

# QUÍMICA

<b>Editorial</b>	<b>2</b>
<b>Cartas ao Editor</b>	<b>3</b>
<b>Noticiário SPQ</b>	<b>4</b>
<b>Livros &amp; Multimédia</b>	<b>16</b>
<b>Atracção Química</b>	<b>17</b>
<b>Olhares Quirais</b>	
Grandeza e decadência de Fritz Haber <i>Arkan Simaan</i>	<b>19</b>
<b>Destaque</b>	
CEMUP – Centro de Materiais da Universidade do Porto <i>Carlos P. Moreira de Sá</i>	<b>27</b>
<b>Entrevista</b>	
Entrevista Prof. Manuel Almeida	<b>31</b>
<b>Química e Ensino</b>	
Documentação e informação em Química <i>Elvira Maria Gaspar</i>	<b>35</b>
Carga Formal <i>Carlos Corrêa</i>	<b>37</b>
<b>Artigos</b>	
Vidros coloridos do II milénio a.C. <i>João M. Peixoto Cabral</i>	<b>39</b>
A reciclagem de plásticos em Portugal <i>João Letras</i>	<b>53</b>
Nanomateriais <i>João Pedro Conde</i>	<b>57</b>
Condutores moleculares <i>Rui Teves Henriques, Manuel Almeida</i>	<b>61</b>
<b>Pais na aprendizagem da Química</b>	
Actividades participadas pelos pais na aprendizagem da Química (PAQ) <i>João Paiva, Maria Filomena Gaspar</i>	<b>73</b>
“Redox em casa” <i>Mónica Meireles, João Paiva</i>	<b>81</b>
<b>Separata</b>	
Pais na Aprendizagem da Química	<b>82a</b>
<b>Folhas de Química</b>	
Aquecer água no microondas <i>M. Filomena Camões</i>	<b>83</b>
<b>Tomar Nota</b>	<b>85</b>

## CEMUP

27

O Centro de Materiais da Universidade do Porto é uma infra-estrutura da Universidade do Porto que opera como um centro de meios tecnológicos comuns de apoio à investigação, na caracterização morfológica, microestrutural e microanalítica de materiais.



## Condutores Moleculares

61

A Química teve e tem um papel de relevo, na procura de novos sistemas que possam testar modelos teóricos ou procurar a modificação molecular para obter uma propriedade desejada – a base química da condutividade electrónica.



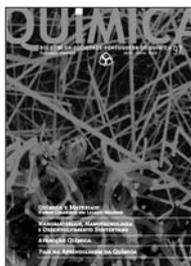
## Pais na Aprendizagem da Química

73

O objectivo comum de pais e professores no ambiente do ensino é a aprendizagem dos alunos. Entre os três intervenientes do processo educativo: os alunos, as suas famílias e os professores, devem existir relações de parceria genuínas, ou seja, uma verdadeira relação produtiva de aprendizagem.



**Boletim da  
SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA**



**Capa:** Montagem a partir de fotos cortesia do LCM – FEUP

**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 97, Abril – Junho 2005

**Redacção e Administração**

Av. da República, 37 – 4.º Fax: 217 952 349  
1050-187 LISBOA E-mail: boletim@fe.up.pt  
Tel.: 217 934 637 www.spq.pt

**Editor**

Joaquim Faria

**Editores-Adjuntos**

Carlos Folhadela Jorge Morgado  
Helder Gomes Marcela Segundo

**Comissão Editorial**

Hugh Burrows (FCT-UC)	João Rocha (UA)
Maria José Calhorda (FC-UL)	M. N. Berberan e Santos
J. Ferreira Gomes (FC-UP)	(IST-UTL)
Ana Lobo (FCT-UNL)	A. Nunes dos Santos
Irene Montenegro (UM)	(FCT-UNL)

**Neste número colaboram:**

Paulo Brito	Luís Alcácer
(Departamento de Tecnologia Química, ESTIG, IPB)	(Departamento de Engenharia Química, IST)
José Santos	Pedro Tavares
(Departamento de Tecnologia Química, ESTIG, IPB)	(Departamento de Química, FCT, UNL)

**Publicidade**

Helder Gomes  
Tel.: 273 303 112  
Fax: 273 313 051  
htgomes@ipb.pt

**Grafismo**

sentido: designers / Nuno Gonçalves

**Execução Gráfica**

FACSIMILE, Tel.: 213 829 792  
Offset e Publicidade Fax: 213 829 794  
Rua Vitor Bastos, 10-A mail@facsimile.pt  
1070 – 285 LISBOA

**Tiragem**

2500 exemplares

**Preço avulso**

12,50  
Assinatura anual – quatro números  
45  
(Continente, Açores e Madeira)  
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 podem ser encontradas nas páginas interiores.

**Publicação subsidiada pela  
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia**  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

Apoio do Programa Operacional Ciência,  
Tecnologia, Inovação do Quadro Comunitário de Apoio III



De acordo com uma definição corrente, a nanotecnologia é o estudo, concepção, criação, síntese, manipulação e aplicação de materiais funcionais, máquinas ou sistemas através do controlo da matéria à escala nanométrica (1-100 nanómetros, em que um nanómetro equivale a  $1 \times 10^{-9}$  do metro), ou seja à escala atómica e molecular, e a exploração de novos fenómenos e novas propriedades da matéria a essa escala.

Notícias recentes (*C&EN May 2, 2005*) colocam-nos perante a questão da entrada das nanotecnologias nos mercados bolsistas. Em 2005 os EUA esperam que pela primeira vez o investimento privado em I&D das nanotecnologias supere os apoios governamentais. Deste lado do Atlântico o mercado ainda não se conseguiu impor e o grande investimento ainda está a cargo das organizações governamentais europeias, com algumas firmas a explorarem de maneira incipiente pequenos nichos de mercado.

Mas a economia, a investigação e o desenvolvimento tecnológico não são os únicos sectores sensíveis a esta novidade, quase moda. Por todo o lado multiplicam-se os sinais de intromissão da nanotecnologia no nosso dia-a-dia. Os benefícios e perigos desta nova faceta da modernidade são apregoados nos meios de comunicação, sempre de forma mais sensacional que racional. A intersecção das nanotecnologias com domínios de forte impacto nas populações (qualidade do meio ambiente e saúde) deveria fazer-nos reflectir sobre a verdadeira importância da tecnologia no desenvolvimento das nações, sobretudo no caso dos países sub-desenvolvidos, ou em vias de desenvolvimento.

