

# QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Os 100 Químicos Europeus do Milénio

Prémio Gulbenkian 1998



## MEDIDORES DE pH DE ALTA TECNOLOGIA FÁCEIS DE USAR E ECONÓMICOS

**pH 300**

Medidor de pH/mV/°C de bancada

**pH 301**

Medidor de pH/mV/iões/°C de bancada

**pH 302**

Medidor de pH/mV/°C de bancada  
com impressora

De acordo com as GLP

**From**

**HANNA**  
instruments  
ISO 9000 CERTIFIED

**... of course**

Dos 700 funcionários do grupo Hanna,  
130 estão ao seu serviço em Portugal.

**PARA MAIS INFORMAÇÕES CONTACTE O NOSSO REVENDEDOR HANNA OU  
HANNAPRO EM VILA DO CONDE ATRAVÉS DO TEL. 052 637 184 / FAX 052 637 185**

## BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Capa: alguns dos Químicos europeus do milénio. Da esquerda para a direita e de cima para baixo: Arrhenius, Aston, Avogadro, Berzelius, Bunsen, Bosch, Butenandt, Dalton, Debye, Diels, Faraday, Fischer, Grignard, Gay-Lussac, Haber, Hahn, Haworth, Heyrovsky, Himselwood, Hufmann, Karrer, Kendrew, Mendeléeu, Curie, Moissan, Natta, Nernst, Ostwald, Otto Hahn, Pregl, Priestley, Ramsay, Robinson, Rutherford, Ruzicka, Graham, Sabatier, Semenov, Soddy, Staudinger, Lavoisier, Svedberg, Todd, Van't Hoff, Davy, Werner, Wilkinson, Ziegler, Dumas

**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 76 - Janeiro-Março - 2000

**Redacção e Administração**

Avenida da República, 37 - 4.º 1050-187 LISBOA

Telefone: 21 793 46 37 - Telefax : 21 795 23 49

<http://spq.org>**Directora**

Ana Maria Botelho do Rego

**Directores-Adjuntos**

Ana Margarida Martins, Ana Maria Freire,

Adelino Galvão, Nuno Simões

**Direcção Gráfica e Paginação**

Ana Cristina Pereira Coutinho

**Secretária de Redacção**

Cristina Campos

**Comissão Editorial**

Ana Maria Lobo (FCT-UNL)

Irene Montenegro (UM)

Maria Isabel Pinheiro Martins (UA)

Maria José Calhorda (FCUL)

Maria Luísa Sá e Melo (UC)

Mário Nuno Berberan e Santos (IST-UTL)

**Colaboradores**

António Amorim da Costa (UC)

João Paulo Leal (ITN)

João Luís Silva (IST-UTL)

**Publicidade**

DIRECÇÃO:

Nuno Simões

**Execução Gráfica**

FACSIMILE, Offset e Publicidade, Lda.

Rua Alexandre Sá Pinto, 177 - Tel. 21 364 99 95

1300-034 LISBOA

Tiragem: 2400 exemplares

Preço avulso: 2500\$00

Assinatura anual-quatro números:

15 000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)

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 Janeiro.

Publicação subsidiada pela  
Fundação para a Ciência e Tecnologia

2 notícias spq

4 notícias fecs

5 noticiário geral

5 congressos

artigos

6 Prémio Gulbenkian 1998  
Sistemas Fotocrómicos em Memórias Ópticas.  
Um olhar sobre a Química como Fonte  
de Informação

FERNANDO PINA

15 Na Mira do Anti-fúngico Ideal

MARGARIDA MEIRELES e FATIMA NORBERTO

20 Rastreabilidade das Medições de pH

M. FILOMENA G.F.C. CAMÕES e M. J. GUIOMAR H.M. LITO

ensino

28 Trabalho Experimental:  
Concepções e Práticas de Estagiários  
de Física e Química

ANA MARIA FREIRE

38 O Trabalho Experimental  
e a Formação dos Professores  
de Química

MARIA NATÁLIA CRUZ

45 antologia

milénio

48 Os Químicos Favoritos da Europa

COLIN RUSSEL

52 novos produtos

## Editorial

Neste primeiro Boletim do ano 2000, e terminada a publicação dos artigos resultantes do último Encontro Nacional da SPQ, eis-nos de novo com o formato habitual do nosso Boletim. Assim na rubrica Artigos aparecem temas tão diversos como os cogumelos selvagens, as medições de pH ou as Memórias Ópticas – publicado a convite da direcção – que resume um dos dois trabalhos que, na área da Química, foi premiado com o prémio Gulbenkian 1998. No capítulo do Ensino, e numa altura em que o papel do Trabalho Experimental no processo de aprendizagem/formação está em discussão a nível governamental, temos duas importantes investigações/reflexões sobre o tema. No cumprimento da promessa feita no número anterior apresentamos a lista dos Químicos europeus do milénio acompanhada das “confissões” de um dos membros da Comissão

que a elaborou sobre as dificuldades que se levantaram para levar a (bom?) termo tal tarefa. Finalmente (the last but not the least...) um divertido poema sobre a Marcha Geral de Análise que poderá inspirar professores e/ou alunos na tarefa, nem sempre fácil, de tornar o ensino da Química atraente, lúdico e interdisciplinar.

Não queremos deixar de lembrar a verdade de La Palice de que o alvo desta publicação são os leitores. É para eles que trabalhamos e só a recepção de críticas, reparos, sugestões nos poderá ajudar a otimizar o resultado. Se é viajante da Internet, visite o endereço [www.spq.pt](http://www.spq.pt) e escreva-nos.

A Direcção

n o t i c i a s s p q

## Proposta de Revisão Curricular do Ensino Secundário Parecer da Sociedade Portuguesa de Química

Decorrentes dos dados apresentados por Sua Ex<sup>a</sup> o Director do Ensino Secundário na reunião ocorrida em 13 de Dezembro de 1999, aquando da apresentação da Proposta de Revisão Participada do Currículo do Ensino Secundário, surgiram-nos vários tipos de preocupações que suscitaram algumas questões.

Atendendo a que o documento/ proposta para a revisão participada do currículo do Ensino Secundário assenta em pressupostos como a extensão do ensino experimental a todos os alunos do ensino das Ciências, atitude que se considera extremamente louvável, causam estranheza e muita apreensão factos como os que a seguir se indicam.

– O número de horas curriculares/semana para as disciplinas de Física e Química (FQ) no 10<sup>o</sup> e 11<sup>o</sup> Anos, de Química e de Física do 12<sup>o</sup> Ano passará a ser de 4,5 h. Face a

esta carga horária, irá o Ministério da Educação (ME) proceder a uma redução drástica dos conteúdos de modo a que haja disponibilidade de tempo para a realização do trabalho prático e do trabalho experimental?

– O forte apelo ao “hands-on”. As correntes actuais do ensino das ciências baseiam-se na resolução de problemas como resposta a questões sociais em que os alunos deverão intervir, cada vez mais, na planificação e na resolução dos problemas por via experimental. Por outro lado, é sabido que a especificidade das disciplinas da área de Física e Química exigem o uso de equipamento muito diversificado que vai desde o simples tubo de ensaio ao SATD e que tal implica muito tempo na aquisição de competências no domínio de técnicas, no conhecimento do *modus operandi*, nas questões de segurança pessoal e geral. Estas,

aliás, já deveriam ter sido adquiridas no ensino básico, o que efectivamente não acontece, o que constitui um entrave ao início deste processo ...

– O reduzidíssimo intervalo de tempo para a entrada em vigor deste novo modelo.

• Não se vislumbra que neste intervalo seja possível uma adequada formação dos docentes e da criação de condições logísticas nas escolas a nível da criação/adaptação dos laboratórios, de forma a poder responder aos desafios apontados com o “Trabalho Experimental (TE) para todos”. É do conhecimento geral que a maioria das escolas não dispõe de laboratórios dignos desse nome, ou, quando dispõe deles, não se revelam funcionais por falta de quantidade, organização, segurança, rentabilização do equipamento, verbas disponíveis, entre outros. É conhecida a atitude de professores face à implementação real do

TE em sala de aula, como por exemplo o que actualmente se verifica no 12<sup>o</sup> Ano. Cabe aqui, a propósito, referir a dramática medida da extinção do cargo de Director de Instalações – no corrente ano lectivo já há notícias de degradação de material de elevado custo devida à incapacidade de atribuição de responsabilidades, o que pode implicar a curto prazo uma delapidação crescente do investimento que o ME fez, de uma forma louvável, nos últimos anos.

• A experiência vivida com as anteriores reformas demonstrou que, para qualquer mudança ter sucesso, necessita de tempo de interiorização e de estudos exploratórios da percepção de professores de ciências relativos ao seu sentir face ao TE, às condições logísticas no terreno, às suas perspectivas sobre os programas em vigor e sugestões que possam ajudar à mudança sobre organização in-

terna das escolas ... Actualmente está em acção um estudo a nível nacional, de organização conjunta da SPQ e SPF, sobre estes e outros tópicos, e que se pretende ser uma base séria de reflexão para futuras mudanças/ inovações. As conclusões deste estudo poderiam conduzir a resultados mais de acordo com as expectativas dos professores – à semelhança do estudo idêntico do efectuado pela Associação de Professores de Matemática – factor que à partida é condicionante do sucesso e efectiva implementação.

– *A área de Projecto* revela-se muito interessante e inovadora, na filosofia que lhe subjaz. No entanto, a ausência de directrizes muito concretas sob o processo e o desenvolvimento desta área, coloca questões de diversa índole.

• *O perfil do professor que a leccionará.* Irá o ME defini-lo e impor regras de atribuição nos horários, ou prevalecerá a “tradição” das escolas de complementar horários?

• *A escolha do projecto é feita pelo aluno.* Que capacidades de resposta com qualidade terão as escolas para lhes possibilitar o desenvolvimento das competências de elevado nível que esta área pressupõe? Reitera-se aqui a ideia de que na disciplina de FQ, muitos desses projectos passarão, naturalmente, pelo TE que estará sujeito aos óbices já apontados anteriormente.

• *A orientação desta área é da responsabilidade de dois professores por turma.* Como poderá cada professor gerir 12 ou mais projectos diferentes se lhe for atribuída mais do que uma turma nesta área?

• *O número de horas de preparação para o acompanhamento dos projectos.* Como se irá organizar o horário dos professores para esta nova área, de modo a incluir as horas extra-curriculares imprescindíveis para o acompanhamento e implementação dos projectos, não estando legislada a componente não lectiva dos respectivos horários?

• *Avaliação dos alunos no novo modelo do ensino secundário, nomeadamente na área de projecto.* A avaliação dos alunos em áreas tão diversificadas e de caminhos tão díspares poderá ser levada a cabo com equidade? Serão legislados novos processos de avaliação de acordo com a nova perspectiva do ensino-aprendizagem baseado em competências?

Com mais acuidade se coloca aqui o factor tempo e a formação dos professores para serem capazes de criar nos alunos hábitos inexistentes de pesquisa, reflexão, investigação (seja ela a que nível for) e cuja ausência porventura terá conduzido ao fracasso da área - escola e de diversas propostas programáticas. Cabe aqui reflectir na imagem que os nossos alunos evidenciam no exterior, nomeadamente em provas internacionais em que, não sendo menos inteligentes do que os outros, falham ao nível da resolução de problemas e de situações novas, porque o seu ensino é livresco, dirigido à memória e mecanizado para uma entrada na Universidade.

Estes considerandos permitem-nos apresentar algumas sugestões que pensamos poderem minimizar o impacte de uma transformação que veemente-

mente desejamos, mas que se apresenta demasiadamente célebre na sua imposição às escolas.

Assim, sugere-se:

– *Divisão das turmas em turnos,* com o máximo de 12 alunos /turno, de modo a assegurar a efectiva integração das abordagens teórica e experimental nas ciências. Nesta linha, far-se-ia o desdobramento em simultâneo nas disciplinas de Biologia/ Geologia e Física/Química, durante a totalidade das horas lectivas previstas no plano (4,5 h) ou, pelo menos, em 2/3 (3 h).

– *A criação de bolsas de formadores locais,* devidamente credenciados a nível científico e pedagógico para formação e acompanhamento sistemático nas escolas, a nível de:

• *Organização e gestão de laboratórios.* Para este efeito, o Ministério da Educação deverá encomendar a muito curto prazo o levantamento, em cada escola, das condições necessárias à implementação do TE, em termos de instalações de que dispõe, número médio de alunos previsto e carências registadas.

• *Área de Projecto,* para a qual deverão convergir as atenções a nível da formação dos docentes das áreas científicas, como se especificou anteriormente

• *Concepção e implementação do TE.* Através do apoio de professores nacionais com trabalhos relevantes na Área e à luz dos resultados de investigação, assegurar a elaboração de propostas experimentais exequíveis e testadas, contemplando na avaliação final da disciplina a realização de TE.

• *Formação científica* contextualizada e coordenada com o

campo da acção das novas exigências curriculares (reflecta-se no mau exemplo de algum tipo de “falsa” formação ao abrigo do FOCO que ocorreu ao longo da presente reforma e que, ao contrário de se constituir num factor gerador de inovação, redundou, por vezes, em algum retrocesso).

– *Criação de uma política de aquisição e manutenção de material didáctico* apoiada em estudos sobre o seu total aproveitamento, técnicas de reparação quando avariado, que não se confinem a meras instruções que acompanham os aparelhos. O papel de um Técnico de Laboratório com formação adequada (por exemplo, alunos com cursos tecnológicos ou indivíduos formados por professores mais experientes, conhecedores do “know-how” da grande “empresa” que é uma escola) afigura-se indispensável. Este Técnico deveria produzir periodicamente relatórios a uma entidade supervisora nomeada pelo ME, que acompanharia o seu trabalho no terreno e atestasse da sua competência, garantido assim as condições para a implementação com dignidade do TE e impossibilitando, deste modo, que as sucessivas desculpabilizações pela falta das infra-estruturas e, por outro lado, ajude a fomentar nos alunos o respeito pela escola como “empresa” funcional dignificada no seu trabalho.

Lisboa, 13 de Janeiro de 2000

Secretária Geral da Sociedade Portuguesa de Química  
Prof. Rita Delgado

## XIV Encontro Luso-Galego de Química

A Sociedade Portuguesa de Química-Delegação do Porto, a Asociación Nacional de Químicos ANQUE de Galicia e o Colégio Oficial de Químicos têm vindo a realizar, desde 1985, os Encontros de Química alternadamente no Porto e na Galiza.

Este ano, de 22 a 24 de Novembro, o XIV Encontro Luso-Galego terá lugar nas instalações da Universidade do Minho, no Campus de Gualtar, em Braga. Seguindo o modelo de anos anteriores o Encontro constará de lições plenárias, comunicações

orais e cartazes nas seguintes áreas:

1. Engenharia e Tecnologia Química
2. A Química nas Ciências da Saúde
3. Química Alimentar e Am-

biental

4. Química Pura e Aplicada

Informações (ver Rubrica de Congressos)

Prof. Irene Montenegro

# Assembleia Geral da FECS

Helsínquia, 16-17 Setembro de 1999

A reunião começou por assuntos de rotina (boas vindas, justificações de ausência, finalização da ordem de trabalhos), passando-se em seguida à discussão da ordem de trabalhos.

## 1. Relatórios de reuniões anteriores

→ Assembleia Geral de 1998:

Foi abandonada a ideia do calendário FECS para o ano 2000 por razões de ordem técnica.

Internet: foi solicitado às sociedades, Divisões e Grupos de Trabalho que mantivessem os seus sites actualizados e com links à FECS.

A RSC e a GDCh decidiram não continuar com a revista *European Chemist*.

O registo do logo da FECS por 10 anos custará 3 500 euros (mais do que o previsto), dos quais a GDCh pagará 1000 euros. Foi pedido às sociedades que contribuíssem para a diferença.

→ Comité Executivo e ECCC:

Sociedade Química da Sérvia – admissão continua pendente (esclarecimento sobre a União das Sociedades Químicas Jugoslavas)

Químicos Jovens – tentativas goradas de organizar um reunião pelo Dr Czedik Eysenberg. Proposta do Presidente da FECS para estabelecer um Grupo (Task Force) para estudar acções da FECS.

## 2. 100 Químicos Europeus

Aprovada a lista de 100 Químicos após descrição do historial que levou à sua obtenção. Confidencial até 6 de Fevereiro 2000. (Publicada neste *Boletim*).

## 3. Troca de informação

Necessidade de troca de informação entre a FECS e as sociedades; como? Como obter respostas dos membros? Importância de apresentar uma frente unida e forte face à AllChemE e nos assuntos europeus em geral.

O papel mais visível da FECS é através das actividades de Divisões e Grupos de Trabalho nas várias áreas. Como tornar acessíveis aos membros das sociedades o que se passa a nível europeu: aumentar e promover a informação na Internet?

Influenciar as sociedades menos activas a oferecer mais aos seus sócios.

Foi decidido reunir o Grupo (Task Force) para discutir os

objectivos e direcções futuras da FECS.

## 4. Proposta de Grupo de Trabalho em Radioquímica

Foi aprovada a constituição do *Working Party on Nuclear and Radiochemistry*, sendo a primeira reunião na Suíça, em Setembro de 2000, e estando prevista a realização duma conferência de 4 em 4 anos.

## 5. Reunião da GDCh, RSC, ACS, JCS (Julho de 1999)

Propostas sobre publicação de investigação em Química, ensino, financiamento de investigação e Código de Conduta a apresentar à reunião dos Presidentes das Sociedades. Esta última reunião foi pouco produtiva por falta de tempo, tendo sido pedido às sociedades que discutissem estes assuntos internamente. Dada a importância dos temas e o facto da próxima reunião de Presidentes ser em Brisbane, 2001, onde os presidentes europeus serão menos representados, foi decidido promover uma reunião de Presidentes no âmbito da FECS. Foi referido o perigo das reuniões das 4 sociedades mais fortes do mundo.

## 6. EUCHEM

Foi proposto acabar com o COMITÉ EUCHEM. As conferências EUCHEM propostas serão discutidas pelo Comité Executivo da FECS, não haverá conferências especiais para jovens e serão reconsideradas as ideias básicas sobre estas conferências na próxima reunião do Comité Executivo da FECS.

## 7. Membros do Comité Executivo da FECS

Como os membros se mantêm três anos, houve aprovação das propostas do Comité Executivo: um novo membro eleito (W.Koch, GDCh) e três nomeados (T. Inch, RSC; M. J. Calhorda, SPQ; M. Julia).

## 8. Assembleia Geral em 2000

Em Itália, a convite da Sociedade Química Italiana.

## 9. Assuntos do Presidente

A FECS lecture de 1999 foi proferida pelo Professor Sir John Walker, Director da Dunn Nutrition Unit, Cambridge, em Berlim, na reunião IUPAC/GDCh.

Foi mostrado um dos dez

mochos de cristal dados por Swarovsky, que serão oferecidos aos FECS lecturers. A de 2000 será em Lisboa e a de 2001 na Áustria.

## 10. IUPAC

Em reorganização, devido à ineficiência de muitas das estruturas. Avaliação dos resultados das actividades.

## 11. Estratégias futuras das Divisões e Grupos de Trabalho

### • Analytical Chemistry (D)

Publicou *History of 25 Years of the Working Party on Analytical Chemistry* (pode ser encomendado à Sociedade Eslovena de Química) e está para sair *Who's Who in Analytical Chemistry* (Springer).

Encontro sobre Química Analítica e Lei foi bem recebido.

### • Food Chemistry (D)

Necessidade de conferências interdisciplinares. Segunda edição de *Who's Who in food chemistry* quase a sair. Novo Chairman é G. R. Fenwick. Futura participação no congresso *Food and Allergy*, Veneza, Março de 2001.

### • Chemical Education (D)

Artigo com a posição sobre Educação em Química foi traduzido em várias línguas (existe na web, em formato pdf). Novas páginas da web no site da FECS. Financiamento da EU para o Eurocourse para professores de química em Liblin.

### • Chemistry and Environment (D)

7<sup>th</sup> conference on Chemistry & the Environment 'Trace Metal speciation in the Aquatic Environment', Porto, Agosto de 2000, seguindo-se outra em 2002 'Chemistry for monitoring environmental quality and maintaining human life'.

Discussões com a European Environmental Agency sobre o *European award for green/sustainable chemistry* (o termo sustainable está a ser mais usado).

O CEFIC prepara um artigo sobre *sustainable chemistry*. O programa SUSTECH 10 permite o diálogo entre a indústria e as universidades através duma workshop a 11 de Dezembro, para que se convidam os membros da FECS.

### • Química Organometálica (D)

A participação na *FEChem conference* foi de cerca de 450. Além destas conferências, de dois

em dois anos (próxima na Polónia em 2001), tem havido seminários para estudantes graduados, para cerca de 120 participantes (Polónia, Holanda, república Checa e talvez Rússia), e organizou-se a informação sobre centros de Química Organometálica, havendo uma página na internet.

### • Química Computacional (WP)

Aumento do número de conferências neste tema. A terceira conferência europeia EUCO-CC3 será em Budapeste, 4-8 Setembro de 2000. Há uma lista de Químicos computacionais, mas é preciso financiamento para a manter.

### • História da Química (WP)

Trabalhou no Projecto Milénio (100 Químicos Europeus). Prepara-se um livro sobre a história das sociedades de química (como o financiar?). Várias conferências.

<http://www.chemsoc.org/gateway/fecshistoryevent.html>

### • Electroquímica (WP)

O novo *Chairman* é F. Silva, FCUP. Foi feito um eurocurrículo em Electroquímica e está a ser pensado um livro de texto. Discussão sobre o estatuto da Divisão e a Sociedade Internacional de Electroquímica.

### • Química e Conservação da Herança Cultural (WP)

Criado em 1987 com 14 sociedades. Tentaram fazer um banco de dados sobre Conservação, mas parece haver relutância em contribuir para ele. O *Chairman* (F. Piacenti) informou que se vai reformar e que, dado o desinteresse vigente, pôs a questão da sobrevivência do grupo.

### • ECCC

Discutiu-se o futuro do título *European Chemist*. Tentativas de recolher junto das várias sociedades informações sobre o recrutamento de estudantes de química pelas universidades. O novo *Chairman* é Carlsen.

## 12. Outros

Aprovou-se a entrada da Sociedade Química Albanesa para a FECS. O Grupo de Trabalho em Electroquímica passou a Divisão.

RSC Royal Society of Chemistry  
GDCh Gesellschaft Deutscher Chemiker  
D Division  
WP Working Party

Prof. Maria José Calhorda, SPQ

## V Seminário Iberoamericano de Catálise para a Protecção Ambiental:

“CATALISADORES E ADSORVENTES COMO FERRAMENTAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM SISTEMAS AQUOSOS E GASOSOS”

Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 8 a 11 de Maio, 2000.

Estes seminários são promovidos regularmente pelo **CYTED**, programa de integração dos países da Iberoamerica. O objectivo deste programa é dividir conhecimentos em busca de tecnologias comuns a toda a iberoamerica. Para tanto, existem várias redes temáticas, entre elas, o subprograma V., Catalis y Adsorbentes, e o projeto C., “Catalis para la Protección Ambiental.

Este evento tem por objectivo promover o intercâmbio entre pesquisadores iberoamericanos da área de catálise ambiental com respeito a diferentes meios de remoção de poluentes líquidos e gasosos, além de discutir conjuntamente com representantes de indústria e de órgãos de fomento as tecnologias actualmente utilizadas bem como as formas de fomento para a área.

O evento é uma reunião técnico-científica composta por três etapas distintas; conferências, mesa redonda e exposição do programa CYTED, e apresentação de trabalhos técnicos na forma oral. Portanto o evento destina-se a profissionais ligados a universidades e indústrias.

**Os grupos portugueses que pretendam apresentar comunicações, terão o alojamento pago pelo CYTED.**

Para mais informações, contactar:

- Em Portugal: Prof<sup>a</sup>. Isabel Santos Silva  
e-mail: iss@dq.fct.unl.pt

- No Brasil: Dr. Pedro Augusto Arroyo, Tel.: 55 44 261 4345 ou 55 44 261 4232;  
FAX: 55 44 263 3440  
e-mail: arroyo@deq.uem.br

## c o n g r e s s o s

## Congressos, Conferências e Reuniões Científicas

### FECS

#### *EuroResidue IV*

Maio, 8-10, 2000

Veldehoven, Holanda

Dr. L. A. van Ginkel

EuroResidue Foundation

c/o RIVM

P O Box 1

NL-3720

BA Bilthoven

The Netherlands

Tel.: +31-30-2742613

Fax: +31-30-2744403

E-mail: euroresidue@rivm.nl

Website:

<http://www.rikilt.dlo.nl/euroresidue/htm>

#### *7th Conference on Chemistry of the Environment "Trace Metal Speciation in Aquatic Environment"*

Agosto, 27-30, 2000

Porto, Portugal

Prof. M. T. Vasconcelos

Departamento de Química,

Faculdade de Ciências

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

Tel.: +351-22-6082897

Fax: +351-22-6082959

E-mail: feccs-conf@fc.up.pt

Website:

[www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/8007/feccs2000.htm](http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/8007/feccs2000.htm)

#### *Chemical Reactions in Foods IV*

Setembro, 20-22, 2000

Praga, República Checa

Prof. Dr. Jirí Davídek

Department of Food Chemistry and Analysis

Institute of Chemical

Technology

Technická 1905

166 28 Prague 6

Czech Republic

### SPQ

#### *XXV European Congress on Molecular Spectroscopy*

Agosto, 27- Setembro, 1, 2000

Coimbra, Portugal

EUCMOS XXV Secretariat

Departamento de Química,

Universidade de Coimbra

P-3049 Coimbra

Tel.: +351-239-852080; +351-

91-9236971

Fax: +351-239-827703

E-mail: rfausto@gemini.ci.uc.pt

Website:

<http://qui.uc.pt/~rfausto/eucmos-xxv>

#### *EUROANALYSIS XI*

Setembro, 3-9, 2000

Lisboa, Portugal

Dra. Cristina Oliveira

Departamento de Química

e Bioquímica

Faculdade de Ciências de Lisboa

Edifício C1-Piso

P-1700 Lisboa

Tel.: +351-21-3906138

Fax: +351-21-3909352;

7500088

E-mail: euroanalysisxi@fc.ul.pt

Website:

<http://elixir.cc.fc.ul.pt/euroanalysisxi>

#### *XIV Encontro Luso-Galego de Química*

Novembro, 22-24, 2000

Lisboa, Portugal

Secretariado do XIV Encontro

Luso-Galego de Química,

Departamento de Química,

Universidade do Minho

Largo do Paço

4700-320 Braga, PORTUGAL

Tel: +351-253-604386/70

Fax: +351-253-678983

Website:

<http://www.quimica.uminho.pt>

### Geral

#### *20th ICS – International Carbohydrate Symposium*

Agosto, 27- Setembro, 1, 2000

Hamburg, Alemanha

ICS 2000 Symposium

Secretariat

Institut für Organische Chemie

Universität Hamburg

Martin-Luther-King-Platz 6

D-20146 Hamburg, Germany

Tel./Fax: +49-40-4123-4325

E-mail: ics2000@chemie.uni-

hamburg.de

Website: [www.ics2000.uni-](http://www.ics2000.uni-hamburg.de)

hamburg.de

#### *European Conference on Nutritional Enhancement of Plant Foods*

Setembro, 6-9, 2000

Norwich, Inglaterra

Conference Secretariat

C/o Institute of Food Research

Norwich Research Park,

Colney, Norwich

NR4 7UA, UK

#### *EPS2000: European Conference on Macromolecular Physics*

*Development upon polymer processing: physical aspects*

Setembro, 24-28, 2000

Guimarães, Portugal

Secretariado da EPS2000

Dep. De Engenharia de Polímeros

Universidade do Minho

Campus de Azurém

4800-058 Guimarães

Tel.: +351-253-510245

Fax: +351-253-510249/514400

E-mail: HYPERLINK

<mailto:euroresidue@rivm.nl>

[eps2000@u3000.eng.uminho.pt](mailto:eps2000@u3000.eng.uminho.pt)

Website:

<http://www.dep.uminho.pt/eps2000>

2000

# Prémio Gulbenkian 1998

## Sistemas Fotocrómicos em Memórias Ópticas.

### Um olhar sobre a Química como Fonte de Informação

FERNANDO PINA \*

Neste trabalho são exploradas as relações entre a Química e a Informação. Descrevem-se ciclos para escrever-ler-apagar baseados na fotoquímica dos sais sintéticos de Flavílio. Discute-se o uso de tais ciclos como modelos na construção de memórias ópticas, sejam estas permanentes ou temporárias. Mostra-se como se podem conceber redes que permitem passar de uma forma a outra do sal sintético de flavílio através de caminhos diferenciados. Com base em impulsos de pH ou de luz utiliza-se o conceito de portas lógicas e definem-se diversas funções. Introduce-se a noção de *perceptron* e de redes neuronais baseadas em processos fotoquímicos.

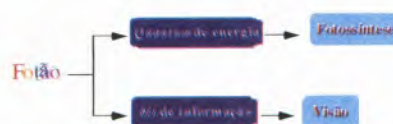
... one may let one's imagination be carried by the magic of the word and pulled by the evocative and stimulating power of the concept.

Jean-Marie Lehn

#### FOTÃO "QUANTUM" DE ENERGIA E "BIT" DE INFORMAÇÃO

Um fóton é um *quantum* de energia sendo essa sua propriedade explorada pela natureza no processo de Fotossíntese, e pelo Homem em todos os sistemas cujo objectivo é a conversão de energia solar. No entanto um fóton é também um *bit* de informação, usado pela natureza nos processos de visão, Esquema 1. Estudar a utilização da luz nesta área é um dos objectivos últimos deste estudo.

