicional de bica aberta nos vinhos até 1983 e fermentação no frio nos vinhos a partir de 1983) (Fig.5).

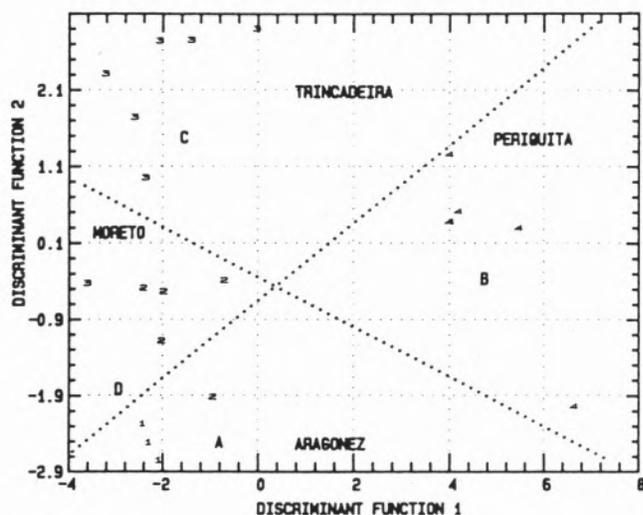
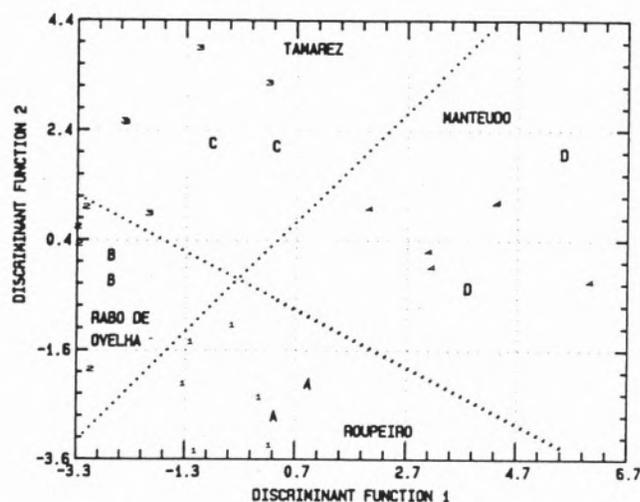


Figura 4 - Análise Discriminante: A- Vinhos Brancos; B- Vinhos Tintos

CONCLUSÃO

As técnicas de análise multivarietais aplicadas aos resultados dos aminoácidos livres de vinhos de castas alentejanas estudados durante um período de sete anos, permitem extrair resultados susceptíveis de serem aplicados no reconhecimento de vinhos de regiões, ou na repressão de fraudes. O cálculo dos teores de aminoácidos D presentes nos vinhos é um parâmetro cuja utilidade enológica deve ser explorada e desenvolvida. Os aminoácidos (D e L) livres provaram, pelas razões apontadas, ser um importante parâmetro a utilizar na caracterização enológica.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Prof. Doutor H. Chaves das Neves todo o apoio e orientação dado para a realização deste trabalho, ao Dr. J. Paulo da Costa Noronha, pelas análises dos aminoácidos D no vinho Roupeiro e ao Prof. Doutor Hartmut Frank da Universidade de Tubinga pela cedência da coluna de Chirasil-Val.

BIBLIOGRAFIA

1. F. A. Colaço do Rosário, *Caracterização dos Vinhos das Cooperativas Alentejanas. Contribuição para o seu Estudo*. E.R.A. - Évora 1974.
2. H. Siegmund, K. Bachman *Z. Lebensm. Unters-Forsch.* **166** (1978) 298.
3. W. O. Kwan, B. R. Kowalski, R. K. Skogerbø, *J. Agric. Food Chem.* **27** (1979) 1321.

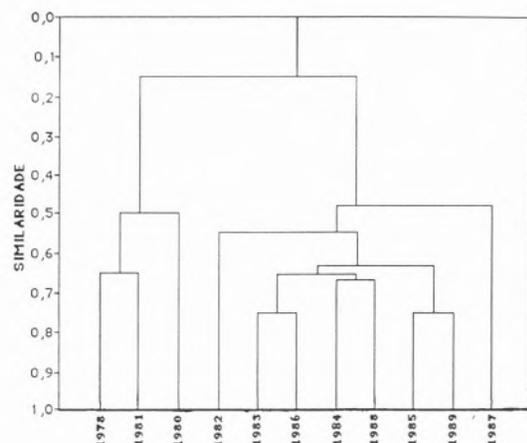


Figura 5 - Cluster Hierárquico dos aminoácidos D do vinho Roupeiro(ref. 11)

4. M. B. Lima, in *Numerical Taxonomy* ed. J. Felsenstein Springer verlag, Berlin-Heidelberg

5. W. Ooghe, H. Kastelijn, A. Waele, *Ann. Fals Exp. Chim.* **74** (1981) 381.

6. W. O. Kwan, B. R. Kowalski, *J. Agric. Food Chem.* **28** (1980) 356.

7. A. C. Noble, R. A. Fleth, R. R., Forrey *J. Agric. Food Chem.* **28** (1980) 346.

8. W. O. Kwan, B. R. Kowalski, *J. Agric. Food Chem.* **43** (1978) 1320.

9. A. D. Lachki, T. P. Tsiskarichvili, *Vignes et Vin* **211** (1972) 5.

10. A. M. P. Vasconcelos, *Perfil de Aminoácidos Livres como Parâmetro Enológico para a Caracterização de Vinhos Elementares Alentejanos em Função da Casta de Origem* — Dissertação de Doutoramento - Évora, 1988.

11. J. P. Noronha, *Evolução da Pureza Enantiomérica dos Aminoácidos Livres em Vinhos Elementares da Casta Roupeiro*, Provas de Aptidão Pedagógica e Científica Monte da Caparica, 1992.

12. H. J. Chaves das Neves, A. M. P. Vasconcelos e M. L. Costa, in *Chirality and Biological Activity* 137-143, ed. Alan R. Liss, Inc, 1990.

13. A. M. P. Vasconcelos e H. J. Chaves das Neves, *J. Agric Food Chem.* **37** (1989) 934.

*Departamento de Química
Universidade Nova de Lisboa
2825 Monte da Caparica

Os Ensinos no Departamento de Química da Universidade de Évora



A Universidade de Évora é uma universidade departamental. Nela a responsabilidade pelos diversos cursos é partilhada pelos departamentos a cuja área científica pertencem as disciplinas dos respectivos planos de estudo, quer se tratem de cursos de licenciatura ou de mestrado.

Os ensinos da Química e da Bioquímica na Universidade de Évora tiveram o seu início em 1975, ano em que se iniciou o funcionamento dos cursos de Produção Animal e Planeamento Biofísico, os primeiros lançados pela Universidade de Évora após a sua restauração em 1973, 214 anos depois de, com 200 anos de experiência, ter sido extinta pelo Marquês de Pombal.

Nos anos seguintes à restauração, a Secção de Química era uma das subunidades funcionais da Universidade de Évora, constituindo juntamente com a Matemática e a Física o então então

designado Departamento de Ciências Exactas.

Com o desenvolvimento dos ensinos nas novas áreas, como a da formação de docentes para os ensinos preparatório e secundário, particularmente com a criação da Licenciatura em Ensino de Física e Química e as de Matemática, aquelas Secções cresceram vindo aquele Departamento a ser reestruturado, daí resultando a criação dos actuais Departamentos de Química, Física e Matemática, em 1980.

Em 1977, a Secção de Química mantinha em funcionamento apenas duas disciplinas: a Química, destinada ao 1º semestre do curso de Produção Animal e ao 2º semestre do curso de Planeamento Biofísico, e a Bioquímica, incluída no 2º semestre do curso de Produção Animal. Para estes ensinos dispunha a Secção de 4 assistentes. De então para cá, o Departamento tem vindo a evoluir

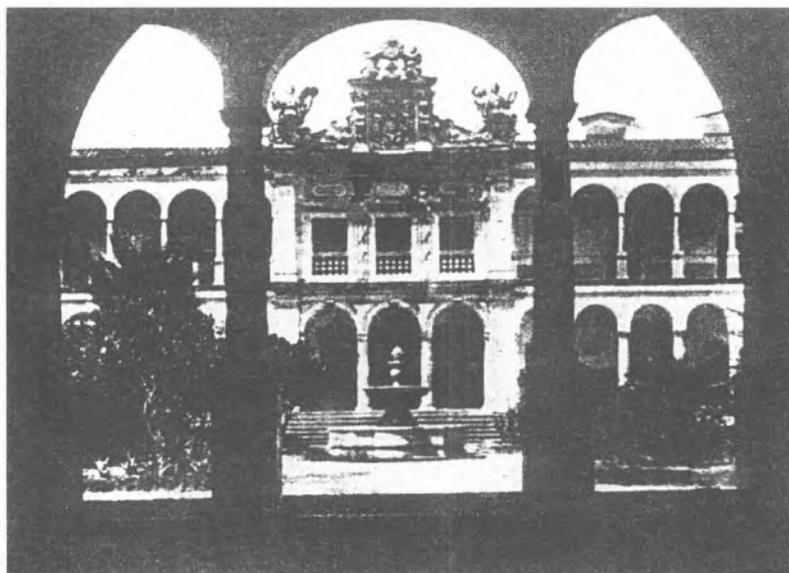
progressivamente, assistindo-se nos últimos 4 anos à sua rápida expansão, quer no que diz respeito à quantidade e diversidade dos seus ensinos e ao desenvolvimento da investigação, quer no que se refere aos meios humanos e materiais de que tem vindo a ser dotado para cumprimento das suas atribuições.

Com efeito, tendo há 4 anos 9 docentes, dos quais um doutorado, e 4 técnicos de laboratório, o Departamento conta hoje com 6 professores doutorados, 21 assistentes, dos quais 2 em fase de conclusão de doutoramento, 2 investigadores, 1 técnico superior e nove técnicos de laboratório.

Tendo nesse tempo 4 espaços laboratoriais destinados aos ensinos e 1 para a investigação, o Departamento possui hoje para as suas actividades: 6 laboratórios de ensino, 5 para investigação e 1 de serviços para análise de águas, de captação e de distribuição e de águas residuais, que realiza para algumas Câmaras Municipais do Alentejo.

Para equipar estes laboratórios dispõe de meios laboratoriais diversificados mas ainda insuficientes para apoio de todas as áreas de ensino actuais do departamento. Algum deste equipamento é já de boa qualidade merecendo aqui destaque: 1 Contador de Cintilação Líquida, 1 HPLC, 2 GC com FID, TCD e ECD, Espectrofluorímetro, 2 Espectrofotómetros UV/Vis com regulação de temperatura, 2 Espectrofotómetros de AA, 1 Espectrómetro de IV, Sistema para PAGE, Eléctrodos Selectivos, Centrífugas, Balanças e outros equipamentos e materiais comuns de laboratório.

A aquisição da maior parte deste equipamento só possível através do programa Ciência, em consequência da participação do Departamento nas estru-



Fachada principal da Universidade de Évora, que dá para os «Gerais»

ras criadas com o apoio daquele programa sob a liderança da Universidade de Évora como são os casos do Centro de Estudos de Ecossistemas Mediterrânicos e o Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas recentemente criados. Para além disso, o Departamento participa no Centro de Ecologia Aplicada da Universidade de Évora, que veio substituir o antigo Centro do INIC com o mesmo nome, e no Centro de Geofísica de Évora.

As actividades de investigação do Departamento estendem-se ainda à colaboração com os Centros de Tecnologias do Ambiente – CETAMB e de Tecnologias Energéticas – CETEN da UNESUL, uma associação universidade-empresa, com sede em Évora, em cuja génese o Departamento participou e a qual, com o apoio do PEDIP, foi equipada com alguns equipamentos de ponta e deu apoio à realização de dois cursos de formação a nível superior, nas áreas tecnológicas referidas também com o apoio do PEDIP.

Neste momento, existem no Departamento 6 grandes linhas de investigação:

- Caracterização Química e Avaliação da Actividade Biológica de Espécies Vegetais de Ecossistemas Mediterrânicos
- Conversão Química de Biomassa
- Electroquímica e Catálise
- Especificação de Xenobióticos em Soluções Aquosas e Determinação da Sua Actividade Biológica
- Produção de Carvões Activados e de Materiais Inorgânicos
- Utilização de Carvões Activados Para Recuperação de Metais Valiosos e Remoção de Metais Tóxicos e de Aniões Poluentes de Águas por Adsorção.

No âmbito destas linhas, estão em curso no Departamento alguns projectos de investigação com financiamento externo. Neste mesmo âmbito, desenvolve-se a investigação dos docentes e investigadores do Departamento tendo em vista a realização de provas académicas, incluindo as Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, teses de mestrado e de doutoramento, e ainda a realização de trabalhos de fim de curso de alunos de

licenciatura.

Estas linhas de investigação servem ainda de acolhimento para a investigação e de suporte científico ao Curso de Mestrado em Química Analítica nas suas áreas de especialização de Aplicações a Processos Químicos e Aplicações a Processos Bioquímicos, da responsabilidade do Departamento.

Este mestrado foi criado, por um lado, tendo em conta os meios do Departamento, as suas áreas de investigação e a natureza das disciplinas das licenciaturas com componente química e bioquímica e, por outro lado, em resposta às solicitações dos próprios licenciados. Com este curso, pretende-se oferecer uma oportunidade de especialização e de iniciação à investigação, cujo aprofundamento poderá prosseguir no Departamento com vista à preparação de uma tese de doutoramento pelos alunos que mais se evidenciarem.

Actualmente, na Universidade de Évora, o grau de doutoramento no Ramo de Química pode ser obtido nas seguintes áreas de especialização:

- Química-Física
- Química Orgânica
- Conversão de Biomassa
- Bioquímica
- Toxicologia

Pelo Departamento de Química da Universidade de Évora passam actualmente, por ano, cerca de 1600 alunos dos diversos cursos de licenciatura da Universidade: Arquitectura Paisagista, Biologia, Ciências do Ambiente, Engenharia Agrícola, Engenharia Biofísica, Engenharia de Processos e Energia, Engenharia de Recursos Geológicos, Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Zootécnica, Ensino de Física e Química-Ramo de Física e Ramo de Química, Ensino de Biologia e Geologia e ainda do Mestrado em Química Analítica. Aquele número de alunos corresponde a um *ratio* de 11,1 na relação aluno/docente.

Neste momento, o Departamento oferece 35 disciplinas às diferentes licenciaturas da Universidade:

Análise Instrumental, Análise e Tratamento de Efluentes, Conversão Química da Biomassa, Cinética Química e Mecanismos Reaccionais, Colóides e Superfícies, Determinação de Estruturas Moleculares, Electroquímica e Corrosão,

Equilíbrio Químico, Espectroscopia, Estrutura e Propriedades da Matéria, Introdução à Teoria da Ligação Química, Membranas e Propriedades de Transporte, Metalurgia, Novos Materiais, Processos Químicos, Química I, Química da Água, Química do Ambiente, Química Analítica, Química do Estado Sólido e das Soluções, Química-Física, Química Inorgânica, Química Orgânica, Química do Solo, Química Tecnológica, Reactores Químicos e Bioquímicos, Radioquímica, Síntese Química, Bioquímica, Enzimologia, Metabolismo e Energética, Química dos Produtos Naturais, Panorama da Química Actual.