A pressão económica e as oportunidades do mercado não podem constituir

as únicas motivações para o florescimento das nanotecnologias. A qualidade do meio ambiente, a saúde pública e as questões sociais devem pesar tanto ou mais no balanço final. O negócio das nanotecnologias necessita de se ajustar, mas porventura estaremos perto da altura em que o investimento governamental deverá procurar abrir vias de intervenção que complementem os interesses de mercado já inequivocamente estabelecidos. Mais de 40% do investimento dos últimos anos foi para empresas no domínio da electrónica que incorporaram diferentes nanotecnologias. Actualmente o número de pequenas empresas em arranque (*start-up*) ligadas às nanotecnologias é cerca de 12.000, metade delas nos EUA. A grande maioria é financiada por apoios governamentais. Na realidade, o investimento privado tem crescido sobretudo ao nível das aplicações consolidadas, enquanto a aposta em novas ideias e aplicações diminuiu quase 50% entre 2002 e 2004.

Esta falta de arrojo é quase irónica se pensarmos que por todo o mundo se celebram 100 anos sobre o legado Einsteiniano; três ideias revolucionárias (efeito fotoeléctrico, relatividade restrita e movimento browniano), descritas nos cinco artigos de 1905. Para assinalar a efeméride o QUÍMICA contribui com um olhar sobre a vida de um dos contemporâneos de A. Einstein, o polémico Prémio Nobel Fritz Haber (1868-1934). Contudo, este número está centrado nos materiais como suporte de desenvolvimento. Os nanomateriais e as nanotecnologias estão inevitavelmente presentes... mas sobretudo contam as ideias.

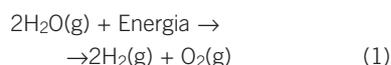
Boa leitura.

Joaquim Faria  
boletim@fe.up.pt  
www.spq.pt

## Água como Combustível

Num artigo “Máquina com água como combustível: alerta para erros de informação” [1] escrevi, a meio de um texto, o seguinte:

“... atrelava-se ao automóvel um reboque (o “gasogénio”) que continha uma caldeira geradora de vapor de água que logo passava pelo carvão a arder. Tal causava a dissociação térmica da água, digamos,



e esta mistura de hidrogénio e oxigénio (tendo também produtos resultantes da oxidação incompleta do carvão, formando tudo o “gás pobre”) explodia nos cilindros ...”

Dado o contexto destas afirmações no artigo, e dado o seu objectivo (esclarecer alunos do ensino básico e secundário para a problemática de “água como combustível”), não aprofundei aquele assunto. Procurei mesmo apresentá-lo de uma forma simples para que pudessem entender as suas linhas básicas. Procurei ter o cuidado de tal mostrar, e.g., intercalei “ ..., digamos, ... e disse “(tendo também produtos resultantes da oxidação incompleta do carvão, formando tudo o “gás pobre”)”, precisamente para mostrar que o processo é bem mais complexo.

Também não entrei na complexidade das reacções químicas que se passam na produção do referido gás pobre, também designado por gás de água ou gás semi-rico, consoante a composição, como adiante se refere. O objectivo seria mostrar que a água é simplesmente o veículo que transporta a energia do carvão a arder para os cilindros do automóvel, e aí ser produzida energia motriz. Pareceu-me que tal ideia podia ser transmitida pelo conceito de decomposição da água nos seus elementos e recomposição com libertação dessa energia. Talvez os alunos já tivessem ouvido falar das pilhas de combustível de hidrogénio. Talvez, também por simplicidade, lhes tivessem dito, como diz [2],

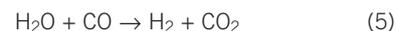
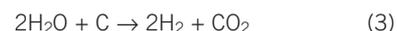
que tal se poderia entender imaginando a electrólise da água, para o que se gasta electricidade, energia essa a ser “recuperada” na pilha de combustível por recombinação do  $\text{O}_2$  com o  $\text{H}_2$  dando  $\text{H}_2\text{O}$ . Daí eu só ter falado de decomposição térmica da água por acção do calor. É o que realmente acontece quando a água entra em contacto com, e.g., superfícies metálicas muito quentes, como no caso das caldeiras. Nestas pode haver uma precipitação do calcário nas suas paredes internas, por deficiência do tratamento da água. Quando este depois estala, a água, a pouco mais de  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , entra repentinamente em contacto com uma chapa a centenas de graus Celsius. Então ela decompõe-se em  $\text{O}_2$  e  $\text{H}_2$ , o que pode posteriormente dar origem a uma explosão. No início do século XX houve imensas dessas explosões que, só nos E.U.A., causaram dezenas de mortes.

Um livro do 8.º ano relata a dissociação térmica da água verificada num vulcão na ilha Krakatoa (Indonésia) e subsequente recombinação, originando uma gigantesca explosão “... muito superior à de qualquer bomba atómica ...” ouvida a mais de  $5000\text{ km}$  de distância. Esse livro ensina bem como, por acção do calor, a água se decompõe em hidrogénio e oxigénio.

Ora, no caso da produção do gás pobre a água passa, não por cima de uma chapa de ferro, mas por cima de carvão. Claro que vamos ter produção de compostos de carbono com o oxigénio e com o hidrogénio. Um desses é o monóxido de carbono,  $\text{CO}$ .

Assim, não é rigoroso dizer-se que o gás que resulta da passagem do vapor de água sobre o carvão é constituído só por  $\text{H}_2$  e  $\text{O}_2$ . A edição de 1952 da Britannica Encyclopedia [3] tem um extenso artigo sobre este gás e dá percentagens dos diferentes gases que o compõem, consoante as condições técnicas da sua produção: maior ou menor fluxo de vapor (daí menor ou maior temperatura da interface carvão-água), etc. Aí se pode ver que, embora também havendo moléculas de  $\text{O}_2$ , há certamente uma

muito maior percentagem de  $\text{CO}$  do que de  $\text{O}_2$ . Assim, seria mais correcto substituir a eq. (1) pelas seguintes [3]



Acima dos  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  as reacções (2) e (4) predominam, enquanto abaixo dos  $700\text{ }^\circ\text{C}$  predominam (3) e (5). Por isso, para se obter gás energeticamente preferível, a temperatura deve estar acima de  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Ainda há muitas outras reacções produzindo diversos compostos orgânicos incluindo benzeno [3].