De um modo geral, este trabalho lida com a geração, transferência, processamento, conversão e detecção de sinais. Todos estes temas se integram num novo ramo da Química



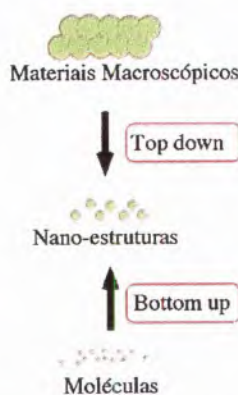
Esquema 1

que por proposta de J. M-Lehn, Prémio Nobel da Química em 1987, se pode designar *Semioquímica*. [1]

A abordagem da química tem seguido uma metodologia que consiste em descer do complexo para o simples, aquilo a que se tem designado por aproximação "top down". A bioquímica é um exemplo flagrante desta estratégia. No entanto é possível conceber uma abordagem diferente onde se sobe do simples para o complexo, a denominada aproximação "bottom up". Nesta estratégia elementos simples e bem caracterizados são adicionados (de preferência auto-ordenados) de modo a dar origem a estruturas cada vez mais complexas, muitas vezes exibindo novas propriedades.

Os componentes dos computadores actuais são construídos por processos litográficos, isto é com base na aproximação "top down". No entanto esta aproximação está a chegar aos seus limites intrínsecos. Uma condição necessária para uma futura miniaturização de modo a aumentar a potência do processamento da informação seria a construção de componentes ao nível molecular usando a aproximação "bottom up", Esquema 2. [1-3]

Curiosamente a possibilidade do computador do futuro vir a operar em solução em vez de no estado sólido, deve também ser posta em consideração. [4] Neste enquadramento o planeamento e construção de sistemas ao nível molecular capazes de



Esquema 2

existir em diferentes formas que podem ser interconvertíveis por estímulos externos é um tema de grande interesse não só do ponto de vista da ciência fundamental como das aplicações inovadoras. [1-8]

Na perspectiva da utilização da Fotoquímica como ferramenta de informação, uma ideia muito simples seria utilizar uma molécula que tenha dois estados diferentes interconvertíveis pela acção da luz, tal como se ilustra no esquema 3. Uma molécula possuindo tais propriedades poderia funcionar como as memórias dos computadores, mas ocupando um espaço muito menor, com as óbvias vantagens.



Impulso (hv)	Estado
Não	0
Sim	1

Esquema 3

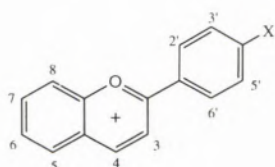
Em princípio qualquer reacção fotoquímica é uma memória potencial porque na ausência de luz não reage, estado 0 do sistema, e sob a acção da luz dá origem a um produto, estado 1 do sistema. Trata-se para todos os efeitos de uma *escrita* digital feita na base dois. Uma isomerização *trans* para *cis* é um exemplo desse tipo de reacções fotoquímicas e podia em princípio ser utilizada para escrever por intermédio da luz. A questão é no entanto complexa porque em geral uma reacção fotocromica reverte espontaneamente para o estado inicial conferindo instabilidade ao sinal, alínea a), esquema 4. No caso presente o *cis* formado fotoquimicamente reverteria para o *trans*. Em



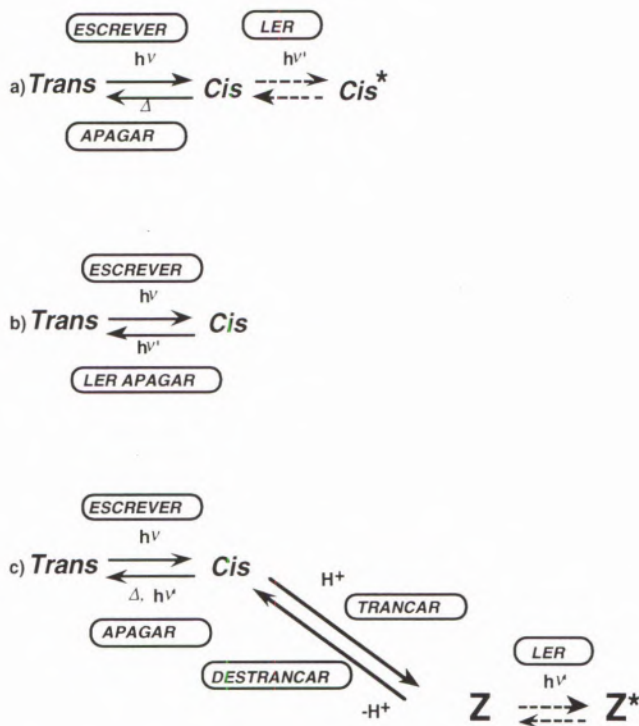
certos compostos existem barreiras cinéticas e o sistema não reverte termicamente. No entanto para ser lido é necessário que o produto fotoquímico absorva luz. No exemplo anterior por irradiação do *cis* seria formado o foto-produto *trans*, alínea b). É este o fenómeno que se pode observar nos conhecidos azobenzenos e noutros compostos análogos. Neste caso o sistema apagaria enquanto era lido.

A solução encontrada para que o sistema escreva e não apague, desvia o produto fotoquímico do equilíbrio *trans-cis*. Tal pode ser feito utilizando, por exemplo, uma reacção de transferência de protões ou electrões, a que designamos trancar, alínea c). Nesse caso forma-se um produto Z que deve ser estável térmica e fotoquimicamente. Uma vez lido Z, a fase seguinte consiste em apagar. Para tal basta que se proceda à reacção inversa do processo de trancar, destrancar, obter de novo o produto fotoquímico (*cis* no exemplo) e apagá-lo usando as alínea a) ou b) do Esquema 4.

Sistemas deste tipo podem ser observados nos sais sintéticos de flavílio. Estas moléculas possuem a mesma unidade química básica das antocianinas, que são as moléculas responsáveis pela maioria dos azuis e vermelhos das flores e frutos. Porém, nem todos os sais sintéticos de flavílio são apropriados para aplicar a metodologia referida na alínea c) do esquema 4. Para esse efeito é pelo menos necessário a existência de uma barreira cinética que dificulte a passagem térmica do *cis* ao *trans*. Até ao momento só encontramos a referida barreira nos derivados substituídos na posição 4' (X = OCH<sub>3</sub>, OH e CH<sub>3</sub>).



Flavílio sintético substituído na posição 4'



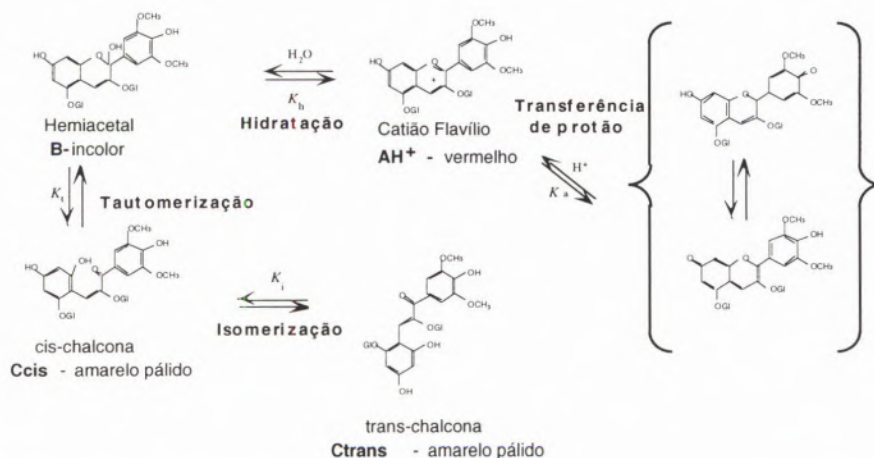
Esquema 4

### SAIS SINTÉTICOS DE FLÁVILIO E ANTOCIANINAS

As antocianinas e os flavílios sintéticos dão origem a 5 espécies maioritárias cujas fracções molares dependem do pH e do facto do sistema estar ou não no seu equilíbrio termodinâmico.

A espécie termodinamicamente favorável a valores de pH muito ácidos é o catião flavílio que nas antocianinas é vermelho e cuja cor nos sais sintéticos de flavílio depende dos grupos substituintes. [9]

À medida que o pH aumenta o catião flavílio desaparece e em sua



Esquema 5

substituição formam-se os restantes compostos em quantidades relativas que dependem dos substituintes. No entanto o equilíbrio final não é imediatamente atingido, porque as velocidades dos diversos processos são muito diferentes entre si. Analisemos este comportamento no Esquema 5 que corresponde a uma das antocianinas mais comuns, a Malvina (Malvidina-3,5-diglucósido). Uma solução a pH 1 é de cor vermelha devido ao facto da forma estável a este valor de pH ser o catião Flavílio. Se adicionarmos base à solução vermelha de modo a atingir um valor de pH menos ácido, 4 por exemplo, a primeira observação é a verificação da formação imediata de uma cor azul intensa, devido à conversão do catião flavílio na base quinoidal. Esta reacção é muito rápida (micro segundos) porque se trata de uma simples transferência de próton. No entanto a cor azul não se mantém e vai desaparecendo ao longo do tempo. Se analisarmos cuidadosamente esse processo verificamos que ocorre em duas etapas distintas: i) uma primeira fase, que dura alguns minutos, ii) uma segunda fase que se completa em algumas horas. O desaparecimento do cor azul na primeira fase é muito mais acentuado do que na segunda. O processo i) foi interpretado considerando um mecanismo de desaparecimento da cor azul (base quinoidal) através do catião flavílio para dar hemiacetal em equilíbrio com *cis*-chalcona. Por outras palavras i) corresponde à formação de um pseudo-equilíbrio entre as formas A, AH<sup>+</sup>, B e C<sub>cis</sub>. Finalmente o equilíbrio final corresponde à formação de uma pequena quantidade de *trans*-chalcona. Tal comportamento resulta do facto da isomerização *cis-trans* ser de todos os processos o mais lento. Nesta fase as cinco espécies referidas no Esquema 4 entram no seu equilíbrio termodinâmico. De notar que a pH 4 o hemiacetal é a espécie mais estável. Na Figura 1 (esquerda) mostramos a distribuição das fracções molares da Malvina, logo após o salto de pH, isto é quando somente AH<sup>+</sup> e A estão em pseudo-equilíbrio

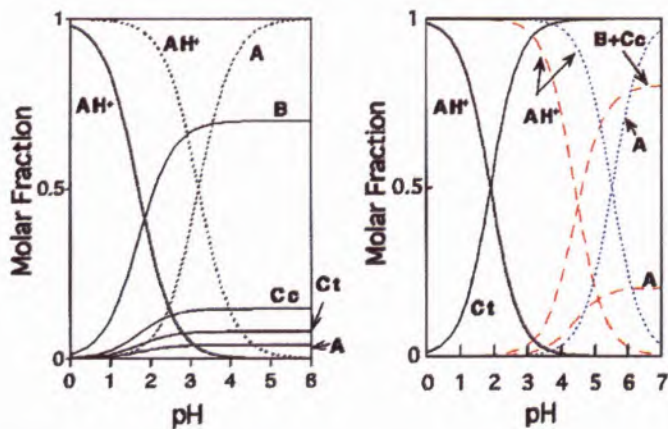


Fig 1 - Distribuição das fracções molares dos compostos Malvina (esquerda) e 4'-Hidroxisflavílio (direita) em função do pH. A cheio a distribuição molar do equilíbrio termodinâmico; a tracejado o pseudo-equilíbrio entre AH<sup>+</sup> ⇌ A ⇌ B ⇌ C<sub>cis</sub>, (ignorado na Malvina); a pontilhado o pseudo-equilíbrio obtido imediatamente após o salto de pH.

e no estado final quando todas as espécies atingiram o equilíbrio termodinâmico.

### SAIS SINTÉTICOS DE FLÁVILIO COMO MODELOS DE MEMÓRIAS ÓPTICAS

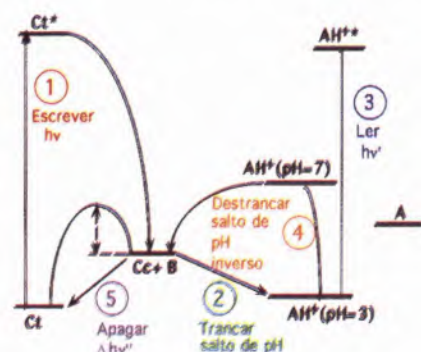
Tal como se mostra na Figura 1, e ao contrário das antocianinas, soluções estabilizadas no escuro de muitos dos sais sintéticos de flavílio que temos estudado apresentam um equilíbrio entre o catião flavílio, dominante em meio ácido, e a *trans*-chalcona, maioritária em meio neutro ou moderadamente ácido. Esta última espécie é reactiva fotoquimicamente dando origem a uma isomerização *trans-cis* bastante eficiente. Além disso a *cis*-chalcona está em equilíbrio com o hemiacetal que por sua vez equilibra com o catião flavílio através de uma reacção que depende do pH. Estão assim criadas as condições enunciadas no Esquema 4 alínea c).

No esquema 6 mostramos como pode o composto 4'-metoxiflavílio ser usado como memória óptica

O ciclo tem início na espécie *trans*-chalcona que por absorção de luz produz o isómero *cis*-chalcona. Devido à existência da barreira cinética o sistema não reverte para o estado inicial. No entanto não pode ser

lido nesta fase porque nesse caso a absorção de luz pela chalcona *cis* daria como produto fotoquímico a chalcona *trans*, e cair-se-ia numa situação de apagar enquanto se lê. Nesta fase é necessário introduzir o passo trancar acidificando a solução de modo a produzir a espécie catião flavílio que é muito estável seja térmica seja fotoquimicamente. Com a introdução deste passo pode ler-se o sistema sem o apagar. Para apagar vai ser necessário levar a efeito o passo de destrancar, no exemplo do esquema 6 adicionando uma base, afim de obter de novo a *cis*-chalcona que permite reverter para a forma *trans* seja por irradiação seja por aquecimento a 60 °C.

Um aspecto importante é a possibilidade deste sistema se auto-tran-



Esquema 6

car. No caso anterior é possível obter a forma *trans*- chalcona, por exemplo a pH 3, escrever com a luz obtendo a *cis*- chalcona que a este pH se transforma espontaneamente em catião flavílio AH<sup>+</sup> que pode ser lido sem apagar. Para apagar basta aquecer a solução a 60 °C.

### A LÓGICA MATEMÁTICA E A QUÍMICA

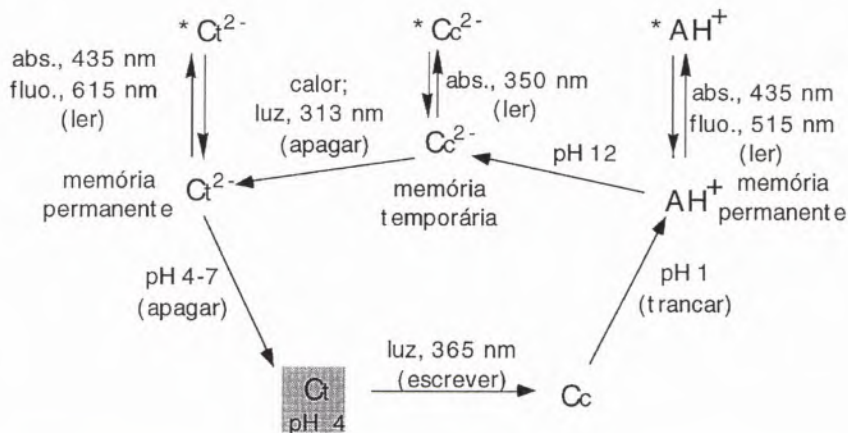
Um dos aspectos mais fascinantes deste olhar sobre a Química é a possibilidade de associar esta à lógica matemática. Portas lógicas são comutadores cujo sinal de saída (0,1) depende do sinal de entrada (0,1). É um facto aceite que a computação ao nível molecular só pode ser possível quando as portas lógicas estiverem acessíveis. [10]

Afim de obter portas lógicas considera-se, seja um salto de pH, seja um relâmpago de luz, ou mesmo a coordenação de um metal. Estes impulsos dão origem a transformações químicas, isto é, produzem novas espécies, que por seu lado possuem propriedades diferentes daquelas de partida. A situação pode ser resumida deste modo: as entradas (input) são os impulsos e a saída (output) uma propriedade da espécie química formada, que pode ser uma absorção ou uma emissão de luz, por exemplo. Este tipo de lógica foi por

nós descrito no composto 4'-metoxiflavílio, Esquema 7. [11,12]

Neste esquema o impulso de luz excita a forma *trans*-chalcona a pH=4.0; o impulso de pH é obtido pela adição de ácido através de uma seringa de modo a obter um pH final de 1. A saída corresponde à observação da formação do catião flavílio seguindo a sua absorção ou a sua emissão de fluorescência. Quando se efectua um salto de pH 4 para pH 1 (entrada 1,0) não se obtém nenhuma formação de catião flavílio devido à existência de uma elevada barreira cinética. O mesmo se passa quando se irradia a *trans*- chalcona a pH 4 (entrada 0,1) porque o sistema pára no

ções, pode ser introduzida utilizando o composto 4'-hidroxiflavílio em vez do 4'-metoxiflavílio. [13,14] No primeiro existe a possibilidade de formação de espécies ionizadas permitindo estender o estudo ao meio básico. A pH=12 a reacção de formação da *trans*- chalcona ionizada a partir da *cis*- chalcona ionizada é lenta, mas pode ser acelerada pela acção da luz, que todavia não tem nenhum efeito na reacção inversa da *trans* para a *cis*. Com base nestas propriedades foi possível definir um ciclo em que se podem conceber memórias permanentes e memórias temporárias, Esquema 8. A analogia com o nosso cérebro é por demais evidente pese embora a simplicidade e ingenuidade do modelo.



Esquema 8

equilíbrio *cis*- chalcona/hemiacetal. Na ausência dos dois impulsos (entrada 0,0) também não se forma catião flavílio (saída 0). Somente quando os dois impulsos estão presentes se verifica formação deste catião. Como se pode concluir da tabela do Esquema 7 trata-se de uma porta lógica que corresponde à função AND.

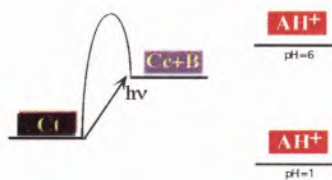
### MEMÓRIAS PERMANENTES E TEMPORÁRIAS

Uma componente de complexidade, e por consequência uma maior possibilidade de exploração de fun-

### MODELOS NEURONAIS

No exemplo seguinte desenvolve-se a ideia de partir de uma das formas dos sais sintéticos de flavílio e obter uma outra. Esse percurso pode ser efectuado de diversos modos, combinando saltos de pH com impulsos de luz. De certo modo existe uma vaga analogia com o nosso cérebro, apesar da simplicidade e primitivismo do conceito, Esquema 9.

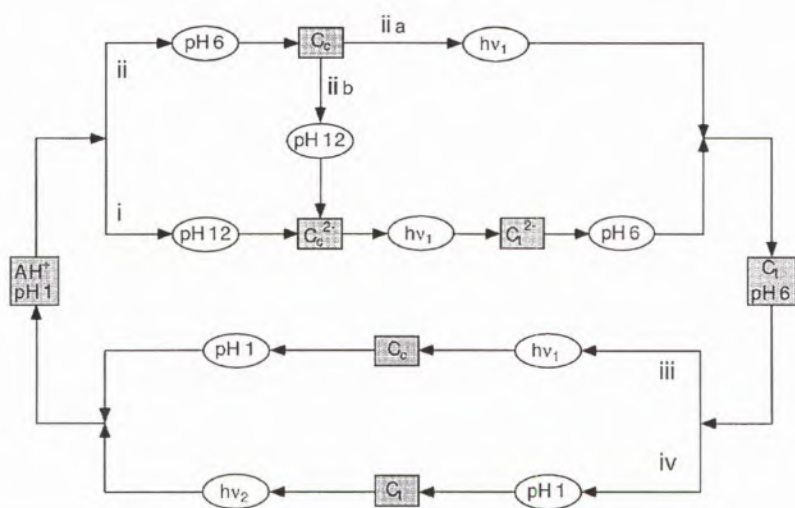
Tal como na actividade neuronal, são muitas as vias possíveis de ser seguidas, e a morte de uns tantos neurónios não impede que a informação circule.



### AND

pH jump	(hv)	State
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Esquema 7 - Representação de uma porta lógica AND [11,12]



Esquema 9

**O CONCEITO DE PERCETRON**

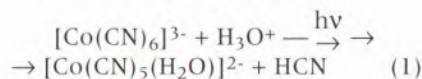
Nos últimos meses temos vindo a fantasiar em sistemas que sejam capazes de apresentar um comportamento do tipo neurónio, mesmo que minimal. Se bem que a bioquímica dos neurónios seja muito complexa, as operações lógicas que ele produz são por contraste bastante simples. [15] O neurónio tem múltiplas ligações de entrada, e de um certo modo soma todos os sinais que chegam através dessas entradas. Se a soma dos sinais de entrada está abaixo de um valor limiar, o neurónio fica desligado e não dá sinal. Se pelo contrário a soma dos sinais de entrada ultrapassa a energia limiar então o neurónio liga e emite um sinal. O neurónio volta ao estado de repouso após um determinado tempo.

Um neurónio artificial com estas características designa-se *perceptron* elementar. Os sucessivos impulsos que chegam à forma Ct são somados (de uma forma que depende do pH) e podem dar origem ao sinal final. Podemos desligar o nosso sistema usando um pH menos ácido e ligá-lo tornando o pH mais ácido.

No exemplo seguinte apresentamos um sistema (foto)químico que se comporta como um dispositivo com valor limiar e que é capaz de efectuar uma porta lógica do tipo XOR (OR exclusivo), além de

permitir integrar o efeito de dois sinais de entrada num só sinal de saída.

A ideia é muito simples. Na mesma solução que contém o sal 4'-metoxiflavílio junta-se o composto de coordenação hexacianocobalto (III), [Co(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>. A luz passa a ser partilhada entre a sal de flavílio e o composto de coordenação, ver Figura 2. A absorção de luz por este último composto dá origem à substituição de uma molécula de cianeto por água com o consequente aumento do pH da solução, ver eq.(1).



Quando uma solução ácida a pH=3.6 contendo a forma *trans*-chalcona (Ct) e [Co(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup> é irradiada a 365 nm, a maioria da luz incidente é absorvida pela Ct dando origem ao

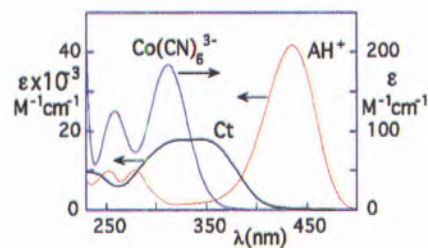


Fig. 2 - Espectros de absorção dos componentes do sistema XOR

produto Cc. De início o pH da solução é suficientemente ácido para permitir que Cc se transforme em AH<sup>+</sup>, obtendo-se o sinal. Com a continuação da irradiação a quantidade de luz que a forma Ct vai absorvendo tende a diminuir (Ct vai sendo consumido) e cada vez mais luz passa a ser absorvida pelo composto de cobalto, com o consequente aumento de pH. Este aumento de pH faz com que o flavílio inicialmente formado se vá transformando em Cc (em equilíbrio com B) e dependendo do tempo e das condições experimentais acabar mesmo por reverter para Ct.

Na Figura 3 está representada a variação da absorvância devida à formação da espécie AH<sup>+</sup>. De acordo com esta figura a formação de AH<sup>+</sup> passa por um máximo e acaba por quase desaparecer. No canto superior direito da Figura 3 está igualmente representado o resultado da acção de dois impulsos de luz (flash) de igual intensidade. Enquanto que com um impulso se consegue um sinal, com dois impulsos o sinal diminui drasticamente (Esquema 10)

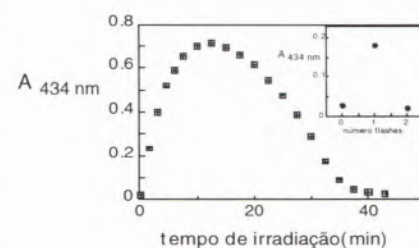
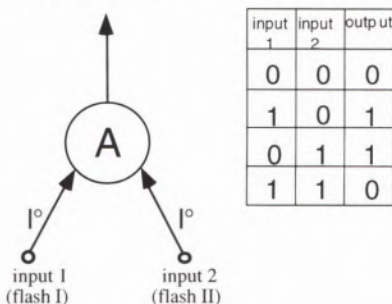


Fig.3 - Variação da absorvância da espécie AH+ com o tempo de irradiação.

**PERSPECTIVAS FUTURAS**

Ainda não é claro se estes sistemas irão ter aplicação prática num futuro imediato. Até lá muitos problemas restam por resolver, como sejam; i) a velocidade das reacções, ii) a necessidade de uma enorme estabilidade dos compostos que ainda só parcialmente foi atingida, iii) a

output  
mudanças na absorvância  
ou na intensidade de emissão



Esquema 10

passagem dos sistemas em solução para matrizes sólidas ou meios organizados. No entanto este tipo de estudos é importante porque estimula o engenho dos Químicos e introduz novos conceitos e novas ideias. Aqui gostaríamos de voltar a referir a frase de Jean-Marie Lehn com que iniciámos este trabalho. ...one may let one's imagination be carried by the magic of the word and pulled by the evocative and stimulating power of the concept.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho resulta de uma longa colaboração entre os Prof. V. Balzani e M. Maestri da Universidade de Bologna, Italia e o meu grupo de investigação na UNL. Gostaria de agradecer em particular à Prof. Maria João Melo, à Dr. Ana Roque e ao Prof. Jorge Parola, os pilares que tantas vezes na sombra tornaram possível que vos apresente este trabalho à luz do dia (ou não estivéssemos no domínio da fotoquímica). Uma última palavra de agradecimento para a Fundação para a Ciência e a Tecnologia que nos tem vindo a financiar e para a Fundação Gulbenkian pelo estímulo que nos concedeu.

\* Departamento de Química, Centro de Química Fina e Biotecnologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Quinta da Torre, 2825-114 Monte de Caparica, Portugal – e-mail: fjp@dq.fct.unl.pt

## REFERÊNCIAS

1. J. M. Lehn "Supramolecular Photochemistry. Concepts and Perspectives" 1995, VCH, Darmstadt, Alemanha.
2. *Molecular Electronic Devices*, ed. F.L. Carter, R.E. Siatkowsky, H. Woltjen, Elsevier, Amsterdam, 1988.
3. D. Rouvray, *Chem. Brit.* 1998, **34**(2), 26.
4. P. Ball, L. Garvin, *Nature*, 1992, **355**, 761; D. Bradley, *Science*, 1993, **259**, 890.
5. V. Balzani, F. Scandola, *Supramolecular Photochemistry*, Ellis Horwood, Chichester, 1991.
6. L.B.-. Feringa, W.F. Jager, B. de Lange, *Tetrahedron* 1993, **49**, 8267.
7. A.P. de Silva, C.P. Mc Coy, *Chem. Ind.* 1994, 992.
8. L. Fabbrizzi, A. Poggi, *Chem. Soc. Rev.* 1995, **24**, 197.
9. M.J. Melo, A. Roque, F. Pina, *Boletim da SPQ*, 1999 **74**, 41.
10. A. Credi, V. Balzani, S. J. Langford, J.F. Stoddart, *J. Am. Chem. Soc.* 1997, **119**, 2679.
11. F. Pina, M. J. Melo, M. Maestri, R. Ballardini, V. Balzani, *J. Am. Chem. Soc.* **1997**, **119**, 5556.
12. F. Pina, M. Maestri, V. Balzani, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1999**, 107.
13. F. Pina, A. Roque, M. J. Melo, M. Maestri, L. Belladelli, V. Balzani *Chem. Eur. J.* **1998**, **4**, 1184-1191.
14. F. Pina, M. J. Melo, A.J. Parola, M. Maestri, V. Balzani, *Chem. Eur. J.* **1998**, **4** 2001-2007.
15. H. M. Cartwright "Applications of Artificial Intelligence in Chemistry" Oxford Science Publications, 1993.

Instituto Português da Qualidade

Ministério da Indústria e Energia

PORTUGUESE INSTITUTE FOR QUALITY

Rua C a Avenida dos Três Vístos

2825 MONTE DE CAPARICA

Portugal

Tel: (351) 294 81 00

Fax: (351) 294 81 01

### CERTIFICADO DE CONFORMIDADE

NUMERO

96/CEP.410

O INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE certifica que o Sistema da Qualidade da

#### SOQUÍMICA - SOCIEDADE DE REPRESENTAÇÕES DE QUÍMICA, LDA.

Rua Coronel Santos Pedroso, 15  
1500 LISBOA  
PORTUGAL

implantado na comercialização, manutenção e calibração de equipamentos de laboratório, cumpre os requisitos da Norma Portuguesa NP EN ISO 9002 - "Sistemas da Qualidade. Modelo de garantia da qualidade na produção, instalação e assistência após venda".

O presente certificado é emitido ao abrigo do Decreto-Lei n.º 234/93 de 2 de Julho, e de acordo com a Directiva CNQ 22 - "Certificação de sistemas da qualidade de empresas. Metodologias e regras gerais".

A presente certificação é válida por um período de três anos, renovável.