A maior parte destas disciplinas integra os planos de estudos das licenciaturas em Ensino de Física e Química, Engenharia de Processos e Energia e Ciências do Ambiente que são aquelas em que o Departamento participa com maior peso e de cuja Comissão de Curso partilha a responsabilidade, no caso da licenciatura em Física e Química, com o Departamento de Física e o de Pedagogia e Educação, no caso da Engenharia de Processos e Energia, com o Departamento de Física e o de Matemática e, finalmente, no caso da licenciatura em Ciências do Ambiente, com os Departamentos de Ecologia, Biologia, Geociências e Física.

LICENCIATURA EM ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA

Trata-se de uma das licenciaturas mais antigas da Universidade de Évora, caracterizada por um plano de estudos integrado que permite a formação dos alunos ao longo do curso simultaneamente em Física, Química e Ciências da Educação.

No quinto ano, os alunos realizam um estágio integrado em exercício numa escola secundária ou preparatória sob a orientação científica de um docente do Departamento de Física e outro do Departamento de Química, a orientação pedagógica de um docente do Departamento de Pedagogia e Educação e a orientação na escola de um docente profissionalizado do grau de ensino em que é feito o estágio.

A recente reestruturação deste curso teve como principais finalidades, por um lado, facultar aos futuros licenciados uma formação científica e pedagógica de base que melhor os habilite para

Áreas	Ramo de Química	Ramo de Física
Química	49	24
Física	23,5	48,5
Matemática	15,5	15,5
Ciências da Educação	26	26
Ciências Sociais e Humanas	3	3
História e Epistemologia das Ciências	4	4

Plano de estudos do Ramo da Química

1º Semestre	HT	HP	UC	2º Semestre	HT	HP	UC
Análise Mat I	4	3	5	Análise Mat II	4	3	5
Int. Alg. Lin. Geom.	2	3	3	Física Geral	3	3	4
Estr. Prop. Matéria	3	3	4	Equilib. Químico	3	3	4
Pedagogia Geral	1	2	1,5	Psicol. Desenv.	2	2	2,5
Ling. Estrang.	2			Ling. Estrang.	2		

3º Semestre	HT	HP	UC	4º Semestre	HT	HP	UC
Mecânica	3	3	4	Intr. Programação	2	2	2,5
Termodinâmica	3	3	4	Electromagnet.	3	3	4
Quim. Inorgânica	3	3	4	Quim. Analítica	3	3	4
Psicol. Educ. Geral	2	2	2,5	Hist. Pedag. Educ.	1	2	1,5
				Sociologia	3		3

5º Semestre	HT	HP	UC	6º Semestre	HT	HP	UC
Fisic. Meios Cont.	3	3	4	Física Quântica	3	2	3,5
Química-Física	3	3	4	Quim. Orgânica	3	3	4
Colóides e Superf.	2	3	3	Análise Instrum.	2	3	3
Mét. Técn. Ac. Ed.	2	2	2,5	Avaliação Escol.	2	2	2,5
Téc. Exp. Com. Ped.	3	1	1	Psicol da Aprendiz.	2	2	2,5
Org. Admi. Escol.	3	1					

7º Semestre	HT	HP	UC	8º Semestre	HT	HP	UC
Bioq. Qui. Bioinor.	3	3	4	Quim. Tecnológ.	2	3	3
Qui Est. Sol. e Sol.	2	3	3	Optativa Química	2	3	3
Optativa Química	2	3	3	Optativa Química	2	3	3
Teor. da Educ.	2		2	Axiologia Educ.	2	3	2,5
Didáct. Fis. Quim.	1	3	2	Didáct. Química	1	3	2
Hist. da Ciência	2		2	Hist. Ideias Químicas	2		2

9º e 10º Semestres
Estágio Pedagógico

Opções de Química	
Espectroscopia	Radioquímica
Electroquímica e Corrosão	Membranas e Propriedades de Transporte
Química do Ambiente	Química dos Produtos Naturais
Ecotoxicologia	Cinética Química e Mecanismos Reaccionais

Áreas	Obrigatórias	Optativas
Química	30	0 a 42
Física	44,5	0 a 42
Matemática	23,5	0 a 12
Outras	0	0 a 12
Projecto	20	

Plano de estudos do Tronco Comum

1º Semestre	HT	HP	UC	2º Semestre	HT	HP	UC
Análise Mat. I	4	3	5	Análise Mat. II	4	3	5
Int. Alg. Lin. Geom.	2	3	3	Física Geral	3	3	4
Estr. Prop. Matéria	3	3	4	Equilib. Químico	3	3	4
Pedagogia Geral	2	2	2,5	Cálculo Numérico	2	2	2,5
Ling. Estrang.	2			Ling. Estrang.	2		

3º Semestre	HT	HP	UC	4º Semestre	HT	HP	UC
Mét. Mat. Fis. Qui.	2	2	2,5	Estatística	2	3	3
Mecânica	3	3	4	Física Estatist.	2	2	2,5
Termodinâmica	3	3	4	Electromagnet.	3	3	4
Física Computac.	2	2	2,5	Física Quântica	3	2	3,5
Quim. Inorgânica	3	3	4	Química Analítica	3	3	4

5º Semestre	HT	HP	UC	6º Semestre	HT	HP	UC
Electrónica	2	3	3	Fenóm. Ondulat.	3	3	4
Física Atóm. Nucl.	2	3	3	Física Est. Sólid.	2	3	3
Fisc. Meios Cont.	3	3	4	Instrumentação	2	3	3
Química-Física	3	3	4	Química Orgânica	3	3	4
Colóides e Superf.	2	3	3	Análise Instrum.	2	3	3

7º, 8º e 9º Semestres: Apenas Disciplinas Optativas	
Qualquer área científica da Universidade de Évora	12 UC
Área da Física ou Química (Disciplinas com 2 HT 3HT e 3UC)	30 UC

o ensino do 3º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário e, por outro, criar uma alternativa de formação mais aprofundada e alargada em Química ou em Física, tendo em vista a preparação para o ensino no 12º Ano e no Ensino Técnico-Profissional.

Para isso, foi criado um tronco lectivo comum com disciplinas a desenvolver até ao 6º semestre e um conjunto de disciplinas optativas distribuídas por um Ramo de Química e um Ramo de Física logo no 5º semestre. Além disso, foram introduzidas as novas disciplinas de Didáctica da Química e de Didáctica da Física que se espera possam vir a complementar a formação inicial fornecida pela disciplina de Didáctica da Física e da Química já existente.

A concessão do grau de licenciado requer a obtenção de 121 unidades de crédito distribuídas ao longo de 8 semestres e a realização do estágio integrado.

A distribuição das unidades de crédito pelas áreas científicas é a seguinte (ver quadro).

LICENCIATURA EM ENGENHARIA DE PROCESSOS E ENERGIA

Trata-se de uma licenciatura recentemente criada com a qual se pretende formar diplomados dotados de uma sólida formação científica e tecnológica de base que os torne capazes de contribuir para o desenvolvimento de processos para rentabilizar o aproveitamento dos recursos naturais e a sua transformação em novas fontes de energia ou materiais, cada vez mais finos e sofisticados, tendo em conta não só as exigências industriais mas também as necessidades, reconhecidamente revelantes, de se utilizar a energia de uma forma racional e em condições ambientalmente aceitáveis.

A obtenção de 73,5 UC no ciclo de formação básica, correspondente aos três primeiros anos, permite a candidatura a um dos ramos de especialização (**Ramo de Processos e Materiais ou Ramo de Energia e Ambiente**). Em cada Ramo os alunos desenvolverão um

plano individual de estudos constituído exclusivamente por disciplinas optativas e um trabalho projecto a realizar no 5º ano.

A concessão do grau de licenciado requer a obtenção de um total de 160 UC, distribuídas ao longo de 9 semestres pelas diferentes áreas científicas como se indica no quadro.

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE

Trata-se de outra licenciatura recentemente criada na Universidade de Évora. Com ela pretende-se formar diplomados dotados de uma sólida formação interdisciplinar e suficientemente aprofundada no domínio da qualidade ambiental, capazes de desenvolverem estratégias ecológicas e de defesa do ambiente que permitam antecipar e mitigar as consequências mais nefastas das actividades humanas sobre o ambiente.

A obtenção do grau requer 136 UC distribuídas por 8 semestres escolares e a realização de um trabalho de fim de curso no 9º semestre.

As unidades de crédito têm a seguinte distribuição pelas diferentes áreas científicas (ver quadro).

MESTRADO EM QUÍMICA ANALÍTICA

Com o plano de estudos deste mestrado tem-se em vista o desenvolvimento da competência dos alunos no domínio das modernas tecnologias analíticas e conferir-lhes capacidades científicas no âmbito da Química das Soluções e das Superfícies e no Âmbito da Bioquímica e da Biotecnologia, tendo em vista a investigação nas áreas das Biociências, Ciências Agrárias, Ciências da Natureza e do Ambiente e do Ensino.

O curso tem a duração máxima de 4 semestres, dos quais os dois primeiros compreendem a frequência de um curso de especialização nas seguintes áreas:

— Aplicação a Processos Químicos

— Aplicação a Processos Bioquímicos

Depois de obtida aprovação neste curso, segue-se a preparação e apresentação de uma dissertação original.

O curso de especialização está organizado em unidades de crédito sendo exigida para a sua conclusão a obtenção de 27 UC distribuídas pelas seguintes áreas:

Áreas Obrigatórias	UC
Química	10,5
Bioquímica	1,5
Física	1,5
Matemática	1,5

Áreas Optativas

Processos Químicos em Solução e em Superfícies	12
Processos Bioquímicos e Biotecnológicos	12

As unidades curriculares e as respectivas cargas horárias são as seguintes (ver quadro).

Aos candidatos à inscrição é exigido o grau de licenciado em Ciência ou Engenharia Química, Biociências, Ciências Agrárias, Ciências da Natureza e do Ambiente, Ensino em Física e Química ou em outras áreas afins.

CURSOS DE FORMAÇÃO EM QUÍMICA ANALÍTICA

Este curso que, à semelhança do que se passou em 1993, vai ser financiado em 1994 pelo Programa FOCO, tem em vista a actualização e o aprofundamento dos conhecimentos de docentes do ensino não superior (3º Ciclo do Ensino Básico, Secundário e Técnico Profissional) relativamente a métodos e técnicas de análise instrumental incluídas em alguns dos novos programas daqueles níveis de ensino e que são utilizados correntemente na análise qualitativa e quantitativa no controlo de processos químicos e da qualidade de produtos de utilização comum.

Terão acesso a este curso licenciados em Química, Física ou Físico-Química ou em outras ciências ou Engenharias que estejam ligados ao ensino de disciplinas com uma componente de análise instrumental ou que tratem de produtos químicos com circulação ambiental.

O curso está estruturado em três

módulos, com um total de 60h de aulas teóricas e 80h de aulas práticas, correspondendo a 6 unidades de crédito.

Os conteúdos programáticos abordarão o estudo dos métodos, da instrumentação e dos procedimentos analíticos, estando organizados nos seguintes módulos:

MÓDULO I

Métodos Espectrais Atómicos

- Fotometria de Chama
- Espectrofotometria de Absorção Atómica

MÓDULO II

Métodos Espectrais Moleculares

- Espectrofotometria de UV/Vis e de IV
- Espectrofluorimetria

MÓDULO III

Métodos Cromatográficos e Electroforéticos

- GC
- HPLC
- Electroforese

Nas aulas práticas, proceder-se-á ao estudo de aplicações à análise de águas, alimentos, produtos naturais, artigos de higiene e de limpeza, resíduos de pesticidas ou de medicamentos.

Na Universidade de Évora, os semestres lectivos ímpares têm início no princípio de Outubro prolongando-se até final de Janeiro. Durante o mês de Fevereiro têm lugar as avaliações respeitantes às disciplinas destes semestres. Os semestres pares decorrem de Março até final de Junho, estando o mês de Julho reservado para as avaliações nas disciplinas destes semestres e os exames de recurso antecipados dos semestres ímpares. Em Setembro, realizam-se exames de recurso de todas as disciplinas dos cursos desta Universidade.

As aulas práticas laboratoriais são de frequência obrigatória para os alunos ordinários, tendo as respectivas turmas como limite máximo 15 alunos.

A avaliação respeitante às aulas práticas é feita continuamente, mas em algumas disciplinas os alunos têm de se submeter a avaliação final.

A avaliação nas componentes teóricas e teórica-prática das disciplinas pode ser feita em duas modalidades optativas: por meio de um exame no

Ramo de Processos e Materiais

Processos	Materiais
Área da Física	
Controlo e Automação	Ciência dos Materiais
Modelação e Simulação	Física das Superfícies
Processos Físicos	Propriedades dos Materiais
Transferência de Energia e Massa	Reologia e Resistências de Materiais
Utilização Racional de Energia	
Área da Química	
Catálise	Determinação de Estruturas Moleculares
Cinética Química e Mecanismo. Reaccionais	Electroquímica e Corrosão
Membranas e Propriedades de Transporte	Metalurgia
Processos Químicos	Novos Materiais
Reactores Químicos e Bioquímicos	Química do Estado Sólido e das Soluções
Síntese Química	

Ramo de Energia e Ambiente

Energia	Ambiente
Área da Física	
Análise Energética	Climatização
Conversão de Energia	Dispersão Atmosférica
Equipamentos e Sistemas de Energia	Física da Atmosfera
Recursos Energéticos	Geofísica
Transferência de Energia e Massa	Hidrologia Dinâmica
Utilização Racional de Energia	Sismologia
Área da Química	
Bioquímica Geral	Análise e Tratamento de Efluentes
Combustíveis Químicos	Ecotoxicologia
Conversão Química da Biomassa	Química da Água
Enzimologia	Química do Ambiente
Processos Químicos	Química dos Produtos Naturais
Reactores Químicos e Bioquímicos	

10º Semestre. Projecto

final do semestre ou por meio de dois testes, sendo um realizado a meio e outro no final do semestre. A nota final é calculada por ponderação das notas dos testes ou exame e as da componente laboratorial.

De um modo geral a percentagem de aproveitamento nas aulas práticas das disciplinas do Departamento é superior a 75%, mas relativamente às aulas teóricas, que são facultativas, essa percentagem é baixa, situando-se pelos 30%, o que se reflecte na baixa taxa de sucesso obtida no ensino da Química nesta Universidade.

Para esta população estudantil e diversidade de disciplinas leccionadas o Departamento conta com cerca de 1000 contos no orçamento da sua biblioteca o que corresponde a cerca de 4-5% do orçamento total anual, valor este que tem colocado alguns problemas de difícil resolução.