No entanto, talvez agora os alunos do Ensino Secundário tivessem mais dificuldade em entender como é que uma mistura de  $\text{H}_2$  e  $\text{CO}$  poderia explodir e fazer andar o veículo.

Estou contudo em crer que os objectivos daquele artigo seriam igualmente atingidos tal como escrevi, sem necessariamente entrar na complexidade dos mecanismos das reacções envolvidas (e.g., pressupor-se que o  $\text{O}_2$  formado reage subsequentemente com o  $\text{C}$  para dar  $\text{CO}$ ). É evidente que esta opinião poderá não ser partilhada por colegas meus.

Victor M.M. Lobo

Departamento de Química, Universidade de Coimbra, 3004-535 Coimbra  
(vlobo@ci.uc.pt)

## Referências

- 1 Victor M.M. Lobo (Máquina de água como combustível: alerta para erros de informação) Química 92 (n.º 1) 39-41 (2004).
- 2 Sebastião J. Formosinho, Victor M.S. Gil, José J.C. Teixeira Dias, A. Correia Cardoso, “Química para ti – 8.º ano”, Livraria Minerva, Coimbra (1987).
- 3 Encyclopaedia Britannica, London, 1953 Edition, Vol. 9, p. 898 (water gas). É curioso que a edição de 1973, e subsequentes, já nada dizem sobre este assunto. Realmente, o gás pobre deixou de ter qualquer interesse comercial, pouco tempo após a guerra. Por isso, também é difícil encontrar bibliografia científica sobre o tema, e nem sequer era esse o objectivo do artigo ou deste esclareci-

mento. Note-se também que a Enciclopédia Verbo (Vol. 9, 1969), normalmente com bons artigos sobre química, dada a categoria científica dos colaboradores desta área, só tem uma entrada em “Gasogénio”, remetendo para “Gás de água” e aí um pequeno artigo onde cita só a reacção (2). Também a Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, John Wiley, New York, Vol. 11, p. 410, pouco diz de interesse para a discussão em causa.

### Cartas ao Editor

Cartas ao editor discutindo material publicado em números recentes do *Química*, ou de interesse genérico em química nas suas várias vertentes, podem ser submetidas por correio electrónico ou convencional (ao editor, Departamento de Engenharia

Química – FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto). A recepção das cartas não é acusada, nem os autores consultados para a sua publicação, podendo ser editadas para publicação em parte, ou no todo, de acordo com as disponibilidades de espaço.

## Noticiário SPQ

### Olimpíadas de Química Júnior 2005

Na manhã do dia 9 de Abril de 2005, Sábado, os campus universitários do país animaram-se com a chegada de centenas de jovens, alunos dos 8.º e 9.º anos de escolaridade, que chegavam com os seus professores para participar nas “Olimpíadas de Química Júnior”. Durante todo o dia, dezenas de docentes – e alunos – dos Departamentos de Química acolheram estes jovens competidores numa grande organização concertada de divulgação da Química e dos Departamentos de Química das universidades portuguesas.

No total, 736 alunos, oriundos de 114 Escolas Básicas, estiveram em Laboratórios de Química a realizar pequenas tarefas de Química, em 11 instituições universitárias. Uma colaboração SPQ – Departamentos de Química – Escolas / / Professores que funcionou e da qual todos nos podemos orgulhar.

O sucesso da iniciativa mede-se, para já, pela satisfação dos muitos que a organizaram e daqueles a quem ela se dirigia: os nossos futuros químicos. E essa satisfação está bem evidenciada nos relatos que se seguem, elaborados pelos responsáveis da organização em cada instituição: por exemplo, quando os organizadores descrevem a sensação da equipa no fim de tudo – “Valeu a pena!” – ou quando nos referem as pré-inscri-

ções para as “Júnior 2006”, efectuadas por alunos já ansiosos por voltar (e talvez temerosos de que a oportunidade lhes fuja!).

Mas o conjunto de relatos que se segue é mais do que um exercício de auto-elogio. É uma forma de registar os acontecimentos, reunir ideias e partilhar experiências. E contribuir para criar um modelo, o modelo “Olimpíadas de Química Júnior”, que, tanto quanto sei, é único no país, quer a nível de organização, quer a nível das actividades “em laboratório” características de uma ciência experimental.

Em cada um destes relatos, os autores tentam salientar o que correu melhor, o que foi mais apreciado pelos alunos, o que resultou bem. As experiências assim partilhadas permitirão que a próxima edição seja ainda melhor em todos os locais. Boas ideias que podem ser adoptadas? Muitas! Os bonés coloridos da UA e as *T-shirts* coloridas da UTAD para distinguir as equipas, resultaram muito bem; a colaboração com centros de ciência e museus locais, que na UA permitiu acolher um número muito elevado de alunos, e foi também aproveitada na UAlg e na UBI para actividades



Abertura das Olimpíadas de Química Júnior na UA. A presença do presidente do Departamento de Química e de representantes da Reitoria foi uma regra em todas as instituições, atestando a importância dada ao evento.

complementares; o envolvimento dos núcleos de estudantes na UC e na UA; as parcerias conseguidas na UP com as Editoras, na UC com uma entidade bancária, na UE com empresas; ...

E há também que não esquecer o que não correu tão bem, pois só assim se poderá corrigir nas próximas edições. Ficam aqui registados dois exemplos de *coisas a corrigir*. O primeiro é o mais complexo e tem a ver com a participação das escolas. O número de participantes efectivos foi elevado (736), mas ficou bem abaixo dos 920 alunos inicialmente inscritos. Alguns destes alunos não puderam participar, porque houve necessidade de limitar o número de equipas por escola. Mas houve também problemas de coordenação e comunicação entre instituições organizadoras que levaram algumas escolas a desistir de participar. E houve professores que cancelaram a sua participação quando se aperceberam que as provas iam decorrer ao Sábado... e houve escolas que simplesmente não compareceram, sem qualquer explicação. São situações que merecem reflexão, por parte da SPQ e dos organizadores locais, mas também por parte das escolas e dos professores. Se aos primeiros compete garantir uma organização eficiente, aos segundos pede-se que respeitem o trabalho desenvolvido e não defraudem as expectativas dos seus alunos.