Monte de Caparica, 18 de Junho de 1996

Cândido dos Santos

Cândido dos Santos  
Presidente



SOQUÍMICA

#### Sociedade de Representações e Química, Lda.

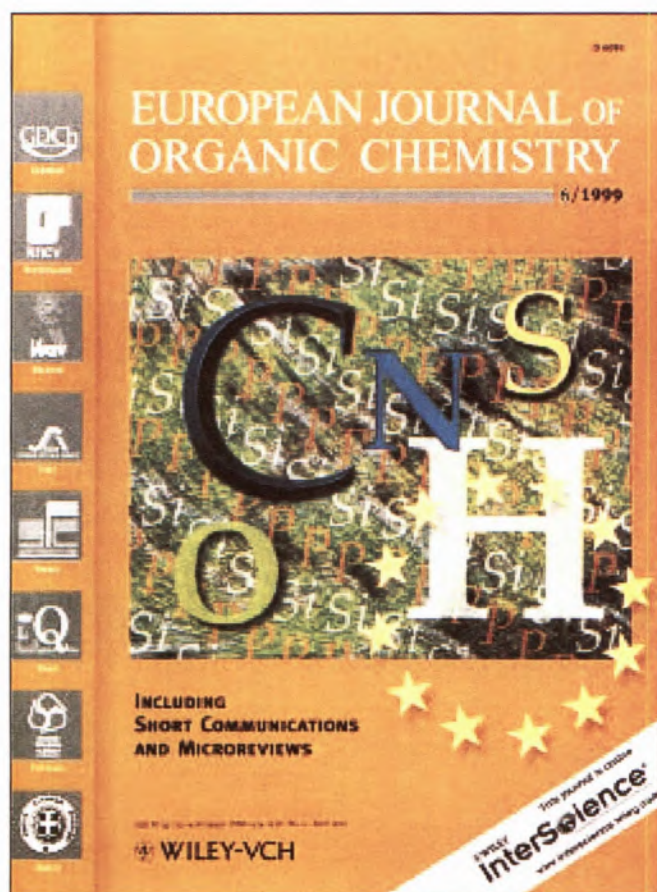
Rua Coronel Santos Pedroso, 15 • 1500 LISBOA • Tel.: 716 51 60 • Fax: 716 51 69

Sede Social: Av. da Liberdade, 220-2º • 129 LISBOA CODEX

Rua 5 de Outubro, 269 • 4100 PORTO • Tels.: 609 30 69 • Fax: 600 08 34

Email: soquimica@mail.telepac.pt; Internet: www.soquimica.pt

# European Journal of Organic Chemistry



Benefit from:

- ➔ Full-text available online for subscribers ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com))
- ➔ strong international coverage
- ➔ faster publication times: articles available online weeks before print edition
- ➔ cutting-edge research and information
- ➔ low personal subscription rate for members of supporting societies

**doubled publication frequency:  
24 issues from 2000**

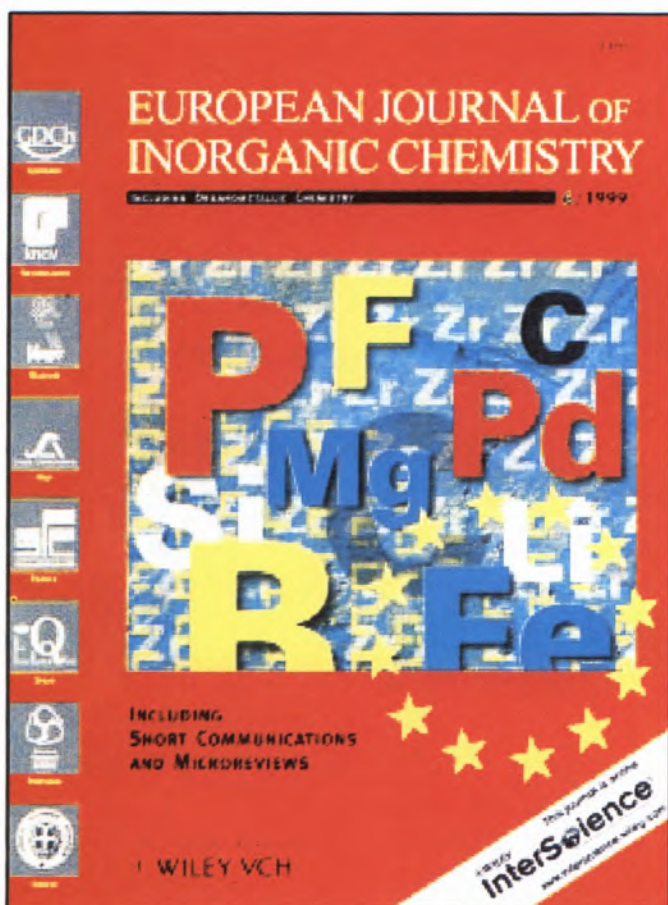
*supported and owned by Chemical Societies from*

**B • D • E • F • GR • I • NL • P**

To order please contact your society  
or [EJIC-EJOC@wiley-vch.de](mailto:EJIC-EJOC@wiley-vch.de)

 **WILEY-VCH**

# European Journal of Inorganic Chemistry



Benefit from:

- Full-text available online for subscribers ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com))
- strong international coverage
- faster publication times: articles available online weeks before print edition
- cutting-edge research and information
- low personal subscription rate for members of supporting societies

**12 % more pages  
planned for 2000**

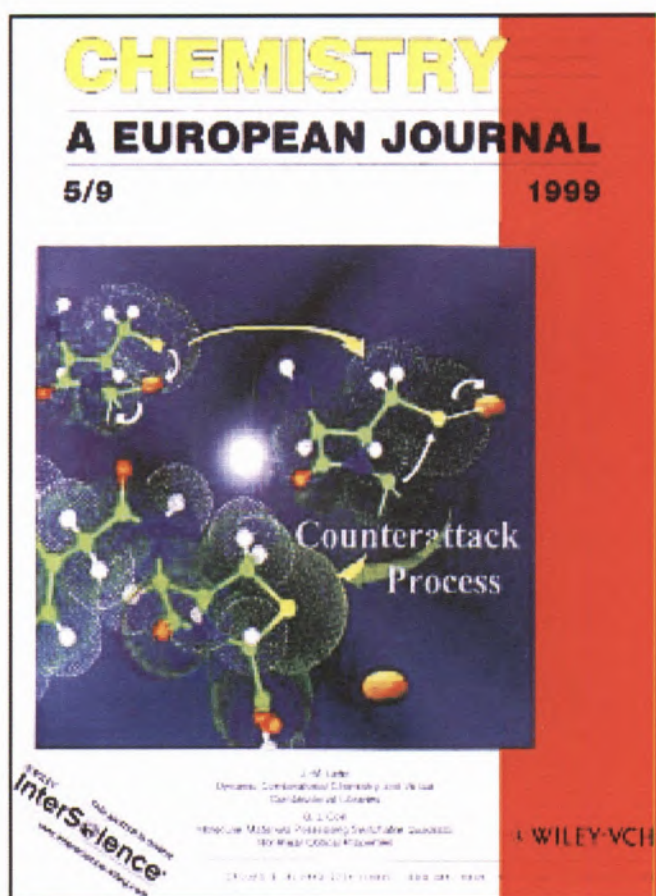
*supported and owned by Chemical Societies from*

**B • D • E • F • GR • I • NL • P**

To order please contact your society  
or [EJIC-EJOC@wiley-vch.de](mailto:EJIC-EJOC@wiley-vch.de)

 **WILEY-VCH**

# Chemistry – A European Journal



Benefit from:

- Full-text available online for subscribers ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com))
- international authors
- faster publication times: articles available online weeks before print edition
- high-quality full papers
- low personal subscription rate for members of supporting societies

**doubled publication frequency:  
24 issues from 2000**

latest  
Impact Factor: 5.153

supported and owned by Chemical Societies from

AU • B • CZ • D • E • F • GR • H • I • NL • P • PL • S

To order please contact your society  
or [CHEMISTRY@wiley-vch.de](mailto:CHEMISTRY@wiley-vch.de)

 **WILEY-VCH**



# Na Mira do Anti-fúngico Ideal

MARGARIDA MEIRELES<sup>1</sup> e FATIMA NORBERTO<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Apesar de estarmos rodeados de fungos, na maior parte das situações o nosso sistema imunitário é eficaz na defesa contra as infecções causadas por este organismo oportunista. No entanto, é possível que alguns fungos proliferem na pele causando irritação sem causa aparente, as membranas mucosas (como a boca, e a vagina) podem ser afectadas pelo crescimento exagerado de fungos e, infecções sistémicas de origem fúngica, podem mesmo dar origem a situações clínicas de muita gravidade.

As infecções fúngicas em humanos têm o nome de micoses e podem ser do tipo superficial (como as dermatofitoses) ou sistémico (tais como as candidíases e as criptococoses).

Nos últimos 20 anos verificou-se um aumento da incidência de infecções fúngicas sistémicas com alguma gravidade. Estas infecções ocorrem mais frequentemente em indivíduos imunodeprimidos (devido a transplantes de órgãos, quimioterapia tumoral ou infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana – VIH), nos tratados com antibacterianos de largo espectro ou ainda naqueles que foram sujeitos a técnicas invasivas (catéteres e sondas). As espécies patogénicas mais comuns são *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus* e algumas espécies do género *Mucor*.

Por causa das muitas semelhanças entre as células humanas e as células fúngicas, já que ambas são eucarióticas e têm um metabolismo semelhante, tem sido difícil e lento o desenvolvimento de anti-fúngicos que sejam simultaneamente eficazes e pouco tóxicos para o homem

## 2. SUBSTÂNCIAS ANTI-FÚNGICAS

Os primeiros agentes usados como anti-fúngicos foram o iodeto de potássio, sais de metais pesados, derivados benzóicos e fenólicos, e, mais tarde sais de amónio quaternário, [1] e o tolnaftato, apenas potente contra dermatófitos [2]. A era da

quimioterapia antimicótica teve início com a descoberta da nistatina (Figura 1,(1)) a que se seguiu a anfotericina B (Figura 1,(2)), ambas pertencentes ao grupo dos polienos. A nistatina é usada apenas para uso tópico, por causa da sua elevada toxicidade a nível sistémico. A anfotericina B tem sido usada com sucesso por mais de duas décadas mas a sua toxicidade, especialmente renal, faz com que ela seja usada actualmente só em último recurso. De facto, este fungicida, é o único polieno usado para as micoses sistémicas e é ainda hoje indicado para o tratamento das micoses profundas nos doentes imunossuprimidos. Os efeitos colaterais podem ser reduzidos recorrendo aos lipossomas e dispersões coloidais.

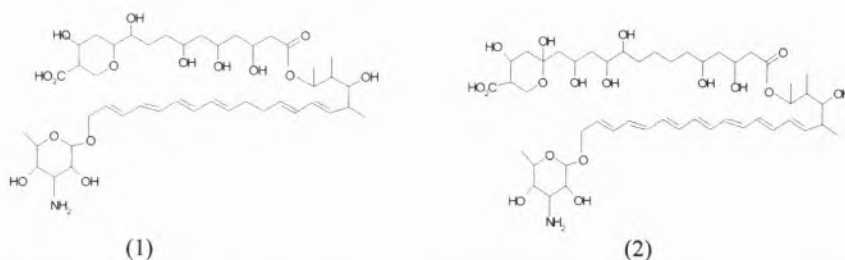


Fig. 1 - (1) nistatina ; (2) anfotericina B



Fig. 2 - (3) griseofulvina; (4) 5-fluorocitosina (4') 5-fluorouracilo

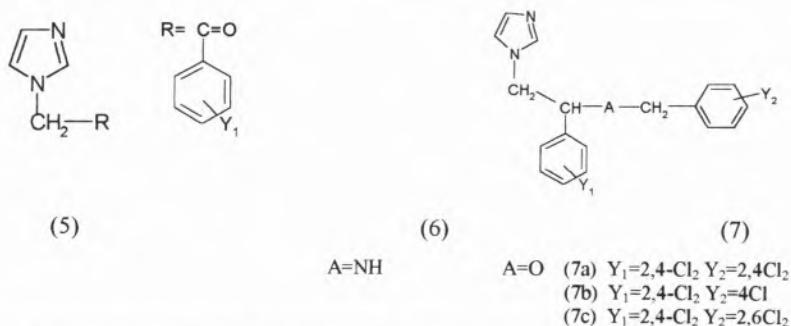


Fig. 3 - (5) fenacilimidazol; (6) benzilamina substituída (7) éter benzílico : (7a) miconazol; (7b) econazol; (7c) isoconazol

tuídas (6) e em seguida da classe dos éteres benzílicos (7) em cuja classe se contam o miconazole (7a), o econazole (7b) e o isoconazole (7c) [3]. Estes compostos constituíram um grande avanço do ponto de vista clínico no tratamento de micoses superficiais e, no caso do miconazole, de micoses sistémicas.

Decidiu então avançar-se para a substituição de um dos anéis aromáticos por um anel heterocíclico e foi assim que surgiu o cetoconazole (Figura 4, (8)) [3]. A actividade anti-fúngica do cetoconazole assemelha-se à do miconazole. Aquando da administração tópica este composto revelou-se bastante activo no tratamento de infecções por dermatófitos e, na administração oral o cetoconazole, apresenta bastante actividade contra a tricofitose e a candidíase. Todos estes azóis são porém rápida e extensamente metabolizados, excepto o cetoconazole que apesar de tudo ainda não é o anti-fúngico ideal pois continua a ter efeitos colaterais não desejados como, por exemplo, a inibição da síntese de testosterona.

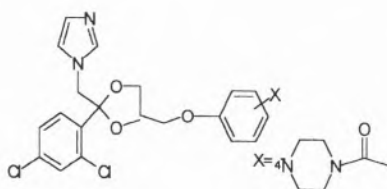


Fig. 4 - (8) cetoconazol

A partir da década de 80, a Companhia farmacêutica Janssen iniciou então um estudo promovendo uma série de variações estruturais que incluíram a inserção das funções dioxolano (9), ditiolano (10), tetra-hidrofurano (11) e alcoois terciários (12) (Figura 5)[3]. Estes derivados demonstraram boa eficácia *in vitro* mas não *in vivo*.

Para uma boa eficácia *in vivo* é necessário que o agente seja absorvido no tracto gastro-intestinal, e chegue ao local de acção sem sofrer metabolização hepática. Ora uma gran-

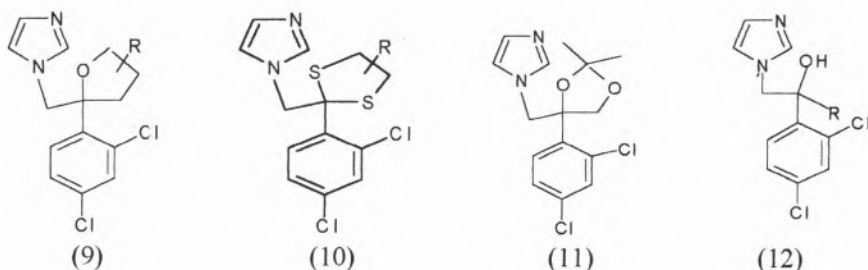


Fig. 5 - Variações estruturais em derivados de imidazol

de percentagem dos derivados de imidazole são metabolizados antes de entrar na circulação sistémica, resultando numa baixa biodisponibilidade a nível oral e baixos níveis plasmáticos. Além disso, são muito lipofílicos e, cerca de 90% deles, aparecem ligados a proteínas plasmáticas o que resulta em níveis circulantes muito baixos da forma activa, não ligada. Em virtude do anel de imidazole ser responsável pela labilidade destes fármacos relativamente a reacções de metabolização, foram sintetizados vários derivados mono e bistriazole com o objectivo de conseguir não só mais resistência relativamente à metabolização hepática como também menor lipofilia. Foi numa destas tentativas que se chegou à estrutura do fluconazole (13) (Figura 6), [4], um bistriazole da classe dos alcoois terciários com um substituinte arilo difluorado, que o tornou muito pouco lipossolúvel, ao contrário de todos os outros descritos até ao momento.

Os ensaios clínicos iniciais foram realizados com doentes com candidíase vulvovaginal, tendo sido

observados excelentes resultados clínicos (100% de curas). O fluconazole apresentou também 100% de curas em pacientes com síndrome de imunodeficiência adquirida sofrendo de candidíase orofaríngea. Além de activo contra infecções por

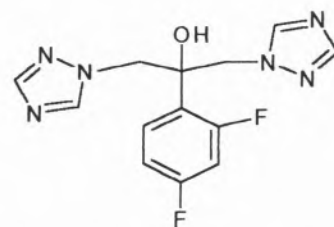


Fig. 6 - (13) Fluconazol

*Candida* este derivado revelou-se de imensa valia em infecções por *Cryptococcus*, *Aspergillus* e mesmo dermatófitos.

Em 1984 surgiu uma nova classe de anti-fúngicos, as alilaminas, cujos exemplos em uso incluem a naftifina (14) e a terbinafina (15) (Figura 7).

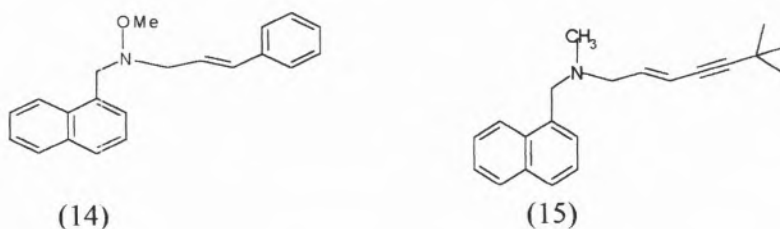


Fig. 7 - (14) naftifina; (15) terbinafina

## 2. O MECANISMO DE ACÇÃO DOS ANTI-FÚNGICOS

As várias classes de anti-fúngicos actuam de diferentes formas, afectando diversos aspectos do metabolismo das células fúngicas, com maior ou menor interferência no metabolismo da célula do hospedeiro.

A 5-fluorocitosina actua através do seu produto de desaminação, o 5-fluoruracilo (Figura 2,(4')), que é incorporado no RNA em vez do uracilo, ou é convertido em ácido 5-F-2'-desoxiuridílico, o qual inibe a síntese do timidilato sintetase celular, afectando assim também a síntese de DNA. De facto, apesar de esta substância anti-fúngica ser menos tóxica que a anfotericina B teve sempre que ser usada prudentemente pois poderia ter efeitos carcinogénicos [5].

A acção anti-fúngica das substâncias pertencentes ao grupo dos polienos baseia-se no facto de a sua ligação ao ergosterol presente na membrana plasmática das células dos fungos, resultar na desorganização dessa membrana, afectando necessariamente a sua função biológica [6]. Dessa ligação resulta um aumento da permeabilidade da membrana com consequente dissipação do gradiente de protões, perda do conteúdo citoplasmático e morte celular. A eficiência da ligação desta substância ao ergosterol da membrana plasmática das células fúngicas, é cerca de 10 vezes superior ao da ligação ao colesterol das células animais. No entanto, mesmo assim, este fungicida apresenta efeitos colaterais adversos tais como a nefrotoxicidade.

A griseofulvina em fungos susceptíveis, liga-se ao RNA e a proteínas associadas aos microtúbulos resultando a sua acção na inibição da síntese de ácidos nucleicos e na alteração da formação dos microtúbulos [7]. Além de dar origem a células anormais o fármaco pode inibir a mitose de células de animais e de plantas causando mitose multipolar e formação de núcleos anormais.

O conteúdo em ergosterol das membranas celulares das células dos fungos, diferencia estas células das

células animais em que o colesterol é o esteroide envolvido na regulação da permeabilidade das membranas. Ambos os esteróides são sintetizados de uma maneira semelhante a partir do acetil coenzima A (Figura 8) [8].

car que embora os enzimas dos mamíferos e dos fungos /leveduras catalisem as mesmas interconversões, eles não são necessariamente idênticos e são portanto passíveis de inibição selectiva.

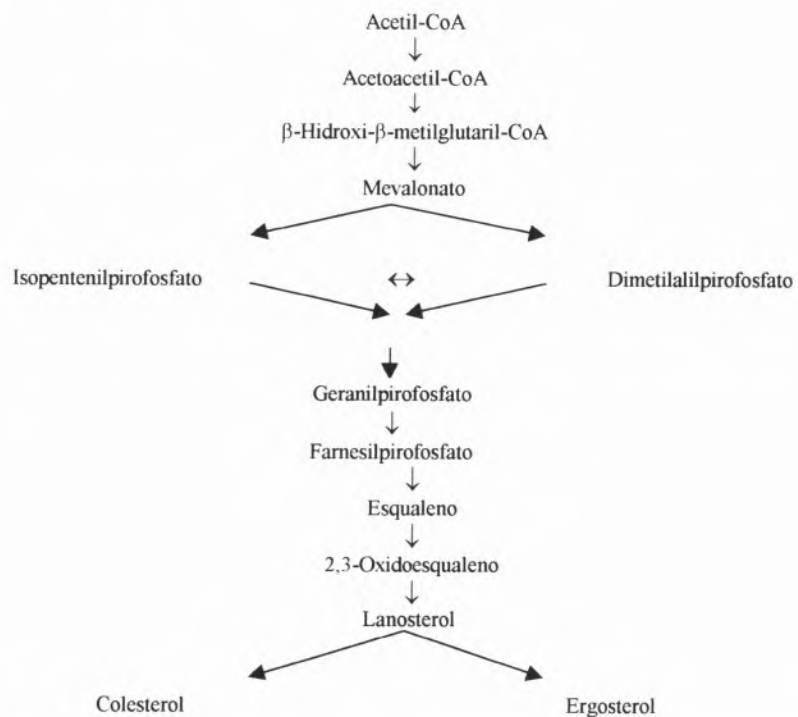


Fig. 8 - Via sintética dos esteróides

Essa síntese tem lugar em diferentes locais da célula: a transformação de acetato em mevalonato é realizada na fracção microsomal enquanto a via que dá origem ao esqualeno a partir do mevalonato é realizada no citoplasma; a conversão do esqualeno em ergosterol e colesterol é realizada de novo nos microsomas e esta é a primeira parte da via que requer oxigénio. As vias que conduzem ao ergosterol e ao colesterol são comuns até à formação de lanosterol. A remoção do grupo metilo ligado ao átomo de carbono na posição 14 do lanosterol também é comum embora não ocorra necessariamente pela mesma ordem (Figura 9).

Até à data ainda não foram purificados todos os enzimas mas, as evidências disponíveis parecem indi-

Uma classe importante de anti-fúngicos – as alilaminas – exerce a sua acção inibindo o passo da epoxidação do esqualeno, levando à acumulação deste precursor na célula [9]. A depleção de ergosterol e a acumulação de esqualeno afectam naturalmente a estrutura e a função da membrana plasmática das células fúngicas. A naftifina e a terbinafina foram os primeiros compostos deste grupo que revelaram ser eficientes inibidores do enzima esqualeno epoxidase em *Candida albicans*. Um aspecto curioso da acção destes agentes é o facto de eles interferirem com o enzima do fungo mas não inibirem o crescimento daquele organismo. Um membro de uma outra família de compostos que também exerce a sua acção através da inibição da epoxidação do esqualeno é o tolnaftato [10].

## Lanosterol

## Ergosterol

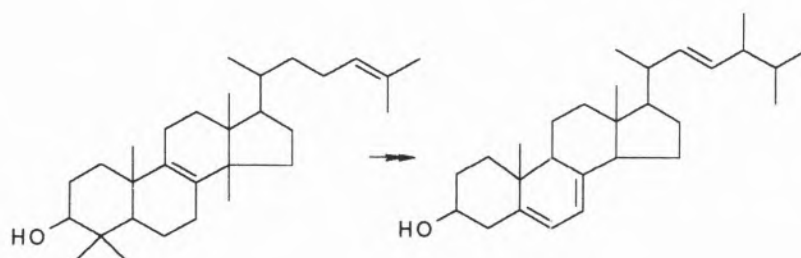


Fig. 9 - Relação entre ergosterol e lanosterol

Os derivados do imidazole (por exemplo econazole, miconazole, e cetoconazole), levam ao aumento da permeabilidade da membrana em células fúngicas susceptíveis aos fármacos, sendo também potentes inibidores da biossíntese do ergosterol [11].

Estudos comparativos feitos em células de fígado de rato e células de *C. albicans*, mostraram que a dose dos derivados de imidazole necessária para influenciar a síntese de colesterol em fígado de rato é pelo menos 6 vezes superior àquela

capaz de inibir a síntese de ergosterol em *C. albicans*. De um modo semelhante a síntese de colesterol numa fracção subcelular de fígado de rato é cerca de 20-70 vezes menos sensível ao cetoconazole ou miconazole do que o é a síntese de ergosterol em fracções semelhantes obtidas de *C. albicans* [12].

A inibição da síntese de ergosterol em células de fungos coincide com uma acumulação de 14  $\alpha$ -metilesteróis, indicativa de uma interacção do fármaco com o sistema do 14 $\alpha$ -metildesmetilase. Este é

um sistema sensível ao monóxido de carbono o que indica que é necessário um sistema enzimático dependente do citocromo P-450 para iniciar a oxidação do grupo metil 14 $\alpha$  do lanosterol, o precursor do ergosterol nos microsomas dos fungos.

Foi demonstrado que o miconazole e o cetoconazole afectam o citocromo P-450 em microsomas de leveduras [13]. O citocromo P-450 dos microsomas de fígado de rato é muito menos sensível àquelas substâncias, o que se correlaciona bem com a baixa sensibilidade dos referidos fármacos sobre a síntese de colesterol em células de mamífero. Foi também sugerido que a acumulação dos precursores metilados nas células fúngicas tratadas com os fármacos poderia levar a alterações funcionais nas membranas e à morte celular. De facto, para além da inibição da síntese de ergosterol, está hoje razoavelmente estabelecido que os derivados de azóis também têm uma acção directa sobre as membranas fúngicas, interagindo com os grupos acilo saturados e insaturados que fazem parte das membranas. Isto pode em parte explicar a existência de certas bactérias Gram+ susceptíveis aos derivados de azóis.

Tabela 1. Algumas micoses superficiais comuns no homem

Doença	Área afectada	Agente causal comum
Tinea capitis	cabeça	Dermatófitos: <i>Microsporum</i> spp e <i>Tricophyton</i> spp
Tinea corporis	corpo	idem
Tinea pedis	pé	<i>Tricophyton</i> spp
Perionycomicose	cutículas	Leveduras tipo <i>Candida</i> spp
Candidíase vaginal	Vagina	<i>Candida albicans</i> , e outras, e <i>Torulopsis glabrata</i>

Tabela 2. Algumas micoses sistémicas

Doença	Agente causal
Candidíase sistémica e mucocutânea	<i>Candida albicans</i> e outras spp
Aspergilose (menos comum)	<i>Aspergillus fumigatus</i> e outras spp
Histoplasmose	<i>Histoplasma capsulatum</i>
Criptococose	<i>Cryptococcus neoformans</i>

## 4. CONCLUSÕES

Os últimos anos têm conduzido a grandes avanços na variedade e na toxicidade selectiva dos anti-fúngicos disponíveis no mercado. No entanto, poucos desses compostos conseguem ainda combinar as propriedades necessárias para o tratamento das graves infecções superficiais e sistémicas nomeadamente, eficácia contra os agentes causadores, e aqui assume particular importância a conhecida aquisição de resistência aos anti-fúngicos existentes no mercado, pelos organismos a eles sujeitos e uma margem de segurança relativamente aos efeitos colaterais que se pretende que seja cada vez maior.

1. Departamento de Química e Bioquímica,  
Faculdade de Ciências de Lisboa, CiTecMat,  
Faculdade de Ciências de Lisboa  
Rua Ernesto de Vasconcelos, 1700 Lisboa, Portugal.
2. Departamento de Química e Bioquímica,  
Faculdade de Ciências de Lisboa, Rua Ernesto de  
Vasconcelos, 1700 Lisboa, CECF, Faculdade de  
Farmácia, Avenida das Forças Armadas, 1699  
Lisboa, Portugal.

## REFERÊNCIAS

1. E. Weinberg in "Principles of Medicinal Chemistry", 3ª ed; W. Foye (Ed) W. Foyer (Ed), Lea Febinger, Philadelphia, 1990; p 731.
2. J. Heeres in "Medicinal Chemistry, the role of Organic Chemistry in Drug Research", 1ª ed S.M.Roberts, B.J.Price (Ed), Academic Press; London,1985; p 249.
3. K. Richardson in "Medicinal Chemistry, the role of Organic Chemistry in Drug Research", 2ª ed, C. R. Ganellin, S.M.Roberts (Ed), Academic Press,London 1993; p 257.
4. J. Bennett in" The Pharmacological Basis of Therapeutics", Goodman and Gilmans (Ed), 8ª ed., Pergamon Press, New York, 1990; p 1175.
5. C.A.Lyman., T.J. Walsh. *Drugs*,**44**, (1992), 9.
6. D.R.Bennett, *Drug Evaluation – Annual Am.Med. Assoc., Milwaukee*, (1991), 1979.
7. M.R. McGinnis, M.G. Rinaldi, in "Antibiotics in Laboratory Medicine", 3ª ed,V. Lorian ed., Williams & Wilkins, Baltimore; 1991; p.198.
8. R. Voet, J.G. Voet, in "Biochemistry", 2ª ed., John Wiley & Sons, Inc. USA(1995); p.690.
9. G.Petranyi, N.S. Ryder e A. Stutz ,*Science*, **224**, (1984).1239.
10. K.J. Barret-Bee, A.C. Lane e R.W. Turner, *J.Med. Vet.Mycol.*, **24**,(1986), 155.
11. M. Borgers, M. Van den Bossch , M. De Brabander, *Am. J. Med.* **74-1B**, (1983). 2.
12. G. Willemsens, W. Cools , H. Van den Bossche, in "The Host Invader Interplay", H.Van den Bossch, ed., Elsevier, Amsterd;1980; p 691.
13. H. Van den Bossch, G. Willemsens, *Arch. Int. Physiol. Biochem.*,**90**, (1982), B218.



SOCIEDADE  
PORTUGUESA  
DE QUÍMICA

**COLABORE  
COM A  
SOCIEDADE**

**NÃO ATRASE O  
PAGAMENTO DAS  
SUAS QUOTAS**

---

**SPQ – QUOTAS**

<b>Sócio Efectivo</b> .....	<b>6 000\$00</b>
<b>Sócio Estudante</b> .....	<b>3 500\$00</b>
<b>Sócio Casal</b> .....	<b>9 000\$00</b>

# Rastreabilidade das Medições de pH

M. FILOMENA G.F.C. CAMÕES<sup>(a)</sup> e M. J. GUIOMAR H.M. LITO<sup>(b)</sup>

A definição, recentemente aprovada, de Método Primário de Medição de pH aplicada à célula de Harned, permitiu estabelecer um método para atribuição de valores de pH a Padrões Primários de pH, PS, relacionáveis com a definição conceptual,  $p_{aH} = -\lg a_{H^+}$ . Com base nos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de trabalho especialmente designado pela IUPAC, são também apresentadas as Recomendações relativas aos Métodos de Certificação das Soluções Padrão Secundárias (SS) comparativamente com as Soluções Padrão Primárias (PS), assim como a atribuição de valores de pH a soluções desconhecidas (X), de acordo com os critérios metroológicos, com validade termodinâmica e de forma a construir a rastreabilidade exigível.