Actualmente, estão em curso obras para a construção, na Universidade de Évora, de um complexo para a instalação das Áreas Departamentais de Ciências da Natureza e do Ambiente e de Ciências Exactas que irão dotar o Departamento de Química de novos e mais amplos espaços laboratoriais para os ensinos das disciplinas de licenciatura e para os ensinos especiais de disciplinas de licenciatura e para os ensinos especiais de

Áreas	Obrigatórias	Optativas
Ecologia	28,5	3-11
Química	25	9
Física	18	0-2,5
Matemática	18,5	0
Geociências	8,5	2,5-3
Biologia	6	5-5,5
Engenharia Rural	2,5	0
Ciências Humanas, Económicas e Jurídicas	0	2

Plano de estudos

1º Semestre	HT	HP	UC	2º Semestre	HT	HP	UC
Análise Matemática I	3	4	3,5	Matemática II	3	4	3,5
Física I	2	4	3,5	Física II	2	4	3,5
Química I	3	4	4,5	Quím. Org. e Bioq.	3	4	4,5
Biologia I	2	4	3,5	Bioquímica III	2	2	2,5
Geologia Geral	2	3	3	Caract. do Solo	2	3	3

3º Semestre	HT	HP	UC	4º Semestre	HT	HP	UC
Matemática III	2	4	3,5	Int. Programação	2	2	2,5
Termodinâmica	3	3	4	Calc. Numérico	2	2	2,5
Quím. Inorgânica	3	3	4	Quím. Analítica	2	3	4
Ecologia I	2	2	2,5	Hidrologia	2	2	2,5
Estatística	2	3	3	Ecologia II	2	2	2,5
				Opção de entre			
				— Prin. Microbio.	2	2	2,5
				Genética	2	2	2,5
				Etologia	1	3	2
				Imunologia	2	2	2,5

5º Semestre	HT	HP	UC	6º Semestre	HT	HP	UC
Fis. Meios Cont.	3	3	4	Ecol. Micr. e do Solo	2	2	2,5
Química-Física	3	3	4	Saúde Pública	2	2	2,5
1 Optativa de entre				2 Optativas de entre			
Proc. Químicos	2	3	3	Química da Água	2	3	3
Colóides e Sup.	2	3	3	Análise Instrum.	2	3	3
				Química do Solo	2	3	3
1 Optativa de entre				1 Optativa de entre			
Biol. da Água	2	3	3	Ecol. da Veget.	2	3	3
Biol. do Solo	2	3	3	Ecol. Animal	2	3	3
				Ecol. Numérica	2	3	3
1 Optativa de entre				1 Optativa de entre			
Geomorfologia	2	2	2,5	Fisiol. dos Ecos.	2	3	3
Sedimentologia	2	3	3	Biofísica Ecol.	2	3	3
				Ecol. Aquática	2	3	3
				Ecol. da Paisag.	2	3	3

7º Semestre	HT	HP	UC	8º Semestre	HT	HP	UC
Física da Atmosf.	2	3	3	Geol. do Ambiente	2	2	2,5
Mecanism. Transp. e Disp. Poluent.	2	3	3	Ecologia III	2	2	2,5
Toxicologia Bioq.	3	3	4	Análise Sistem. e Modul. Ecológ.	2	2	2,5
Biogeoq. Ambient.	2	3	3	Medicina Ambien.	2	2	2,5
1 Optativa de entre				Aval. Impact. Amb.	2	2	2,5
Ecol. Humana	1	3	2	1 Optativa de entre			
Paleoecologia				Int. Qualid. Amb.	2	2	2,5
Hum. Paleopat.	1	3	2	Cont. Trat. Rec. Amb.	2	2	2,5
				Util. Rac. Energia	2	3	3
				1 Optativa de entre			
				Direito e Adm. Amb.	2	2	2
				Economia. Amb.	2	2	2
				Elem. Sociologia	2	2	2

9º Semestre: Estágio

Outras Licenciaturas em que o Departamento participa e respectivas disciplinas:

Curso	Disciplina	HT	HP	Natureza
Eng. de Recursos Geológicos	Química I	3	4	Fixa
	Intr. Teoria Lig. Quím.	3	2	F
	Quím. Inorgânica	3	4	F
Eng. Biofísica	Quím. Analítica	3	4	F
	Química I	3	4	F
	Química Orgânica	3	4	F
Eng. de Recursos Hídricos	Metb. do Solo	3	4	F
	Química I	3	4	F
	Química Analítica	3	4	F
Biologia	Qual. e Cont. da Água	2	2	O
	Química I	3	4	F
	Bioquímica	3	3	F
Eng. Agrícola	Qual. e Cont. da Água	2	2	O
	Química I	3	4	F
Eng. Zootécnica	Bioquímica	3	3	F
Ensin. Biologia e Geologia				

	HT	HP
Obrigatórias		
Química dos Sistemas Multicomponentes	22,5	
Métodos Matemáticos e Estatísticos	22,5	
Instrumentação Analítica	22,5	
Métodos Espectrais	30	30
Métodos Electroanalíticos	21	21
Métodos Radiométricos	12	12
Métodos Separativos	30	30
Métodos Bioanalíticos	15	15
Optativas		
Processos em Solução	60	60
Processos em Superfícies	60	60
Processos Bioquímicos	60	60
Processos Biotecnológicos	60	60

disciplinas de estudos avançados. Presentemente, está concluída a construção dos gabinetes destinados ao Departamento, já ocupados pelos docentes e investigadores, e as instalações onde se encontram já em funcionamento o Secretariado, a Biblioteca, a Sala de Computação e a Sala de Reuniões do Departamento.

Espera-se que os projectos recentemente submetidos a concurso para financiamento pelo PRODEP em 1994 venham a permitir o investimento necessário para a melhoria, renovação e actualização dos equipamentos e de outros meios didácticos do Departamento tendo em vista melhorar as condições de trabalho de docentes e discentes, de que

tanto se carece, e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade dos ensinos que se encontram à responsabilidade do Departamento.

Prof. Dr. Lima Morais
Presidente do Dep. de Química

O Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e os seus Cursos



Com a criação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, em 1972, a Universidade de Coimbra passou a ser a terceira dentre as universidades portuguesas (de hoje) a oferecer licenciaturas completas nas especialidades tradicionais de Engenharia, incluindo a de Engenharia Química. Isto significa que existem engenheiros químicos diplomados por Coimbra desde 1975, num total que presentemente se aproxima das quatro centenas.

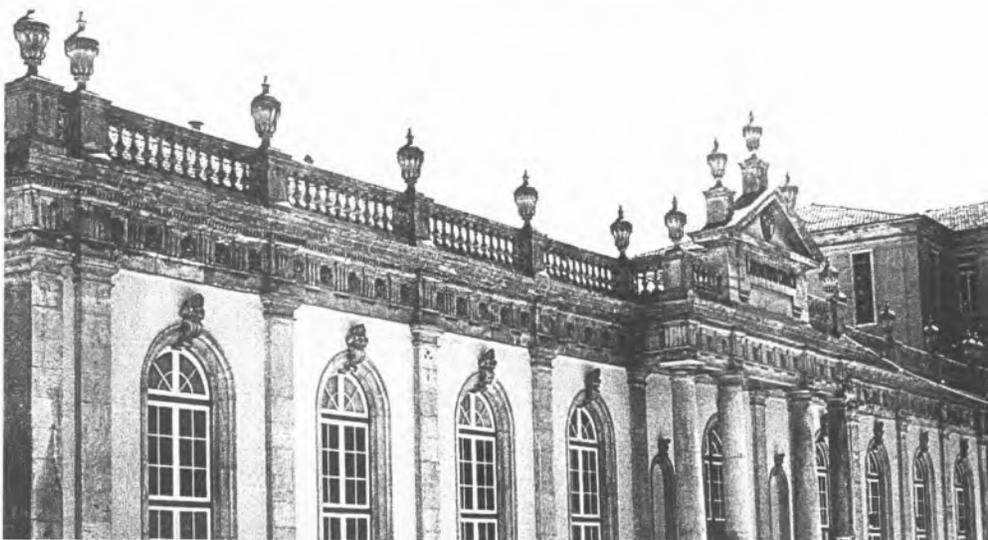
O curso actualizou-se e evoluiu desde então. No figurino actual, que data de 1984/85, manteve-se (e desenvolveu-se) a forte componente computacional que sempre caracterizou a licenciatura de Coimbra, sem descuidar a base físico-química que lhe dá suporte. A lógica da arquitectura do curso (vide Quadro I) é a da "engenharia do processo" e não a da "química industrial", adoptada noutras Escolas. Embora os dois primeiros anos sejam fundamentalmente dedicados à formação básica dos estudantes — Matemática, Computação, Física e Química — não deixam de incluir, logo de início, elementos importantes de contacto com a profissão e aplicações das ciências fundamentais a problemas da especialidade. Houve a preocupação de trazer os alunos ao Departamento de Engenharia Química (DEQ) a partir do 1º ano, dando-lhes a oportunidade de se familiarizarem desde logo com o próprio Departamento e com a problemática e a linguagem da Engenharia Química. Na disciplina de "Introdução" procura-se dar aos estudantes uma visão integrada, sintética, da especialidade e da profissão. Depois de lhes ser apresentada uma panorâmica da actividade do engenheiro químico, em seminários conduzidos por profissionais seniores e pelos professores do DEQ, e de lhes ser fornecida uma ferramenta essencial para o que vai seguir-se — o *flowsheeting* (incluindo a operação de programas computacionais específicos) — cada aluno é solicitado a redigir um ensaio monográfico sobre "A Indústria de ..." ou, mais frequentemente, sobre "A Produção Indus-

trial de ..." um produto químico, seleccionado de entre os cem ou duzentos com maior importância económica. O ensaio, que é um trabalho essencialmente bibliográfico, não o é em exclusividade, proporcionando frequentemente ao jovem estudante o ensejo de uma primeira visita a instalações fabris, em regra por sua própria iniciativa. Para além dos diagramas de fabrico, das correspondentes memórias descritivas e das características do produto, a monografia (para que se exige grande rigor formal) deverá focar importantes aspectos ligados à produção industrial: volumes de produção e capacidade das instalações, custos e preços, aplicações, especificações e graus de pureza do produto, toxicidade, segurança no manuseamento e transporte, poluição e defesa do ambiente associados aos processos de produção.

No DEQ são também ministradas as disciplinas do 2º ano da licenciatura que têm por objectivo fornecer ao aluno os conhecimentos de Matemática Aplicada e de Computação, apresentados *ab initio* no contexto da problemática do próprio curso e da Engenharia Química em geral. O assunto destas disciplinas — "Trata-

mento de Dados Experimentais", "Prática de Computação" e "Métodos Numéricos Aplicados" — aparece, assim, ao estudante como uma necessidade da sua formação técnico-científica e não como mero exercício intelectual desligado das realidades.

Nos dois anos que se seguem (3º e 4º) os alunos são, então, confrontados com o corpo de conhecimentos científicos que constituem a essência da Engenharia Química como especialidade diferenciada e autónoma: dos Fenómenos de Transferência às Operações Unitárias, passando pela Termodinâmica; da Dinâmica de Sistemas à Modelização, Simulação e Controlo de Processos, passando pela Instrumentação, pela Cinética Química e pelos Reactores. O desenvolvimento teórico dos assuntos é acompanhado de uma forte componente experimental, consubstanciada em quatro disciplinas específicas de laboratórios, semestrais, nestes dois anos do curso. No programa de cada uma destas disciplinas são concentrados os trabalhos laboratoriais correspondentes às disciplinas da especialidade ministradas no mesmo semestre curricular. Assim, em Laboratórios de Engenharia



O Laboratório Químico, com o Colégio das Artes em fundo

QUADRO I — Licenciatura em Engenharia Química da FCTUC: plano de estudos

Ano	Disciplinas	regime	h/semana		unid. créd.	área*
			T, P ou	TP		
1º	Análise Matemática I	anual	3	3	8	M
	Física Geral	"	3	3	8	F
	Álgebra Linear e Geometria Analítica	1º sem.	3	3	4	M
	Química Geral I	"	3	—	3	Q
	Química Laboratorial	"	—	6	2	Q
	Química Geral II	2º sem.	3	4	4,5	Q
	Introdução aos Computadores e Programação	"	3	3	4	M
Introdução à Engenharia Química	"	1	2	2	CB	
2º	Análise Matemática II	anual	3	3	8	M
	Tratamento de Dados Experimentais	1º sem.	2	3	3	CB
	Química Orgânica I	"	3	4	4,5	Q
	Química das Soluções	"	2	4	3,5	Q
	Prática de Computação	"	—	3	1	CB
	Métodos Numéricos Aplicados à Engª Química	2º sem.	2	3	4	Q
	Química Orgânica II	"	3	4	4,5	Q
	Química Analítica	"	2	4	3,5	Q
	Termodinâmica e Elementos de Mecânica Estatística	"	3	3	4	F
	3º	Dinâmica dos Fluidos	1º sem.	3	3	5
Termodinâmica Química		"	3	3	5	TA
Instrumentação e Medidas Industriais		"	2	2	3	CD
Estequiometria Industrial		"	2	3	4	TA
Informação Científica e Técnica		"	1	2	1,5	CB
Laboratórios de Engenharia Química I		"	—	6	2	FT
Fenómenos de Transferência		2º sem.	3	3	5	FT
Optimização		"	2	3	4	CD
Cinética Química Industrial		"	2	3	4	RC
Propriedades Termofísicas		"	2	2	3	TA
Operações Unitárias I		"	2	3	4	OU
Laboratórios de Engenharia Química II		"	—	6	2	OU
4º		Dinâmica de Sistemas	1º sem.	2	3	4
	Operações Unitárias II	"	3	3	5	OU
	Reactores Químicos I	"	2	3	4	RC
	Electricidade e Electrónica Aplicadas	"	2	3	3	EL
	Laboratórios de Engenharia Química III	"	—	3	1	RC
	Opção I	"	3	3	5	—
	Operações Unitárias III	2º sem.	3	3	5	OU
	Desenho Industrial	"	—	3	1	M
	Controlo Automático	2º sem.	2	3	4	CD
	Reactores Químicos II	"	3	3	5	RC
	Laboratórios de Engenharia Química IV	"	—	3	1	OU
	Opção II	"	3	3	5	—
5º	Economia I	1º sem.	3	—	3	E
	Projecto Industrial I (Seminário)	"	—	6	3	P
	Tecnologia de Sólidos	"	2	3	4	OU
	Opção III	"	3	3	5	—
	Seminário I	"	—	10	5	P
	Economia II	2º sem.	3	—	3	E
	Projecto Industrial II (Seminário)	"	—	12	6	P
	Opção IV	"	2	3	4	—
	Seminário II	"	—	10	5	P

* Áreas:
 E — Economia, Gestão e Ciências Sociais
 EL — Electrotecnia
 Q — Química
 F — Física
 M — Matemática

Engenharia Química:
 CB — Ciências Básicas
 FT — Fenómenos de Transferência
 TA — Termodinâmica Aplicada
 OU — Operações Unitárias
 P — Projecto, Seminário, Estágio

Química I fazem-se trabalhos de Dinâmica de Fluidos, Termodinâmica Química e Instrumentação. O programa de L.E.Q.II inclui a realização de experiências no âmbito dos Fenómenos de Transferência, da Cinética Química e de algumas Operações Unitárias. Nas disciplinas de L.E.Q. III e IV os alunos dedicam-se à experimentação ligada às Operações Unitárias, aos Reactores Químicos e à Dinâmica e Controlo de Sistemas. Este modelo, ensaiado e posto em prática pela primeira vez em universidades portuguesas no DEQ da (então) Universidade de Lourenço

Marques, em 1970, pela equipa dirigida pelo Professor J.J. Barbosa Romero, oferece vantagens logísticas consideráveis — economia de espaços e de meios humanos e materiais — que hoje parecem começar a merecer aceitação noutras cursos e noutras Escolas. As alegadas dificuldades de natureza pedagógica inerentes à concretização deste sistema, designadamente o problema do eventual desfasamento temporal entre "teoria" e "prática" a que poderá conduzir, são ultrapassáveis através de um cuidadoso planeamento dos trabalhos a executar

pelos alunos. Em todo o caso, a questão afigura-se-nos artificial: como se sabe, no ensino de qualquer matéria de raiz experimental a "aproximação teórica" (em que a exposição da teoria antecede a respectiva ilustração laboratorial) e a "aproximação empírica" (em que o enquadramento teórico se faz após uma primeira abordagem experimental do assunto) são metodologias igualmente válidas, de eficácia potencialmente equivalente.