O segundo exemplo (de *coisas a corrigir*) tem justamente a ver com as mais de duas centenas de professores que acompanharam os seus alunos nas "Olimpíadas de Química Júnior". Sendo absolutamente fundamentais à realização das "Júnior" – imaginem como seria realizá-las sem eles e percebem o que quero dizer – a verdade é que acabam por receber muito pouca atenção. Se isso até nem surpreende, pois toda a atenção está focada nos seus alunos, também é verdade que pode originar uma sensação de marginalização. O problema não é fácil de resolver, pois não é possível envolver os professores nas actividades competitivas. No entanto, deve ser possível encontrar uma solução que permita tornar-lhes a visita às

universidades mais agradável. Mais um desafio para a Edição de 2006!

O Coordenador das Olimpíadas  
de Química da SPQ  
Paulo Ribeiro Claro

## Universidade do Algarve

LOCAL DA PROVA: Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Gambelas.

Na primeira edição das Olimpíadas da Química Júnior (OQJ), realizadas a nível nacional, participaram seis Escolas Básicas da região do Algarve e Baixo Alentejo. Tendo sido inscritas pelas respectivas escolas, um total de 26 equipas das quais no dia 9 de Abril se apresentaram para as provas 24. Inicialmente o número de inscrições de escolas e alunos era superior, mais 11 equipas, que posteriormente acabaram por desistir da sua participação, devido ao facto das OQJ se realizarem a um sábado.

No dia da prova, o programa que se apresenta de seguida, foi apenas possível de realizar com a ajuda empenhada de docentes, funcionários e alunos das licenciaturas em Química e Física e Química do nosso Departamento.

9:00-10:00 h

Recepção informal

Átrio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (Edifício C2)

9:45 h

Abertura oficial das Olimpíadas 2005

10:00-12:30 h

Provas

Laboratórios do Departamento de Química e Bioquímica e sala de computadores.

Jogos e Pintura

Ciência Viva – Campus de Gambelas

Nota: As equipas dividiram-se em dois grupos de equipas, estando metade no Ciência Viva e as restantes nas provas.

13:00-14:00 h

Almoço

Cantina da Universidade do Algarve no Campus da Penha

14:30 h

Divulgação de resultados e distribuição dos prémios

Anfiteatro Azul (Edifício C1)

No final todas as equipas obiveram pontuações superiores a 50%, ficando as equipas classificadas em 2.º e 3.º lugar com o mesmo resultado final, tendo sido necessário proceder ao desempate pelo tempo gasto na realização das provas respectivas.

Classificação Final

MEDALHA DE OURO: Marisa Silva, Rúben Costa, João Pedro Martins (EB23 de Júdice Fialho – Portimão);

MEDALHA DE PRATA: Miguel Ângelo R. Inácio, Jonas Dário Schulz, José Carlos G. Rocha (EB23 Damião de Odemira);

MEDALHA DE BRONZE: Marta Alexandra J. Ramos, Luísa Miguel Guerreiro, Alexandra Cristina Silva (EB23 Damião de Odemira);

As escolas enviaram alguns comentários que gostaríamos também de incluir, neste breve resumo do que foram as OQJ na nossa Universidade:

### Escola Básica dos 2.º e 3.º Ciclos de Júdice Fialho, Portimão.

"No rescaldo das Olimpíadas da Química Júnior, é importante fazer uma retrospectiva e deixar registada a nossa opinião sobre a forma como as mesmas decorreram. Consideramos que a iniciativa é de louvar e de grande interesse e que irá fomentar o interesse dos alunos pela Química. Como tal, pensamos que se deverá repetir. Não podemos deixar de agradecer a forma como fomos tratados ao longo de todo o processo, obtendo sempre resposta, com prontidão, às nossas dúvidas e sendo recebidos de forma calorosa no dia da prova. Contudo, gostaríamos de lançar algumas sugestões, que pensamos, poderão tornar a participação nas provas ainda mais interessante:

- Deveria haver uma final a nível nacional, com as equipas que ficaram em primeiro lugar a nível regional;

- Uma vez que a grande maioria dos alunos já visitaram centros de Ciência Viva (Faro, Lisboa, etc.) em visitas de estudo organizadas pelos grupos de Ciências Físico-Químicas das suas escolas, as actividades para os alunos que já fizeram as provas ou se encontram à espera das fazer poderiam ser mais enriquecedoras se fossem, por exemplo, experiências nos próprios laboratórios da Universidade, com alunos universitários;
- O regulamento deveria especificar que as equipas devem ser mistas (alunos de 8.º e 9.º ano);
- Deviam existir actividades para os professores acompanhantes, que ficam sem nada para fazer enquanto os seus alunos estão nas provas.”

(Professoras Ana Carolina Sousa e Ana Cristina Mariano)

#### **Escola José Neves Júnior, Faro.**

“Em primeiro lugar quero felicitar toda a organização que esteve por detrás deste evento, foi muito bem organizado e delimitado. Iniciativas destas são de louvar, pois habitualmente só as há nos grandes centros, ficando as cidades periféricas à margem, logo, bastante desfavorecidas. Os alunos gostaram imenso das provas teóricas e de laboratório e querem voltar a participar para o ano: já se pré-pré-inscreveram!

Querida apenas fazer uma pequena sugestão: o dia da semana em que foi realizada esta iniciativa (Sábado) talvez não tenha sido o mais correcto, porque nestas idades os alunos têm sempre imensas actividades extra-curriculares a serem desenvolvidas ao Sábado. Eu sei, tinha que ser num dia em que não houvesse aulas por uma questão de utilização de instalações e recursos humanos, mas não seria possível realizar as Olimpíadas em Maio, durante a Semana Académica? Foi só uma sugestão.

Volto a felicitar-vos e até à próxima!”  
(Professora Fernanda Duarte)

Ana Rosa Garcia  
(Coordenador Local na UAlg)

#### **Universidade de Aveiro**

Em 2004, o Departamento de Química da Universidade de Aveiro realizou uma edição experimental das “Olimpíadas de Química Júnior”, a nível regional, com muita vontade mas poucas certezas. Os docentes do DQ puseram à prova a sua imaginação para construir as tais “questões em laboratório”, os professores das escolas concorrentes vieram a Aveiro ajudar a construir o programa de actividades, e os alunos foram participantes exemplares. E foi esta experiência bem sucedida que serviu de base à edição nacional de 2005.