## 1. INTRODUÇÃO

A definição da grandeza pH[1], bem como os princípios básicos para a sua medição e determinação, foram estabelecidos e recomendados pela IUPAC em 1985.[2] Alegadas indefinições e incoerências foram surgindo num crescendo que encaminhava para a revisão do documento.

Os desenvolvimentos entretanto obtidos, bem como as discussões científicas a eles associados, levaram a concluir que se atingiu um mais elevado estado de esclarecimento tanto nos aspectos experimentais como teóricos [3,4,5,6].

Desenvolvimentos paralelos no domínio da rastreabilidade das medições químicas impõem a atribuição de incertezas aos valores de grandezas determinadas experimentalmente [7,8].

O presente trabalho dá conta de um estudo profundo e detalhado, apoiado no conhecimento científico, sobre a grandeza pH, consistente com os critérios metroológicos aceites

internacionalmente, levado a cabo por um grupo "ad-hoc" nomeado pela IUPAC e desenvolvido com base nos trabalhos de investigadores, técnicos e utilizadores de quase um século.

Este documento é uma adaptação de outro, esse sim a recomendação IUPAC [9], em finalização e que será proximamente publicado no órgão oficial, *Journal of Pure and Applied Chemistry*. Ele revogará recomendações anteriores e constituirá um documento base a partir do qual outros se poderão desenvolver sobre aspectos específicos relativos a áreas científicas complementares, como seja o desenvolvimento de novos modelos de soluções electrolíticas que possam com vantagem substituir a Convenção de Bates-Guggenheim, para alargamento a outros domínios de aplicações diversificadas: aplicações fisiológicas, meios de elevada força iónica, chuvas ácidas.

## 2. FUNDAMENTOS

A acessibilidade do equipamento para medições de pH, o seu significado em termos da acidez de um sistema e a sua importância no controlo de múltiplos equilíbrios químicos, contribuem para que o pH seja o parâmetro químico mais medido. Torna-se, portanto, de extrema importância clarificar conceitos e procedimentos, bem como definir a incerteza de valores obtidos por via experimental.

Foram os trabalhos de Sørensen, no início do século XX [10], sobre a hidrólise enzimática das proteínas, que o levaram a demonstrar a importância vital do pH no controlo dos processos enzimáticos. Foi ele que introduziu o conceito de "tampão" e exprimiu a concentração dos hidrogeniões em termos de uma potência de dez e simbolizou o termo "expoente do ião hidrogénio" por pH,  $c_{H^+} = 10^{-pH}$ . Ambos os conceitos foram imediatamente aceites pela comunidade científica, reconhecida que foi a sua enorme importância.

Posteriormente foi evidenciado que a metodologia potenciométrica recomendada para a sua determinação [11] conduziria antes a  $a_{H^+}$ , pelo que foi considerado mais conveniente definir pH em termos da actividade dos iões hidrogénio em solução,  $pH = -\lg a_{H^+}$ , ou

$$pH = -\lg \frac{a_{H^+}}{m^0} = -\lg \frac{m_{H^+} \gamma_{H^+}}{m^0}$$

onde  $a_{H^+}$  e  $\gamma_{H^+}$  representam respectivamente a actividade e o coeficiente de actividade molal dos iões hidrogénio à molalidade  $m_{H^+}$  e  $m^0$  representa um estado padrão referente a 1 mol kg<sup>-1</sup> de iões hidrogénio.

Trata-se de uma definição conceptual, dado que a actividade de uma única espécie iónica é imensurável, por imaterializável. A sua avaliação depende, pois, da adopção de convenções. Os valores de pH não podem ser determinados com base em medidas isoladas, mas requerem métodos aproximados, para obter o coeficiente de actividade da espécie iónica singular,  $\gamma_{H^+}$ .

A partir de 1940 a análise instrumental assumiu cada vez maior importância, devido às exigências crescentes relativamente à sensibilidade, velocidade e economia dos métodos analíticos, tendo nos últimos anos os aparelhos medidores de pH digitais permitido uma reprodutibilidade de valores ao milésimo. No entanto, o progresso associado à definição da grandeza não tem acompanhado o desenvolvimento dos aparelhos medidores.

O significado dos valores medidos está relacionado não só com a precisão dos instrumentos de medida mas também com as soluções padrão que são usadas para os calibrar. Os instrumentos de medida de elevada precisão estão dependentes de metodologias comparativas que requerem calibração e validação com Materiais Padrão rastreáveis.

Embora cerca de noventa anos tenham passado desde que Sørensen (1909) introduziu o conceito de pH, e tendo já sido atingidas sensibilidades e velocidades de

resposta, na análise instrumental, não imagináveis há poucos anos atrás, novas interrogações se põem relativamente à “rapidez” de execução e “rastreadibilidade” de resultados para os novos níveis [12].

As determinações de pH, segundo os processos convencionais, têm sido preocupação não só dos Institutos Metrológicos que têm vindo a impor várias exigências de rigor, como de outros Organismos Internacionais que têm emanado Recomendações entre as quais se salientam, pela sua ampla aceitação, as da IUPAC [2] actualmente em revisão.

Os valores de pH de soluções desconhecidas, são determinados usando Soluções Padrão como referência.

Aos valores de pH (PS) das Soluções Padrão Primário exige-se que tenham valores fixos, independentes dos de outras soluções.

A atribuição dos valores de pH às Soluções Padrão Primário (PS) é feita pela aplicação do Método Primário através da cadeia de etapas que ligam medições de diferenças de potencial de células de Harned, com a equação de Nernst e com o modelo de Bates-Guggenheim para avaliação do coeficiente de actividade do ião cloreto.

A rastreabilidade vincula a relação entre o valor de pH medido, pH (X), e o valor de pH (PS) do Padrão Primário através de uma cadeia ininterrupta de comparações, especificando as respectivas incertezas.

### 3. CÉLULA DE HARNED PARA ATRIBUIÇÃO DE VALORES DE pH A SOLUÇÕES TAMPÃO PADRÃO

#### 3.1. Método Primário

Um Método Primário de medição é um método com a máxima qualidade metrológica, requerendo que todas as operações possam ser completamente descritas e compreendidas. Qualquer limitação do modelo teórico ou da determinação experimental deve-se reflectir no cálculo da incerteza total do método,

em termos de unidades do SI.

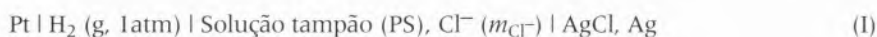
Um Método Primário pode ser

- directo: mede o valor desconhecido de uma grandeza sem necessidade de referência a um padrão da mesma quantidade (ex.: gravimetria ou coulometria)

- relativo: mede a relação entre o valor desconhecido de uma grandeza e o de um padrão da mesma grandeza; o sinal analítico medido e a grandeza em causa devem ser completamente descritos por uma equação, “a lei analítica”.

Um Método Primário directo pode ser combinado com um Método Primário relativo para conduzir a medidas que assegurem características primárias.

A célula de Harned que permite a medição de diferenças de potencial, é uma célula sem transporte com um eléctrodo de hidrogénio, com o hidrogénio seco e à pressão de 1 atm e outro de referência de prata-cloreto de prata, com concentrações do ião cloreto variáveis.



A aplicação da equação de Nernst a esta célula, com a diferença de potencial  $E$ , é traduzida pela equação:

$$E = E_{\text{Ag,AgCl}}^0 - \left( \frac{RT}{F} \ln 10 \right) \lg (m_{\text{H}^+} m_{\text{Cl}^-} \gamma_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-})$$

ou

$$-\lg (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-}) = \frac{E - E_{\text{Ag,AgCl}}^0}{\frac{RT}{F} \ln 10} + \lg m_{\text{Cl}^-}$$

onde  $E_{\text{Ag,AgCl}}^0$  é o potencial padrão do eléctrodo de prata-cloreto de prata, determinado com a célula de Harned contendo soluções diluídas de HCl e  $\gamma_{\text{Cl}^-}$  é o coeficiente de actividade do ião cloreto.

A célula de Harned, reconhecida como altamente reprodutível, satisfaz os requisitos para ser recomendada no Método Primário directo de determinação de  $-\lg (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-})$ , em

soluções aquosas, grandeza expressa integralmente em termos de quantidades ou conhecidas ou determinadas experimentalmente [13].

Procedendo à representação gráfica de  $-\lg (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-})$  em função de  $m_{\text{Cl}^-}$  e extrapolando para  $m_{\text{Cl}^-} = 0$ , para remover o efeito do cloreto adicionado, o valor limite desta função a uma determinada força iónica  $I$ , pode ser expresso [14,15] como

$$-\lg (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-}) = p (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-})^0.$$

A introdução de uma convenção para o coeficiente de actividade iónica do ião cloreto,  $\gamma_{\text{Cl}^-}$ , permite chegar ao pH

$$\text{pH} = p\alpha_{\text{H}^+} = p (\alpha_{\text{H}^+} \gamma_{\text{Cl}^-})^0 + \lg \gamma_{\text{Cl}^-}$$

onde a escrita das cargas é eliminada por uma questão de simplicidade.

A convenção referida, denominada de Bates-Guggenheim tem por

base a equação de Debye-Hückel

$$\lg \gamma_i = - \frac{A I^{1/2}}{1 + B a_i I^{1/2}}$$

onde  $I$  é a força iónica do meio expressa em  $\text{mol kg}^{-1}$ ,  $I = \frac{1}{2} \sum_i m_i z_i^2$ , sendo  $z_i$  o número de carga de cada ião e  $m_i$  a correspondente molalidade.

Convencionou-se para o parâmetro iónico  $B a_i$  o valor  $1,5 \text{ mol}^{-1/2} \text{ kg}^{1/2}$  para todas as temperaturas, com  $a_i = 4,6 \text{ \AA}$  a  $25^\circ\text{C}$

$$\lg \gamma_{\text{Cl}^-} = - \frac{A I^{1/2}}{1 + 1,5 I^{1/2}}$$

$A$  e  $B$  são constantes da equação de Debye-Hückel que dependem da temperatura e da permitividade relativa,  $\epsilon_r$ , do solvente ( $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$ , sendo  $\epsilon_0$  a permitividade do vazio),

$A$  é expresso em  $\text{mol}^{-1/2} \text{kg}^{1/2}$  e  $B$  em  $\text{mol}^{-1/2} \text{kg}^{1/2} \text{cm}^{-1}$ .

Para forças iônicas até  $0,1 \text{ mol kg}^{-1}$ , a incerteza padrão\*\* associada ao cálculo do pH (PS) é de  $\pm 0,005$  unidades, mesmo se  $Ba_i$  na equação de Debye-Hückel variar de 10% [13].

Os valores de pH assim obtidos são convencionalmente adoptados como valores de referência, pH (PS).

Pode-se afirmar que a célula de Harned associada à utilização da Convenção de Bates-Guggenheim é a base de um Método Primário de Referência para a atribuição de valores de pH a Padrões Primários.

Dado o irrealismo da definição de pH ( $\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$ ), que envolve a actividade do ião hidrogénio como ião singular e não existindo nenhum método experimental que permita o estabelecimento de valores perfeitamente concordantes com os valores teóricos, recomenda-se o uso do termo "convencional" para explicitar que esta definição não pode ser usada para medir o pH.

A aplicação de um método primário à determinação de pH de uma solução tampão, que obedeça aos critérios de qualidade metrológica para soluções padrão, faz dela um Padrão Primário de pH.

A figura 1, ilustra em forma esquemática os passos envolvidos na atribuição de valores de pH(PS).

### 3.2. Soluções Padrão Primário e as suas Incertezas

Para que as medições de pH com a célula de Harned sejam rastreáveis às unidades do sistema SI, a incerteza de cada passo deve ser incluída no resultado [16].

O Método Primário para a atribuição de valores "convencionais" de pH deve explicitar as incertezas devidas ao uso da convenção de Bates - Guggenheim e as da extrapolação para  $m_{\text{Cl}^-} = 0$  que conduz ao pH. Qualquer melhoramento no cálculo de  $\gamma_{\text{Cl}^-}$ , por exemplo a utilização do modelo de Pitzer [8], deve contribuir para minimizar as incertezas devidas à convenção de Bates - Guggenheim e aumentar a aplicação do Método Primário a outras soluções de força iónica superior.

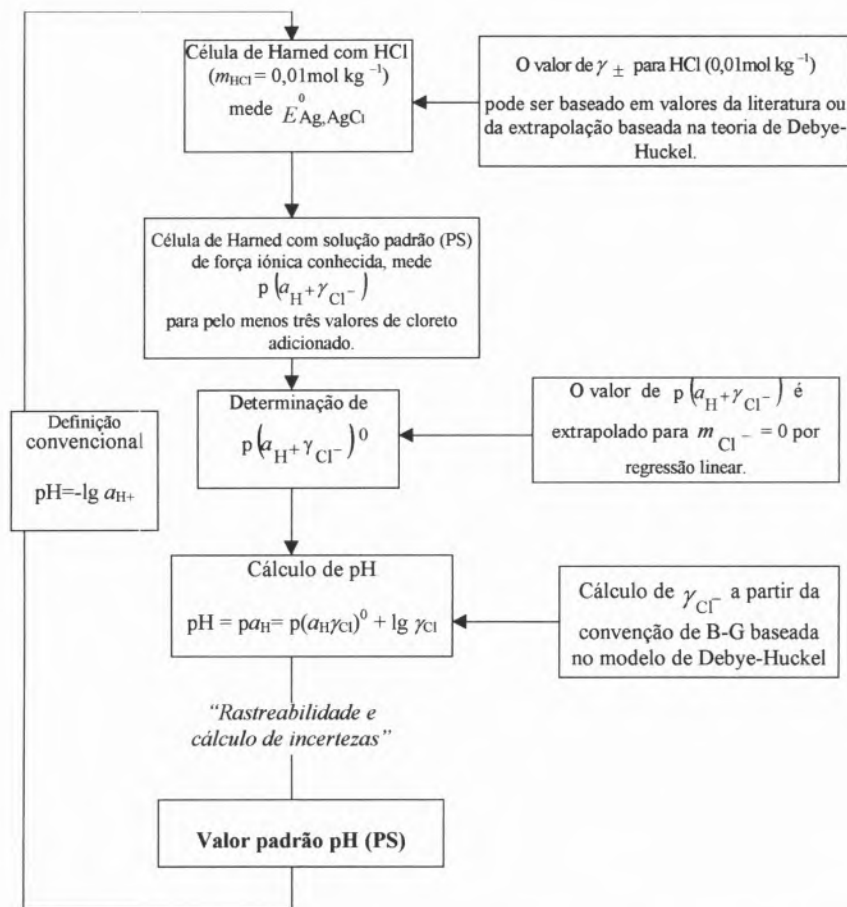


Fig 1 - Célula de Harned como base do Método Primário de atribuição de valores de pH a Padrões Primários

Para que uma solução tampão possa ser considerada Solução Padrão Primário de pH (PS) é necessário não só que o valor de pH seja determinado pelo Método Primário mas, antes ainda, que satisfaça também o critério de possuir as *mais elevadas qualidades metrológicas*. O grau metrológico de uma Solução Padrão depende da sua posição na cadeia de rastreabilidade, figura 2.

Para ser considerada uma Solução Padrão Primário a sua incerteza deve ser considerada a menor possível para que não influencie significativamente a incerteza da Solução Padrão de grau imediatamente inferior, Padrão Secundário. Na prática, os critérios a considerar são:

i) Elevado estado de pureza do Material de Referência Certificado

para a preparação da solução,

ii) Elevada reprodutibilidade de valores de pH,

iii) Boa capacidade tampão,

iv) Ligeira dependência do pH com a temperatura,

v) Ligeira variação do pH com a concentração,

vi) Aplicabilidade da convenção de Bates - Guggenheim.

vii) Demonstração da rastreabilidade do método.

O Método Primário de medida de pH, usando a célula de Harned foi usado em ensaios interlaboratoriais internacionais, (incluindo, em Portugal, o CECUL e a Universidade da Beira Interior) com a finalidade de avaliar a qualidade das medidas praticadas, em termos de exactidão do Método



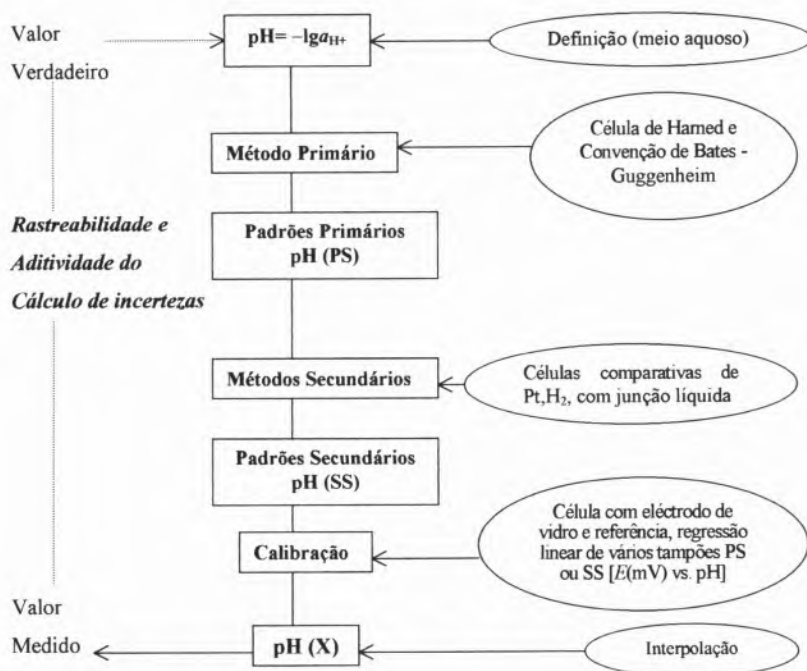


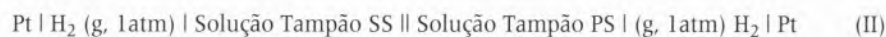
Fig 2 - Cadeia de rastreabilidade nas medidas de pH

Primário para a determinação do pH das soluções tampão. A intercomparação dos vários ensaios, integrada num programa de controlo de qualidade, patrocinado pelo EUROMET [17,18] demonstrou a comparabilidade das medidas em diferentes laboratórios, com amostras do mesmo lote e permitiu concluir que não existiam diferenças experimentais significativas entre os resultados, a um nível de confiança de 95%. As variações nos valores de pH das várias amostras não eram superiores a 0,003. No entanto recomenda-se que o resultado da medida de pH com a célula de Harned dos Padrões Primários deva incluir a combinação das incertezas de cada passo, a que corresponde uma incerteza expandida\*\*\* de  $\pm 0,01$  associada ao valor de pH, numa gama de 3 a 11.

As possíveis incertezas do pH dos Padrões Primários devem ser atribuídas fundamentalmente a dois factores:

- incertezas experimentais, provenientes das variações da pureza dos materiais,
- inconsistências resultantes da aplicação da Convenção de Bates -

Guggenheim a uma variedade de tampões quimicamente diferentes e de diferentes forças iónicas (sempre inferiores a  $0,1 \text{ mol kg}^{-1}$ ).



#### 4. MÉTODOS SECUNDÁRIOS E PADRÕES SECUNDÁRIOS

As soluções de materiais de referência com composição diferente dos Padrões Primários, cujo pH possa ser medido com o Método Primário, com os resultados rastreáveis aos Métodos Primários, mas com incertezas superiores às determinadas para as Soluções Padrão Primário classificam-se de Soluções Padrão Secundário (SS).

São ainda Padrões Secundários as soluções cujos valores de pH determinados por Métodos Secundários e rastreáveis relativamente aos Métodos Primários segundo Recomendações que actualmente estão a ser revistas, possam ser comparados com os das soluções Padrão Primário.

Contrariamente ao Método Primário em que a célula de Harned é a única proposta para a determinação do pH, várias células que permitam medir a diferença de pH entre duas soluções tampão têm sido propostas, como base de Métodos Secundários. Os Métodos Secundários estão afectados de incerteza mais elevada que a incerteza associada à atribuição de valores pH (PS). A escolha da célula depende da incerteza admissível e dos recursos disponíveis.

Para obtenção do valor de pH de um Padrão Secundário, SS, recomenda-se o uso da célula que contém dois Padrões, PS, certificado e SS, com uma junção líquida, (II), ou com duas junções líquidas numa ponte salina de KCl (saturado ou de concentração elevada) (III), ou ainda o uso consecutivo de duas células contendo os Padrões PS e SS, respectivamente, com uma junção líquida em cada célula (IV).

A célula (II) pode ser usada para determinar o pH de uma solução Padrão Secundário, SS, com composição química nominal e concentração semelhante ao Padrão Primário, PS, e em que a diferença de pH não exceda  $0,02$  [19].

A diferença de pH medida é:

$$\text{pH}(\text{SS}) - \text{pH}(\text{PS}) = E_{\text{II}} / k$$

em que  $k = RT (\ln 10) / F$ , sendo  $R$  a constante dos gases,  $T$  a temperatura termodinâmica e  $F$  a constante de Faraday.

Em situações diferentes da especificada anteriormente recorre-se à célula (III). O Padrão Primário, PS, deverá ser de força iónica e pH próximos do Padrão Secundário, SS. Esta célula poderá também ser usada para medir os valores de Padrões Secundários que não são compatíveis com o electrodo de prata-cloreto de prata usado na célula (I). Pode também ser usada para Padrões Secundários com concentrações diferentes e /ou força iónica superior ao limite imposto pela convenção de Bates-Guggenheim ( $I \leq 0,1 \text{ mol kg}^{-1}$ ).

Pt | H<sub>2</sub> (g, 1atm) | Solução Tampão SS || KCl (sat.) || Solução Tampão PS || (g, 1atm) H<sub>2</sub> | Pt (III)

$$\text{pH(SS)} - \text{pH(PS)} = [E_{\text{III}} (\epsilon_{j2} - \epsilon_{j1})] / k$$

A diferença de pH inclui os termos  $\epsilon_{j1}$  e  $\epsilon_{j2}$  que são os potenciais de junção líquida (representada pelo símbolo ||) originados pela junção entre a solução de KCl (sat.) e as soluções PS e SS respectivamente e que não podem ser quantificados.

Quando os Padrões Secundários têm uma composição química diferente da dos Padrões Primários é usada a célula (IV). Esta célula inclui um eléctrodo de hidrogénio e um eléctrodo de referência com uma ponte salina, geralmente de um electrólito, como o cloreto de potássio, saturado ou de concentração elevada ( $\geq 3,5 \text{ mol kg}^{-1}$ ).

Ag | AgCl | KCl (sat.) || Solução Tampão SS | (g, 1atm) H<sub>2</sub> | Pt (IV)

O valor de pH é calculado a partir da diferença de potencial medida,  $E_{\text{IV}}$ , através da equação:

$$\text{pH(SS)} = - \left[ E_{\text{IV}}(\text{SS}) - E_{\text{IV}}^0 + \epsilon_{\text{ji}} \right] / k$$

em que  $E_{\text{IV}}^0$  é o potencial padrão do eléctrodo de referência.

Em substituição do eléctrodo de prata-cloreto de prata pode ser usado outro eléctrodo de referência, como o de calomelanos.

Alternativamente pode ainda recorrer-se a duas medições consecutivas,  $E_{\text{IV}}(\text{SS}_1)$  e  $E_{\text{IV}}(\text{SS}_2)$ , na célula (IV).

A correspondente diferença de pH é dada por:

$$\text{pH(SS}_2) - \text{pH(SS}_1) = - [E_{\text{IV}}(\text{SS}_2) - E_{\text{IV}}(\text{SS}_1)] / k [\epsilon_{j2} - \epsilon_{j1}] / k$$

onde o termo,  $[\epsilon_{j2} - \epsilon_{j1}] / k$ , designado por potencial residual de junção líquida, é considerado desprezável.

A célula (V) em que o eléctrodo de hidrogénio gasoso é substituído por outro eléctrodo indicador de hidrogénio, como o eléctrodo de vidro, de preferência só deve ser

usada quando não for possível utilizar a célula (II), por exemplo, se o tampão é reduzido pelo hidrogénio gasoso. Esta célula acarreta um aumento de incertezas. Com ela se pode determinar o pH de soluções tampão, para as quais existam ou não Padrões Primários. Neste último caso, um Padrão de Referência, S, deve ser seleccionado de modo a minimizar o potencial de junção líquida.

Ag | AgCl | KCl (sat.) || Solução Tampão S<sub>i=1,2</sub> | Eléctrodo de vidro (V)

A diferença de pH é dada por:

$$\text{pH(S}_2) - \text{pH(S}_1) = [E_{\text{V}}(\text{S}_2) - E_{\text{V}}(\text{S}_1)] / k' - [\epsilon_{j2} - \epsilon_{j1}] / k'$$

onde  $k'$  é o declive prático

$$k = \frac{E_{\text{V}}(\text{PS}_1) - E_{\text{V}}(\text{PS}_2)}{\text{pH}(\text{PS}_1) - \text{pH}(\text{PS}_2)}$$

O valor de  $k'$  deve ser registado em função de pH ( $\text{PS}_i$ ) e não é necessariamente igual ao declive teórico  $k$ , devido aos erros inerentes ao eléctrodo de vidro.

Medidas consecutivas com a célula (V) não devem ser usadas para comparar tampões com diferenças de pH superiores a 0,5, uma vez que o declive  $k'$  é determinado por medidas independentes.

As equações para as células II a V mostram que estas não podem ser consideradas em Métodos Primários, uma vez que contêm potenciais de junção líquida que não podem ser quantificados. Fazem parte de métodos usados para determinar os valores de pH de Tampões Secundários relativamente aos Primários. As limi-

tações associadas com as equações de medida têm uma maior incerteza para os Padrões Secundários do que para os Padrões Primários.

Quando se medem diferenças de pH deve ser sempre referido se S<sub>1</sub> || S<sub>2</sub> são dois Padrões Secundários ou um Primário e um Secundário, pois se forem dois Padrões Secundários o nível de incerteza é maior.

Embora qualquer das células II a V possa ser usada para certificar Padrões Secundários, as células II e

III são as recomendadas, por serem mais simples, para certificar Padrões Secundários relativamente a Primários da mesma composição química. As células IV, V ou a III são as usadas quando os Padrões Secundários não têm a mesma composição química dos Primários.

## 5. CALIBRAÇÃO E MEDIDA DE pH DE SOLUÇÕES DESCONHECIDAS (X)

A utilização de aparelhos medidores de pH, equipados geralmente com eléctrodos de vidro combinados, ou simples com eléctrodos de referência externa, implica metodologias comparativas que requerem calibração e validação com Materiais de Referência Padrão rastreáveis.

Os métodos de calibração para aplicações laboratoriais dependem do fim para que são usados, da incerteza admissível e dos recursos disponíveis.

As medidas de pH de soluções desconhecidas (X) são efectuadas em células com um eléctrodo de vidro, ou outros sensíveis à espécie hidrogénio, e um eléctrodo de referência (ex: prata, cloreto de prata) com potencial constante (VI)

Ag | AgCl | KCl (conc.) || Solução (S) ou (X) | Eléctrodo de vidro (VI)

O potencial,  $E$ , da célula (VI) é devido aos potenciais dos eléctrodos de vidro e de referência,  $\varepsilon_v$  e  $\varepsilon_{ref}$ , respectivamente, e ao potencial de junção líquida,  $\varepsilon_j$

$$E = \varepsilon_v - \varepsilon_{ref} + \varepsilon_j$$

Estes potenciais estão sujeitos a vários efeitos sistemáticos e ocasionais que afectam as medidas de pH:

i. Os eléctrodos de vidro têm uma resposta sub-Nernstiana [20], que pode estar sujeita a efeitos de memória variando com o tempo e o historial do uso.

ii. Os potenciais  $\varepsilon_v$ ,  $\varepsilon_{ref}$  e  $\varepsilon_j$  são dependentes da temperatura.

iii. Os potenciais de junção líquida variam com a composição das soluções de contacto; têm um valor diferente quando, na célula (VI), uma solução é substituída por outra, (X) ou (S). São também afectados pela geometria da junção líquida. Se a junção, do tipo mistura homogénea, for substituída por uma junção do tipo comercial, como as de cerâmica, de diafragma, a de fibra ou de platina, diminui a reprodutibilidade e aumenta a incerteza expandida.

Devido ao desconhecimento de cada uma destas incertezas, a rastreabilidade da medida de pH de uma amostra desconhecida requer um processo de calibração adequado.

As medidas de pH de soluções desconhecidas (X),  $\text{pH}(X)$ , podem ser efectuadas por três métodos diferentes:

– usando a célula (VI) contendo a solução (X) e comparando o potencial medido,  $E(X)$ , com o valor medido,  $E(S)$ , na mesma célula com um Padrão Primário ou Secundário, (S), de pH conhecido,  $\text{pH}(S)$

$$\text{pH}(X) = \text{pH}(S) - \frac{E(X) - E(S)}{k'}$$

– usando a célula (VI) contendo a solução (X) e comparando o potencial medido,  $E(X)$ , com os valores próximos,  $E(S_1)$  e  $E(S_2)$ , de dois Padrões Primários ou Secundários, ( $S_1$ ) e ( $S_2$ )

$$\text{pH}(X) = \text{pH}(S_1) - [\text{pH}(S_1) - \text{pH}(S_2)] \frac{E(X) - E(S_1)}{E(S_1) - E(S_2)}$$

– após calibração por determinação da intersecção e declive do potencial,  $E$ , da célula (VI) em função do pH, com vários Padrões Primários ou Secundários seguida da análise de regressão linear apropriada. Aqui, outros métodos estatísticos, mais informativos que o método dos desvios mínimos quadrados, especificamente desenvolvido para poucos pontos, podem ajudar a identificar possíveis “outliers” dentro de um conjunto de Soluções Padrão.