Do elenco do 3º ano faz igualmente parte uma disciplina semestral de "Informação Científica e Técnica" que tem o duplo objectivo de fornecer aos alunos o conjunto de técnicas que lhes permitam recuperar a informação produzida por outros, dispersa na literatura, e, por outro lado, redigir, organizar e apresentar, na forma canónica, a informação por eles próprios elaborada (comunicações, artigos, relatórios, etc.) Considera-se que numa próxima reestruturação curricular esta disciplina deverá passar, se possível, para o 1º ano do curso.

O 5º ano da licenciatura ocupa-se de matérias que completam a formação dos novos engenheiros: Economia, Gestão e Projecto. Retorna-se, assim, à síntese, em que o processo químico é visto como um todo, cúpula unificadora, indispensável depois da compartimentação analítica característica dos anos curriculares imediatamente anteriores. Para além disto, aos alunos finalistas é pedida a resolução de um problema concreto, de natureza teórica ou aplicada (industrial ou não), cujo desenvolvimento poderá envolver trabalho experimental ou técnicas computacionais avançadas para o aprofundamento da temática específica. Este trabalho é realizado em regime de seminário ("Seminários I e II"), sob orientação de um professor do DEQ, sendo apresentado publicamente e discutido por um júri formal. Em regra, os trabalhos de Seminário, que constituem em muitos casos uma verdadeira introdução à metodologia da investigação científica, conduzem a resultados originais, exploratórios do tema ou, mesmo, publicáveis em revistas adequadas. Estes trabalhos são sempre individuais. Ainda no 5º ano, o plano de estudos da licenciatura inclui as disciplinas de "Tecnologia de Sólidos" (cujo conteúdo corresponde à designação internacionalmente conhecida por *Powder Technology*), com uma importante contribuição laboratorial, e de "Efluentes Industriais" (ministrada como "Opção IV", mas efectivamente oferecida sem alternativa de escolha, atendendo à relevância que se atribui ao assunto no contexto da formação de engenheiros químicos).

Do que ficou dito resulta claro que

na concepção do plano curricular se optou por oferecer um grau único de licenciatura em Engenharia Química, recusando "ramos" ou "especializações" prematuras, que se admite constituírem uma limitação desnecessária para os recém-licenciados à procura do primeiro emprego. Além disto, tem-se como certo que será cada vez mais importante que os novos engenheiros possuam uma sólida formação de base, que lhes permita adaptarem-se à rápida evolução das tecnologias. É preciso ter presente que os recém-licenciados de hoje serão, ainda, profissionais activos daqui a 30 ou 40 anos. Provavelmente, nessa longa caminhada as tecnologias do presente tornar-se-ão rapidamente obsoletas, ao contrário da esmagadora maioria das leis físico-químicas e matemáticas, que persistirá. Não obstante isso, é dada ao aluno de licenciatura do DEQ da FCTUC a possibilidade de aprofundar matérias para que se sinta mais vocacionado, através da frequência de disciplinas de opção (nos dois últimos anos do curso), distribuídas por um leque de assuntos flexível e diversificado que abarca a Biotecnologia (com uma significativa componente laboratorial) e os Materiais (incluindo a Engenharia de Polímeros), as Indústrias Químicas (com destaque para a "Tecnologia da Celulose") e complementos de Matemática Aplicada, Computação e Controlo, como se sistematiza no Quadro II. O estudante poderá, assim, aproximar o plano de curso aos seus interesses pessoais, sem prejuízo dum sólida formação-padrão, relativamente eclética e polivalente, mais consentânea com a estrutura do mercado de trabalho em que irá inserir-se.

Para concluir a licenciatura em Engenharia Química na FCTUC cada aluno deverá obter aprovação em 195 unidades de crédito, distribuídas pelas grandes áreas disciplinares indicadas no Quadro III. Dos números transparece a relevância atribuída às disciplinas do conjunto nuclear da Engenharia Química (i.e., Operações Unitárias, Reactores Químicos e Controlo de Processos, que contribuem com 25% do peso curricular) e o equilíbrio entre o peso relativo das disciplinas fundamentais (33 + 18 = 51%) e o das restantes. A carga escolar semanal, não sendo exagerada, é algo pesada: 29 ± 1 horas/semana, em todos os semestres (de 13 semanas úteis, em 15 nominais) ao longo do curso, em especial se tivermos em conta que a realização de trabalhos não laboratoriais (em Dinâmica de Sistemas, Controlo Automático, Reactores Químicos II, Operações Unitárias II, Economia, Prática de Computação e Métodos Numéricos Aplicados, entre outras) não é, em geral,

contabilizada na distribuição dos tempos lectivos.

A classificação final é obtida pela média aritmética de duas quantidades: a média ponderada das disciplinas da especialidade e a média ponderada de todas as disciplinas do curso, sendo os pesos iguais ao número de créditos de cada uma. Este processo de obtenção da classificação final tem tendido a situá-la, nos últimos anos, em torno dos 13 (ou 12) valores, resultado que na opinião dos alunos os coloca em situação de desfavor relativamente aos licenciados por outras Escolas. Na verdade, atendendo a que a média das classificações de acesso à licenciatura em Engenharia Química da FCTUC (dos 40 candidatos que o numerus clausus fixa anualmente) se tem posicionado no topo da tabela nacional (alternando com a FEUP), é de admitir que aquela opinião tenha, também por isto, algum fundamento.

Embora o DEQ ainda não faça uma recolha sistemática de dados referentes ao destino profissional dos seus licenciados (cujo número se indica no Quadro IV) é possível, por amostragem, identificar alguns sectores que ao longo dos últimos anos têm absorvido um número significativo dos engenheiros químicos licenciados pela FCTUC: celulose e papel, cimentos e cerâmica, refinação de petróleos e petroquímica, produtos químicos, informática e gestão (e, mais recentemente, qualidade e ambiente, nas PME's).

Para além das 41 disciplinas semestrais (incluindo opções) que ministra aos 402 alunos (em 1992/93) da licenciatura em Engenharia Química, o DEQ da FCTUC é, também, responsável por um número significativo de disciplinas da licenciatura em Química Industrial, participa na coordenação do curso de licenciatura em Engenharia de Materiais, de que lecciona importante fracção das disciplinas gerais e da especialidade, e tem a seu cargo algumas das opções dos cursos de Engenharia Física, Matemática (Aplicada) e Química, dentre as 19 licenciaturas professadas na Faculdade.

Ao recusar a "especialização" ao nível da licenciatura, o DEQ considera, todavia, que a especialização propriamente dita poderá (e deverá) ser conseguida, depois, em cursos de pós-graduação.

Sem conduzirem formalmente a qualquer grau, têm sido organizados, com maior ou menor frequência, cursos de "Tecnologia de Materiais Granulares e Fibras" (para engenheiros e outros licenciados com actividade na Indústria e nos Serviços) e de "Química Tecnológica", dirigido a professores do ensino secundário.

QUADRO II. Licenciatura em Engenharia Química da FCTUC: disciplinas de Opção

Assunto genérico	Disciplina	Departamento responsável*
Biotecnologia	Engenharia Bioquímica I	DEQ
	Engenharia Bioquímica II	DEQ
	Efluentes Industriais	DEQ
Materiais/ /Propriedades	Macromoléculas I	DO
	Macromoléculas II	DO
	Metalurgia Geral	DEM
	Materiais Não Metálicos	DEM
	Electroquímica e Corrosão	DO
	Química Física das Superfícies	DEQ
Indústrias/ /Produção	Tecnologia da Celulose	DEQ
	Gestão de Projectos Industriais	DEQ
	Instalações e Serviços Industriais	DEQ
Matemática Aplicada/ /Computação	Sistemas e Processos Químicos I	DEQ
	Sistemas e Processos Químicos II	DEQ
	Sistemas Avançados de Controlo	DEQ
	Processos Descontínuos	DEQ
	Caos e Estabilidade	DEQ
	Introdução à Computação Gráfica Visualização e Interação Gráficas	DM

* DEQ — Departamento de Engenharia Química
DEM — Departamento de Engenharia Mecânica
DO — Departamento de Química
DM — Departamento de Matemática

Quadro III — Estrutura do Plano de Estudos da Licenciatura em Engenharia Química da FCTUC: áreas disciplinares

Áreas (gerais)	em percentagem do total (%)	Áreas (desagregadas)	em percentagem do total (%)
Ciências Básicas	33	Matemática e Computação	13
		Física	6
		Química	14
Engenharia Química	55	Fundamentos	18
		Operações Unitárias	11
		Reactores	7
		Controlo	7
		Projecto Industrial e Seminários	12
Diversas	12	Opções	8
		Outras	4
	100		100

QUADRO IV — Licenciatura em Engenharia Química da FCTUC: numerus clausus e número de licenciados

Ano lectivo	Numerus Clausus	Número de Licenciados
1988/89	40	27
1989/90	40	16
1990/91	40	22
1991/92	44	33
1992/93	40	19

O DEQ oferece regularmente, desde 1992, um curso de mestrado em Engenharia Química com duas áreas de especialização: Processos Químicos e Engenharia Industrial, frequentado por químicos, bioquímicos, farmacêuticos e engenheiros de diversas formações (mecânicos, químicos, electrotécnicos). O número de mestrandos tem-se mantido nas três edições do curso já iniciadas: 13 (em 1992), 10 (em 1993) e 17 (em 1994).

Presentemente preparam o doutoramento no DEQ de Coimbra 13 candidatos, dos quais cinco são bolseiros sem

vínculo à instituição. As áreas científicas a que se dedicam integram-se na actividade do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e dos Produtos da Floresta, sediado no Departamento. Os grupos de investigação actualmente constituídos desenvolvem trabalhos de pesquisa nos seguintes domínios científicos: Termodinâmica e Propriedades Termofísicas dos Fluidos, Tecnologia de Partículas e de Sistemas Multifásicos, Engenharia Bioquímica e Biotecnologia, Simulação e Optimização Energética, Engenharia da Reacção Química, Engenharia de Sistemas e Controlo de Processos, Modelação e Métodos Matemáticos em Processos Químicos e Engenharia Química dos Produtos da Floresta.

Atendendo a que às vagas abertas em cursos ministrados no DEQ concorre, por via de regra, um número de candidatos dez vezes superior, não é prática do Departamento publicitá-los na Imprensa e nos outros *media*.

Para a manutenção do seu funcionamento regular o DEQ da FCTUC conta com o apoio de doze funcionários (técnicos, administrativos e auxiliares). A biblioteca departamental, em que se investe quase um terço do orçamento anual, assina regularmente cerca de 80 títulos das

mais significativas revistas científicas internacionais da especialidade e conta com um acervo próximo dos 2000 volumes. Existe, também, uma oficina na qual tem sido concebida e executada a maior parte do equipamento laboratorial necessário aos 50 a 60 trabalhos experimentais postos à disposição dos alunos de licenciatura (e de pós-graduação).

Nas actividades lectivas e de investigação estão envolvidos todos os 28 docentes do Departamento: dois professores catedráticos, seis professores associados, dois professores associados convidados, quatro professores auxiliares, sete assistentes, um assistente convidado e seis assistentes estagiários (e três monitores). Doze deles são doutorados.

O DEQ da FCTUC está instalado, desde 1975, no edifício do antigo Laboratório Chimico, mandado erigir pelo Marquês de Pombal, em finais do século XVIII. Ocupa, ainda, uma pequena parte do Colégio das Artes, construção do século XVI. Dada a insuficiência das instalações actuais será lançada em 1995 a obra do novo edifício, no Pólo II da Universidade, junto ao Mondego. O projecto prevê uma área útil de 4500 m².

O sucesso profissional dos engenheiros químicos licenciados no DEQ não

exclui a necessidade, por todos sentida, de um esforço adicional para melhoria dos resultados objectivos da actividade desenvolvida intramuros. Nesta perspectiva estuda-se presentemente a reestruturação curricular da licenciatura, no sentido de: aumentar o número (e diversificar o leque) das disciplinas de opção, de modo a que os alunos possam orientar a sua formação específica dirigindo-a, designadamente, para a vertente da engenharia dos produtos que, entre outras, se antevê promissora; atenuar o regime estritamente semestral e a consequente sobrecarga de provas de avaliação; e, enfim, diminuir a escolaridade semanal, por forma a permitir que os estudantes tenham melhores oportunidades para se envolverem em actividades extra-escolares a que os jovens, de hoje e de sempre, hão-de necessariamente dedicar parte significativa do seu dia-a-dia se se tiver a preocupação da sua formação integral como cidadãos, para além dos engenheiros que hão-de ser.

*Prof. Dr. Lélío Quaresma Lobo
Presidente do DEQ de 1985 a 1993 e, desde
então, Presidente do Conselho Científico
da FCTUC*

MAGNETROM

Desde 1967

26 Anos ao Serviço da Investigação e Indústria

Aparelhagem de Instrumentação e Controlo
Equipamento de Aquisição e Controlo
Representantes exclusivos da
EG & G / PAR

MAGNETROM – COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE APARELHAGEM ELÉCTRICA, S.A.

Rua Fialho de Almeida, 5-2^o Dt.^o – 1000 LISBOA

Tel. 387 19 18

Fax. 387 47 73



AO DOUTOR JOSÉ DA SILVA XAVIER,
Exortando-o a celebrar na sua Poesia
os grandes Filósofos do Século XVIII

(...)
Um século c'roado d'alta glória
Levou na frente seus excelso nomes,
Que dão objecto a peregrino canto.
Tu nele louvarás os Varões sábios,
Buffon, o novo Plínio, que divaga
Por todas as campinas da natura,
Que a seus extensos olhos se apresenta:
O claro Vallisnier, jamais cansado,
Que vales, campos, montes, altas serras,
Escarpados rochedos discorrendo,
No alcance vai das intimas verdades:
Guétard e Saussure, e o grão Valério,
As minas, e as montanhas indagando,
Novos portentos descobrir puderam:
Também Marsigli audaz, que se submerge
No profundo do mar, que grandes coisas
De lá nos trouxe à clara luz do dia,
Que inda a marinha Tétis recitava
Sob o cerúleo véu de imensas águas.
Qual rima não merece sublimada
Lineu o Dioscórides moderno,
Que senhor dos segredos d'alta Flora,
Novo sistema sexual das plantas,
A'prisca idade ignoto, patenteia!
Reduz com génio criador à Arte,
Quanto em diversas classes pôs natura!