Para a edição de 2005, partimos com uma ambição bem definida: conseguir aumentar significativamente o número de alunos participantes e, simultaneamente, melhorar a qualidade do programa. Para isso nos empurrava não só a experiência já adquirida e a nossa vontade de fazer sempre mais e melhor, mas também a própria Reitoria da Universidade de Aveiro, que viu nas “Olimpíadas de Química Júnior” uma iniciativa a apoiar e lançou ao Departamento o desafio de ampliar a capacidade de acolhimento, de modo a que nenhuma inscrição tivesse de ser recusada. Um objectivo demasiado ambicioso, mas que se mantém no horizonte...

O primeiro passo foi dado através de um protocolo de colaboração com a “Fábrica de Ciência Viva”, um centro Ciência Viva da Universidade de Aveiro, instalado nos edifícios de uma antiga fábrica aveirense. A ideia de colaborar na organização das “Olimpíadas de Química Júnior” em parceria com o Departamento de Química foi acolhida de forma entusiástica pelo Director da “Fábrica”, Prof. Paulo Trincão. Entre outras tarefas, a “Fábrica” ficou responsável pela imagem e divulgação do evento e pela organização de duas sessões para os alunos: “a cozinha é um laboratório”, uma actividade de *mãos na massa* de 30 minutos com avaliação final, e “5000 metros debaixo do mar”, um filme 3D de pura diversão (isto é, sem avaliação).

No Departamento de Química foram organizadas também duas sessões de actividades: a prova de “questões em laboratório”, com cerca de 20 questões “práticas” (o núcleo comum a todas as universidades) e a sessão de “Química em acção”: demonstrações em anfiteatro, seguidas de mais algumas perguntas para avaliação...

Para *tomar conta* dos alunos durante as pausas – os tempos de espera não ocupados foram um problema detectado em 2004 – foram contactados os alunos do NEQUA (Núcleo de Estudantes de Química da UA) que responderam afirmativamente e se mobilizaram para organizar diversas actividades ao ar livre, de acordo com as pausas de cada equipa.

No dia 9 de Abril, as 64 equipas participantes (num total de 192 alunos, representantes de 24 escolas) começaram a chegar ao campus da UA antes das 9h00. À entrada para o auditório da Reitoria, os alunos receberam um saco com brindes da UA, o folheto da SPQ “Química – um elemento vital no teu futuro” e um boné de cor.

A ideia dos bonés coloridos, da responsabilidade da equipa da “Fábrica”, foi um dos detalhes apreciados pelos participantes. O programa de actividades previa a divisão das 60 equipas participantes em 6 grupos de 10 e essa divisão foi feita pela cor do boné. Assim, em vez dos grupos 1, 2, 3... ou A, B, C,... tivemos os grupos Branco, Amarelo, Laranja, Vermelho, Verde e Azul, facilmente identificáveis à distância!

Depois da sessão de abertura, onde estiveram presentes o presidente do DQ, Prof. Artur Silva, e a Sra. Vice-reitora da UA, Prof. Isabel Martins, os grupos seguiram os seus guias (pela cor do boné) para as primeiras actividades, com início previsto às 10h30. Até às 15h00 os grupos foram rodando pelos locais das sessões, de acordo com o plano traçado. A fim de evitar o congestionamento da cantina, os grupos tiveram diferentes horas de almoço, uns logo a partir das 12h00, outros só depois das 13h30.

Para estes últimos, a “Fábrica” preparou um *mata-bicho* a meio da manhã.

Foi difícil saber qual a actividade preferida pelos alunos. Uns gostaram de saber que a cozinha é um laboratório, outros gostaram das demonstrações do *cientista bem disposto*, outros ainda gostaram mesmo foi de passar pelos laboratórios e “mexer naqueles aparelhos com que trabalham os cientistas”... Em todas as pausas, os concorrentes puderam apreciar as actividades preparadas pelo NEQUA. Pelo meio, vários participantes foram entrevistados pelos repórteres do programa 3810-UA (canal 2:), que fizeram uma reportagem bastante completa. Um dia cheio!

Às 16h00 demos início à cerimónia de entrega de prémios. Como as respostas das equipas foram sendo corrigidas ao longo do dia, foi fácil cumprir o horário previsto. No final, a boa disposição prevaleceu (mesmo entre os classificados em 4.º lugar!). Depois dos aplausos aos vencedores e a todos os participantes, o lanche de Encerramento fechou o dia em convívio. E, pelo tom das últimas conversas, os participantes levaram para casa a vontade de voltarem.

Equipas vencedoras da Edição de 2005 na Universidade de Aveiro:

MEDALHA DE OURO: Mafalda Santos, Beatriz Ferreira, Mariana Santos (ES José Estevão – Aveiro)

MEDALHA DE PRATA: Daniela Rodrigues, Cristiano Azevedo, Timo Ten Brinke (Escola Evaristo Nogueira – S. Romão)

MEDALHA DE BRONZE: Susana Pina, Manuel Cruz, Tania Santos (Colégio de Albergaria)

Brian Goodfellow  
Helena Carapuça  
José Alberto Costa  
Paulo Ribeiro Claro  
(Coordenadores Locais na UA)

### Universidade da Beira Interior

As Olimpíadas de Química Júnior na Universidade da Beira Interior contaram com presença de 47 alunos provenien-

tes de 4 Escolas dos distritos de Castelo Branco e Guarda, nomeadamente: Escola Quinta das Palmeiras – Covilhã, Escola do Santa Clara – Guarda, Escola Básica 2.º e 3.º Ciclos, Serra da Gardunha – Fundão e Escola Secundária/3 Gonçalo Anes Bandarra – Trancoso, e 9 professores acompanhantes. Estiveram também presentes alunos finalistas das Licenciaturas do Ensino da Física e Química, de Química Industrial e de Bioquímica que guiaram as equipas concorrentes no decorrer das provas.