Alternativamente, os valores de pH de soluções tampão podem ser calculados a partir das constantes de dissociação termodinâmica dos ácidos fracos envolvidos, admitindo que estes são conhecidos ou determinados independentemente.

Neste processo de cálculo, as incertezas associadas ao conhecimento dos coeficientes de actividade tendem a ser minimizadas. Com o auxílio de técnicas computacionais foi feita a determinação completa e rigorosa dos parâmetros ( $\text{pH}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $I$ ) que condicionam a selecção da Solução Padrão de Referência [3,5,6,13].

A adopção de um modelo válido para avaliação dos coeficientes de actividade das espécies iónicas fornece a base para a cadeia de etapas que ligam medições de diferenças de potencial de células de Harned, com a equação de Nernst e com o modelo de Debye-Hückel ou o de Pitzer, dependendo da força iónica da solução, de forma a constituir a rastreabilidade desejada.

Uma vez compreendido tudo é simples. Nesta perspectiva, foi nossa intenção, nos pontos anteriores, apresentar o tema numa forma sistemática e clara. O leitor familiarizado com este tópico poderá estranhar a ausência de referência a termos, conceitos e metodologias que faziam parte de recomendações anteriores [2]. Assim, “escalas”, “células e definições operacionais”

são exemplos de termos e conceitos a riscar do glossário de termos relativos a pH, por reconhecidamente inapropriados e indevidamente utilizados no passado.

Essas omissões são uma opção metodológica, precisamente para que se construa a cadeia de rastreabilidade.

*Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa*

*(a) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*

*(b) Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa*

## NOTAS

\* Rastreabilidade é a propriedade do resultado de uma medição ou de um valor de referência que permite o seu relacionamento com padrões geralmente nacionais ou internacionais, através de uma cadeia ininterrupta de comparações, especificando as correspondentes incertezas, até grandeza expressa em unidades do sistema internacional (S.I.) [ 7 ] . Actualmente, na definição de rastreabilidade, existe uma nova frase que salienta o facto de que a atribuição de incertezas ao resultado de uma medida simples, só é válida num intervalo de tempo limitado; exige-se que haja comparações periódicas directas [ 8 ] .

\*\* Incerteza padrão é a incerteza de um resultado de medidas expressa como desvio padrão.

\*\*\* Incerteza expandida é uma quantidade que define um intervalo no qual se situa, com um certo nível de confiança, o valor da grandeza medida. A incerteza expandida é o produto da incerteza padrão por um factor de cobertura, função do nível de confiança desejado ( 2, para um nível de confiança de 95% ).

## REFERÊNCIAS

1. Le Comité Consultif pour La Qualité de la Matière, (1998).

2. A.K. Covington, R.G. Bates and R. Durst, *Pure and Appl. Chem.*, **57**, 531 (1985).

3. M.J.G.H. Lito, M.F.G.F.C. Camões, M.I.A. Ferra and A.K. Covington, *Anal. Chim. Acta*, **239**, 129 (1990).

4. A.K. Covington, M.I. Ferra, *J. Sol. Chem.*, **23**, 1 (1994).

5. M. Filomena Camões, M.J. Guiomar Lito, M. Isabel A. Ferra and Arthur K. Covington, *Pure and Appl. Chem.* **69**, 1325 (1997).

6. M.J. Guiomar Lito, M. Filomena G.F.C. Camões, A.K. Covington, *J. Sol. Chem.*, **27(10)**, 925 (1998).

7. International Vocabulary of Basic and General Term in Metrology, second edition, 1993, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and IOML, International Organization for Standardization, Geneva (1993).

8. C.D. Ehrlich, S.D. Rasberry, *J. Res. NIST*, **103**, 93 (1998).

9. Relatório em preparação.

10. S.P.L. Sørensen, *Biochem Z.* **21**, 131 (1909).

11. S.P.L. Sørensen and K. Linderstrøm-Lang, *Compt. Rend. Trav. Lab. Carlsberg*, **15** (1924).

12. C.M. Beck, *Analytical Chemistry*, **66(4)**, 224 (1994).

13. M.J. Guiomar Lito, *paH de Soluções Tampão de Referência - Desenvolvimento de novas Metodologias Experimentais e Computacionais envolvendo Equilíbrios Químicos, Tese de Doutorado*, Universidade de Lisboa (1991).

14. R.G. Bates, *Determination of pH - Theory and Practice*, 2nd edn., Wiley, New York (1973).

15. H.S. Harned, B.B. Owen, *The Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, 3rd edn.



**Kromatografia + Espectroscopia**

**CROMATOGRAFIA: HRGC / HPLC  
ESPECTROSCOPIA/ESPECTROMETRIA  
ENGENHARIA  
EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO  
PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS  
CIÊNCIA DE MATERIAIS/VÁCUO**

**Konik-Tech, S.A.  
Rua Prof. Veiga Ferreira, 6B  
1600 Lisboa  
Telef. 21757 35 47  
Fax. 21757 34 85  
E-mail: [lisboa@konik-group.com](mailto:lisboa@konik-group.com)**

**Vendas: [sales@konik-group.com](mailto:sales@konik-group.com)  
Marketing: [marketing@konik-group.com](mailto:marketing@konik-group.com)  
Serviço Técnico: [SAT@konik-group.com](mailto:SAT@konik-group.com)  
[www.konik-group.com](http://www.konik-group.com)**

Reinhold Publishing Corp., New York (1958).

16. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (1993), Published in the Name of BIPM, IEC, IFCC, ISSO, IUPAC, OIML by ISO, Geneva.

17. A.K. Covington, M. Filomena Camões and M. Isabel Ferra, "Towards a Unified pH Scale for the 21st Century", PTB-Bericht, Vorträge des 126. PTB Seminars: Traceability of

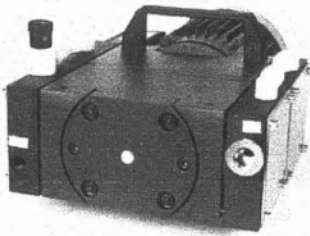
pH Measurement, Braunschweig, p. 21, 1997.

18. *Metrologia* **33**, 95-96 (1996); **34**, 375-376 (1997).

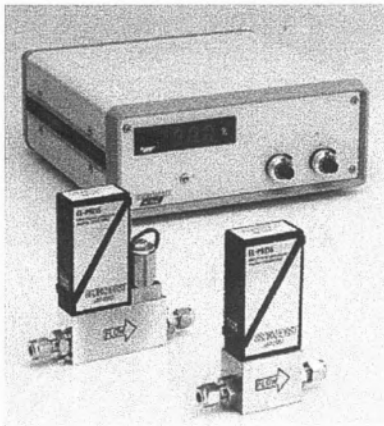
19. F.G.K. Baucke, *J. Electroanal. Chem.* **368**, 67 (1994).

20. F.G.K. Baucke, *Anal. Chem.* **66**, 4519 (1994).

## EQUIPAMENTO DE VÁCUO

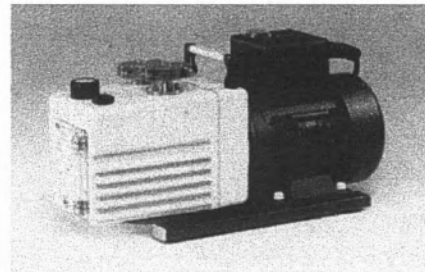


**Sistemas de deposição térmica e de Sputtering**  
**Detetores de fugas**  
**Manipuladores de amostras**



**Bombas de membrana**  
**Bombas rotativas a óleo**  
**Bombas difusoras**  
**Bombas Turbomoleculares**  
**Bombas Roots**  
**Bombas químicas secas**  
**Bombas Iónicas**

**Válvulas, vedantes, flanges, óleos e "greases" .**



**Medidores/controladores de vácuo:**  
**- Piezoelétricos, Piranis, Pennings, Capacitivos (Baratron) e Ion gauges.**  
**Medidores/controladores de Fluxo e Massa.**

## LIOFILIZADORES

## OUTROS EQUIPAMENTOS

**Balanças Analíticas. Banhos de Ultrasons. Banhos Termostáticos. Recirculadores. Geradores de Gases. Manoredutores. Fluxímetros. Manoredutores e Reguladores de Pressão. Compressores Silenciosos. Compressores Secos. Válvulas, Tubos e Conexões para Fluidos.**

# Trabalho Experimental: Concepções e Práticas de Estagiários de Física e Química

ANA MARIA FREIRE \*

O trabalho experimental começou a ser usado como estratégia de ensino, nas aulas de Química e de Física do ensino secundário, nos finais do século passado, após a Universidade de Harvard o ter introduzido como prova de acesso ao ensino superior (Hurd, 1969). Desde o século passado que os educadores científicos o consideram como actividade instrucional essencial nas aulas de ciências (Solomon, 1994). Todavia, a investigação científica conduzida com o objectivo de averiguar o tipo de aprendizagens proporcionadas com a realização do trabalho experimental nas aulas de ciências tem vindo a mostrar a sua pouca eficácia em promover a compreensão dos conceitos científicos embora se revele importante no desenvolvimento de competências laboratoriais e científicas (Clackson & Wright, 1992). Com efeito, não existe consenso entre os investigadores acerca das finalidades do trabalho experimental e das aprendizagens que proporciona aos alunos (White, 1991). Várias posições emergem na literatura educacional acerca das finalidades do trabalho experimental, umas centradas nos alunos, outras na actividade do professor e, ainda outras, na ciência.

Lazarowitz e Tamir (1994) referem quatro finalidades associadas à utilização do trabalho experimental nas aulas de ciências, perspectivando-as em função dos alunos e da aprendizagem.

- Proporcionar meios e experiências concretas que possibilitem aos alunos confrontarem as suas concepções alternativas;
- Criar condições para a manipulação dos dados através do uso de microcomputadores;
- Possibilitar o desenvolvimento de competências de pensamento lógico, especialmente através de questões relacionadas com ciência, tecnologia e sociedade;
- Possibilitar a aquisição de valores científicos, especialmente aqueles relacionados com a natureza da ciência.

Ao contrário, Wellington (1994) expressa as finalidades associadas ao trabalho experimental em função do papel atribuído ao professor.

- Ilustrar acontecimentos ou fenómenos, (tais como reacções químicas, especialmente se os reagentes são caros, perigosos e se a experiência ocupa muito tempo para ser feita numa hora por todos os alunos);
- Transmitir conhecimento científico (conceitos, leis, princípios ou teorias);
- Motivar os alunos (aumentar a curiosidade, fascinar, entreter, interessar);
- Confrontar/desafiar os alunos (prever, observar, explicar)

Mais recentemente, Luneta (1998) considera outras finalidades, centradas na ciência, para a realização do trabalho experimental.

- Compreensão de conceitos científicos e da natureza da ciência
- Desenvolvimento de competências e atitudes científicas
- Promoção da investigação científica
- Motivação dos alunos

Os educadores em ciência parecem aceitar finalidades múltiplas para a realização do trabalho experimental, preconizando-lhe diferentes funções no processo de ensino/aprendizagem. Reconhece-se, no entanto, que constitui tarefa difícil para os professores a consideração, em simultâneo, de todas as finalidades propostas. Com efeito, os professores atribuem diferentes prioridades às finalidades do trabalho experimental.

As prioridades atribuídas pelos professores às finalidades do trabalho experimental afectam o modo como o põem em acção na sala de aula (Hodson, 1993). Os professores que valorizam a aprendizagem de conceitos concentra-se-ão, certamente, em actividades experimentais que possibilitem aos alunos a aquisição do conhecimento científico através da obtenção da resposta correcta. Outros

professores poderão dar mais ênfase ao desenvolvimento de competências científicas e sociais, emergindo o laboratório como o único meio onde se realizam essas aprendizagens, embora para outros possa constituir um entre vários meios possíveis (White, 1996).

Apesar de haver uma longa tradição no uso do trabalho experimental não existe consenso entre os professores sobre o modo de o organizar (Hodson, 1996a). Nesta última metade do século XX, o trabalho experimental foi perspectivado de modo diverso, nos currículos de ciências que foram emergindo. Nos anos 60, os currículos pressupunham que os alunos aprendiam ciência, ao fazer ciência, através da descoberta e do inquérito científico, dando ênfase às dimensões substantiva e sintáctica da ciência Schwab (1978). Por um lado, valorizava-se a aprendizagem de conhecimento científico, por outro lado, o desenvolvimento de processos científicos. Todavia, para muitos alunos as tarefas experimentais realizadas no laboratório pouco contribuem para aprendizagens de ciência e sobre ciência (Hodson, 1998). Nos anos 80 e 90, a orientação construtivista tornou-se proeminente, ao considerar a aprendizagem como um processo interpretativo conducente à compreensão da realidade (Marton, Dall'Alba & Beaty, 1993). Assim, atribui-se aos alunos um papel activo no processo de aprendizagem de ciência através da criação de significados. O trabalho experimental pode constituir um meio que possibilita a construção de novos significados e a mudança conceptual, conduzindo ao abandono de concepções alternativas possuídas pelos alunos (Driver, 1994).

As possibilidades existentes para estruturar o trabalho experimental dependem das finalidades que se pretendem atingir com o ensino das ciências para todos os alunos. Todavia, aceitar múltiplas finalidades para o trabalho experimental é uma coisa; concordar acerca do modo de o implementar é outra. Os professores podem definir as mesmas finalidades para o trabalho experimental mas

organizá-lo de modo diferente (Olsen, Hewson & Lyons, 1996). Afirma-se, por isso, necessário conhecer o pensamento e o agir dos professores relativamente ao trabalho experimental.

Neste estudo, distingue-se demonstração experimental (DE) de trabalho experimental (TE). Entende-se por demonstração experimental (DE) as experiências realizadas pelo professor, com ou sem auxílio de alunos, na sala de aula ou no laboratório. No decorrer da demonstração experimental o professor desempenha o papel principal, quer a questionar e a informar os alunos, quer a realizar a experiência. Ao contrário, trabalho experimental (TE) refere-se, quer ao planeamento de experiências e investigações, quer à realização de experiências, pelos alunos em pequeno grupo, no laboratório ou na sala de aula. Os alunos desempenham o papel principal, ao interactuar com o material experimental para realizar as experiências que foram planeadas por eles ou pelo professor. Nas aulas de trabalho experimental, o professor encontra-se numa posição de supervisão apoiando o trabalho dos alunos e respondendo às suas solicitações.

O estudo que se apresenta a seguir insere-se num outro mais global que visa descrever mudanças nas concepções de ensino e na prática instrucional, de estagiários de Física e Química, durante o processo de aprender a ensinar vivenciado nos estágios pedagógicos, e identificar, também, a consistência entre concepções de ensino e prática instrucional. Com esta comunicação pretende-se (a) descrever as concepções dos estagiários de Física e Química acerca do trabalho experimental; (b) caracterizar o trabalho experimental posto em acção, pelos estagiários, em aulas observadas durante o ano de estágio pedagógico; (c) analisar a consistência entre concepções sobre trabalho experimental e o tipo de trabalho experimental usado nas aulas observadas durante o estágio pedagógico.

## METODOLOGIA

A metodologia usada neste estudo tem as suas raízes em orientações de base naturalista (Lincoln & Guba, 1985), interpretativa (Erickson, 1986) e construtivista (Guba & Lincoln, 1994). Abordagens deste tipo têm sido largamente divulgadas e utilizadas, por vários investigadores, para a compreensão das situações de ensino partindo das acções dos professores na sala de aula (Elbaz, 1983; Clandinin, 1986).

### Participantes

Participaram neste estudo catorze estagiários de Física e Química, durante o estágio pedagógico, no ano lectivo de 1994/95. Os nomes atribuídos aos estagiários são fictícios. No início do estágio pedagógico, foram explicadas as linhas gerais do trabalho a desenvolver e foi solicitada a colaboração de cada um dos estagiários. Concordaram em ser entrevistados, várias vezes, ao longo do ano e permitiram a observação das suas aulas. Foi estabelecido um calendário, quer para as entrevistas, quer para as assistências às aulas, com início em Outubro de 94 e fim em Maio de 95, que possibilitou a gravação de dezasseis aulas de cada estagiário. Os estagiários informaram os alunos que as aulas com observadores externos seriam objecto de audiogravação.

### Recolha de Dados

Os dados utilizados, neste estudo, resultam da observação de aulas, com uso de dois tipos de registo - notas de campo e audiogravação, e de entrevistas semi-estruturadas, conduzidas nas fases inicial e final do estágio pedagógico. As aulas audio-

gravadas e as entrevistas foram depois transcritas e analisadas. Com efeito, os dados relativos às aulas foram recolhidos ao longo do ano lectivo e resultaram da assistência a 224 aulas de Física e Química leccionadas, pelos estagiários, a alunos do 8º e 9º anos do ensino básico. O Quadro 1 apresenta o número de aulas observadas por disciplina científica de ensino, ano do ensino básico, com especificação do número de aulas com trabalho experimental (TE).

A discrepância entre o número de aulas de Física (155) e de Química (69) observadas resulta dos planeamentos anuais realizados nos diferentes núcleos de estágio e reflectem o modo como os grupos disciplinares das diferentes escolas geriram o programa da disciplina. Neste ano lectivo, a reforma curricular já tinha atingido os alunos do 8º ano, que seguiam o novo programa de Física e Química, enquanto que os alunos do 9º ano cumpriam o programa anterior.

As entrevistas foram conduzidas, nas fases inicial e final do estágio pedagógico, com a finalidade de identificar as concepções de ensino dos estagiários e possibilitar a caracterização de mudanças nas concepções de ensino de ciências. Usou-se a entrevista sobre ocorrências já descrita anteriormente (Freire, 1991) para identificar as concepções dos estagiários acerca do trabalho experimental.

### Análise dos Dados

O método analítico seguido, quer para a caracterização das actividades instrucionais usadas, quer para descrever as concepções sobre o trabalho experimental, baseou-se no

Quadro 1 – Aulas Observadas por Disciplina Científica de Ensino, Ano da Escolaridade e de Trabalho Experimental (TE)

Disciplina Científica de Ensino	8º Ano		9º Ano		8º e 9º Anos	
	Total	Com TE	Total	Com TE	Total	Com TE
Física	52	22	103	23	155	45
Química	61	20	8	0	69	20
Total de Aulas	113	42	111	23	224	65

processo de comparação e questionamento constante dos dados, tal como é preconizado por Strauss e Corbin (1990). Em relação às aulas observadas, foram identificadas treze tipos de actividades instrucionais, exposição de matéria, questionamento e debate, leitura de textos, demonstração experimental, visionamento de filmes, trabalho de casa, trabalho experimental e tarefas tecnológicas, resolução de problemas, simulações e trabalho de computador, apresentação de trabalhos, correcção de exercícios, avaliação dos alunos e funcionamento e convivência social.

Esta comunicação incide sobre a análise das aulas de Química onde foi observado a realização de trabalho experimental (TE). Para descrever diferentes tipos de trabalho experimental e caracterizar as tarefas experimentais realizadas pelos alunos nas aulas de Química, considerou-se o programa de acção que orienta as tarefas a realizar pelos alunos e o modo de organizar os alunos (Doyle, 1990). O trabalho experimental implementado tem subjacente um programa de acção a pôr em uso pelo professor, com a finalidade de promover aprendizagens, de ciência, sobre ciência e sobre o fazer ciência (Hodson, 1998). Nas aulas de trabalho experimental, os alunos foram organizados em grupo. O planeamento de experiências, a realização das experiências ou a comunicação de resultados, constituem tarefas a realizar pelos alunos, no decorrer deste tipo de aulas. Para caracterizar as tarefas experimentais, usadas nas aulas de Química, atende-se a três aspectos (a) papel dos alunos na escolha da tarefa, (b) estrutura atribuída, e (c) tipo de tarefa (Wellington, 1994).

O papel do aluno na definição da tarefa experimental pode variar entre duas posições extremas, de activo a passivo. No primeiro caso, o aluno é envolvido na escolha das questões a investigar e do material a usar sem que o professor ponha restrições às escolhas efectuadas. No segundo caso, é o professor a colocar as questões de investigação, limitan-

do-se os alunos a encontrar as respostas pretendidas utilizando o material experimental que foi escolhido pelo professor. Com efeito, a responsabilidade dos alunos na escolha do tipo de tarefa experimental a realizar é diversificada. Alguns professores dão mais autonomia do que outros, aos alunos.

Relativamente à estrutura, a tarefa experimental varia ao longo de um continuum, desde muito estruturada, com a especificação de todos os passos a seguir durante a execução da experiência até pouco estruturada ou mesmo sem estrutura em que não são dadas orientações para a realização da tarefa, devendo os alunos encontrar uma resposta para o problema colocado. No primeiro caso, os alunos aprendem a seguir as directrizes dadas pelos professor, quer por escrito, quer oralmente. No segundo caso, os alunos podem escolher o caminho que acharem mais conveniente para responder à questão de investigação, independentemente de quem a formulou.

O tipo de tarefa experimental a realizar pode ser fechada ou aberta, conforme corresponder a uma única solução ou a várias soluções possíveis. Tarefa experimental aberta significa que muitas soluções são igualmente aceitáveis, com muitos caminhos, não existindo uma única resposta correcta, mas sim, várias possíveis. Tarefa experimental fechada significa que existe somente uma única solução e um único caminho para o problema.

Para além destes aspectos, importa também salientar o papel da teoria nestas aulas de trabalho experimental. De acordo com Olsen, Hewson, Lyons (1996), existe um corpo de conhecimentos acerca do mundo natural, normalmente expresso sob a forma de leis e princípios, que tem sido progressivamente desenvolvido ao longo dos tempos através de processos científicos. Este conhecimento é aceite como a "verdade" acerca do mundo. Faz parte da cultura a ser transmitida de geração a geração. O conhecimento científico

é traduzido em proposições que os alunos devem aceitar e aprender. O trabalho experimental pode ajudar à aquisição deste corpo de conhecimentos, embora possa desempenhar outra função. Por um lado, o trabalho experimental pode envolver a realização de experiências que têm por objectivo a recolha de dados que possibilitam a verificação de leis e teorias. Por outro lado, o trabalho experimental pode ser visto como meio que fomenta o espírito da investigação científica entre os alunos, permitindo-lhes descobrir "coisas" por si próprios, de modo a identificar regularidades e estabelecer leis e teorias (Luneta, 1998).

A análise das entrevistas permitiu identificar os argumentos usados pelos estagiários para justificar a utilização de trabalho experimental nas aulas de Física e Química. As categorias de análise emergiram da entrevista sobre ocorrências. Atendeu-se (a) à relação com a teoria, (b) ao modo de organizar o trabalho experimental, (c) aos inconvenientes associados com a realização de trabalho experimental e (d) as vantagens associadas à realização do trabalho experimental. Nesta comunicação considera-se que existe consistência entre concepções acerca do trabalho experimental e o tipo de trabalho experimental posto em uso nas aulas de química observadas quando os argumentos usados nas entrevistas especificam o tipo de tarefas experimentais realizadas pelos alunos.

## Resultados

Organiza-se a apresentação dos resultados em função dos objectivos especificados anteriormente.

- Descrever as concepções dos estagiários de Física e Química acerca do trabalho experimental;
- Caracterizar o trabalho experimental posto em acção, pelos estagiários, nas aulas observadas durante o ano de estágio pedagógico;
- Analisar a consistência entre concepções e prática instrucional.



### Descrição das concepções dos estagiários acerca do trabalho experimental

As concepções salientadas pelos estagiários acerca da utilização do trabalho experimental nas aulas de Física e Química leccionadas a alunos do ensino básico foram muito diversificadas. Os estagiários referiram (a) aprendizagem da teoria, (b) aprendizagem dos processos da ciência, (c) aprender a fazer ciência, (d) adequação aos alunos, (e) restrições à utilização do trabalho experimental, e (f) modos de organizar o trabalho experimental. Apresenta-se no Quadro 2, as concepções dos estagiários acerca da utilização do trabalho experimental. Na segunda coluna, colocou-se dentro de parênteses a letra E seguida de um número o que permite referenciar o estagiário que expressou o argumento acerca do trabalho experimental.

Os estagiários salientaram concepções diversificadas relativamente ao papel do trabalho experimental na aprendizagem da teoria. O Quadro 2 mostra que alguns estagiários (7) referiram como função principal do trabalho experimental a verificação e aplicação da teoria. Ao contrário, a “aprendizagem de conceitos”, a “consolidação e compreensão da teoria” e a “ilustração daquilo que o professor diz” foi referido por um número restrito de estagiários. A aprendizagem de processos científicos e o desenvolvimento de competências científicas somente foi salientado por dois estagiários. Relativamente ao envolvimento dos alunos na resolução de problemas e na investigação científica somente foi abordado por um estagiário (E2) ao considerar que o “trabalho experimental permite aos alunos encontrarem em grupo a solução para o problema e procurarem uma explicação”. O modo de organizar o traba-

lho experimental foi salientado por onze estagiários embora revelando posições antagónicas. Alguns estagiários (6) referiram a necessidade de orientar o trabalho experimental através da utilização de um guião, por várias razões: obrigar os alunos a encontrar resposta ao problema formulado, possibilitar o atingir dos objectivos propostos, permitir a realização de aprendizagens e orientar o trabalho dos alunos. Somente dois estagiários se manifestaram a favor da utilização de trabalho experimental sem orientação ou orientado para a descoberta por obrigar os alunos a pensar e a trabalhar e permitir a realização de aprendizagens. Ao contrário, cinco estagiários, criticaram o trabalho experimental sem guião e orientado para a descoberta por várias razões. Consideraram que não permite integrar o conhecimento a adquirir com aquele que já possuem, não é adequado aos alunos, não promove aprendizagens,

Quadro 2 – Concepções Relativas à Utilização de Trabalho Experimental em Aulas de Física e Química para Alunos do Ensino Básico

Categorias de Análise	Argumentos Salientados pelos Estagiários
<b>Aprender teoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidar e compreender a teoria (E1)</li> <li>• Ilustrar aquilo que o professor diz (E1, E8)</li> <li>• Aprender conceitos (E2)</li> <li>• Verificação e aplicação da teoria (E6, E8, E10, E11, E12, E13, E14)</li> </ul>
<b>Aprender os processos da ciências</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TE permite observar e formular um problema (E3)</li> <li>• TE para desenvolver capacidades e habilidades (E12)</li> </ul>
<b>Aprender a fazer ciência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TE para os alunos encontrarem em grupo a solução para o problema e procurarem uma explicação (E2)</li> </ul>
<b>Modo de organizar o trabalho experimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TE sem guião obriga os alunos a pensar e a trabalhar (E1)</li> <li>• TE com guião e objectivos a atingir proporciona aos alunos encontrarem a solução para o problema formulado (E2)</li> <li>• TE orientado para os alunos atingirem os objectivos (E5)</li> <li>• TE centrado na descoberta não permite os alunos integrarem os conhecimentos a adquirir com aqueles que já possuíam (E5)</li> <li>• TE sem guião e sem orientação do professor não é adequado aos alunos por não promover aprendizagens (E6)</li> <li>• TE orientado para os alunos não se afastarem dos objectivos em virtude do elevado número de alunos por turma (E6)</li> <li>• TE orientado para a descoberta permite a realização de aprendizagens (E7)</li> <li>• TE com guião e orientado pelo professor possibilita aprendizagens (E8, E9)</li> <li>• TE sem guião e sem orientação do professor poderá não promover aprendizagens (E10)</li> <li>• TE com guião para orientar o trabalho dos alunos (E11)</li> <li>• TE centrado na descoberta pode levar os alunos a ficar com conceitos errados (E12)</li> <li>• TE centrado na descoberta e sem guião levanta dificuldades aos alunos (E14)</li> </ul>
<b>Adequação aos alunos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TE nem sempre é adequado aos alunos (E5)</li> <li>• TE muito dirigido não é adequado aos alunos (E7)</li> <li>• TE sem guião e sem orientação do professor poderá ser adequado para uns alunos e não ser para outros (E10)</li> <li>• TE para os alunos investigarem não é indicado para os alunos da escolaridade obrigatória (E13)</li> </ul>
<b>Restrições à utilização do trabalho experimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TE sempre que se justifique e que a escola tenha material suficiente (E10)</li> <li>• TE sempre que exista tempo disponível para o realizar (E11)</li> <li>• TE como investigação ocupa muito tempo (E13)</li> </ul>

podem ficar com conceitos errados e levanta dificuldades aos alunos. Estes argumentos parecem ter subjacente a ideia que o trabalho experimental possibilita a aprendizagem da teoria, que poderá não ser promovida através da descoberta ou de tarefas experimentais não orientadas. Relativamente à adequação aos alunos, um estagiário considerou não ser adequado aos alunos, outro salientou que é adequado para uns e não é para outros. Dois estagiários salientaram ideias contrastantes, um deles considerou que o trabalho experimental muito dirigido não é adequado aos alunos (E7) enquanto que o outro estagiário (E13) referiu que trabalho experimental orientado para a investigação não é adequado aos alunos do ensino básico. Em relação a restrições à sua utilização, três estagiários fizeram referências. Um deles salientou como

impedimento a falta de material experimental na escola, enquanto que os outros dois mencionaram falta de tempo.

#### Caracterização do Trabalho Experimental Usado pelos Estagiários em Aulas de Química

O trabalho experimental foi usado de modo diversificado pelos estagiários. Das 224 aulas observadas entre Outubro de 94 e Maio de 95, somente em 65, houve realização de trabalho experimental, com diferente ocupação do tempo lectivo. Todavia, o trabalho experimental em aulas de Química foi observado em 20 aulas, leccionadas aos alunos do 8º ano. Apresenta-se no Quadro 3, as características das tarefas experimentais realizadas pelos alunos, durante estas aulas de trabalho experimental.