(...)
Colherás de Hélicon formosos loiros
Com que possas c'roar as doutas fronte
Ao nobre Lavoisier e ao claro Junker,
A Stahl, e a Geoffroy, Químicos sublimes,
E ao subtil Macquer, a quem deu natura
Os corpos descompor, formar potente
Extracção dos metais, que o mundo assombra.
Eis já outros em cena te aparecem
Com luzido esplendor Varões famosos,
Que todo o verso pedem d'altas Musas:
O ilustre Black o ar dos corpos fixa:
Scheele do fogo a natureza indaga,
Franklin descobre a Eléctrica virtude:
E o grande Priestley, que se eleva aos astros
As aéreas substancias te analisa.



Dr. António Ribeiro dos Santos (1745-1818)

A FABRÍCIO

Avisando-o que tenha medida em seus estudos,
e não deixe por eles o trato dos seus amigos

Se teus severos ríspidos estudos
Sofrem descanso uma hora, os olhos volta
Às cartas dos amigos. Já são quatro,
Que te tenho mandado, sem té agora
Ter resposta de ti, nem saber novas.
Que mania te traz tão alheado
De teus caros amigos, de ti mesmo?
Engolfado inda estás nesses estudos
Da Física profunda, nos segredos
Da vasta, da sublime Astronomia?
Gastas o claro dia, a noite gastas,
Consumes a saúde, e te envelheces,
Em mil combinações evaporado:
Uma hora indagas, porque o fogo ardente
No Céu convexo o alto assento busca;
A levidão do ar outra hora pesas,
Que às avidas mãos te escapa, e foge.
Umás vezes meditas, como a terra
No circumfuso ar está pendente
Em seus pesos direita: como os braços
A marinha Anfitriite cristalinos
Ora alarga, ora encolhe sobre as praias:
Outras vezes saber procuras, donde
Rebentam em tropel os duros euros
C'os bravos aquilões fortes brigando;
Donde as chuvas, e as neves flutuantes,
Donde o saltão granizo, donde o raio
Ardente vibra as tortuosas frechas.
Achas da terra estreitos os limites.
Estreito o áureo curso, que o Sol rege;
Mais longe te abalanças e atrevido,
Vais devassar os términos do mundo,
E ao largo plaine dos desertos ares,
Povoado de sustos, te remontas,
Entras nos vastos luminosos mundos,
Nesse povo de globos infinitos;
Co' sagaz astrolábio os astros medes,
Que o imóvel Céu no largo giro força;
E queres sujeitar às Leis soberbas
Os estrelados Orbes despedidos,
Esses mundos de luz, que vão seguindo,
Sem desmentir um ponto os dois caminhos,
Que Deus traçara com saber profundo.
As ignoradas órbitas calculas
Dos viajantes astros espantosos,
Das horrídas desgraças mensageiros;

E que tiras daí? És tu mais rico?
Gozas maiores bens, maior descanso?
Tens mais saúde, tens mais são costumes?
Conheces-te melhor, qual és? conheces,
Como te hás-de reger nas paixões feras?
Como deves curar teus males? como
Melhor c'os homens viverás, em quanto
Viver com eles te é forçoso? sabes
Melhor prever as voltas de teu fado?
Sabes mais dos teus fins, onde caminhas,
Onde hás-de ir dar no derradeiro dia?
Pois se nada de cousas, tão precisas
À vida, por teus cálculos sublimes
Podes medir, de que te serve, ó Fábio,
Pouco tempo de vida, que puderas
Levar em ócio brando c'os amigos,
Em profundos estudos consumi-lo?
Ah! volta, volta a ti; a ti te torna;
Torna-te, Amigo, aos amigos; torna-te
Desse ermo, em que ora vives, todo abstracto,
Ao mundo social, a que és devido:
Torna-te a mim, que te amo; não de balde
Formou em nós o Céu esta amizade.

António Ribeiro dos Santos
(*Elpino Duriense*), Poesias (vol. 1), 1812



SIMAA 6000 Atomic Absorption Spectrometer

Perkin-Elmer sets the place again in atomic absorption spectroscopy with the first *simultaneous* multi-element graphite furnace AA system using solid-state detection and Echelle polychromator optics, the SIMAA 6000. With this instrument Perkin-Elmer sets new standards in analysis time, laboratory productivity, cost effectiveness, and analysis quality.

The exceptional performance of the SIMAA 6000 has been achieved by combining proven longitudinal Zeeman-THGA technology with a newly developed Echelle polychromator and solid-state-detector optimized for high UV quantum efficiency. The Tetrahedral Echelle Polychromator (TEP) combines high dispersion and luminosity with excellent image quality throughout the focal plane. Incoming radiation is dispersed 2-dimensionally so that essentially all wavelengths of interest to AA are distributed within an area measuring 3 by 6 cm.

The TEP optical system allows to determine up to six elements simultaneously, significantly reducing analysis time without sacrifices in analytical performance. In addition, the exceptional characteristics of the Transversely-Heated Graphite Atomizer (THGA) and longitudinal Zeeman-effect background correction provide the speed and high background correction accuracy necessary for use with "fast furnace" analysis programs. Short analysis programs together with direct calibration against simple standards (STPF conditions), the simultaneous multi-element capabilities and full automation enhance sample throughput to an order of magnitude compared with conventional graphite furnace AA.

Hardware and software of the SIMAA 6000 are designed for unmatched ease-of-use and simplified operation with single keyboard control using AA WinLab software. AA WinLab is an easy-to-learn, easy-to-operate true Microsoft Windows-based program. It is an unparalleled offering of standard features, including a full range of analytical checks and quality control functions for GPL, GALP, and regulatory compliance; data editing, reformatting and transfer.

All components are integrated into the instrument housing - spectrometer, electronics, gas controls, furnace power supply, Zeeman magnet, Zeeman magnet power supply and autosampler controls. System components have been designed to occupy minimal space. Thus the SIMAA 6000 requires only the bench space of a standard flame AA instrument.

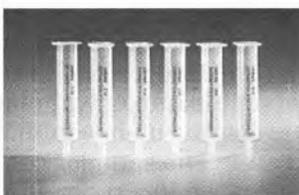
CONTACTO:
H. Schulze - PERKIN-ELMER GmbH
Postfach 10 17 61 - D-88647 Berlingen
Telf. (0551)81-3536 - Fax. (0551)81-3511



ORIEL - Componentes mecânicos, ópticos e electro-ópticos

A *Biodinâmica* passou a representar a ORIEL, fabricante norte-americano de equipamentos e componentes mecânicos, ópticos e electro-ópticos: fontes de luz, monocromadores, espectrómetros, detectores, fibras ópticas, posicionadores, suportes, filtros, etc.. Solicite à *Biodinâmica* via telefone, fax ou correio o folheto de promoção que lhe será enviado com um breve questionário de qualificação para poder vir a receber gratuitamente um ou mais guias de produtos. Estes guias, mais do que catálogos são uma excelente fonte de informação de referência.

Contacto:
BIODINÂMICA - Biónica Aplicada, Lda
Rua da Guiné, 8 C/V Esq. - 1100 Lisboa
Tel. (01)8150760 - Fax (01)8150770



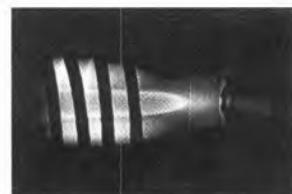
Novos cartuchos de extracção por disco

Os novos cartuchos de extracção por disco Empore proporcionam uma notável eficiência de extracção, reduzem a possibilidade de contaminação e eliminam a formação de canais no leito filtrante. Devido à sua concepção e ao seu reduzido tamanho, utilizam menores volumes de amostra e de solventes, reduzindo o tempo necessário à preparação da amostra. Os cartuchos Empore de comprovada reprodutibilidade são ideais para uma larga gama de aplicações clínicas, toxicológicas, farmacêuticas e outras.

Novas colunas de HPLC para utilização com extracção em fase sólida



A Varian desenvolveu uma linha de colunas de HPLC destinadas a serem utilizadas com técnicas e equipamentos de extracção em fase sólida, combinando a rapidez da preparação da amostra com a simplicidade cromatográfica. As colunas Varian Res Elut apresentam reprodutibilidade comprovada e são suportadas pelo melhor apoio técnico da indústria no campo da extracção em fase sólida.



ICP-MS totalmente automatizado

O UltraMass ICP-MS da Varian é rápido, fácil de usar e apresenta uma flexibilidade sem precedentes com o seu software multi-tarefa. Controla e armazena todos os parâmetros num método permitindo analisar sem interrupção matrizes de amostras muito variadas. O UltraMass ICP-MS apresenta simultaneamente no mesmo ecrã o espectro total, a ampliação de uma determinada massa e os resultados estatísticos. O sistema de segurança "Scout" permite que picos largos possam ser analisados sem dano para o detector e o poderoso "software" de ajuda e diagnóstico reduz o tempo de eventual paragem do aparelho.



Sistema automático de preparação e injeção de amostras para HPLC

O sistema Prospekt de limpeza e injeção de amostras para HPLC permite poupar tempo e dinheiro porque automatiza os fastidiosos procedimentos de preparação e injeção de amostras. Disponível em módulos, a unidade central muda automaticamente até 120 cartuchos e injecta directamente na coluna de

HPLC. A unidade de solventes selecciona e fornece a fluxo constante até 16 solventes e o amostrador automático deposita nos cartuchos descartáveis Prospekt quantidades rigorosas de amostra.

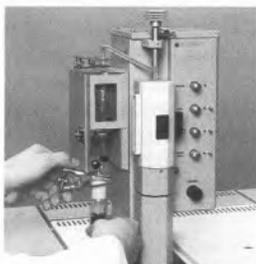


Espectrómetro de absorção atômica de alta capacidade

O SpecrAA-600 pode analisar até 20 elementos de 999 amostras numa sequência automática, enquanto que o "software" OS/2 permite efectuar simultaneamente outras tarefas. A razão eficiência/preço é bastante favorável.

Contacto:

Emílio de Azevedo Campos & Ca. Lda.
Rua Antero de Quental, 17 1º - 1150 Lisboa
Tel. (01)8850194 - Fax (01)8851397



Purga & Trap/Headspace dinâmico em qualquer cromatógrafo

O modelo CP 4001 da Chrompack é o resultado de mais de uma década de experiência prática e de investigação na análise por "headspace" de orgânicos voláteis. O sistema proporciona os últimos melhoramentos nas técnicas de purga e "trap/headspace" dinâmico e ainda em desorção térmica. O modelo CP 4001 é completamente controlado a partir do cromatógrafo com a mesma referência.

O último desenvolvimento da Chrompack nesta área, é o injetor CP 4010, oferecendo todos os aspectos inovadores do sistema acima, e permitindo a instalação em qualquer tipo de cromatógrafo comercialmente disponível.

A operação é simples visto que todos os parâmetros analíticos são seleccionados e programados a partir do teclado da unidade de controle.

Colunas capilares com 30 e 60 m

Um dos parâmetros normalmente indicado nos métodos analíticos é o comprimento da coluna. Por forma a poder fornecer comprimentos específicos, a Chrompack aumentou a gama de comprimentos disponíveis. As colunas capilares desde a não polar CPSIL 5 CB até à polar CPWAX 52 CB, estão agora disponíveis em comprimentos de 25, 30, 50 e 60 m de comprimento.

Colunas de HPLC para separação de compostos quirais

A análise rápida, exacta e selectiva de isómeros quirais é essencial porque um dos enantiómeros é frequentemente tóxico ou actua como inibidor. A Chrompack acaba de lançar um folheto com 8 páginas que contém alguns cromatogramas e várias sugestões sobre a separação de enantiómeros em colunas fabricadas pela companhia como, por exemplo, as do tipo "semi-chiral" e ES-OVM. Peça a sua cópia.

Contacto:

ELNOR - Equipamentos Técnicos e de Laboratório, S.A.
Rua de Camões, 835 - 4000 Porto
Tels. (02)5502505 ou (01)805445



Densímetros digitais da Mettler

Os novos densímetros digitais da Mettler podem ser usados numa elevada gama de aplicações, tais como: óleos e produtos derivados do petróleo; gorduras e óleos vegetais; cosméticos; detergentes; activadores; bebidas; soluções açucaradas; especiarias; produtos orgânicos e não orgânicos.

Os modelos 300/310 possuem termostato incorporado para a determinação de densidades de líquidos e gases e também de valores relacionados com a gravidade específica, Brix, API (petróleo), álcool, concentração em %, etc. A precisão da leitura situa-se em 1×10^{-4} g/cm³ e 1×10^{-5} g/cm³ respectivamente. Ambos os modelos podem ainda ser automatizados.

O modelo portátil-110 apresenta uma precisão de 1×10^{-3} g/cm³, factor de calibração automático, saída RS232C para impressora ou computador e capacidade para armazenar até 99 resultados.



Refractómetro digital da Mettler

A Mettler acaba de lançar o novo refractómetro digital, modelo RA510 com as seguintes características: Intervalo de medida desde 1.32000 a 1.56000; Precisão 0.00002 e controlo de temperatura na gama de 15.00 a 40.00 °C.

Contacto:

SOQUÍMICA - Soc. de Representações de Química, Lda.
Rua Coronel Santos Pedroso, 15 - 1500 Lisboa
Tel. (01)7165160 - Fax (01)7165169



Analizador de humidade - PRECISA

Desde 0,0001 mg a 40 Kg; Robustez, Precisão e Qualidade Suíças (com 2 anos de garantia), vem sendo o mote da PAG OERLIKON AG, fabricante das balanças da marca PRECISA.

Ao longo de 40 anos a PRECISA tem imposto o seu nome no mercado com base na moderna tecnologia que incorpora (microprocessador com "software" de calibração e taragem automática, flutuação de leitura programável, estabilidade e tempo de integração ajustáveis, programas para as mais diversas aplicações, etc.), na inovação sistemática (protecção IP 65 contra poeiras, líquidos corrosivos e ambientes agressivos, protecção por código anti-roubo...), na não cedência a materiais de construção frágeis e no rigor que coloca em matéria de controlo de qualidade.

A PRECISA lançou recentemente no mercado o analisador de humidade (modelo HA 300), equipado com balança de 225 g de capacidade e sensibilidade de 0,001 g. Este analisador possui janela de observação das amostras e o seu funcionamento é gerido por microprocessador com memória para 20 diferentes programas, intervalos e potência de secagem programáveis de acordo com as características da amostra e de "software" de diálogo com o operador. A interface RS 232 (para computador ou

impressora) incorporada possibilita a documentação de resultados de acordo com as recomendações GLP. Resta acrescentar que a garantia é válida, como habitualmente, por 2 anos.



Estufas refrigeradas - WTB BINDER

A estufa da figura é refrigerada. Cabe perguntar onde se encontra o sistema de arrefecimento?