O programa das Olimpíadas iniciou-se às 10h com a sessão de abertura no Anfiteatro Professor Pinto Peixoto onde tomaram a palavra o Presidente do Departamento de Química, Doutor António Mendonça, e a Doutora Lurdes Ciriaco. Às 10.30h teve início o concurso tipo TV com a duração de 30 min com a prestação de todas as equipas. Às 11.15 min iniciou-se a prova de observação em bancada sendo realizada pelas várias equipas desfasadamente. Às 13h foi servido o almoço pelos serviços sociais da UBI, na Cantina de Santo António, para todos os participantes. Às 14.30h realizou-se uma visita ao Museu dos Lanifícios da UBI. Neste espaço de tempo foram corrigidas as provas e apresentada a classificação de cada equipa e fez-se a entrega dos diplomas de participação aos alunos e certificados de presença aos professores, assim como de lembranças oferecidas pelo Gabinete de Relações Públicas da UBI. Às 16h procedeu-se à entrega das medalhas enviadas pela SPQ e de prémios oferecidos pela UBI às equipas vencedoras. O 1.º e 3.º prémios foram ganhos pela Escola Quinta das Palmeiras – Covilhã sendo os membros das equipas, 1.º prémio: Ana Carolina Cardoso A. dos Santos; Tiago André Pereira Marques e Lisa Raquel dos Santos Pinheiro; e 3.º prémio: Ana Raquel Duarte Mouro; Joana Isabel Vaz e Ana Raquel Mendes da Paula Nunes. O 2.º prémio foi ganho por uma das equipas da Escola de Santa Clara – Guarda constituída pelos alunos: Ana Carolina Gonçalves de A. Xavier; Joana Romano de Carvalho e Lara Sofia Gonçalves Monteiro. Encer-

rou-se as olimpíadas com o lanche convívio no bar da UBI às 16.30h.

Lurdes Ciriaco  
(Coordenador Local na UBI)

### Universidade de Coimbra

Decorreram, no passado dia 9 de Abril, tal como na restante maioria dos diferentes Departamentos de Química do país, as primeiras Olimpíadas de Química Júnior (OQJr). Como geralmente acontece com as novidades, existia entre todos os organizadores e participantes uma enorme expectativa sobre como iria decorrer o dia.

E foi assim que, ao átrio do Departamento de Química, começaram a chegar os “atletas” e os seus “treinadores”. Uns madrugaram; pelas 8:15 já se via, nas imediações, animação e movimentação de alunos que vinham disputar a prova. A pouco e pouco todos foram chegando e o convívio inicial da recepção, marcado pelo reencontro com algumas caras conhecidas de antigos alunos, agora professores, foi ajudando à gradual descontração entre participantes. Após a sessão de boas-vindas iniciou-se a prova com os concorrentes – duas escolas desistiram na véspera (!!) fazendo baixar o número de 60 para 48 alunos – a darem o seu melhor. A prova dividiu-se em quatro partes (todas de igual peso na classificação final): três partes práticas (com 17 diferentes actividades) que decorreram em três laboratórios distintos e uma quarta escrita com temporização e perguntas, com respostas de escolha múltipla, projectadas em “Data Show”. Foi realmente muito estimulante observar o entusiasmo com que os alunos efectuaram a prova. Alguns comentários que registámos, ajudam a ilustrar o ambiente vivido nas provas:

“pouco temos feito em laboratório e é uma pena pois é muito giro!”

Um aluno acidentado efectuou a prova de canadianas; durante as provas foi por diversas vezes questionado sobre se queria sentar-se e descansar um pouco, ao que sempre, cheio de deter-

minação e entusiasmo, respondeu: “não é preciso, eu estou bem!”.

Mas de particular relevo foi o facto de, talvez por ser novidade, nenhuma escola da cidade de Coimbra ter aderido à iniciativa. No entanto, munidos de um extremo entusiasmo e quiçá maior motivação que os seus próprios professores, três alunos de escolas de Coimbra e arredores, reuniram-se numa equipa que designámos de “Escolas Unidas de Coimbra”, vieram concorrer e ... ficaram em 2.º lugar! Uns verdadeiros heróis!

Mas o dia não acabou com a prova. Após um merecido almoço, foi tempo de mais actividades...mas não para classificação! Assim tivemos a Dra. Maria João Melo, coadjuvada pelas Dras. Ana e Micaela, do Departamento de Conservação e Restauro da UNL, a proferir uma muito breve palestra ao que se seguiu uma actividade “hands-on” onde todos, alunos e professores, puderam contactar com os métodos, cores, corantes, etc., com que os nossos antepassados pintavam e, efectuem eles próprios as suas pinturas com esses materiais. Diferentes vermelhos, azuis e amarelos foram cores que não faltaram! Quando finalmente se cansaram de pintar – o que de facto não aconteceu – foi tempo da visita ao Exploratório de Coimbra.

E finalmente os grandes vencedores do dia, que foram todos! Não só pelo que atrás ficou dito, mas porque todos obtiveram classificações superiores a 60%. Mas glória aos vencedores:

**MEDALHA DE OURO:** Daniel Siopa, Diogo Paulino, Monique Gomes (EB23 de São Martinho do Porto)

**MEDALHA DE PRATA:** Henrique Baptista, Hugo Neves, João Carvalho, das “Escolas Unidas de Coimbra”

**MEDALHA DE BRONZE:** Maria João Soares, Sofia Ermida, Vânia Silva (EB23 Nery Capucho – Marinha Grande)

Todos eles galardoados numa cerimónia cheia de entusiasmo e vivacidade, cuja entrega de medalhas foi efectuada pelos Prof. Doutores Hugh Burrows, Sebastião

Formosinho e Fernando Pina. Este último, secretário-geral da SPQ, honrou-nos com a sua presença durante grande parte do dia. Aos vencedores e aos seus professores os nossos sinceros parabéns! Ser vencedor das 1.ªs OQJr terá sempre um lugar muito especial na história destes “Jogos” que se quer vivam por muitos e bons anos!

Na hora do adeus este foi substituído por um “até para o ano”. Enfim, podemos dizer que entre todos (organização e participantes) ficou a sensação de que “valeu mesmo a pena fazer as OQJr!”.