O trabalho experimental foi implementado pelos estagiários de modo diversificado. Dois estagiários (E6 e E13) não usaram trabalho experimental nas aulas de Química observadas durante o ano lectivo enquanto que o estagiário E10 usou em três aulas. A duração média das tarefas experimentais realizadas pelos alunos foi de 28 min, com o valor máximo de 48 min (E3) e o valor mínimo 9 min (E9). Para alguns estagiários as tarefas experimentais tiveram a duração da quase totalidade do tempo disponível para a aula (E3, E4, E5, E7 e E12) enquanto que para outros somente ocupou uma parte (E1, E2, E8, E9, E10, E11 e E14). Relativamente à escolha da tarefa, o estagiário designado por E7 permitiu que os seus alunos decidissem em grupo sobre a questão a investigar, numa aula de

Quadro 3 – Características das Tarefas Experimentais Realizadas pelos Alunos

Estagiários	DT (min)	Dp (min)	IT (nºO)	Ip (nºO)	Escolha da tarefa	Estrutura tarefa	Tipo tarefa	Relação com a teoria
E1	114	27	5	2	Passivo Passivo	Com guião Sem guião	Fechada Fechada	Aplic. Teoria Aplic. Teoria
E2	159	31	6	2	Passivo Passivo	Com guião Sem guião	Fechada Fechada	Aplic. Teoria Aplic. Teoria
E3	256	48	7	1	Passivo	Sem guião	Aberta	Investigação
E4	223	78	6	2	Passivo Passivo	Com guião Sem guião	Fechada Aberta	Aplic. Teoria Investigação
E5	121	42	3	1	Passivo	Com guião	Fechada	Aplic. Teoria
E6	90	0	3	0	-	-	-	-
E7	285	88	7	2	Passivo Activo	Com guião Sem guião	Fechada Aberta	Aplic. Teoria Investigação
E8	176	44	7	2	Passivo Passivo	Com guião Com guião	Fechada Fechada	Aquis. Técnica Aplic. Teoria
E9	46	9	2	1	Passivo	Com guião	Fechada	Aplic. Teoria
E10	222	103	6	3	Passivo Passivo	Com guião Com guião	Fechada Fechada	Aplic. Teoria Aplic. Teoria
E11	51	10	2	1	Passivo	Com guião	Fechada	Aplic. Teoria
E12	96	42	4	1	Passivo	Com guião	Fechada	Aplic. Teoria
E13	56	0	3	0	-	-	-	-
E14	89	39	4	2	Passivo Passivo	Com guião Com guião	Fechada Fechada	Aquis. Técnica Aplic. Teoria
Total	1984	561	65	20	Passivo 18 Activo 1	Com guião 14 Sem guião 5	Fechada 16 Aberta 3	Aplic. Teoria 14 Investigação 3 Aquis. Técnica 2

trabalho experimental observada durante a leccionação da unidade Ácidos e Bases. O estagiário, no início da aula, começou por perguntar aos alunos: “o que gostariam de conhecer acerca dos ácidos e bases?” Informou seguidamente os alunos que podiam utilizar os livros que tinham à disposição para decidir sobre a questão a investigar. Todos os outros estagiários escolheram as tarefas experimentais a realizar pelos alunos na sala de aula, por isso, os seus alunos desempenharam um papel passivo em relação à escolha da tarefa. Em relação à estrutura da tarefa, três estagiários (E3, E4 e E7) realizaram aulas de trabalho experimental, sem a utilização de protocolo experimental, criando condições para a investigação. Todos os outros estagiários usaram um guião experimental para orientar as tarefas a desenvolver pelos alunos. Para a maioria dos estagiários, as tarefas experimentais eram fechadas, pois guiavam os alunos para a resposta correcta. Os estagiários E3, E4 e E7, ao organizarem as tarefas experimentais sem guião, mostraram-se abertos à diversidade de respostas encontradas pelos alunos. Com efeito, estes estagiários envolveram os alunos na realização de tarefas experimentais orientadas para a investigação científica, pedindo aos alunos para encontrar explicações para os fenómenos estudados. Neste sentido, pretendiam que a teoria emergisse da prática. Ao contrário, os outros estagiários (E1, E2, E5, E8, E9, E10, E11, E12 e E14), ao re-

alizar as tarefas experimentais visavam a aplicação da teoria. O estagiário E1 usou os resultados experimentais obtidos pelos alunos para transmitir a teoria. Os estagiários E8 e E14 usaram tarefas experimentais que tinham como finalidade a aquisição de técnicas experimentais, como as técnicas elementares de análise. O tipo de tarefas experimentais usadas pelos estagiários parecem consistentes com as ideias salientadas acerca da utilização do trabalho experimental nas aulas de Química e Física.

#### **Consistência entre Concepções sobre a Utilização do Trabalho Experimental e Tipo de Trabalho Experimental Implementado**

Os resultados parecem sugerir a existência de consistência entre as concepções salientadas acerca do trabalho experimental e o modo como o trabalho experimental foi usado. Descreve-se para quatro estagiários (E1, E3, E5 e E9) o modo como o trabalho experimental foi implementado nas aulas de Química observadas e apresentam-se os argumentos usados pelos estagiários para justificar a realização do trabalho experimental. O Quadro 4 apresenta os argumentos referidos por estes estagiários para justificar o uso de trabalho experimental, nas aulas de Física e Química, e também o tipo de trabalho experimental usado, nas aulas observadas.

Maria do Carmo (E1) evidenciou alterações relativamente ao modo de pensar o trabalho experimental. Na fase final do estágio pedagógico, omitiu referências ao trabalho experimental como modo “de ilustrar aquilo que o professor diz e de consolidar a teoria”. Em contrapartida, salientou que o “trabalho experimental deve ser usado com guião restrito para obrigar os alunos a pensar”, o que sugere mudança no modo de pensar o trabalho experimental. Na segunda parte do estágio pedagógico, Maria do Carmo realizou trabalho experimental sem transmitir previamente conhecimentos científicos aos alunos, reflectindo um modo distinto de organizar o trabalho experimental. Pelo contrário, numa aula de Química, para o 8º ano, na primeira parte do ano lectivo, utilizou os resultados obtidos pelos alunos para transmitir o conhecimento científico.

Júlia (E3) orientou as aulas de trabalho experimental para a investigação científica. Numa aula de trabalho experimental, no domínio da Química, para o 8º ano, os alunos usaram indicadores caseiros para identificar o carácter químico de um conjunto de soluções mistério. Júlia colocou-os perante uma situação problemática, ao pedir para eles resolverem o problema do Sr. Silva que tinha perdido o rótulo dos comprimidos e não sabia qual os que deveria tomar para combater a azia. No decurso da aula, deslocou-se a todas as bancadas sem fornecer in-

Quadro 4 – Consistência entre Concepções sobre Trabalho Experimental e Tipo de Trabalho Experimental Implementado

Estagiários	Argumentos Referidos	Tipo de Trabalho Experimental
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>•TE para os alunos consolidarem e compreenderem a teoria</li> <li>•TE para ilustrar aquilo que o professor diz</li> <li>•TE sem guião obriga os alunos a pensar e a trabalhar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Com guião e fechado como aplicação da teoria.</li> <li>•Serviu-se dos resultados experimentais para transmitir a teoria</li> </ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>•TE permite observar e formular um problema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sem guião e aberto criando condições para a realização de investigação</li> </ul>
E5	<ul style="list-style-type: none"> <li>•TE nem sempre é adequado</li> <li>•TE tem de ser orientado para os alunos atingirem os objectivos</li> <li>•TE centrado na descoberta não permite os alunos integrarem os conhecimentos a adquirir com aqueles que já possuíam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Com guião e fechado, como aplicação da teoria</li> </ul>
E9	<ul style="list-style-type: none"> <li>•TE com guião e orientado pelo professor possibilita aprendizagens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Com guião e fechado, como aplicação da teoria</li> </ul>

formação factual aos alunos que, por vezes, solicitavam a sua atenção.

A - Está certo?

P - Pergunta ao teu colega. Qual é o consenso no grupo?

A - já somos dois a achar.

(10ª Aula observada, Química, 2/2/95)

A - Stora isto não dá. Qual é a cor?

P - Por que hei-de saber a cor e vocês não?

A - A Stora já tem muitos anos disto.

P - Vocês têm de adquirir sensibilidade

(10ª Aula observada, Química, 2/2/95)

Em situação pós-activa do ensino revelou as dificuldades que tinha sentido no planeamento da aula. Comentou que não tinha sido fácil pôr a aula em prática por dificuldades de uso do laboratório para a preparação das soluções e por alguma falta de material. A opção por usar uma grande quantidade de soluções foi uma consequência da receptividade dos alunos em trazer materiais do dia a dia para analisar o carácter químico (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

A escolha da estratégia derivou do interesse dos miúdos em trabalhar e descobrir o pH das soluções e, também, pelo facto de poder facilitar a compreensão deste conceito e, nomeadamente, por desenvolver algumas capacidades de manuseamento, registo, interpretação e crítica de resultados (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

Pretendia dar a maior autonomia aos alunos e realmente foi de tal forma que todos trabalharam no intervalo por sua própria iniciativa sem que tivesse dado conta (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

Os alunos só iam ter comigo quando já tinham acabado o trabalho ou quando não havia entendimento quanto às cores das soluções com os indicadores e aí funcionava a crença enraizada de que o que o professor disser está certo (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

Este tipo de actividades desenvolvidas à volta dos conteúdos são importantes para desenvolver uma gama de competências e atitudes de cooperação, autonomia, espírito crítico e auto-estima (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

Foi gratificante ver a atitude extremamente madura dos alunos, em grupo, a discutir, cada um com os seus argumentos para escolher o material mais adequado e o procedimento mais correcto (Comentário escrito sobre a aula, 2/2/95).

Nas aulas de trabalho experimental, privilegiou a investigação científica não só pelos processos científicos que podem ser desenvolvidos mas também pelos conceitos que podem ser aprendidos. Do pensamento acerca da acção importa reter os seguintes aspectos:

- A realização de trabalho experimental pode ser dificultada pela falta de material experimental e pela ocupação do laboratório;
- Trabalho experimental facilita a compreensão de conceitos científicos;
- Trabalho experimental permite o desenvolvimento de processos científicos;
- Trabalho experimental como meio de promover a investigação científica;
- Trabalho experimental dá autonomia aos alunos; e
- Trabalho experimental em grupo permite aos alunos confrontarem e discutirem entre si as suas ideias.

Nos argumentos expressos, nas fases inicial e final, não se deteve a fazer considerações sobre o trabalho experimental. Todavia, ressaltou, no final do ano lectivo, a importância de promover a investigação científica, de transmitir uma perspectiva científica aos alunos, de desenvolver processos científicos e de criar situações para os alunos aprenderem a trocar opiniões e a respeitar as opiniões dos colegas. As finalidades salientadas para o uso do trabalho experimental, em situação pós-activa, parecem ser

consistentes com argumentos expressos relativamente ao ensino e à aprendizagem da ciência. Este posicionamento decorre do comentário escrito sobre uma aula de trabalho experimental, no qual Júlia evidencia o argumento referente ao desenvolvimento de competências científicas.

Daniel, numa aula de Química, da unidade Transformações Químicas, para alunos do 8º ano, utilizou um guião experimental que adaptou do livro de texto em uso. O guião experimental orientava os alunos para as tarefas que tinham de desenvolver explicitando cada passo que deveriam seguir. Este modo de organizar o trabalho experimental parece consistente com a argumentação referida na fase final do estágio pedagógico que “o trabalho experimental tem de ser orientado para os alunos atingirem os objectivos”. Daniel, na primeira parte do estágio pedagógico, durante uma aula de trabalho experimental para alunos do 9º ano de Física, vivenciou uma experiência infeliz. Para essa aula, tinha planeado uma tarefa orientada para a descoberta. Os alunos não aderiram à proposta, não conseguiram resolver a questão e a aula de laboratório transformou-se num caos, com inúmeras solicitações dos alunos. No final do ano lectivo, Daniel salientou “que o trabalho experimental orientado para a descoberta não permite integrar os conhecimentos adquiridos com aqueles já possuídos”. Este argumento parece traduzir a experiência vivida, fase inicial do estágio pedagógico, na primeira aula observada com trabalho experimental.

Sérgio, numa aula de Química, para alunos do 8º ano, planeou duas tarefas experimentais com o objectivo de levar os alunos a observar transformações químicas por junção de duas substâncias. Além disto, pretendeu servir-se dos resultados experimentais para introduzir os termos reacção química, reagentes e produtos. A primeira tarefa envolveu, numa primeira fase, a junção de água ao sulfato de cobre anidro e, numa segunda, a colocação de palha de aço no copo onde se encontrava o sulfato de cobre anidro e

a água. Na segunda tarefa, os alunos misturaram água à cal que colocaram, previamente, num copo de precipitação. Para além disto, solicitou aos alunos que colocassem a mão na parede lateral do copo para sentir um aumento da temperatura. As tarefas experimentais foram realizadas muito rapidamente o que levou Sérgio a mudar de actividade instrucional e começar a expor matéria, introduzindo o significado de reacção química, reagentes e produtos. Ao comentar em citação pós-activa esta aula salientou que “quando testou as experiências seleccionadas constatou que o óxido de cálcio não estava nas melhores condições para ser utilizado. Sendo assim a aula em termos experimentais ficou mais pobre, permitindo que os alunos desligassem pois o que estavam a realizar não era deveras interessante” (Comentário escrito sobre a aula, 6/2/1995). Reconheceu que o óxido de cálcio não estava em boas condições para ser usado mas, mesmo assim, utilizou-o na aula, e que as experiências não eram muito interessantes mas, mesmo assim, seleccionou-as. Apesar de se ter apercebido dos problemas com que se ia deparar na sala de aula, nada fez para mudar. Referiu em situação pós-activa que “se leccionasse de novo esta aula tentaria alterar acima de tudo a sua forma recorrendo a experiências mais motivantes e de mais fácil interpretação por parte dos alunos” (Comentário escrito sobre a aula, 6/2/1995).

Sérgio não fez aulas de trabalho experimental muito atraentes para os alunos e não seleccionou as experiências mais adequadas aos seus alunos. No final do ano lectivo, referiu a necessidade do professor “promover a realização de trabalho experimental nas aulas”, “planear aulas com material adequado aos alunos” e que “trabalho experimental com guião e orientado pelo professor possibilita aprendizagens”. Esta argumentação parece reflectir aprendizagens realizadas sobre a utilização do trabalho experimental decorrentes de vivências não muito agradáveis e apontam para mudanças a introduzir, no futuro, na prática instrucio-

nal. Com efeito, as aulas de trabalho experimental observadas não foram eficientes na promoção de aprendizagens. A análise parece sugerir consistência entre o que disse acerca do modo de aprender dos alunos e o modo de organizar o trabalho experimental e o modo como o implementou nas aulas observadas.

## DISCUSSÃO

Este estudo revelou, quer diferentes concepções acerca da utilização do trabalho experimental, quer diferentes modos de o organizar na sala de aula. Evidenciou também consistência entre concepções acerca do trabalho experimental e o modo de implementação na sala de aula. Os argumentos que os estagiários usaram para justificar a realização do trabalho experimental foram diversificados. Alguns estagiários salientaram o trabalho experimental como um modo de ilustrar a teoria. Esta concepção associada ao uso do trabalho experimental parece traduzir ideias que prevaleciam em meados do século passado, acerca das finalidades associadas ao uso do trabalho experimental. Outros estagiários referiram o desenvolvimento de competências científicas e valorizaram a investigação científica nas aulas de ciência. Estas ideias associadas ao trabalho experimental parecem estar em sintonia com perspectivas recentes sobre finalidades do trabalho experimental que dá ênfase ao fazer ciência e ao envolvimento dos alunos na investigação científica e na resolução de problemas (Hodson, 1996b), embora tivesse sido enfatizado por um número restrito de estagiários.

Os resultados obtidos, relativamente, a concepções acerca do trabalho experimental parecem estar em concordância com o estudo realizado por Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz e Vasconcelos (1989). Com efeito, a aplicação da teoria continuou a ser a finalidade de ensino associada à realização do trabalho experimental para a maioria dos estagiários

enquanto que a investigação foi referida por um número diminuto de estagiários.

Este estudo mostra consistência entre pensamento e acção relativamente ao modo de estruturar o trabalho experimental, o que parece evidenciar a influência das concepções acerca do trabalho experimental no modo de o organizar. Com efeito, os estagiários que criticaram o trabalho experimental orientado para a descoberta (E5, E10, E12 e E14), usaram, nas aulas observadas, um guião experimental com procedimentos a serem seguidos, pelos alunos, de modo a possibilitar a verificação e aplicação da teoria. Pelo contrário, os estagiários (E3, E4 e E7) que valorizaram a investigação científica não usaram protocolo experimental para orientar as aprendizagens dos alunos. Deste modo, parece necessário que, em processos de aprendizagem do ensino, se identifiquem as concepções dos formandos acerca do trabalho experimental e se concebam estratégias que possam conduzir à mudança conceptual.

Este estudo revelou diferentes concepções acerca do trabalho experimental e vários modos de o organizar na sala de aula. De acordo com Cachapuz et al. (1989), “é importante encontrar um equilíbrio entre os diferentes tipos de trabalho experimental, favorecendo, nomeadamente, verificações individuais e pequenas investigações, i.e., centrando o trabalho experimental preferencialmente nos alunos e perspectivando-o não simplesmente como ilustração de aspectos teóricos” (p. 69). Todavia, relativamente ao processo de aprendizagem vivenciado durante o estágio pedagógico algumas questões se colocam. Em que medida são equivalentes os diferentes modos usados pelos estagiários para organizar o trabalho experimental? Estaremos todos a pensar da mesma maneira quando falamos de trabalho experimental ou, pelo contrário, cada um de nós assume o significado partilhado (Jackson, 1992) sem nos darmos conta que estamos a atribuir diferentes significados? Num proces-

so de aprender a ensinar importa reter que existem várias finalidades associadas ao uso do TE nas aulas de ciências: motivação dos alunos, desenvolvimento de competências manipulativas, sociais e científicas, aplicação da teoria, aquisição de técnicas, confronto de ideias e atribuição de novos significados que proporcionem aprendizagens diversificadas aos alunos dos ensinos básico e secundário.

\* Departamento de Educação, Faculdade de Ciências  
Universidade de Lisboa

#### REFERÊNCIAS

- Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I. P., Thomaz, M. F., & Vasconcelos, N. (1989). O trabalho experimental nas aulas de Física e Química. *Gazeta de Física*, **12**(2), 65-69.
- Clackson, S. G., & Wright, D. K. (1992). An appraisal of practical work in science education. *School Science Review*, **74**(266), 39-42.
- Clandinin, J. (1986). *Classroom practice. Teachers images in action*. London: The Falmer Press.
- Doyle, W. (1990). Themes in teacher education research. In W. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education*. New York, NY: Macmillan.
- Driver, R. (1994). The fallacy of induction in science teaching. In R. Levinson (Ed.), *Teaching science*. London: Routledge.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. New York, NY: Croom Helm.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York, NY: Macmillan.
- Freire, A. M. (1991). *Contributo para uma tipologia de concepções de ensino de Física*. Tese de mestrado não publicada. Universidade de Lisboa, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Lisboa.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, **73**(264), 65-78.
- Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, **24**, 41-52.
- Hodson, D. (1996a). Laboratory work as scientific method: Three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, **28**(2), 115-135.
- Hodson, D. (1996b). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, **18**(7), 755-760.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science. Towards a personalized approach*. Buckingham: Open University Press.
- Hurd, P. (1969). *New directions in teaching secondary school science*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Jackson, P.W. (1992). *Untaught lessons*. New York, NY: Teachers College Press.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.
- Luneta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Press.
- Marton, F., Dall'Alba, G., & Beaty, E. (1993). Conceptions of learning. *International Journal of Educational Research*, **19**(3), 277-300.
- Olsen, T. P., Hewson, P. W., & Lyons, L. (1996). Pre-ordained science and student autonomy: The nature of laboratory tasks in physics classrooms. *International Journal of Science Education*, **18**(7), 775-790.
- Schwab, J.L. (1978). Education and the Structure of the disciplines. In I. Westbury & N.J. Wilkof (Eds.), *Science, curriculum and Liberal Education. Selected essays of Joseph L. Schwab*. Chicago, IL: the University of Chicago Press.
- Solomon, J. (1994). The laboratory comes of age. In R. Levinson (Ed.), *Teaching science*. London: Routledge.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basic of qualitative research. Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Wellington, J. (1994). *Secondary science. Contemporary issues and practical approaches*. London: Routledge.
- White, R. T. (1991). Episodes, and the purpose and conduct of practical work. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, **18**(7), 761-774.



#### Equipamento de Laboratório

Balanças - Centrifugas - Aparelhos de pH - Tituladores  
Conduítmeters - Agitadores - Espectrofotómetros  
Microscópios - etc.

#### Vidros e Plásticos de Laboratório

Distribuidores NORMAX

#### Material Didático

Ensino Secundário e Superior

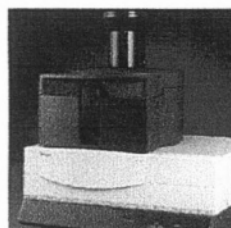
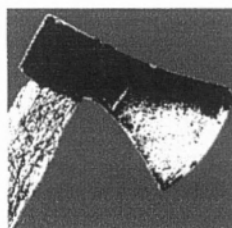
Representantes exclusivos SISTEDUC - Sistemas Educativos S.A.

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

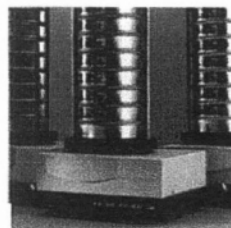
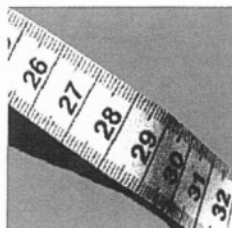
# Retsch



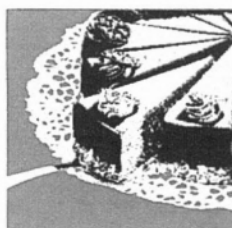
**Moinhos**



**Agitadores de peneiros/peneiros**



**Divisores de amostras**



**Análise granulométrica automática  
CAMSIZER / CRYSTALSIZER**



**Peça-nos o contacto do agente mais próximo, através dos telefones:**

**01-352 72 93**

**02-948 68 68**

*O Importador Exclusivo*

**LISBOA**

**PORTO**

**Campo Mártires da Pátria, 109**

**Rua de Real, 1210 - A/B - Morcira**

<http://www.en-equipamentos.pt>

# O Trabalho Experimental e a Formação dos Professores de Química

MARIA NATÁLIA CRUZ\*

## 1. INTRODUÇÃO

Começo por agradecer à Comissão Científica a aceitação desta comunicação. Ela é para mim um desafio a não abandonar estes temas, no ano em que me preparo para deixar a escola!

Ela não é o resultado de um estudo propositado para este fim; resulta sim, essencialmente, das reflexões sobre a minha experiência e sobre estudos que realizei noutros contextos.

As minhas desculpas, portanto, pelas suas características talvez muito pessoais.

Dos objectivos deste 1º Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação de Química, cuja iniciativa saúdo, destaco "Reflexão e debate sobre "o trabalho experimental no ensino-aprendizagem da Química" ", em várias áreas temáticas entre as quais "O estado das coisas em Portugal" onde se insere esta comunicação. Procurei organizar o que gostaria de salientar de acordo com a imagem desse *estado de coisas* que tenho podido construir a partir da minha prática, longa, quer do ensino de Química em todos os anos de escolaridade quer da formação de professores de Química, áreas em que muito me tenho empenhado. E decidi que essa reflexão podia ser feita/apoiada por alguns "instantâneos" da realidade (usando linguagem da fotografia, que também é uma questão química...).

O que me propus trazer aqui é pois uma reflexão (necessariamente breve e incompleta), levantando algumas questões, sobre pontos relacionados com esta problemática. E organizei-os do seguinte modo:

1. Breve introdução
2. O papel do Trabalho Experimental na aprendizagem da Química
3. O Trabalho Experimental em aulas de Química - alguns aspectos da realidade
4. A Formação de Professores de Química e o Trabalho Experimental
5. Algumas considerações finais

Ser professor já é, por si, tarefa muito exigente!

Ser professor de Química não é fácil!

É preciso gostar de Química, saber Química, conhecer os alunos, gostar dos alunos, saber ajudá-los a aprender, saber Didáctica da Química, conhecer estratégias de motivação para a Química e de ensino-aprendizagem de Química, ... !

A Química tem tido, está a ter, um enorme desenvolvimento: novas áreas de estudo, aprofundamento das "antigas", novas técnicas de estudo dos problemas, relações com outras áreas científicas e com a sociedade, ... a área da Didáctica da Química impõe-se como disciplina autónoma.

A investigação em ensino-aprendizagem das Ciências, em geral, e da Química em particular, é, hoje, também vasta e muito rica.

O ensino da Química nas nossas escolas tem portanto de reflectir tudo isso.

Nesse ensino, o papel do professor é fundamental (como são importantes outros factores, tais como currículo e programas, laboratórios, equipamento, ...).

Daí a Formação de Professores também dever corresponder a estes desafios. Este, a meu ver, é, há muito, um aspecto preocupante. O que eu sinto é que as diferentes instituições de formação, a começar pelas directrizes de política educacional, no geral, não se têm empenhado suficientemente. A Formação Inicial nas Faculdades de Ciências mantém-se praticamente com os mesmos regulamentos e práticas de há mais de 25 anos; nas "novas" Universidades, embora criados cursos com perspectivas diferentes, foram-se copiando alguns modos de trabalho nem sempre os mais inovadores.

Por sua vez, a Formação Contínua é muito reduzida e, em geral, não parte das necessidades dos professores.

Nas estratégias de ensino-aprendizagem da Química, a par do corpo de conhecimentos que constitui a ciência Química, da relação com a sua epistemologia, história e desenvolvi-

mento actual, tem papel importante o Trabalho Experimental. Então a discussão do seu papel e objectivos no currículo de Química nos diversos níveis de ensino, a sua organização na escola e na turma, os tipos de actividades experimentais e sua fundamentação terão forçosamente de fazer parte do currículo de formação dos futuros professores de Química e dos programas de formação contínua dos professores com mais ou menos experiência de ensino de Química, quer nas escolas secundárias quer nas escolas básicas com o 3º ciclo.

Suponho que a intenção da Professora Isabel Martins, na pergunta que fez à Professora Laurinda Leite, ontem à tarde, era de nos fazer reflectir sobre esta necessidade! Não basta falar de construtivismo, CTS, concepções alternativas, ensino temático, processos científicos, competências experimentais, etc.; é necessário que todos compreendam o significado e as implicações de certas opções curriculares e metodológicas.

## 2. O PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL NA APRENDIZAGEM DA QUÍMICA

São muitos os trabalhos publicados nos últimos anos (especialmente desde a década de 60) sobre o Trabalho Experimental no ensino das Ciências, nomeadamente no ensino da Química (citando alguns autores mais conhecidos: do estrangeiro, Hodson, Woolnough, Garrett, Tobin, Millar, Driver, Solomon, ... e, desta casa, A. Cachapuz, N. Costa, M. Fernandes Thomaz, I. Martins, I. Maláquias, J. M. Lopes,...), podendo aparecer com outras designações (Trabalho Prático, Trabalho Laboratorial) nem sempre exactamente coincidentes no seu significado (veja-se a discussão do final da comunicação da Professora Laurinda Leite). É consensual a importância que lhe atribuem na aprendizagem, independentemente das correntes epistemológicas e/ou pedagógico-didácticas em que se inscrevem (imagem de Ciência, de mé-



todo científico, teorias de ensino aprendizagem e consequentes papeis de professor e alunos, etc.).

Também os professores, nas escolas, a nível das declarações, o entendem como importante.

Até um... mas... e surge, muitas vezes, um rol de constrangimentos que são apontados como razões para a sua diminuta prática:

- o pouco tempo
- os programas, extensos
- os alunos (desinteresse, falta de hábitos de trabalho, indisciplina, ...)
- o número de alunos por turma/turno
- os laboratórios (que não há, ou são poucos, ou pequenos, ...)
- o equipamento
- a segurança
- a necessária formação
- alguma crença, exagerada, no ensino teórico e nos cálculos numéricos

... para só citar os mais comuns, o que não é exclusivo dos Ensinos Básico e Secundário!

Entre os principais objectivos do T.E. podem apontar-se (Hodson, 1993, Lopes, 1994, Martins, 1995, Miguéns e Garrett, 1991, entre outros) os seguintes:

- motivar e estimular o interesse dos alunos
- ensinar competências laboratoriais
- facilitar a aprendizagem de conhecimento científico (conceitos, leis, modelos, teorias)
- proporcionar uma visão do método científico (ou como um cientista resolve problemas) e desenvolver o seu uso
- desenvolver certas atitudes científicas

Estas grandes categorias de objectivos podem ser operacionalizadas de diversos modos, conforme o modelo em que nos situemos, o nível de estudos, as condições reais de ensino, o que consideremos competências laboratoriais (para alguns "científicas"), as características dos alunos, entre muitos factores.

Tudo isso vai também ajudar a decidir que tipo de actividade experimental se vai propor aos alunos em determinado momento.

Estas actividades podem ser muito variadas:

- actividade para adquirir uma técnica (filtração, diluição, pipetagem, ...) ou competência (observar, registar, medir, classificar, ...), individual ou em pequeno grupo
- demonstração de um processo (destilação, obtenção de espectros, ...) ou uma preparação (de um composto, de uma dada solução, ...) em grande grupo, pelo professor
- verificação de uma regra ou lei, em grupo grande ou pequeno
- actividade de previsão (do efeito da alteração de uma variável num sistema químico, por exemplo) e comprovação
- planeamento
- investigação guiada
- investigação aberta
- ...

Os programas curriculares reconhecem formalmente a importância do TE e incluem-no explicitamente. Apontam-se alguns exemplos de extractos dos programas.

### 3º ciclo do Ensino Básico (C. Físico-Químicas)

#### Finalidades:

- *Familiarizar os jovens com os métodos, processos de trabalho e formas de pensar em Física e Química, bem como o tratamento adequado da informação em geral*

...