Trata-se de mais um avanço técnico das estufas *WTB BINDER*, patenteado sob a designação de "DCT-Cooling System" (Direct Cooling Technology) que permite economizar espaço no laboratório, garantindo alta precisão, anulando os riscos de congelação e as preocupações de limpeza e manutenção próprias dos sistemas tradicionais. Um labirinto de evaporadores integrados nas paredes laterais transferem o frio directamente para a atmosfera interior através da câmara de pré-aquecimento. Estas unidades refrigeradas pertencem à nova série "APLine" (Advanced Preheating Technology) e o seu sistema de frio não seria possível sem esta outra patente *WTB BINDER*. De facto nestas estufas o ar não entra directamente do meio ambiente e as resistências não estão incrustadas nas paredes da câmara. A câmara de pré-aquecimento é, em si mesma, um factor de comportamento equilibrado: prevê a distribuição racional e controlada do ar, resolvendo o problema da uniformidade e estabilidade da temperatura, melhorando os tempos de aquecimento/arrefecimento, mesmo em estufas sem ventilação forçada e evitando o recurso a "vetoinhas gigantes".

O interior das estufas "APLine" é excelente: cantos arredondados, sem buracos ou fixadores de parteleira cortantes, parteleiras resistentes e munidas de pegas para poderem ser retiradas com todo o material.

Além dos incubadores e estufas de secagem, a linha *WTB BINDER* inclui câmaras de ensaio térmico e de germinação, estufas de vácuo e estufas anti-explosão para utilizar com amostras contendo quantidades apreciáveis de solvente.

Dr Lange - Ao serviço de análises de águas

Acaba de ser publicada a nova brochura *DR LANGE* de 16 pág., que dá a visão genérica



da sua linha de equipamento e sistema de reagentes para a análise de águas residuais e efluentes.

Muito antes de estarem na ordem do dia os problemas da "protecção ambiental", "qualidade da água" e "índice de poluição", a análise de água já tinha fundamentos sólidos. O Dr. Bruno Lange deu um contributo decisivo para estes fundamentos ao inventar (1931) a fotocélula de selénio e conseguir uma aplicação prática para o seu invento na análise fotométrica de líquidos e sólidos. Ao longo destes 60 anos a tecnologia e a capacidade dos aparelhos foram evoluindo, podendo a *DR LANGE* gabar-se de ter comercializado o primeiro fotómetro que, a nível mundial, utilizou o microprocessador.

A recente acreditação dos métodos do *DR LANGE* segundo EN 4500 e DIN pelas autoridades alemãs foi o culminar deste esforço, mostrando que os resultados obtidos de forma expedita são fiáveis e idênticos aos conseguidos pelo método "standard".

A presente brochura apresenta a tecnologia mais actual que possuem os aparelhos comercializados pela firma *DR LANGE*, explica em pormenor quais os parâmetros relevantes do ponto de vista ambiental, composição dos reagentes, gamas de análise, métodos de análise vestigial e soluções padrão para teste e controlo de resultados.

Contacto:
LABNORMA, Lda.
Rua Infanteria Dezasseis, 41 2º - 1250 Lisboa
Tel. (01)3840126/7 - Fax (01)3856262



Bomba HPLC L-7100

A nova bomba HPLC quaternária L-7100 constituiu o centro da nova linha de HPLC da *MERCK- LaChrom*. A L-7100 foi concebida de forma a proporcionar uma elevada constância de fluxo e baixa pulsação. O sistema *LaChrom* foi desenhado com especial atenção às características de garantia de qualidade (GLP, GMP, ISO 9000). Esta

bomba determina desvios ao perfil de pressão, que podem ser registados pelo integrador ou por computador, juntamente com os resultados analíticos. Dispõe de um "logbook" de manutenção que regista o volume total de solvente consumido, permitindo avaliar a necessidade de substituição dos empanques.

O minimizado volume interno, elevada constância de fluxo e reprodutibilidade do gradiente mesmo a baixos fluxos, tornam a L-7100 ideal para aplicações em micro-bore, sem ser necessária qualquer modificação. Em todo o sistema *LaChrom* a comunicação é assegurada por um sistema digital "D-line" através de um único cabo de ligação.



Detector UV/VIS programável L-7400

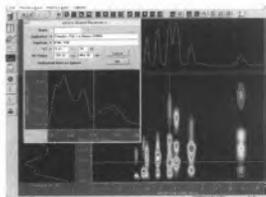
O detector L-7400 está equipado com um sistema óptico de duplo feixe de alta qualidade, capaz de compensar flutuações provenientes da intensidade de luz e do envelhecimento da lâmpada. A célula de fluxo de 10 mm é constituída de forma a minimizar efeitos de refração que possam ocorrer quando são alterados os parâmetros cromatográficos. Tudo isto conduz a uma elevada sensibilidade de detecção em toda a gama de comprimentos de onda (190-600 nm). Devido à possibilidade de variação de comprimentos de onda durante a análise, cada componente numa amostra pode ser determinado no máximo da sua sensibilidade, facilitando assim a integração dos picos. Para estar coerente com o GLP, o detector permite registar o valor a energia, o nº de ignições da lâmpada e executa uma verificação automática da exactidão do comprimento de onda. A comunicação "D-line" assegura uma eficiente transferência de dados entre os módulos *LaChrom*.

Detector "Diode Array" L-7450

A tecnologia de prisma, devido à sua baixa dispersão de luz, torna possível a obtenção de espectros de elevada resolução. A elevada qualidade dos componentes electrónicos e a termostatização Peltier do array de díodos, garantem a elevada sensibilidade deste detector, apesar da sua elevada resolução espectral.

Um mapa de contornos permite ao utilizador uma visualização de todos os cromatogramas e espectros, de uma forma clara e fácil

de interpretar. No controle de pureza de picos os flancos de início e fim de pico são comparados e o coeficiente de correlação é calculado. Os picos que estiverem fora da gama daquele coeficiente são fáceis de reconhecer visto aparecerem coloridos. Adicionalmente o "software" permite a comparação automática com espectros padrão.



Novo "software" D-7000 para HPLC

O D-7000 HPLC "system manager" é o novo "software" para controlo e processamento de dados, sendo parente da família *LaChrom* produzida pela MERCK. A combinação do "software" e do "hardware" forma um sistema com controlo e monitorização centralizados, de elevada qualidade e funcionalidade. Sinais de controlo, de detecção e mensagens de erro são transferidos entre os módulos através de um único cabo D-line. A estação de tratamento D-7000 usa os dados que lhe chegam para preparar a gravação dos cromatogramas e relatórios, incluindo o System Suitability Test. O D-7000 HPLC "system manager" é um "software" desenvolvido pela Windows que abre uma nova dimensão para o HPLC, nomeadamente na transferência de dados. Permite ainda o uso de vários utilizadores possuindo cada qual uma "password". O "software" bem como todos os módulos *LaChrom* são distribuídos com certificados de validação e relatórios de ensaio.

Contacto:

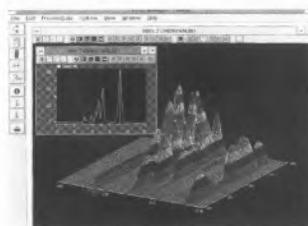
MERCK Portuguesa, Lda.
Rua Alfredo da Silva, 3C - 1300 Lisboa
Tel. (01)3621434 - Fax (01)3621445



Microscópio FT-IR da Perkin Elmer

A microscopia FT-IR é uma técnica potente, que permite que amostras com 10 micron possam ser visualizadas, isoladas e identificadas.

O novo microscópio *i-Series* da Perkin Elmer, compatível com os espectrometros Sistema 2000 e Paragon 1000, combina as vantagens de uma detecção superior por infravermelho com microscopia óptica a nível de pesquisa. As capacidades da *i-Series* são extendidas pela adição do sistema interativo multimédia IMAGE do mesmo fabricante. O operador controla uma platina motorizada e recolhe informação IR pela interacção com imagens reais da amostra em video.



Software Elan 6000 ICP-MS

Projectado e desenvolvido pela Perkin Elmer SCIEX, o novo "software" Elan 6000 encontra-se instalado em mais de 400 laboratórios a nível mundial. Este "software" que trabalha em ambiente Windows foi desenhado para uma automatização completa dos sistemas ICP-MS: Um conjunto flexível de acessórios completam a rapidez e eficiência do quadro-pólo do ELAN, colocando-o no topo da sua classe em produtividade. Entre outras vantagens do ELAN, salientam-se as suas excelentes características analíticas e a pequena dimensão.



Fotómetro portátil para análise de águas

A Lovibond-Tintometer desenvolveu recentemente um fotómetro portátil para análise de águas denominado PC22. Controlado por microprocessador o fotómetro incorpora "software" específico (ampliável) para 30 determinações diferentes, com leitura directa em mg/l e leitura em absorvência o que permite ao operador desenvolver os seus próprios métodos. Este modelo incorpora uma interface para comunicação com impressora ou computador.

Leve e robusto este equipamento permite executar com rapidez, precisão e sensibi-

lidade uma vasta gama de análises de rotina em águas potáveis e residuais.



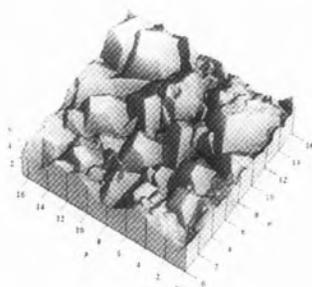
Balanças electrónicas GIBERTINI

As balanças Gibertini certificadas segundo a norma ISO 9002 impuseram-se no mercado pela robustez, precisão e reprodutibilidade.

Todos os modelos têm leitura digital, taragem em toda a gama e indicador de capacidade ocupada. Uma interface RS232 permite o controlo remoto da balança ou a sua interligação com outros sistemas analíticos ou informáticos. Um dispositivo patenteado protege a balança contra danos causados por cargas superiores à sua capacidade. Toda a gama possui um sistema de auto-calibração. A precisão varia desde a gama analítica (0,01 mg) até à industrial.

Contacto:

ILC - Instrumentos de Laboratório e Científicos, Lda.
Rua Dr. Álvaro de Castro, 77 - 1600 Lisboa
Tel. (01)7962172 - Fax (01)7937035



Encontro "Microscopia STM e AFM"

A Criolab tem à sua disposição os resultados obtidos no Encontro Park Scientific Instruments / Criolab onde foram observadas diversas amostras de investigadores e de industriais portugueses. Consulte-nos. A Criolab preparou-se para poder oferecer localmente o apoio pós-venda, de qualidade, que os seus clientes conhecem. No seu interesse contactar:

Contacto:

CRIOLAB, Lda
Apartado 3199 - Leça da Palmeira - 4450 Matosinhos
Tel. (02)9964845 - Fax (02)9964847

Polarografia e Métodos Polarográficos

MARGARIDA C. SANTOS*

1. INTRODUÇÃO

A Polarografia é um ramo dos Métodos Electroanalíticos que trata da medida e interpretação da relação existente entre a corrente e o potencial durante a electrólise de uma solução não agitada entre dois eléctrodos, um eléctrodo de referência e um micro-eléctrodo de trabalho (área de alguns mm^2). A Polarografia é o nome particular dado ao Método Voltamétrico quando e só quando o eléctrodo de trabalho, ou seja aquele onde a reacção de interesse (oxidação ou redução) ocorre, é um Eléctrodo Gotejante de Mercúrio (EGM).

Aquela técnica, descoberta pelo químico checoslovaco Jaroslav Heyrovsky no início dos anos 20, (pelo que lhe foi atribuído anos mais tarde o Prémio Nobel da Química) teve nas duas últimas décadas importantes desenvolvimentos, e novas técnicas polarográficas apareceram com especial destaque para os Métodos Polarográficos com Impulsos. Devido aos avanços verificados na electrónica as técnicas polarográficas mais sofisticadas podem facilmente realizar-se com equipamento disponível comercialmente a preços muito acessíveis. Assim, a polarografia moderna é uma técnica sensível e rápida de indiscutível interesse na maior parte das áreas de Química Analítica. Com limites de detecção da ordem dos 10^{-8} M (caso da Polarografia de Onda Quadrada) compete nomeadamente com a Absorção Atómica na determinação de uma série de elementos (por exemplo cobre, chumbo, cádmio, zinco, níquel).

2. ELÉCTRODO GOTEJANTE DE MERCÚRIO (EGM)

Este tipo de eléctrodo consiste essencialmente num capilar de vidro, com um diâmetro interno de 0,05-0,08 mm, ligado a um reservatório que contém mercúrio metálico e colocado de 30 a 80 cm acima do orifício do capilar (fig. 1). À medida que o mercúrio passa pelo capilar forma-se uma gota na extremidade que cairá ao atingir o seu tamanho

máximo, função do raio do capilar, da altura da coluna de mercúrio e da tensão superficial entre o mercúrio e a solução. Variando a altura do reservatório, varia-se a pressão da coluna de mercúrio e obtêm-se assim gotas reproduzíveis com tempos de vida de 1 a 6 s e diâmetros de 0,5 a 1 mm. Como de cada vez que se forma uma gota se tem uma superfície renovada, sem substâncias adsorvidas ou depositadas, as relações corrente/potencial que se obtêm são bastante reproduzíveis, o que constitui uma vantagem sobre um metal sólido. Por exemplo num eléctrodo de Platina, os resultados são bastante dependentes das condições da superfície, nomeadamente do seu tratamento prévio.

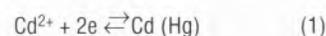
A grande maioria das reacções estudadas com o eléctrodo de mercúrio são reduções o que é devido à janela de potencial acessível para o mercúrio i.e. aos limites de potencial anódico e cató-

dico aos quais um outro processo electroquímico pode ocorrer, mascarando o correspondente à reacção em estudo. Assim, em relação à região anódica, o limite é imposto pela oxidação do próprio mercúrio. O potencial a que esta oxidação ocorre depende da composição da solução verificando-se que num meio não complexante a reacção se dá a potenciais próximos de 0,3 V medidos em relação ao eléctrodo de referência saturado de calomelanos, ESC. Quanto ao limite catódico é imposto pela redução do ião H^+ , processo este que no mercúrio é lento estando-lhe associado uma grande sobretensão, i.e. ocorre só a valores de potencial bastante negativos. É evidente que este valor depende da concentração hidrogeniônica sendo menos negativo quanto menor o pH, podendo ir até cerca -2,0 V vs ESC numa solução 1 M em NaOH. Tem-se pois que em solução aquosa a "janela de potencial" para o mercúrio poderá corresponder ao intervalo de potenciais compreendido entre 0,3 e -2,0 V vs ESC.

3. POLAROGRAFIA CLÁSSICA

3.1. Fundamentos

A figura 2 mostra um polarograma típico ou seja a curva corrente (i)/potencial (E) que se obtém em polarografia para o caso de uma redução à superfície do eléctrodo de mercúrio numa solução não agitada, por exemplo:



Suponhamos que em solução existe o ião Cd^{2+} cujo potencial de decomposição, potencial ao qual se começa a verificar a redução correspondente à reacção (1), é E_d .