Por último, mas não menos importante, gostaria de prestar um especial agradecimento às entidades patrocinadoras. À Reitoria da Universidade de Coimbra, na pessoa do Magnífico Reitor Prof. Doutor Seabra Santos, sem me esquecer do Dr. Rafael Agostinho (do Gabinete de Comunicação e Identidade da UC) com quem fui acertando agulhas ao longo dos últimos dois meses; à direcção da FCTUC, na pessoa do Prof. Doutor Lélío Quaresma Lobo, que através do protocolo com o BPI tornou possível efectuar as Olimpíadas com muito melhores condições e impacto; ao banco BPI (aqui na pessoa da Dra. Idalina Basílio sempre sensível a mais um ou outro pedido) pelo generoso patrocínio; ao Departamento de Química da FCTUC, nas pessoas do Prof. Doutor Sebastião Formosinho (que passou o dia inteiro a conviver com todos) e da Dra. Teresa Pinho e Melo, por todo o suporte (logístico e financeiro) à organização do evento; à SPQ que em boa altura resolveu lançar este desafio e cujo impacto será certamente real e visível em pouco tempo. Pode parecer estranho o agradecimento a estas duas últimas instituições, às quais pertencem; no entanto, foram a SPQ e o Departamento de Química da FCTUC, as reais entidades geradoras destas Olimpíadas. E como por detrás do que se vê, há sempre muitos mais a tornar possível as coisas, aqui ficam os nomes de todos aqueles que tiveram participação directa nestas OQJr em Coimbra (sem qualquer ordem alfa-

bética ou hierárquica porque todos, à sua maneira, foram importantes):

Maria João Moreno, Jorge Costa Pereira, Catarina Ralha, Artur Valente, Sérgio Rodrigues, Ana Lúcia Cardoso, Telma Costa, Ana Lapinha, João Pina, Susana Takato, Raquel Rondão, Carla Gonçalves, e aos elementos do NEQ: Gabriel, Bruno, Salomé, Ricardo e Tânia.

A todos o meu muito obrigado! A Festa foi de todos!

João Sérgio Seixas de Melo  
(Coordenador Local na UC)

## Universidade de Évora

Decorreram no passado dia 9 de Abril as Olimpíadas da Química Júnior, desta vez a nível regional. Na Universidade de Évora a organização esteve a cargo de uma equipa de docentes do Departamento de Química: António Manuel Neto Vaz (coordenador), António Candeias, António do Canto, Henrique Vicente, Isabel Cansado, José Maria dos Santos Arreiro, Margarida Figueiredo, Maria do Rosário Freixo e Maria Elmina Lopes.

Participaram seis das nove equipas inicialmente inscritas, vindas de três escolas da Região: Escola EB 2,3/S S. Sebastião de Mértola – 2 equipas (6 alunos); Escola EB 2,3 Dr. António Francisco Colaço de Castro Verde – 3 equipas (9 alunos) e Escola Secundária Mouzinho da Silveira de Portalegre – 1 equipa (3 alunos). No Programa estiveram incluídas, para além das provas propriamente ditas que decorreram da parte da manhã, após a recepção das equipas e a sessão de abertura, uma visita guiada ao Centro histórico da Cidade e uma visita aos laboratórios de Química.

A Universidade de Évora apoiou a organização através da oferta do almoço, do lanche e de pequenas lembranças para todos os participantes. Tivemos ainda a colaboração da Câmara Municipal de Évora através da oferta da visita guiada e de livros sobre a cidade. As empresas Delta Cafés e José Manuel Gomes dos Santos colaboraram através da oferta de pequenas lembranças tais como cami-

solas, bonés, canetas, sacos e tabelas periódicas que todos receberam com agrado.

A sessão de divulgação dos resultados e entrega de prémios decorreu de forma muito animada tendo ficado classificadas nos três primeiros lugares as seguintes equipas:

**MEDALHA DE OURO:** Diana Correia, João Barradas e Ana Candeias (ES Mouzinho da Silveira – Portalegre)

**MEDALHA DE PRATA:** Ana Mestre, António Sampaio e Vítor Costa (EB23/S S. Sebastião – Mértola)

**MEDALHA DE BRONZE:** Isabel Celestino, Luís Martins e Catarina Guita (EB23/S S. Sebastião – Mértola)

De realçar o facto da equipa classificada em 3.º lugar ser constituída por alunos do 8.º ano de escolaridade.

Margarida Figueiredo  
(Coordenador Local na UE)

## Universidade de Lisboa

Terminadas as provas das Olimpíadas de Química Júnior decorridas no Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em cada uma das pessoas que mais estiveram envolvidas sobressaiu, de imediato, um único sentimento “Valeu a pena!”.

No evento participaram alunos e professores de 5 Escolas: Escola Básica 2,3 de Ribamar (Lourinhã), o Instituto de Odivelas e a Escola Octávio Duarte Ferreira (Tramagal), todas com uma equipa, a Escola Secundária Miguel Torga (Massamá), com duas equipas, e a Escola Secundária de Coruche, com seis equipas. A Escola Dr. João das Regras (Lourinhã), com 1 equipa e a Escola E,B 2,3 de Alverca, com 5 equipas, cancelaram a sua participação, esta última apenas 2 dias antes.

Os participantes começaram a chegar ao *campus* da FCUL bem cedo, e, de acordo com o programa, a partir das 9 horas da manhã foram recebidos com um pequeno almoço, gentilmente ofere-

cido pela Comissão Executiva do DQB, que também ofereceu o almoço e o lanche.

Pelas 10 horas teve lugar, num dos anfiteatros do edifício C8, a Abertura Oficial das Olimpíadas Júnior, uma cerimónia presidida pelo Presidente do Conselho Científico e Directivo da FCUL, por um representante da Presidente do DQB e pelos Coordenadores das Olimpíadas de Química Júnior no DQB-FCUL.



Alunos em prova na UM.

Foram enunciadas as regras: 30 perguntas, em cada uma delas apenas uma opção certa. Classificação de 1 ponto para resposta certa; 0 pontos para nenhuma resposta e desconto de 0,5 ponto para resposta errada. O tempo total de realização seria critério de desempate.