#### Objectivos Gerais (conhecimentos, competências e atitudes)

- *Adquirir procedimentos e métodos inerentes à forma como a Física e a Química analisam e estudam os fenómenos e situações.*

- *Adquirir competências e práticas de recolha, selecção, interpretação, organização e apresentação da informação, ...*

- *Desenvolver atitudes de persistência, rigor, gosto pela pesquisa, autonomia, cooperação e respeito pelos outros*

#### Conteúdos

...  
Processos de Trabalho Científico  
...

#### Orientações metodológicas

*As actividades experimentais e práticas constituem uma componente fundamental no ensino da Física e da Química.*

*O trabalho experimental/prático, dentro e fora do laboratório, deverá permitir que os alunos realizem eles próprios uma enorme variedade de experiências* ...

#### Avaliação

*A componente prática/experimental, além de objecto de avaliação formativa, deverá obrigatoriamente ser objecto de avaliação sumativa....*

**Plano de organização** (conteúdos, objectivos, sugestões metodológicas) (8º ano)

Alguns objectivos: *preparar soluções ...; estabelecer experimentalmente a relação entre massa e volume...;recorrer a ensaios químicos na identificação de algumas substâncias; utilizar técnicas de separação ...*

Em algumas "sugestões metodológicas" são dadas indicações sobre o modo de realizar algumas das experiências referidas nos objectivos.

#### Ensino Secundário (10º e 11º anos) (C. Físico-Químicas)

#### Objectivos Gerais

1-

*"2- Utilizar, com autonomia, procedimentos e métodos inerentes à Física/Química" (ex: formular hipóteses e prever as suas consequências; conceber, planificar e executar experiências para verificar ...; interpretar e avaliar criticamente os resultados experimentais; ... utilizar correctamente processos de medição; ...*

3 - Evidenciar competências e práticas de pesquisa, análise, organização e apresentação da informação, ...

....”

### **Conteúdos**

*Processos de Trabalho Científico:*

....

...Ligado ao aspecto teórico deverá estar sempre presente o processo prático/experimental. ...

### **Orientações metodológicas**

4.2. *Actividade prática/experimental*

...

“A actividade experimental desenvolvida no Ensino Secundário reveste-se de aspectos diversos, de acordo com as oportunidades surgidas ou o fim em vista. Assim poderá solicitar-se ao aluno que:

- verifique determinado facto ou relação físico-matemática
- planeie e realize uma experiência
- determine o valor de determinada grandeza física
- observe e estude determinado fenómeno.

....”

### **Avaliação**

...

“Pela importância de que se reveste a componente prático/experimental em Física/Química, admite-se que o seu peso, na avaliação sumativa a realizar no final do período e nos outros momentos a designar, não seja inferior a 30%”

....

**Plano de organização** (conteúdos, objectivos, sugestões metodológicas) (11º ano)

Alguns objectivos: relacionar, por via experimental, a cor de certas soluções com a absorção selectiva de luz; distinguir, por via experimental, hidrocarbonetos saturados de insaturados; testar a presença de proteínas num produto alimentar; preparar um sabão...; medir as conversões de energia traduzidas em variações de temperatura, em fenómenos de dissolução e em reacções químicas; ...

Em “sugestões metodológicas” (muito escassas) são feitas algumas referências ao aproveitamento de algumas das experiências referidas nos objectivos.

### **Ensino Secundário (12º ano-Química)**

Mantém, no geral, as finalidades e grandes objectivos do 10º e 11º anos

#### **Objectivos gerais**

A nível de atitudes e capacidades:

...

3. Desenvolver a capacidade de observação objectiva dos fenómenos
4. Desenvolver a capacidade de formular hipóteses e de deduzir consequências
5. Desenvolver a capacidade de planejar experiências
6. Incrementar a capacidade de analisar dados e interpretar gráficos
7. Utilizar, adequadamente e em segurança, os instrumentos e materiais de laboratório na execução das técnicas experimentais básicas

....

#### **Orientação metodológica**

O estudo da Química acima esboçado tem uma componente experimental que é imperioso materializar. Em via de regra, deve realizar-se no laboratório, quer para permitir que todos os alunos trabalhem individualmente ou em pequenos grupos, quer por motivos de segurança....

Assim, a plena realização dos objectivos dos novos programas só se poderá alcançar através de um esforço intenso e sistemático na criação e disponibilização de espaços laboratoriais, no seu apetrechamento equilibrado e num investimento contínuo em acções de formação para professores e em acções de sensibilização e treino laboratorial para técnicos auxiliares. ...

#### **Avaliação**

....

Particular atenção deverá merecer a aquisição de competências relativas à actividade experimental: o empenhamento e a organização (contextualização, planeamento e preparação de cada trabalho

prático, respeito pelas instruções técnicas e normas de segurança, registo e tratamento de resultados), a cooperação em grupo, a discussão dos resultados e sua apreciação crítica, a elaboração de conclusões, a descrição sintetizada da actividade realizada, e, muito importante, o levantamento de questões de forma disciplinada e a concepção de novos trabalhos e projectos de exploração científica.

#### **Objectivos e Sugestões metodológicas para cada unidade temática**

*Determinar experimentalmente uma massa molecular por abaixamento crioscópico*

*Preparar o eteno e identificá-lo*

*Preparar o etanal e identificá-lo*

*Realizar e interpretar a solubilização de alguns sais através da formação de iões complexos*

*Determinar um valor aproximado para uma constante de acidez ou de basicidade via determinação experimental de pH*

*Determinar experimentalmente a variação de pH na titulação de ácido forte/base forte*

*Determinar a concentração de ácido ou de base forte por titulação*

*Comparar os poderes redutores de alguns metais por via experimental*

*Comparar, a partir de ensaios experimentais, poderes redutores ou oxidantes de algumas espécies químicas*

No final apresenta os “**Trabalhos Práticos de realização obrigatória**” que são 10.

Também programas anteriores à Reforma do Sistema Educativo e programas experimentais o tiveram sempre em consideração, o que, teoricamente, contraria algumas afirmações que se ouvem do tipo “acabou-se com a parte experimental, ...”. O que houve foi muitas mudanças das condições reais das escolas, dos alunos, dos professores, não tidas em conta para solucionar os problemas decorrentes (alguns deles correspondentes aos constrangimentos apontados pelos professores, tais como o número

de alunos e de turmas, o tipo de laboratórios, maior exigência nas condições de trabalho em segurança, etc).

### 3. O TRABALHO EXPERIMENTAL EM AULAS DE QUÍMICA – ALGUNS ASPECTOS DA REALIDADE

Não tenho estudos que fundamentem a imagem, que certamente compartilho com muitos colegas, de que nem tudo vai bem nas nossas escolas quanto ao TE em Química!

Alguns “instantâneos” dessa face negativa:

- alunos que chegam ao 10º ano e declaram que não fizeram qualquer experiência de Química pois era muito perigoso realizá-las na sala de aula

- turmas com 20-21 (ou mais) não desdobradas em turnos para realizar TE, em aulas de 2h (E. Secundário) ou de 1h (E. Básico)

- aulas de 2h sistematicamente “aproveitadas” para aulas teóricas (exposições quase sempre) ou teórico-práticas (resolução de exercícios em que predominam os cálculos numéricos) “porque é necessário cumprir o programa”

- peso muito pequeno dado ao trabalho experimental, quando se faz, na avaliação sumativa dos alunos (o que testamos ao longo do ano? Como apreciamos a atividade do aluno? E os relatórios?)

- tipo de questões das provas de exame de Química – 12º ano destinadas “à avaliação de competências experimentais” (grupo III) (“O 3º grupo inclui itens relativos a uma actividade experimental”, GAVE, inf. 45/98; “Os objectivos em itálico correspondem a trabalhos práticos de realização obrigatória. Será importante conhecer os conceitos, termos e leis que lhes estão subjacentes e, de um modo geral, saber interpretar experiências e analisar resultados das mesmas.”, do “Núcleo significativo de objectivos e conteúdos”).

Vejam-se 2 exemplos do ano lectivo que findou (provas da 1ª fase, 1ª chamada e da 2ª fase).

Que capacidades avaliam, quais os objectivos verificados?

Predomina a memorização factual do material utilizado, de um ou outro procedimento, e depois são questões que avaliam sobretudo conhecimentos que o aluno pode ter adquirido sem ter realizado qualquer actividade experimental!

Onde estão envolvidas capacidades de previsão, de interpretação de resultados, sua análise e discussão, de controlo de variáveis, de planeamento, ... para só referir algumas das que consensualmente são consideradas competências/capacidades experimentais/científicas?

E todos sabemos o efeito nos alunos (e até em nós professores!) do tipo de avaliação que se faz!

Continuando com outros aspectos da realidade...

- utilização de manuais escolares em que não é apresentada qualquer actividade experimental; outros têm a descrição de experiências (sem este destaque) no texto, como se não fosse necessário realizá-las; outros, ainda, embora com muitas “actividades experimentais”, elas são quase exclusivamente de um tipo só (quase sempre, a utilização de uma técnica, no 3º ciclo, a verificação de uma propriedade ou a preparação de uma substância, no Secundário); quase nenhum introduz questões de avaliação de aprendizagens a partir destas actividades

- estagiários de Física com um medo tremendo do laboratório/experiências de Química por desconhecimento

...  
Seria interessante uma análise rigorosa de alguns destes aspectos!

Infelizmente não basta estar declarada nos programas curriculares uma série de intenções para que elas se cumpram na prática.

Às vezes a “máquina” do próprio sistema e o modo como o ensino está organizado nas escolas leva à deturpação dessas boas intenções. Veja-se o caso das OGP(s) para o ensino secundário. E as decisões administrativas, às vezes até na própria

escola, sobre o número de turmas e de alunos por turma/turno!

Mas há, felizmente, muitos exemplos de situações bem diferentes desta negativa que destaque!

Os factores que contribuem para a dificuldade em atingir alguns dos objectivos do ensino da Química, nomeadamente os associados ao TE, julgo poderem ser considerados em 4 grupos:

1. relacionados com necessidade de espaços próprios, equipamentos e outros recursos

2. relacionados com dificuldades de interpretação e gestão do programa, do tempo, de recursos e do trabalho em laboratório ou sala de aula com um número apreciável de adolescentes / jovens

3. relacionados com a formação de professores para o TE, organização de actividades experimentais diversificadas e sua justificação, exploração didáctica, ...

4. relacionados com a avaliação do TE .

Os três últimos prendem-se directamente com o tópico seguinte.

### 4. A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Aproveito resultados da parte empírica do estudo por mim realizado no ano de licença sabática (Cruz, 1996) . Pelo que me tem sido dado apreciar depois não tem havido alterações significativas, tirando um ou outro reajuste curricular e algumas adaptações dos regulamentos de estágio às situações reais das escolas secundárias.

Nesse estudo entrevistaram alunos do 4º ano da licenciatura em ensino, professores estagiários e orientadores de estágio de diversas instituições, professores profissionalizados, professores universitários envolvidos na formação de professores.

Destaco do relatório respectivo apenas os aspectos que dizem respeito às referências ao Trabalho Experimental.

## Professores Estagiários afirmaram

### (a) Quanto à sua formação inicial

#### Aspectos positivos

- desenvolvimento de capacidades de trabalho
- desenvolvimento de capacidades laboratoriais e de pensamento; espírito crítico
- conhecer metodologias e estratégias de ensino/aprendizagem
- desenvolver capacidades de interpretação e análise, espírito crítico
- rigor

#### Aspectos negativos

- curso muito teórico, pouco prático
- pouco trabalho de grupo
- falta de preparação para o estágio
- currículo não adequado ao que se vai ensinar

### (b) Dificuldades (no dia a dia de professor)

#### No 3º ciclo do EB

- conseguir aulas motivadoras
- captar a atenção dos alunos
- tornar as aulas mais dinâmicas, participadas e alegres
- envolver os alunos nas actividades
- falta de equipamento
- desenvolver competências

#### No Ensino Secundário

- instrumentos laboratoriais desconhecidos
- falta de suporte para actividade experimental
- falta de trabalho prático na Universidade
- desenvolver e preparar actividades adequadas aos alunos
- a preparação de actividades experimentais

### Aspectos curriculares actuais que exigem mais trabalho na sua preparação (onde têm mais dificuldade)

- desenvolver capacidades de pesquisa e de trabalho experimental, a análise e interpretação de resultados;
- realização de experiências, tempo e preparação; gestão da sala de aula com actividades experimentais
- construir, elaborar experiências

- distinguir observar, de concluir, de interpretar
- actividades práticas e trabalho experimental.

### Dão algumas sugestões (à Universidade)

- disciplinas mais práticas, "algumas sem grande utilidade na vida da escola";
- preparação para os problemas que se vivem nas escolas
- mais aulas práticas
- mais acesso à realidade escolar
- maior contacto com escolas (assistir a algumas aulas)
- disciplinas mais voltadas para o ensino da Física e da Química nas escolas
- dar uma visão mais realista do trabalho nas escolas, com materiais, experiências
- na Metodologia da Química deviam fazer-se experiências semelhantes às possíveis na sala de aula sem perder o rigor
- ...

### Também professores já mais experientes, alguns Orientadores de Estágio (do ensino secundário) indicam como algumas dificuldades actuais

- limitações de equipamento
- tentar que os alunos tenham uma atitude mais activa
- muito pouco tempo; não desdobramento dos turnos
- falta de condições laboratoriais
- tempo necessário para o trabalho experimental
- desenvolver processos científicos, a capacidade de investigar
- ...

### Relativamente à Formação Contínua, os professores que já se podiam pronunciar sobre ela acham-na muito reduzida e nem sempre correspondente à s suas necessidades e expectativas.

Foram indicados, de entre vários temas, os seguintes relativos à temática em questão:

- trabalho de laboratório
- trabalho experimental.
- experimentação em Química, no Ensino Secundário
- prática laboratorial de Química

### Também Professores universitários envolvidos na formação de professores de Química se pronunciaram.

Quanto ao que mudariam no currículo da formação de professores de Física e Química, declararam:

#### nos primeiros 4 anos,

- reforçar a formação nas componentes do trabalho experimental e das novas tecnologias

#### nas Didácticas/Metodologias:

- na Metodologia da Química mais horas para preparação de material, utilização de multimédia, para preparar unidades para 3º ciclo do EB e para o ES
- maior incidência no trabalho experimental e reflexão sobre a sua importância para os alunos
- experimentação laboratorial com diferentes equipamentos; motivar para a autonomia

### Quanto ao modo como classificar a formação de professores de FQ em Portugal:

- "quanto à Formação Contínua, penso que não exige muita regulamentação, o que exige é iniciativa, vontade genuína dos próprios professores e não lhes criarem dificuldades; deve-se exigir seriedade ("vendeu-se muita FC sem qualidade"), ser focada em problemas reais de professores e escolas (e não "aulas teóricas") e ser avaliada severamente, não em "exames" mas em intervenções/actuações nas escolas; o que não quer dizer que não se reconheça que se deu um impulso na Formação Contínua e que algumas acções terão sido muito úteis para algumas pessoas"

• há pouca realização de actividades experimentais, é necessária formação nesta área, em novas tecnologias e em educação ambiental; há que articular Formação Inicial com Formação contínua, nomeadamente para uma colaboração entre escolas e instituições do ensino superior

- a Formação de Professores tem muitas falhas; vêem-se alguns sinais positivos, sinais nas próprias escolas superiores de abertura aos problemas pedagógicos
- difícil, há problemas, o sistema não tem controlo
- tomada de consciência pelos Depar-

tamentos de Educação, de Física e de Química da urgência de medidas tendentes a melhorar a qualidade dos professores

- há necessidade de definir um perfil de orientador e da formação de professores e de formadores; a Universidade daria prioridade nos seus mestrados em supervisão a pessoas para serem orientadores

- a universidade não tem tempo para as funções que devia ter, tem dificuldade em atender à formação de professores (que é muito complexa e abrangente)

- a mudança tem de ser para que seja mesmo **FORMAÇÃO**: identificar as necessidades dos formandos e formadores, sentido crítico, formação humana, para a autonomia, para a responsabilidade e iniciativa, para tomar decisões

- além de investir muito na qualidade da formação inicial não pode deixar-se o professor só com essa formação e esperar que, esporadicamente, de forma desligada, venha a frequentar um curso, participar numa ou outra acção de formação, sobretudo se a principal motivação for a aquisição de créditos necessários à mudança de escalão

- deveria investir-se na dinamização dos grupos de professores nas escolas como entidade formadora; “a vida de um professor estiola se não se insere num grupo”;

...

**Ser professor é um processo complexo que começa com a formação inicial (ou talvez muito antes, ...). Exige muita reciprocidade entre Teoria e Prática e uma constante Reflexão sobre elas, sobre essa relação.**

A Teoria informa a Prática, a Prática motiva/exige a Teoria e o professor, pela sua Reflexão é o agente de desenvolvimento dessa relação recíproca.

Uma reflexão

... na prática

... pela prática

...sobre a prática.

Também no Trabalho Experimental

A teoria é necessária (o conhecimento sobre TE, o seu estatuto na Ciência, o que é, seus fundamentos,

o que proporciona, o que exige, ...)

A prática é necessária, não há descrição de actividades experimentais, por muito bem feita, que substitua a sua realização.

A reflexão sobre aquele conhecimento e sobre a prática por ele informada são actividades imprescindíveis para um professor.

Um currículo de formação inicial tem de conter esta dimensão.

Programas de formação contínua têm de propor aos professores tempo para reflectir sobre a teoria e a prática do TE, ajudar a conhecer novos meios, processos, práticas, equipamento, a adaptar-se a novas situações, a tomar decisões nos grupos e escolas, a avaliar.

O que se tem feito? O que pode fazer-se? São questões para todos nós.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o tempo que já vos ocupei, deixaria o pouco disponível para uma ou outra questão ou comentário.

Não queria porém deixar de ressaltar o quanto penso importantes encontros deste tipo, em que aos professores são dados momentos para a tal reflexão sem a qual qualquer prática perde sentido e eficácia.

Penso que é hora de a SPQ se empenhar mais no ensino e divulgação da Química nos ensinos básico e secundário, retomando iniciativas que já mobilizaram, no passado, muitos alunos e professores:

- Olimpíadas de Química (fiquei muito contente com o que se anunciou ontem)

- Encontros de Educação em Química

- Sessões, conferências, palestras, acções de formação para professores (nomeadamente em cursos de formação em que os professores beneficiem dos tão benditos créditos! outro exemplo de como certas medidas corrompem as melhores intenções).

Obrigada pela vossa atenção.

\* Escola Secundária José Falcão, 3000 Coimbra.  
Telef.: 239- 487173 ; Fax: 239- 484958

## BIBLIOGRAFIA

Cachapuz, A. F. (1989) Por um ensino relevante da Química: que papel para o trabalho experimental? *Boletim SPQ*, 36, pp25-27.

Cachapuz, A. F., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M., Vasconcelos, N. (1989) O trabalho experimental nas aulas de Física e Química: uma perspectiva nacional. *Gazeta de Física*, 12 (2), pp 65-69.

Cruz, M.N. (1996) *A Formação de Professores de Física e Química em Portugal e algumas visões de outras paragens. Estado actual, desafios para o futuro*. Trabalho não editado, apresentado como anexo ao Relatório do ano de licença sabática.

Gago, J. M. (1998) Sessão de abertura do 2º Forum Ciência Viva . in *Unidade Ciência Viva (Org.), Livro de Actas*, pp. 13-23.

Hodson, D. (1990) A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70 (256), pp 33-40.

Hodson, D. (1993) Re-thinking Old Ways: Towards a more Critical Approach to Practical Work in School Science. *Studies in Science Education*, 22 (1993), 85-142.

Kelly, R. (1995) Perceptions of Quality in Teacher Education and Training. *European Journal of Teacher Education*, vol. 18, nº 1, pp 47-57.

Lopes, J.M.G. (1995) *Supervisão do Trabalho Experimental no 3º ciclo do Ensino Básico: Um modelo Inovador*. Tese de Mestrado (não publicada). Aveiro, UA.

Martins; I. P., Veiga, M.L. (1999) *Uma análise do Currículo da Escolaridade Básica na perspectiva da Educação em Ciências*. Lisboa, IIE.

Martins; I. P. (1995) *Relatório da Disciplina de Didáctica das Ciências*. Trabalho não publicado. Aveiro, UA.

M. E. Programas.

Miguens, M., Garrett, R. (1991) Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236.

Solomon, J. (1998) Avaliação do trabalho experimental dos alunos no ensino das ciências. In *Unidade Ciência Viva (Org.), Livro de Actas do 2º Forum Ciência Viva*, pp. 113-131.

Unesco (Ed.) (1992) *Innovation in Science and Technology Education*, vol IV. Paris: Unesco.

† Comunicação oral apresentada no I Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação de Química, 30 Set e 01 de Out. 1999, Universidade de Aveiro.

➤ Ensaio físicos de materiais:

- Tracção
- Compressão
- Flexão

➤ Extensometria



Outros equipamentos que representamos EXCLUSIVAMENTE:



(Japão) – Balanças de precisão



(Alemanha) – Moinhos, análise granulométrica (peneiros)



(Alemanha) – Estufas (universais, incubação, vazio, baixa temperatura)



(Alemanha) – Equipamento básico de laboratórios, nomeadamente:  
Agitadores (mecânicos/magnéticos/hélice), dispersor (UltraTurrax)...



EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

LISBOA

Campo Mártires da Pátria, 110

Tels. (01) 352 85 41 · 356 04 54 · 352 72 93 · Fax (01) 352 87 52

Telem. 0931 60 67 25 · 1150 LISBOA · PORTUGAL

PORTO

R. de Real, 1210 - A/B · Moreira

Tels. (02) 948 69 05 · 948 68 68 · 948 68 47 · Fax (02) 948 61 32

Telem. 0931 53 16 98 · 4470 MAIA · PORTUGAL

# Marcha Geral da Análise

por Alfredo Gomes\*

## CLORETOS

### I

Quem me vê neste propósito,  
Julga-me talvez de lata.  
Sou um metal dos mais brancos,  
E tenho por nome prata.

### II

Eu sou o célebre chumbo,  
Trago a desgraça comigo.  
Chumbo às vezes os pardais,  
E mais alguém...que não digo!

### III

Eu sou um comerciante,  
Mas um tanto perigoso.  
Sou família do mercúrio,  
mas meu nome é mercurioso.

### IV

Sou o ácido clorídrico,  
Tenho um cheiro impertinente,  
Precipito o mercurioso,  
O chumbo e prata igualmente.

### V

Não tenho nenhuma cor,  
Mas quero ser muito franco.  
Pois, quando a eles me junto,  
Precipito-os em branco.

### VI

Eis o cloreto de prata,  
Não veio da Babilónia ?  
Mas para que se dissolva,  
Basta lançar nele amónia.

### VII

Apesar de dissolvido,  
Inda sou muito esquisito.  
Deitem sobre mim azótico,  
Vejam que reprecipito.

### VIII

Sou o cloreto de chumbo,  
Conhece-me toda a gente.  
Quem me quiser dissolver,  
Empregue só água quente.

### IX

A quente sou dissolvido,  
Mas não fico apquentado.  
Se me deixam esfriar,  
Já estou precipitado.

### X

Eis agora o mercurioso,  
Que tem um tão largo emprego.  
Não se dissolve na amónia,  
Mas passa de branco a negro.

### XI

A amónia não o dissolve,  
Fá-lo negro. Que má sorte.  
Não faz mal. Não se incomoda,  
É mercúrio até a morte.

## SULFURETOS

(1º grupo)

### I

Eu cá sou um sal de arsénio,  
Não sirvo para fazer pratos.  
O meu nome lembra logo,  
A sorte que dou aos ratos.

### II

Eu sou o rijo antimónio,  
Com aplicação imensa.  
Pois quando ao chumbo me ligam,  
Faço um bom tipo de imprensa.

### III

De estanho o nome tenho,  
Mas sou bastante teimoso.  
Pois posso passar de estanho,  
Num momento, a estanoso.

### IV

Chamo-me ácido sulfídrico,  
E tenho um tão mau odor.  
Precipito, os que se seguem,  
Dou a todos outra cor.

### V

Quando vejo um sal de arsénio,  
Posso fazer-lhe este apelo:  
Tem cautela ! Pois, senão,  
Passas de branco a amarelo.

### VI

Se caio num sal de estanho,  
Sem ter a cor escarlate,  
Faço passar num momento  
O seu branco a chocolate.

### VII

O estânico já o sabe,  
Que quando lhe vou ao pelo,  
Quer ele queira, quer não  
Faço-o passar a amarelo.

### VIII

E o antimónio ? Coitado !  
P'ra que me não faça tolo,  
Passa a sulfureto, sim,  
Mas com a cor de tijolo.

### IX

Ninguém se esqueça de mim,  
Que não sou nenhum demónio.  
Os três últimos dissolvo  
Sou o sulfureto de amónio.

## SULFURETOS

(2º grupo)

### I

Quem não conhece o bismuto  
Metal de tão largo emprego?  
Mas o ácido sulfídrico  
Precipita-me de negro.

### II

E depois ? Pobre de mim !  
O azótico atrevido,  
Mesmo apesar de negro,  
Por ele sou dissolvido.

### III

O metal cobre, apesar  
De em dinheiro ser usado,  
Pelo ácido sulfídrico  
Dá negro precipitado.

### IV

Mas o ácido azótico,  
Sem se importar do meu trato,  
De sulfureto de cobre  
Faz-me passar a nitrato.

### V

Cádmio! Que lindo nome,  
Que linda cor tão catita.  
Mas o ácido sulfídrico  
De amarelo o precipita.

### VI

A sorte de meus irmãos,  
É tal a que espero ter.  
Pois o ácido azótico  
Trata de me dissolver.

### VII

O mercúrio, por sinal,  
Em termómetros usado.  
Com ácido sulfídrico  
De negro é precipitado.

### VIII

E agora em sulfureto,  
Já mais nada me seduz.  
Pois a senhora água régia  
Num momento me reduz.

## POLISSULFURETOS

### I

Primeiro e segundo grupo  
Já lá vão. Já são passados.  
Vamos entrar no terceiro  
P'ra ver mais precepitados.

### II

O sulfureto de amónio  
Vai de novo aparecer.  
Não vai dissolver ninguém  
Vai fazer escurecer.

### III

Alguns que não escurecem  
Também sentem sua dor.  
A todos eu precipito,  
Cada um de sua cor.

### IV

Comecemos pelo ferro,  
Para tudo aproveitado.  
Se se junta o sulfureto  
Dá negro precipitado.

### V

De negro precipitado,  
O negro ninguém quer ver.  
Mas o ácido clorídrico,  
Trata de me dissolver.

### VI

Eu sou crómio, um metal,  
Que não é o mais usado.  
Se me juntam sulfureto  
Dou verde precipitado.

### VII

De verde precipitado,  
Um verde muito garrido.  
Juntem-me em seguida soda,  
E pronto. Sou dissolvido.

### VIII

O alumínio faz parte  
Deste grupo saltimbanco.  
Mas com o tal sulfureto  
Precipita todo branco.

### IX

E agora desta cor,  
Não vai ser enegrecido.  
Mas lancemos nele a soda,  
Pois com ele é dissolvido.

### X

Eu sou o róseo cobalto,  
Pelas louças tão usado,  
Com sulfureto de amónio  
Dou negro precipitado.

### XI

De negro precipitado  
Pelo magano atrevido.  
Com clorídrico e azótico  
Fico logo dissolvido.

### XII

Pois o conhecido níquel,  
Que também vai ser julgado.  
Com sulfureto de amónio  
Dá negro precipitado.

### XIII

Mas não fica por aqui  
Este tal negro obtido.  
Com clorídrico e azótico  
Como o outro é dissolvido.

### XIV

Vem agora o manganês  
Que deste grupo é irmão.  
Com sulfureto de amónio  
Tomou a cor de salmão.XV  
De salmão precipitado,  
Cor que agrada a toda a gente.  
Mas o ácido clorídrico  
Dissolve-o num repente.

### XVI

É um metal muito brando  
O pobre zinco coitado.  
Com sulfureto de amónio  
Dá branco precipitado.

### XVII

Mas o ácido clorídrico  
Quando estiver diluído  
O precipitado branco  
É num pronto dissolvido.

## METAIS ALCALINO-TERROSOS

### I

Entremos no quarto grupo,  
Que é um dos mais engraçados.  
Com carbonato de amónio,  
Também dão precipitados.

### II

Lançando água de gesso,  
O estrôncio se conhece.  
Esperando alguns instantes  
Precipitado aparece.

### III

O bário é semelhante,  
Mas já, não tão lentamente.  
Lançando a dita água  
Dá precipitado rapidamente.

### IV

P'ra precipitar o cálcio,  
Não é nenhuma charada.  
Mas com água de gesso,  
Nunca mais nos dará nada.

### V

Mas enfim. Antes que custe,  
Mesmo que leve um bocado.  
Com oxalato de amónio  
Dá logo precipitado.

### VI

Entre no quinto grupo,  
Agora vai de enfiada.  
Com quatro quadras mais  
Está a marcha acabada.

### VII

Tenho magnésio por nome,  
Que nome tão esquisito.  
Mas se me juntam fosfato,  
Num momento precipito.

### VIII

A mim chamam-me potássio,  
Tantos sabonetes dou,  
Mas depressa precipito  
Com o célebre Carnot.

### IX

Sódio. Que lindo nome,  
Mas que nome tão sensato.  
Sou precipitado com  
Piro-antimoniato.

### X

P'ro amónio conhecer,  
Basta soda lhe juntar.  
Se a mistura se aquecer  
A amónia há-de cheirar.



## ANIÕES

**I**  
Outro trabalho vamos ter,  
Para decorar os aniões,  
Visto já termos passado  
O grupo dos catiões.

**II**  
Serão estes divididos  
Em quatro grupos, afinal.  
Sulfídrico, cloro e fosfórico  
E azótico matinal.

**III**  
Para conhecer os sulfatos,  
Levamos a cruz ao calvário.  
Não dá precipitado pela prata,  
Mas dá precipitado pelo bário.