Para valores de potencial aplicados ao eléctrodo de mercúrio menos negativos que E_d não ocorre reacção electroquímica, passando na célula apenas uma corrente residual de pequena intensidade. Quando o potencial aplicado atinge o valor

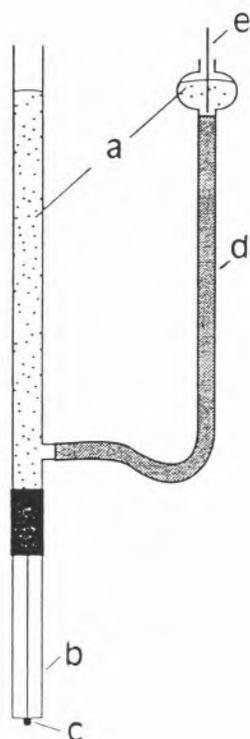


Fig. 1 — Eléctrodo gotejante de mercúrio EGM
a) Mercúrio; b) Capilar; c) Gota mercúrio;
d) Tubo cm tygon; e) Fio metálico.

de E_d começa a notar-se um aumento de corrente correspondente à redução (1). Aumentando o potencial para valores mais negativos a concentração de iões Cd^{2+} à superfície do eléctrodo diminui em relação à existente no interior da solução, estabelecendo-se deste modo um gradiente de concentração. Para valores de potencial suficientemente negativos todos os iões Cd^{2+} que atingem a superfície do eléctrodo reduzem-se de imediato e a concentração à superfície torna-se nula. A reacção electroquímica passa a ser controlada pela velocidade à qual os iões Cd^{2+} vêm do interior da solução até à superfície do eléctrodo. Nestas condições um aumento do valor do potencial aplicado ao eléctrodo não conduz a um aumento de corrente, que atinge portanto um valor limite.

Qual o mecanismo responsável pelo transporte dos iões Cd^{2+} do interior da solução até à superfície do eléctrodo?

Estando-se a trabalhar numa solução não agitada não haverá transporte de massa por convecção. Os outros mecanismos possíveis são a migração e a difusão. Quanto ao transporte devido à migração e que é devido às atracções (ou repulsões) electrostáticas entre os iões do analito (substância a analisar) e o eléctrodo, é eliminado na presença de um electrólito de suporte, i.e., um sal cujos iões não sofrem reacção redox na zona de potencial em estudo, estando em excesso em relação ao analito e cujos iões serão os responsáveis pelo transporte da corrente no interior da solução. Deste modo o único mecanismo pelo qual os iões Cd^{2+} são transportados até à superfície do eléctrodo é o de difusão que resulta do gradiente de concentração existente. Dado que a velocidade de redução é então controlada pela velocidade de difusão, à corrente limite que se obtém, uma vez descontada a corrente residual, chama-se corrente de difusão.

Na figura 2 podem notar-se oscilações de corrente que são devidas ao crescimento e queda de cada gota de mercúrio: à medida que a gota cresce a sua área aumenta e mais substância pode alcançar a superfície para um mesmo intervalo de tempo. A corrente aumenta, portanto, até que a gota cai e então a corrente diminui drasticamente.

A equação de Ilkovic

A equação fundamental que relaciona a corrente de difusão com a concentração do analito em solução é a equação de Ilkovic:

$$\vec{i}_d = 607 n m^{2/3} t^{1/6} D^{1/2} C \quad (1)$$

Onde \vec{i}_d representa a corrente de difusão medida na média das oscilações (Fig. 2) em Amperes, n o número de electrões trocados da reacção redox, m o caudal de gotejamento do mercúrio em mg/s, t o tempo de vida da gota em segundos, D o coeficiente de difusão da espécie electroactiva em $cm^2 s^{-1}$ e C a concentração da espécie electroactiva em moles cm^{-3} .

Na prática a corrente de difusão corresponde à diferença entre as correntes limite e residual. Entre os vários métodos possíveis para a determinação de \vec{i}_d recomenda-se o método gráfico que se ilustra na fig. 3, em que C é o ponto médio da tangente à curva polarográfica e que une as linhas rectas (a e b) que passam pelos valores médios das correntes residual e limite. O valor de \vec{i}_d é medido na vertical e dado pelo segmento \overline{AB} (que passa pelo ponto C). Ao valor de potencial correspondente chama-se potencial de meia onda e representa-se por $E_{1/2}$.

3.2 Análise qualitativa e quantitativa

O valor do potencial de meia onda, $E_{1/2}$, assim chamado pois é o valor de potencial ao qual a corrente é igual a metade da corrente de difusão, é um valor que não depende da concentração do analito sendo uma constante num dado electrólito de suporte.

O valor de $E_{1/2}$ está directamente relacionado com o potencial normal da reacção redox. No caso de uma reacção de eléctrodo reversível e em que ambas a forma oxidada e a reduzida são solúveis em solução o valor de $E_{1/2}$ é numericamente igual ao potencial normal da reacção redox, como acontece para os sistemas Fe^{2+}/Fe^{3+} e quinona/quinol.

O valor do potencial de meia onda é pois a grandeza que pode ser usada em polarografia para análise qualitativa.

Por outro lado, se se tiver em solução mais do que uma substância electroactiva a análise simultânea será possível desde que os potenciais de meia-onda

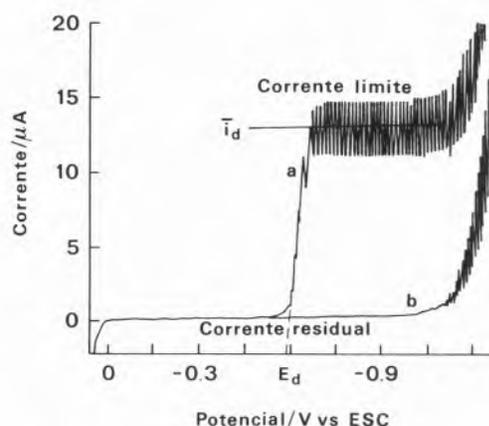


Fig. 2 — Polarogramas de a) Solução 5×10^{-4} M em Cd^{2+} e 1M em HCl; b) Solução 1M em HCl

sejam suficientemente afastados de modo a que as ondas polarográficas não se sobreponham. De um modo geral desde que $\Delta E_{1/2} > 300/n$ mV a interferência é desprezável.

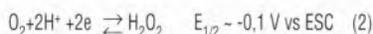
Como se pode ver através da equação de Ilkovic (eq. 1) a amplitude da corrente de difusão depende de vários factores além da concentração do soluto. No entanto, o produto $m^{2/3} t^{1/6}$ manter-se-á constante, para um dado capilar, desde que se mantenha constante a altura, h , da coluna de mercúrio. Quanto ao valor do coeficiente de difusão, D , não se altera dentro dum erro de 2% desde que a temperatura não varie de mais de $1^\circ C$. Nestas condições a equação de Ilkovic pode escrever-se na forma

$$\vec{i}_d = KC \quad (2)$$

ou seja a corrente de difusão é directamente proporcional à concentração da espécie electroactiva.

Efeito do oxigénio na forma do polarograma

O oxigénio dissolvido, que existe em qualquer solução em contacto com o ar, reduz-se facilmente no eléctrodo de mercúrio de acordo com as reacções



que dão origem a duas ondas polarográficas distintas (Fig. 4) que interferem com qualquer outra onda que possa

ocorrer naquela região de potencial. Assim a remoção do oxigénio dissolvido é geralmente o primeiro passo de uma análise polarográfica e consiste em desarejar a solução durante alguns minutos (~ 10 minutos) com um gás inerte (por ex. azoto).

3.3 Limite de detecção

O limite de detecção em polarografia clássica corresponde a concentrações da ordem de 10^{-5} M e é imposto pela corrente residual.

Esta corrente tem duas componentes. Uma deve-se à redução ou oxidação de impurezas inevitavelmente presentes no solvente e em qualquer electrólito. Como a concentração do electrólito de suporte é elevada esta contribuição pode ser significativa se não forem usados reagentes de grau pró-análise.

A segunda componente da corrente residual é a corrente necessária para carregar ou descarregar o condensador formado na interface mercúrio-solução e que tem a sua origem na adsorção preferencial dos iões em solução na superfície do mercúrio. Esta componente, chamada corrente capacitiva, existe sempre em qualquer experiência polarográfica independentemente da pureza dos reagentes. O valor desta corrente é tipicamente da mesma ordem de grandeza do da corrente de difusão devido à reacção redox de uma substância presente numa concentração de 10^{-5} M, pelo que é a principal responsável pelo valor do limite de detecção.

4. MÉTODOS POLAROGRÁFICOS COM IMPULSOS

As limitações da Polarografia Clássica associadas ao seu limite de detecção são perfeitamente ultrapassadas nos Métodos com Impulsos. Desenvolvidos tendo como finalidade um menor limite de detecção, em todos os métodos com impulsos se reduz, com sucesso, a contribuição da corrente capacitiva em relação à corrente medida.

Naqueles métodos, e tal como o nome indica, o potencial é aplicado ao EGM periodicamente e durante curtos intervalos de tempo. A corrente em vez de ser medida durante todo o tempo de vida da gota, como acontece na polarografia clássica, é só medida durante uma fracção desse tempo (Tabela 1).

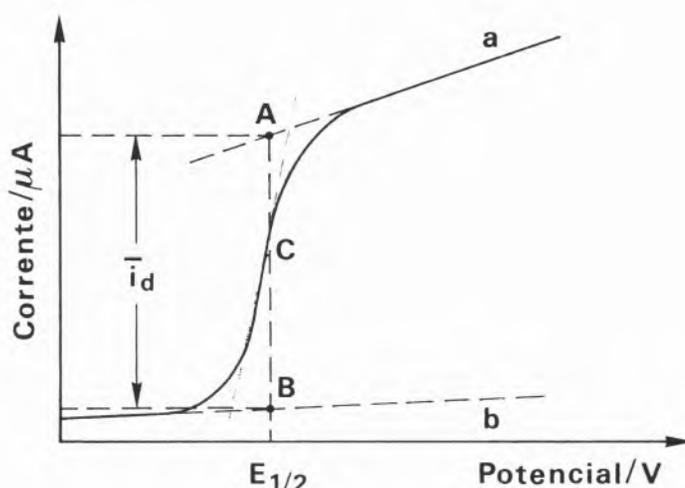


Fig. 3 — Determinação experimental de i_d e $E_{1/2}$.

Durante o tempo de vida da gota t , a corrente de difusão aumenta com $t^{1/6}$ como se pode ver através da equação de Ilkovic. Quanto à corrente capacitiva varia com $t^{-1/3}$. Deste modo medidas de corrente feitas nos últimos instantes de vida da gota maximizam a razão corrente de difusão/corrente capacitiva.

Uma compreensão mais aprofundada dos métodos com impulsos, que requer conhecimentos mais detalhados da polarografia clássica, está fora do âmbito deste texto. No entanto uma comparação dos métodos mais importantes embora que sumária parece-nos importante de modo a realçar as suas potencialidades.

Na Tabela 1 (ver pág. seguinte) apresentam-se de modo esquemático as técnicas com Impulsos mais importantes.

No que diz respeito à Polarografia Normal com Impulsos (PNI) tem-se limites de detecção da ordem de 10^{-6} M e uma resolução igual à da Polarografia Clássica. As Polarografias Diferencial com Impulsos, PDI, e de Onda Quadrada POQ, apresentam limites de detecção entre 10^{-7} e 10^{-8} M. Nestas duas técnicas é possível analisar simultaneamente substâncias cujos potenciais de meia onda diferem de somente 0.05 V.

O aumento de resolução verificado deve-se a forma do polarograma que se obtém: um pico em vez de uma onda sigmoidal, o que é devido ao facto de se registar uma diferença de correntes por impulso como se ilustra na Tabela 1.

A Polarografia de Onda Quadrada

apresenta a vantagem adicional sobre os outros métodos com impulsos de se tratar de uma técnica extraordinariamente rápida: um polarograma abrangendo uma zona de potencial de 1V pode ser obtido em 0,5 s enquanto que o ensaio correspondente por Polarografia Diferencial com Impulsos demora cerca de 100 vezes mais. Nalgumas situações os polarogramas podem ser traçados na presença de oxigénio dissolvido o que se traduz num ganho adicional de tempo. Estes aspectos conduziram a aplicações não acessíveis aos outros métodos com impulsos, nomeadamente na detecção de compostos que emergem de um cromatógrafo.

Com os desenvolvimentos verificados na instrumentação electroquímica controlada por computadores a Polarografia de Onda Quadrada tende a tornar-se no método polarográfico de excelência para análise quantitativa.

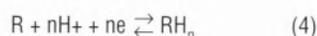
5. APLICAÇÕES DOS MÉTODOS POLAROGRÁFICOS

É possível estudar por polarografia qualquer reacção electroquímica (redução ou oxidação) que se dê dentro dos limites de potencial imposto pelo sistema EGM/solvente/electrólito.

Em relação a compostos inorgânicos a maior parte dos catiões metálicos reduzem-se no eléctrodo gotejante de mercúrio. Mesmo os metais alcalinos e os alcalino-terrosos são redutíveis, sendo conveniente nestas situações usar como electrólito de suporte halogenetos de tetraalquilamónio. Os métodos polarográficos são também aplicáveis na análise de aniões como o bromato, iodeto e vanadato. Uma vez que o ião H^+ par-

ticipa nas reacções redox que envolvem aqueles aniões deve-se ter o meio tamponizado.

O mesmo acontece nos processos de eléctrodo que envolvem compostos orgânicos, que tipicamente podem ser representados por



onde R e RH_n são as formas oxidada e reduzida da molécula orgânica.

Vários grupos funcionais comuns podem sofrer reacção electroquímica no EGM e logo vários compostos orgânicos podem ser determinados por métodos polarográficos. Como exemplos tem-se vitaminas como a Riboflavina, antibióticos como a Estreptomicina e esteróides como a Progesterona.

Devido aos baixos limites de detecção requeridos em muitas destas análises os métodos com impulsos serão mais adequados.

Com o controlo cuidadoso das condições experimentais a Precisão e exactidão relativa que se obtém é de 1 a 3% para concentrações da ordem de 10^{-7} M.

Esta nota sobre os métodos polarográficos ficaria incompleta sem uma referência às suas aplicações ditas não

analíticas. Assim a polarografia é não só uma técnica vulgar na determinação de constantes de formação de espécies em solução como também nos permite calcular constantes de velocidade de reacções de eléctrodo e de processos químicos em solução acoplados aos processos electroquímicos.

Partilha assim com os Métodos Voltamétricos em geral a versatilidade a eles associada em áreas que não do domínio exclusivo do que se convencionou chamar da Química Analítica.

6. BIBLIOGRAFIA

D. A. Skoog, J.J. Leary *Principles of Instrumental Analysis*, 4th Ed., Saunders College Publishing, New York, 1992.

D.C. Harris *Quantitative Chemical Analysis* 3rd ed., W.H. Freeman and Company, New York, 1991

T. Riley, A. Watson *Polarography and other Voltammetric Methods*, Séries Analytical Chemistry by open Learning, John Wiley and Sons, London 1987.

A.M. Bond *Modern Polarographic Methods in Analytical Chemistry*, Marcel Dekker, New York, 1980.