**IV**  
Para não ficarmos em dúvida,  
Com o sulfato atrevido,  
Precipita pelo chumbo,  
Pela soda é dissolvido.

**V**  
Entramos no segundo grupo,  
Só um precipitado é preto.  
Não, o cloro, bromo e iodo,  
Mas sim o sulfureto.

**VI**  
Ao contrário dos sulfatos,  
Olhem para este fadário.  
Precipita pela prata,  
Não se importa com o bário.

**VII**  
De uma vez, três se apanham,  
E para melhor os conhecer,  
Com manganês e sulfúrico,  
Depois é só aquecer.

**VIII**  
O primeiro cheira a cloro,  
O seu cheiro é verídico.  
Quem não o há-de conhecer,  
Na presença, o clorídrico.

**IX**  
O segundo é violáceo,  
Um violeta ametista.  
Quem não conhece o iodo  
Na sua cor característica.

**X**  
O terceiro, alaranjado,  
Um alaranjado qualquer.  
Trata-se do simples bromo  
Na lei de Lavoisier.

**XI**  
Agora o sulfídrico  
Que tem tão mau odor.  
Conhece-se pelo cheiro,  
Pois não tem outra cor.

**XII**  
Para melhor o verificar,  
Desta maneira se conhece.  
Papel de acetato de chumbo  
Pelo dito ácido enegrece.

**XIII**  
Estamos no terceiro grupo,  
Este é o mais engraçado.  
Juntando-lhe prata ou bário  
Dá com ambos precipitado.

**XIV**  
É o grupo do fosfórico,  
Fosfórico ou fosfatos.  
Também tem arseniats,  
Cromatos e carbonatos.

**XV**  
Para conhecer o fosfórico,  
Fosfórico ou fosfatos.  
Dá precipitado amarelo  
Com nitromolibdato.

**XVI**  
Agora o arseniato,  
Para que não se faça tolo.  
Precipita com a prata  
Com uma cor de tijolo.

**XVII**  
Na mesma cor de tijolo,  
O cromato se desvela.  
Mas distingue-se no soluto  
Por ter uma cor amarela

**XVIII**  
Temos agora os carbonatos,  
Que se trata por eminência.  
Se lhes juntar-mos clorídrico  
Dá com eles efervescência.

**XIX**  
Por último o quarto grupo,  
Que tem s sua piada.  
Ao juntar-lhe prata ou bário,  
Nunca mais nos dará nada.

**XX**  
Também temos os nitratos,  
Com seus ares fanfarrantes.  
Ao juntar sulfúrico e cobre  
Dá-nos vapores rutilantes.

**XXI**  
E pronto, meus amiguinhos,  
Quem os versos decorou  
Não perdeu o seu tempo,  
Mas alguma coisa ganhou.

\* O Sr. Alfredo Gomes, nascido na Ajuda, Lisboa, a 14 de Maio de 1901, foi funcionário do Laboratório de Química da Escola Politécnica (actual Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) e, pelos vistos, era também poeta. A *Marcha Geral da Análise* é um trabalho da sua autoria, escrito em 1953. A publicação deste poema no *Química* foi possível graças à amabilidade do Doutor António Morais Romão Serralheiro, professor catedrático jubilado do Departamento de Geologia da FCUL, que recolheu o manuscrito e o mostrou, depois de dactilografado, a um sócio da SPQ. Para o Doutor António Serralheiro vão os nossos agradecimentos.

# Os Químicos Favoritos da Europa

COLIN RUSSEL\*

**A escolha dos 100 melhores químicos da Europa nunca seria fácil, na opinião de Colin Russell,**

O bichinho do milénio não afecta só os computadores. Os seres humanos também não lhe são imunes. Ocasionalmente, ele pode conduzir a padrões de comportamento que têm apenas uma coisa em comum: um desejo irresistível de alguma forma de comemoração do ano 2000. Muitas vezes há apenas uma vaga ideia daquilo que está a ser celebrado, isto é, a noção de que passaram 2000 anos desde o nascimento de Cristo costuma ser totalmente esquecida. Uma ironia adicional decorre do facto de, recentemente, haver alguma evidência, vinda da história, da arqueologia e da astronomia, sugerindo uma data de nascimento cerca de sete anos mais cedo, de modo que o milénio teria vindo e ido, sem notícia, no princípio da década de 90. Mesmo que isso seja verdade, o grande espírito de festividade e de *bonomia*, não pode extinguir-se por tais considerações mundanas e a celebração tem de consumir-se. Nem devem as sociedades deixar-se ficar para trás na euforia geral.

Em 1998, a "Federation of European Chemical Societies" (FECS) propôs-se celebrar à sua maneira e assinalar a ocasião proclamando ao mundo os nomes dos 100 melhores químicos europeus. A inclusão neste átrio da fama faria pouco pelos indivíduos em causa pela simples razão de que todos têm de estar mortos. Poderia, no entanto, alegrar os corações dos familiares vivos de alguns. Poderia alimentar o orgulho das nações cujos filhos e filhas fossem assim honrados, e (se devidamente tratado pelos relatores) poderia lembrar o público em geral o quanto deve aos químicos europeus. E isso seria, de facto, uma coisa muito boa.

O único problema era o seguinte: como é que se pode tentar estabelecer uma tal lista e obter um consenso generalizado para ela? Peça a 20 químicos uma curta lista com os seus próprios candidatos e acabará com 20 respostas diferentes. Tente ser objectivo e desista por falta de critérios escolhidos. Assim, os dados quantitativos

recolhidos em índices de citação podem testemunhar o volume, mas não a qualidade do trabalho de um químico. Ser vencedor de um prémio Nobel em química era um critério possível, mas não houve suficientes na Europa – os prémios Nobel só começaram em 1901 – e nem todos os prémios Nobel são iguais. Não há número de vendas (como nos discos musicais) para nos ajudar a ordenar um 'Top of the pops' (nem reacções comparáveis das audiências, podem crer!). Portanto, o que fazer? Perguntar-se ao público.

Neste caso, dificilmente se pode inquirir toda a população da Europa. Em vez disso, a FECS tomou a decisão sensata de entregar os primeiros passos da nomeação às sociedades. A cada uma delas foi pedido que fornecesse a sua própria lista. Sugeriu-se que se formassem grupos de trabalho e foram fornecidas instruções. Assim, as pessoas propostas deveriam ter transformado a ciência química e exercido uma influência mundial. Deveriam ter levado a cabo a maior parte do seu trabalho na Europa, e por aí fora. A peculiaridade surpreendente da comemoração deste milénio é que o período em causa se estende não a 2000 ou mesmo 1000 anos para trás, mas apenas a pouco mais de 200. A certa altura, alguém sugeriu que a Revolução Química (o que quer que isso tenha sido) seria um bom ponto de partida. Isto parecia ser geralmente tomado como as reformas associadas com Lavoisier no fim do século 18, embora, na prática, a lista incluísse alguns que precederam – ou mesmo que se opuseram a – essa Revolução Química. De modo que, à partida, químicos gigantes como Paracelsus, Glauber, van Helmont, Hales e mesmo Robert Boyle foram automaticamente excluídos. E, obviamente, não havia nenhum alquimista. De qualquer modo, regras são regras, e a maior parte dos países produziu uma resposta que respeitava genericamente os critérios assentes.

O resultado foi uma demonstração espectacular da variabilidade da resposta. Oito países nem sequer responderam. Enquanto a maior parte dos que responderam (incluindo o

Reino Unido) fez um esforço no sentido de ser justo para toda a gente e de fornecer uma lista internacional, os nomes indicados por nada menos do que 10 países, eram exclusivamente nomes nacionais. Esta possibilidade era inesperada mas não era formalmente excluída pelas regras pré-estabelecidas. Possivelmente, os que responderam assim pensaram que todos iriam fazer o mesmo. Ou então acharam que precisavam de jogar à defesa. Mas se todos tivessem feito isto, é difícil imaginar como teria podido surgir uma lista decente, visto que, na análise, era dado peso igual a todas as respostas. Teria significado o mesmo número de nomes vindos de França, Eslovénia, Itália, Portugal e Irlanda, por exemplo? Por isso, nos primeiros passos da compilação, parecia justo pôr de lado as propostas destas 10 sociedades. Isso deixava as restantes 20 que tinham tentado ser genuinamente internacionais. Foi gratificante verificar que entre elas se contavam algumas das mais pequenas sociedades tais como as da Finlândia, Eslovénia e Chipre.

Graças ao esforço infatigável do coordenador do Grupo de Trabalho da História da Química, foi criado um programa de computador para agrupar estas 20 listas. Embora tivesse sido pedido às sociedades para ordenarem as suas próprias nomeações, neste passo considerou-se que um nome presente numa lista seria contado independentemente da sua posição. Deste modo, resultou uma tabela global contendo cada nomeação e o número de sociedades que tinham dado o seu voto a essa pessoa. Os vencedores estavam em cima, os perdedores em baixo. Só dois químicos, Lavoisier e Berzelius, conseguiram 100 por cento, com 20 votos cada. Poucos historiadores da química contestariam este resultado. No entanto, o número total de nomes era um assustador 308, e agora estava definitivamente nas mãos da comissão chegar a uma conclusão sobre o assunto. Tudo o que tínhamos de fazer era eliminar dois terços dos nomes propostos!

Esta comissão, que se reuniu em Budapeste em Julho, começou por tomar algumas medidas óbvias. A primeira tarefa foi a de eliminar todos os nomes que tinham tido só um voto

(i.e., tinham sido propostos por apenas uma das 20 sociedades). Isso baixou imediatamente o número para um mais manejável 112; excluir os que tivessem obtido dois votos teria levado o número bem abaixo dos desejados 100. Mas como eliminar uns meros 12 químicos? Longe de ser uma tarefa simples, ela exigiu uma subtileza e uma argúcia consideráveis. Cada um dos 112 competidores foi considerado individualmente. Alguns foram retirados porque não eram considerados 'químicos' embora o uso de títulos 'profissionais' antes de meados do século 19 levante problemas tremendos. No entanto, Volta como físico, Boerhaave como médico e Krebs como bioquímico foram considerados fora da corrida. Menos contenciosa foi a eliminação de vários nomes do século 20 pela simples razão de os seus donos estarem ainda vivos. Outros ainda, desapareceram porque o seu trabalho principal em química foi levado a cabo fora da Europa. E, nesta altura, as 10 listas 'congeladas' foram tomadas em consideração e alguns dos seus nomes mais bem classificados foram adicionados à lista principal. Após todas as adições e subtracções estávamos a dois ou três nomes do nosso alvo, e quase lá.

Seria fastidioso relatar em detalhe as últimas etapas do debate, algumas das quais decorreram por correspondência depois da reunião. A 8 de Julho, foi atingida a concordância sobre a lista final e só faltava afinar alguns pormenores de apresentação. As listas para os três séculos foram arrumadas por ordem estritamente alfabética sem implicações de mérito relativo. E surgiram os nossos '100 melhores químicos'.

Um exercício deste tipo está sujeito a atrair críticas. Talvez a nota mais irónica de todas tenha vindo de um membro da comissão que declarou que não acreditava no valor de tal trabalho e por isso não participaria nele (embora permanecesse como observador). Os restantes, embora partilhando muitas das suas dúvidas, ainda acreditavam que se poderia chegar a uma solução credível e batalharam nesse sentido. Tínhamos consciência de que muitos aspectos da metodologia podiam ser atacados,

e até nós próprios tínhamos tido de tomar algumas decisões que não a seguiam estritamente. Assim, Avogadro, o advogado, foi admitido, mas não o foram vários nomes de valor da bioquímica moderna. Como acontece frequentemente em discussões deste tipo, a questão básica 'o que é um químico?' permanece, frustrantemente, sem resposta. Para além disso, o peso relativo dos três séculos (14/42/44) tinha mais do que um elemento de arbitrariedade.

Mais séria, na minha opinião, era a questão de saber se as contribuições no domínio da química aplicada eram tão válidas como as da química pura. A opinião geral parecia ser de que não eram e, por isso, muitos nomes famosos da indústria química estão ausentes. Contudo, Auer, o inventor da lâmpada de gás, foi incluído, por se considerar que tinha influenciado profundamente a sociedade vitoriana. Leblanc, cujo método está na base da indústria dos sais alcalinos, não aparece, embora o seu rival, Solvay, esteja presente. Todos estes casos foram objecto de afinação por critérios que podem ser divulgados (se alguém estiver suficientemente interessado) para cada um deles. No fim, valeu a pena? Como exercício competitivo ou como relatório final, a resposta tem de ser decididamente 'não'. Não tínhamos nem mandato, nem dados, nem mesmo vocação para um tal projecto. Está em curso um trabalho sério baseado nas tentativas acima descritas no sentido de adquirir e organizar dados quantitativos que permitam vir a estabelecer critérios de excelência (entre outras coisas). Chama-se prosopografia. Mas este exercício não faz, de certeza, parte desse trabalho. A nossa conclusão geral é inevitavelmente mais impressionista. O que nós registámos não é o valor dos indivíduos mas a percepção pública acerca deles. E esta, obviamente, depende de muitas outras coisas para além do mérito absoluto.

Em termos de contribuições nacionais há poucas surpresas. Os 'três grandes', Alemanha, Reino Unido e França, têm, respectivamente, 28, 24 e 15% das nomeações. Há a seguir um grande hiato até à Suécia e Rússia

com 5% cada um ficando todos os outros países abaixo desta percentagem. Mas não teria sido necessário um exercício desta natureza para concluir estas ordens de grandeza. Seria uma pena se alguém tirasse conclusões chauvinistas destes dados, e mais ainda se algum dos países com menos nomeados se sentisse desencorajado. Empenhemo-nos por todos os meios na análise crítica da história para encontrar tudo o que foi útil para o avanço bem sucedido da química. Alguns historiadores da química já estão a fazê-lo e merecem todo o encorajamento. Mas não pensem que foi isto que nós fizemos.

O resultado foi uma lista de 100 homens e mulheres que realizaram trabalho notável na química Europeia, ajudaram a mudar o mundo físico que habitamos e foram largamente reconhecidos pelos seus pares. Quanto à questão do reconhecimento pelos seus pares, o exercício mostra um outro aspecto interessante. Há um enorme hiato entre a compreensão da história colhida *en passant* pelos químicos praticantes durante o curso normal do seu trabalho e a que decorre de estudos históricos continuados. Isto confirma que é necessário envidar todos os esforços para tornar o trabalho dos historiadores acessível aos químicos. Mas isto é um à parte.

A função principal dos nossos trabalhos será, esperamos, a de fornecer uma ferramenta útil para os esforços do novo século no sentido de encorajar a compreensão pública da química. Uma coisa é certa: sem uma forte dimensão humana na comunicação da química, essa tarefa falhará. Talvez a nossa lista venha a ser um combustível para os divulgadores da ciência e para os professores de química. Foi divertido fazê-la. Se tentássemos de novo na próxima semana chegaríamos com certeza às mesmas conclusões. Mas não exactamente à mesma lista.

\* Colin Russell é professor jubilado e professor investigador visitante no Departamento de História da Ciência e Tecnologia na Universidade Aberta, Milton Keynes MK6 7AA UK.

As opiniões expressas neste artigo são da exclusiva responsabilidade do autor e não representam um relatório oficial da FECS.

## Lista FECS dos 100 químicos Europeus distinguidos

### Século 18

Bergman, Tobern Olof	(1735-1784)
Berthollet, Claude Louis	(1748-1822)
Black, Joseph	(1728-1799)
Cavendish, Henry	(1731-1810)
Gadolin, Johan	(1760-1852)
Kirwan, Richard	(1735-1812)
Klaproth, Martin Heinrich	(1743-1817)
Lavoisier, Antoine Laurent	(1743-1794)
Lomonosov, Mikhail Vasilievich	(1711-1765)
Priestley, Joseph	(1733-1804)
Richter, Jeremias Benjamin	(1762-1807)
Ruprecht, Antal	(1748-1818)
Scheele, Carl Wilhelm	(1742-1786)
Vauquelin, Louis Nicolas	(1763-1829)

### Século 19

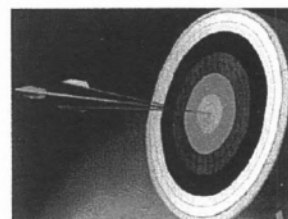
Arrhenius, Svante August	(1859-1927)
Auer, Karl	(1858-1929)
Avogadro, Amedeo	(1776-1856)
Baeyer, Johan Friedrich Wilhelm Adolf	(1835-1917)
Berthelot, Pierre Eugène Marcelin	(1827-1907)
Berzelius, Jöns Jakob	(1779-1848)
Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard	(1811-1899)
Butlerov, Alexander Mikhailovich	(1828-1886)
Cannizzaro, Stanislao	(1826-1910)
Claisen, Ludwig	(1851-1930)
Dalton, John	(1766-1844)
Davy, Humphry	(1778-1829)
de Marignac, Jean Charles Galissard	(1817-1894)
Dumas, Jean Baptiste André	(1800-1884)
Faraday, Michael	(1791-1867)
Fischer Emil	(1852-1919)
Frankland, Edward	(1825-1899)
Fresenius, Carl Remigius	(1818-1897)
Gay-Lussac, Joseph Louis	(1778-1850)
Graham, Thomas	(1805-1869)
Hofmann, August Wilhelm	(1818-1892)
Kekulé, Friedrich August	(1829-1896)
Kolbe, Adolph Wilhelm Hermann	(1818-1884)
Laurent, Auguste	(1807-1853)
Le Chatelier, Henri Louis	(1850-1936)
Liebig, Justus	(1803-1873)
Mendeléev, Dmitri Ivanovich	(1834-1907)
Meyer, Julius Lothar	(1830-1895)
Moissan, Ferdinand Frédéric Henri	(1852-1907)
Ostwald, Friedrich Wilhelm	(1853-1932)
Pasteur, Louis	(1822-1895)
Perkin, William Henry (sr.)	(1838-1907)
Proust, Joseph Louis	(1754-1826)
Ramsay, William	(1852-1916)
Solvay, Ernest	(1838-1922)
Stas, Jean Servais	(1813-1891)

Ste-Claire Deville, Henri Etienne	(1818-1881)
Van 't Hoff, Jacobus Henricus	(1852-1911)
Werner, Alfred	(1866-1919)
Williamson, Alexander William	(1824-1904)
Wöhler, Friedrich	(1800-1882)
Wurtz, Charles Adolphe	(1817-1884)

### Século 20

Aston, Francis William	(1877-1945)
Barton, Derek Harold Richard	(1918-1998)
Bosch, Karl	(1874-1940)
Brönsted, Johannes Nicolaus	(1879-1947)
Butenandt, Adolf Friedrich Johann	(1903-1995)
Curie, Marie	(1867-1934)
Debye, Peter Joseph Wilhelm	(1884-1966)
Diels, Otto Paul Hermann	(1876-1954)
Grignard, François Auguste Victor	(1871-1935)
Haber, Fritz	(1868-1934)
Hahn, Otto	(1879-1968)
Hantzsch, Arthur Rudolf	(1857-1935)
Hassel, Odd	(1897-1981)
Haworth, Walter Norman	(1883-1950)
Hevesy, György Charles	(1885-1966)
Heyrovsky, Jaroslav	(1890-1967)
Hinshelwood, Cyril Norman	(1897-1967)
Hodgkin, Dorothy Mary	(1910-1994)
Ingold, Christopher Kelk	(1893-1970)
Karrer, Paul	(1889-1971)
Kendrew, John Cowdery	(1917-1997)
Natta, Giulio	(1903-1979)
Noddack, Ida Eva	(1896-1978)
Nernst, Walther Hermann	(1864-1941)
Pregl, Fritz	(1869-1930)
Prelog, Vladimir	(1906-1998)
Reppe, Walter Julius	(1892-1969)
Robinson, Robert	(1886-1975)
Rutherford, Ernest	(1871-1937)
Ruzicka, Leopold Stephen	(1887-1976)
Sabatier, Paul	(1854-1941)
Semenov, Nikolay Nikolaevich	(1896-1986)
Soddy, Frederick	(1877-1956)
Sörensen, Soren Peter Lauritz	(1868-1939)
Staudinger, Hermann	(1881-1965)
Stock, Alfred	(1876-1946)
Svedberg, Theodor H.E.	(1884-1971)
Todd, Alexander Robertus	(1907-1997)
Tswet, Michail Semënovic	(1872-1919)
Wilkinson, Geoffrey	(1921-1998)
Willstätter, Richard Martin	(1872-1942)
Wittig, Georg Friedrich Karl	(1897-1987)
Ziegler, Karl	(1898-1973)
Zsigmondy, Richard Adolf	(1865-1929)

A Federação das Sociedades Químicas Europeias (Federation of European Chemical Societies, FECS) é uma associação voluntária fundada em 1970. Tem como objectivo promover, na Europa, a cooperação entre as sociedades científicas e tecnológicas, sem fins lucrativos, no campo da química. Os seus sócios são maioritariamente químicos qualificados e cujos interesses incluem a ciência e/ou a prática da química. Pode obter informações sobre as actividades da FECS através da Internet no endereço [www.chemsoc.org/feecs](http://www.chemsoc.org/feecs). Lá poderá encontrar também mais informação disponível sobre os 100 químicos Europeus distinguidos pela FECS.

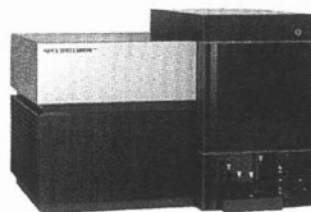


Espectrómetros para análise química.

▲INDÚSTRIA    ▲AMBIENTE    ▲EXTRACTIVA    ▲QUÍMICA

### Emissão óptica

ICP – Tecnologia CCD\*  
120 – 800 nm  
Sistema óptico circular



### Faísca

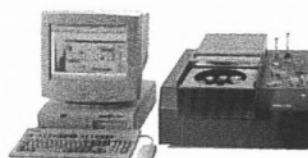
Para a indústria metalúrgica e metalomecânica  
120 – 800 nm

Opção: Sistema Mapping com varrimento da superfície da amostra para detecção de inclusões e segregação em metais.



### Raio-X

Por fluorescência, de energia dispersiva polarizada (EDXRF)



### Glow discharge

Para a análise química e análise superficial (tratamentos térmicos e superficiais metálicos)

**Mais de 40 unidades instaladas.**

**Tecnologia alemã a preços económicos.**

\*Estamos a organizar um seminário  
Para inscrições, favor contactar-nos.

**Importador exclusivo:**



**EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.**

LISBOA    PORTO

Campo Mártires da Pátria, 110

R. de Real, 1210 - A/B - Moreira

Tels. (01) 352 85 41 · 356 04 54 · 352 72 93 · Fax (01) 352 87 52

Tels. (02) 948 69 05 · 948 68 68 · 948 68 47 · Fax (02) 948 61 32

Telem. 0931 80 67 25 · 1150 LISBOA · PORTUGAL

Telem. 0931 53 18 98 · 4470 MAIA · PORTUGAL

**A. EN**

**A1. Camsizer**

A metrologia das partículas por processamento de imagem digital tem oferecido recentemente uma nova alternativa à análise de partículas. Com este método é possível satisfazer um elevado número e variedade de requisitos da metrologia industrial com elevado alcance para um grande intervalo granulométrico (36µm a 16mm). A informação do tamanho das partículas é fiável, feita com rapidez e elevada resolução. É um equipamento robusto, não é susceptível a interferências por forças exteriores, o que significa que possa ser utilizado em laboratórios, áreas de produção ou em aplicação "on-line" permitindo o controlo de um grande volume de matéria.

**APLICAÇÃO:** Dentro dos limites médios de medição o CAMSIZER DA RETSCH está adequado para todos os sólidos não aglomerados, ex.: areias, detergentes em pó, sal, fertilizantes e vidro.

CAMSIZER é uma alternativa especialmente atractiva para análises tipo peneiração, nas seguintes circunstâncias:

- Quando o manuseamento fácil e rápido é difícil de obter (o que acontece com muitas análises minúsculas);

- Quando tiverem que ocorrer várias operações durante uma análise, ex.: controlo de qualidade contínuo;

CAMSIZER traz benefícios económicos (evitam-se desperdícios);

- Quando se pretende uma medição que forneça mais elementos (distintos por número grande variedade de espécies individuais, determinação exacta do tamanho de partículas, análise de forma das mesmas, etc.)

**A2. GRINDOMIX**

Novo moinho para área alimentar e biológica.

O moinho GRINDOMIX - GM200 - é um sistema inovador e profissional para preparação de amostras para análise laboratorial:

- Produtos secos, contendo água e/ou gordura.

- Manuseamento simples rápido e seguro

- Curtos períodos de moagem

- Parâmetros de trabalho reprodutíveis (indicação digital do tempo e velocidade)

- Volume de amostra aprox.: 100ml até 700 ml

- Dimensões 200x370x270mm; peso 7,5 Kg

- Motor industrial - 700 W

**EXEMPLOS DE APLICAÇÃO:**

cereais, vegetais, queijo, salame, carne, peixe, pimentos, batatas, laranjas, produtos enlatados, cogumelos, sopas instantâneas, massas alimentares, pão, alguns produtos congelados tais como ervilhas e cenouras, frutos secos, grão de cacau, etc.

**A3. ICP — Tecnologia CCD**

O modelo **CIRO**s fabricado pela **SPECTRO ANALYTICAL INSTRUMENTS**

- Alemanha, é o mais recente espectrómetro de emissão óptica com fonte de **PLASMA (CCD)** lançado no mercado Mundial.

Da experiência acumulada resulta, por um lado o melhor desempenho por outro a optimização dos custos de produção.

Na qualidade de representantes exclusivos da **SPECTRO ANALYTICAL INSTRUMENTS**, o nosso especialista de produto está à disposição para prestar esclarecimentos relativos a aplicação, serviço e preço.

**F4. Estufas/Incubadoras MMM**

Após o lançamento inicial de estufas com e sem ventilação forçada Venticel/Ecocell e incubadoras (+5 a 70°C). A MMM lançou recentemente 3 novos tipos de estufas.

• **Estufas sem ventilação forçada** - com revestimento interior em Epolon (anti-corrosivo) preparada para trabalhar com a maioria dos reagentes que existam no mercado.

Características: Volume: 55-111-222-404-707 litros; Temperatura: max 125°C; Revestimento interior em Epolon; Prateleira com revestimento em Epolon.

• **Estufa de vácuo** - Características: Volume: 22 litros; Indicador de pressão; Válvula gás/ar ajustáveis; Porta com válvula segurança Ventiflex; Vácuo (max) 10<sup>-3</sup>; Temperatura: +5 a 200°C.

• **Incubadora refrigerada** - Características: Temperatura: 0° a 999°C; Volumes: 55-111-222-404-707 litros; Cartão de acesso e programação da incubadora; Variação: ±0,1°C; 4 programas de trabalho.

**B. KONIK-TECH**

**B1. Novo KONIK HRGC Série 4000 B PEAK POWER**

O Grupo Konik é o único fabricante actual europeu que desenha, fabrica e distribui linhas completas de Cromatografia de Gases e HPLC, exportando actu-

almente para mais de 70 países com oficinas próprias nos Estados Unidos e América Latina. Como fruto dos mais de 25 anos de experiência como fabricantes espanhóis únicos nestas tecnologias, desenvolvemos o **KONIK HRGC 4000 B PEAK POWER**, inigualado tecnologicamente por nenhum outro equipamento da concorrência, com o único objectivo de satisfazer os compromissos analíticos mais exigentes a uns preços acessíveis adequados a qualquer situação. As principais novidades introduzidas no **PEAK POWER** são as seguintes:

1.- Novo forno com controlo de temperaturas PID, programação de até 15 rampas e precisão de temperaturas de 0.1°C visualizado no ecrã (Somos 10 vezes mais reproduzíveis que qualquer outro!).

2.- Novo microprocessador com ecrã retroiluminado gráfico. Permite visualizar todos os parâmetros de um método simultaneamente, assim como o cromatograma de saída e o programa de temperatura.

3.- Novo Injector Capilar Multimodo Universal Livre de purga de septum com EPC. Só com poupança do gás de purga, terão o equipamento amortizado em menos de 3 anos! Eliminamos totalmente a discriminação de compostos voláteis, graças à estanqueidade do injector e eliminação da purga de septum.

4.- Novos detectores FID, ECD, NPD e TCD totalmente redesenhados e digitalizados com EPC. A fantástica sensibilidade dos FID e ECD, avaliada por múltiplos clientes, adicionamos a maior linearidade.

PARA INFORMAÇÕES MAIS DETALHADAS SOBRE OS NOVOS PRODUTOS RECORTE AS FICHAS QUE LHE INTERESSAREM E ENVIE DENTRO DE UM SOBRESCRITO PARA A MORADA RESPECTIVA

**EN** - Equipamentos de Análise e Ensaio, Lda.  
 Campo Mártires da Pátria, 109 - 1150-227 LISBOA  
 Tel. (01) 352 72 93 - Fax (01) 352 85 41  
 Rua de Real, 1210 A/B - 4470 MOREIRA MAIA  
 Tel. (02) 948 68 68 - Fax (02) 948 61 32

Pretendo informações sobre o(s) produto(s):

- A.1
- A.2
- A.3
- A.4

**KONIK-TECH**  
 Rua Prof. Barbosa Sueiro, Ed. M1.2  
 Estúdio 2, Telheiras, 1600 LISBOA

Pretendo informações sobre o(s) produto(s):

- B.1

Nome \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_

Telefone \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

Nome \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_

Telefone \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

# Sodium and Potassium Hydroxide High Purity Pellets

**EKA PELLETS**

**EKA CHEMICALS**

  
**AKZO NOBEL**

Agentes exclusivos:

SOCIEDADE IMBRASEX LDA, Calçada do Carmo, N° 6 – 4° Dto., 1200 LISBOA  
Telefone: 342.06.58/342.48.61 • Telefax: 346.48.50