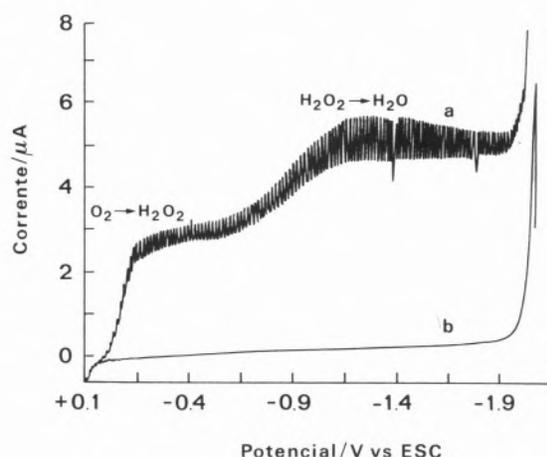


Fig. 4 — Polarogramas de uma solução 0.1 M em KCl a) Saturada com ar; b) Depois de desarejamento.

M.L.S.S. Gonçalves *Métodos Instrumentais de Análise para Análise de Soluções*, 2ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1990.

* Centro de Química Estrutural Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1096 Lisboa Codex

TABELA 1: TÉCNICAS POLAROGRÁFICAS COM IMPULSOS

	Relação entre a corrente e o potencial	Curvas corrente potencial
Polarografia normal com impulsos LD: 10^{-7} M		
Polarografia diferencial com impulsos LD: 10^{-8} M		
Polarografia de onda quadrada LD: 10^{-8} M		
τ: período de repetição do impulso LD: limite de detecção	t _p : tempo do impulso • Medida da corrente	E _{1/2} : potencial de meia onda E _p : potencial do pico i _p : Corrente do pico

Química Atmosférica: o seu impacto nas variações planetárias globais

Os trabalhos da Comissão VI-4 da IUPAC : Química Atmosférica, resultaram recentemente na publicação do livro intitulado: "The Chemistry of the Atmosphere: its impact on global change", editado por Jack G. Calvert (Boulder, Colorado, EUA) e publicado por Blackwell Scientific Publications de Oxford em nome da IUPAC (ISBN 0-632-03779-2, 394 pp., 1994, preço : 89,5 libras)

No prefácio, que se baseia nas recomendações dos mais recentes trabalhos desta Comissão [1], o editor Jack Calvert, refere que um dos maiores desafios do próximo século e a cabal compreensão dos complexos mecanismos da química e da física atmosférica que permitam levar ao controlo das diversas "entradas" por forma a impedir a degradação significativa da atmosfera terrestre assim como permitir o delinear de soluções

para os problemas daí decorrentes que tem vindo a ser ou possam ainda ser diagnosticados.

Neste livro referem-se as principais discussões e avaliações efectuadas pela Comissão sobre o estado-da-arte do problema, distribuído por 27 capítulos, organizados em seis secções cobrindo os principais aspectos da química da atmosfera através de um fio condutor que vai desde a química básica da atmosfera que conduz a alterações da sua composição, à destruição do ozono na estratosfera, a sua formação na troposfera ou a geração de ácidos ou aerossóis na atmosfera.

Assim, a primeira parte apresenta uma panorâmica da investigação relacionada com a química atmosférica e as variações globais planetárias, enquanto a parte dois se dedica aos aspectos da química atmosférica que dizem

respeito a diminuição do ozono estratosférico, que é considerado como o problema actualmente mais grave. A terceira parte trata de uma das mais importantes áreas de actuação da química atmosférica que são os métodos de medida das diversas espécies atmosféricas, em particular, os traços. A parte quatro refere-se a outro dos grandes desafios actuais que é o aquecimento global do planeta e o efeito de estufa, apresentando discussões de vários cientistas que concordam entre si em que tanto o potencial para aquecimento global através de emissões assim como o teor de gases de "estufa", tais como metano, dióxido de carbono, CFC, etc., tem vindo a aumentar exponencialmente, mas, mesmo assim, permanecem aspectos de incerteza relativamente às concentrações destes gases, e aos seus efeitos e

ainda quanto ao tempo de ocorrência dos efeitos previstos pela teoria.

A parte cinco refere-se ao problema da formação de ozono e outros oxidantes na troposfera e, por último, a parte seis inclui as conclusões actuais de diversos investigadores relativamente ao problema da formação de compostos ácidos na troposfera.

João Fernando P. Gomes,
Eng. Químico (IST)
Chefe da Divisão de Ambiente
e Fluidos, Instituto de Soldadura
e Qualidade, Apartado 119,
2781 Oeiras Codex

1. J.W. Birks, J.G. Calvert, R.E. Sievers (eds), "The Chemistry of the Atmosphere : Its Impact on Global Change - CHEMRAWN VII, Perspectives and Recommendations", The Agency for International Development, Bureau for Science and Technology, Washington, DC.

Livros recebidos

- R. Fennell, *History of IUPAC 1919-1987*, Blackwell, 1994
- R. H. Thomson, *The Chemistry of Natural Products*, 2nd ed. Chapman and Hall, 1994

correspondência

Venho por este meio expressar a minha indignação pelo facto de todos os artigos da *Revista Portuguesa de Química* serem escritos na língua inglesa.

Embora a qualidade da mesma tenha aumentado substancialmente, a revista

antes de mais é Portuguesa e de divulgação da química em Portugal, representando a nossa língua mais de duzentos milhões de seres humanos e um peso económico e político a levar em conta pelos meios de investigação mundial.

Assim, a minha pro-

posta seria no sentido de publicar todos os artigos em Português e Inglês sendo na mesma página um espaço (coluna) em Português e a outra em Inglês, tal como é exposto no sumário de cada artigo. Na situação actual (artigos em inglês só com o

sumário em português) seria preferível que o sumário em português fosse eliminado.

Sócio nº 1804
Carlos José Rodrigues Martins

COMUNICADO

A **EN** EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

SEDE: RUA DE REAL, 1210 - MOREIRA - 4470 MAIA.
DELEG.: CPº. MÁRTIRES PÁTRIA, 110 - 1100 LISBOA
TEM A HONRA DE DECLARAR QUE A PARTIR DE 1 DE
JANEIRO DE 1995 É UMA DE DUAS EMPRESAS
NOMEADAS DISTRIBUIDORAS EM PORTUGAL DOS
PRODUTOS (MOÍNHOS, ANÁLISE GRANULOMÉTRICA,
PENEIROS) FABRICADOS PELO REPUTADO
FABRICANTE:

F.K. **Retsch** GmbH

HAAN
ALEMANHA

A GERÊNCIA

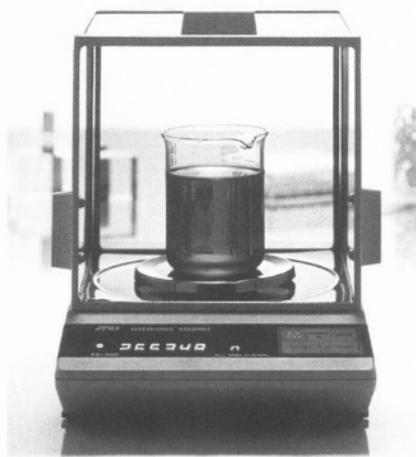
WE, F.KURT **Retsch** GmbH,

DECLARE THAT AS OF JANUARY 1, 1995
RESPONSABILITY FOR THE DISTRIBUTION OF RETSCH
PRODUCTS IN PORTUGAL IS TRANSFERED TO WELL-
KNOWN COMPANY:

EN EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

PORTO: 02-948 68 68 / 69 05
LISBOA: 01-352 72 93

Export Sales Manager



AND

AND INSTRUMENTS

BALANÇAS ELECTRONICAS / PPA

Análíticas e micro-analíticas (resolução até 0,01 mg)
Humidade
Precisão (máx. 60 kg; resolução até 1 mg)
Compactas / portáteis (máx. 12 kg; resolução até 10 mg)
Industriais (máx. 150 kg; resolução até 10 g)
Industriais (máx. 1200 kg)
Contagem (com 300 memórias)
Dinamómetros digitais (máx. 5000 kg)
Impressoras / Interfaces
Com bateria (acumulador)
Ligação a computador. Software operativo

EN EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

PORTO: Rua de Real, 1210 - A/B - Moreira - Guarda - Tels. (02) 948 69 05 - 948 68 68 - 948 68 47 - Fax (02) 948 61 32 - 4470 MAIA

LISBOA: Campo Mártires da Pátria, 110 - 1º - Tels. (01) 352 72 93 - 356 04 54 - 352 85 41 - Fax (01) 352 87 52 - 1100 LISBOA

Publicações da SPQ

Equilíbrio Químico e Cinética Química	250\$00
Equilíbrio Químico — Dificuldades de Aprendizagem e Sugestões Didáticas	1 100\$00
Dossier sobre Reacções Ácido-Base	750\$00
Olimpíada de Química — Enunciado de Provas 1982-1988	300\$00
Actas do Simpósio “Formação de Professores em Química/Ciências — Desafios para um Mundo em Mudança”	1 000\$00
Actas do 1º ESQLIOL (Vol. 1)	1 500\$00
Actas do 1º ESQLIOL (Vol. 2)	1 500\$00
International Newsletter on Chemical Education (versão em Português: 8 números)	800\$00
Química e Sociedade — As Moléculas da Vida	300\$00
Química e Sociedade (Vol. 1)	1 000\$00
Química e Sociedade (Vol. 2)	1 000\$00
Lista Abreviada de Grandezas, Unidades e Símbolos em Química-Física	300\$00
Boletim da SPQ (números atrasados até 1991)	400\$00
Boletim da SPQ (números a partir de 1992)	1 500\$00
Revista Portuguesa de Química	1 000\$00
Conferências Plenárias e Convidadas do 1º Encontro de Química-Física (1994)	1 500\$00

Os preços incluem já as despesas de envio

Quando a análise de vestígios é realmente importante...



Você precisa dos sistemas cromatográficos mais sensíveis e fidedignos do mundo.

A sua aparelhagem tem problemas em cumprir as exigências de sensibilidade requeridas por determinados métodos analíticos? As paragens dos equipamentos estão a causar-lhe sérios prejuízos? Se é esse o caso, fale connosco. Os detectores Varian cumprem os padrões mais exigentes de sensibilidade, estabilidade e longa duração. O ECD Varian oferece por rotina uma prestação inigualável, mesmo nas aplicações mais difíceis. O TSD apresenta uma alta reprodutibilidade

assegurando um funcionamento estável durante longo tempo. A sensibilidade e selectividade do sistema "ion-trap" Saturn 3 GC/MS asseguram a confirmação absoluta da identidade dos compostos. Os sistemas cromatográficos Varian também poupam tempo e dinheiro. O Amostrador Automático 8200 CX é o sistema mais flexível do mercado. Utiliza com igual facilidade amostras líquidas, em fase de vapor ou por microextracção em fase sólida.



varian 

ISO 9001
REGISTERED

Representantes:

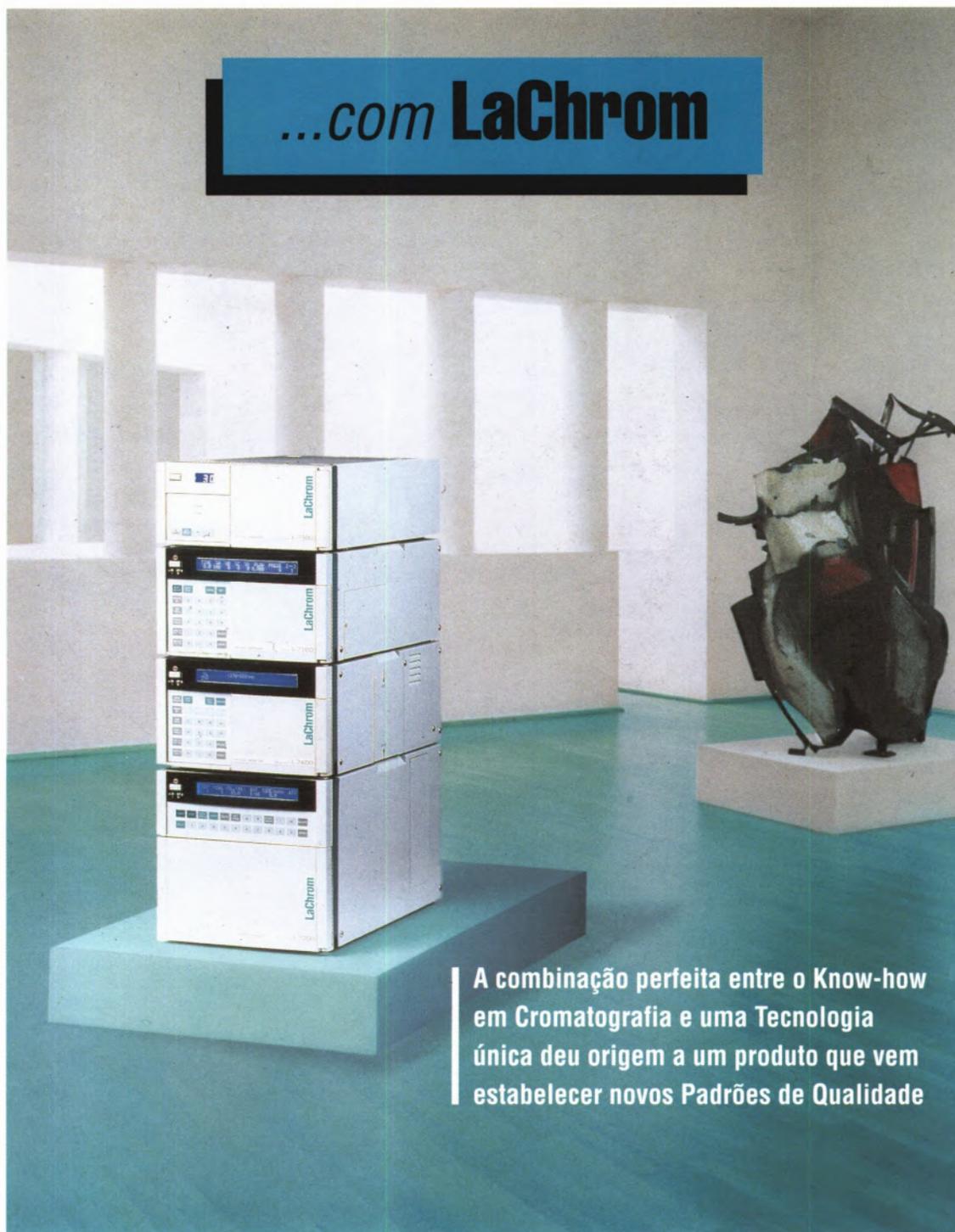
EMÍLIO DE AZEVEDO
CAMPOS & CA., LDA.

NO PORTO
Rua Senhora da Penha,
110-114
4460 Senhora da Hora
Telef.: (02) 9531183
Fax: (02) 9531430

EM LISBOA
Rua Antero de Quental,
17-1º / 1150 Lisboa
Telef.: (01) 8850194
Fax: (01) 8851397

O HPLC acaba de entrar no século XXI

...com **LaChrom**



A combinação perfeita entre o Know-how em Cromatografia e uma Tecnologia única deu origem a um produto que vem estabelecer novos Padrões de Qualidade

LaChrom... a chave para o sucesso do seu Laboratório

Peça mais informações sobre este novo equipamento para:

MERCK Portuguesa, Lda.

R. Alfredo Silva, nº 3-C

1300 LISBOA

Telef. 3621434

Fax: 3621827