Seguiu-se um período de 2 horas e 30 minutos destinado à realização das Provas das Olimpíadas, em que os participantes foram chamados a responder a um conjunto de 30 questões, algumas de carácter teórico, respondidas numa sala de aula, e outras de carácter mais experimental (observações experimentais, medições, etc.) montadas e dupli-

cadas em 2 laboratórios. Cada uma das 11 equipas tinha um delegado da FCUL, recrutado entre alunos e docentes, responsável por acompanhar a prestação dessa equipa, pela sua deslocação entre a sala e o laboratório, cronometrando o respectivo tempo de realização.

E ... chegámos ao período de almoço (bem merecido!).

Enquanto eram corrigidas as provas por um júri de 5 docentes do DQB, decorreu, num laboratório, um interessante conjunto de experiências, preparado por alguns docentes do DQB, que, visivelmente, animou uma grande parte do período da tarde.

Magia com a voz, Uma questão de espumas, Chove ou faz Sol? Uma simples cor permite adivinhar, Super balões, Um pirlampo no laboratório, Pegamento e divertido e Azul fugitivo foram as actividades experimentais que envolveram os participantes, alunos e professores, numa animada tarde laboratorial.

As Olimpíadas estavam quase a terminar, mas ninguém queria “arredar pé” do laboratório ... tal era o entusiasmo.

Eram 16 horas e 30 minutos quando teve lugar a Sessão de Encerramento das Olimpíadas. A todos os participantes foram distribuídos diplomas e prémios de participação, estes últimos oferecidos pelo Conselho Directivo da FCUL.

Foram anunciadas as 8 Escolas que tinham ficado em 4.º lugar ex-aequo.

A representante da Presidente do DQB anunciou o terceiro lugar, que foi para a Equipa N.º 02 da Escola Secundária de Coruche, constituída pelas alunas Denise Inês Simões Janeiro, Sara Isabel Cordeiro Coelho e Sofia Raquel Castro Fernandes, e entregou-lhes as medalhas de bronze e um prémio oferecido pelo Conselho Directivo da FCUL.

Um dos Vogais do Conselho Directivo da FCUL anunciou, seguidamente, o segundo lugar, que foi para a equipa N.º 07 da Escola Secundária Miguel Torga, constituída pelos alunos Hélder Miguel

Fernandes Batista, Nuno Alexandre de Almeida Salgueiro e Sofia de Almeida Oliveira de Albergaria, e entregou-lhes as medalhas de prata e um prémio oferecido pelo Conselho Directivo da FCUL.

Finalmente, o Presidente do Conselho Científico e Directivo da FCUL anunciou o primeiro lugar, que foi para a Equipa N.º 05 da Escola Secundária de Coruche, constituída pelos alunos André Miguel Ramos Travessa, Joana Isabel Almeida Mendes e João Coelho Pereira Prancha, e entregou-lhes as medalhas de ouro e um prémio, também este, oferecido pelo Conselho Directivo da FCUL.

Todos manifestaram ter gostado, ter participado na festa e quererem voltar!

A concluir que a semente ficou!

Maria Manuela Gomes da Silva Rocha  
Carlos Manuel Ferreira de Sousa Borges  
(Coordenadores Locais no DQB-FCUL)

## Universidade do Minho

O departamento de Química da Universidade do Minho associou-se à iniciativa *Olimpíadas de Química Júnior 2005* em colaboração com a SPQ. No dia do evento estiveram presentes no Campus de Gualtar, em Braga, 117 alunos provenientes de 12 escolas da região, acompanhados por 29 professores.

A sessão de abertura teve início às 10h30, no Anfiteatro da Escola de Ciências e estiveram presentes: o vice-Reitor Prof. Manuel Mota, em representação do Sr. Reitor, o presidente da Escola de Ciências Prof. João Ferreira e o Director do departamento de Química Prof. Michael Smith. A prova, com início às 11h, decorreu nos laboratórios de ensino do departamento de Química. Durante 90 min. as 39 equipas responderam em simultâneo e em rotatividade a 40 questões, baseadas em situações experimentais por observação, manipulação ou medição simples.

Finda a prova os alunos participantes puderam recarregar “baterias” na cantina da UM, onde lhes foi oferecido um almoço que parece ter sido do agrado de todos. No final do almoço fez-se um

passeio de reconhecimento ao *Campus*, sempre acompanhados por um sol radiante. De volta ao anfiteatro iniciaram-se as actividades da tarde com uma apresentação sobre as perspectivas de uma formação universitária em Química.



*A boa disposição dos concorrentes foi uma constante durante todas as provas.*

A ansiedade foi crescendo até às 15h30, altura em que foram anunciados os nomes dos laureados. Assim, o bronze foi para a equipa da Escola EB2,3 do Cávado, Braga, constituída pelas alunas Fabiana Gomes, Filipa Roriz e Joana Lopes. A prata foi para os alunos Ana Oliveira, Marta Machado e José Pinto da Escola EB2,3 Egas Moniz, Guimarães, para onde também foi o ouro atribuído à equipa formada pelos alunos Ângela Machado, João Alves e Vítor Vaz da Escola EB2,3 de Pevidém. Para além das medalhas, estes alunos foram brindados pelo departamento de Química com outros prémios (com destaque para as miniaturas de material de vidro de laboratório e conjuntos magnéticos Geo-

mag). Houve também lembranças para todos os participantes.

À saída foram distribuídos farnéis para a viagem de regresso.

A adesão e motivação demonstradas pelos alunos deixaram a sensação grata e estimulante de que iniciativas como esta devem ter continuidade. Assim, foi reconhecida por parte do departamento de Química da UM a importância da integração das OQJ no seu plano anual de actividades. Finalmente um louvor para os professores que acompanharam os alunos: foram eles que lhes incutiram o gosto pela descoberta científica.

A cobertura do evento foi feita pelos principais órgãos de comunicação social da região. Algumas das fotos do acontecimento estão disponíveis em: [www.uminho.pt/visitasescolas](http://www.uminho.pt/visitasescolas), no link fotos.

Dulce Geraldo  
Fátima Bento  
João Paulo André  
(Coordenadores Locais na UMinho)

## Universidade Nova de Lisboa / ITQB

Num evento que mobilizou 24 alunos concorrentes, cerca de 6 professores acompanhantes e 8 membros da equipa organizadora do Instituto de Tecnologia Química e Biológica (ITQB), a sensação final de quem participou, quer do “lado de cá”, quer do “lado de lá”, é que “valeu a pena!”.

De uma forma geral os participantes, provenientes da Escola Secundária da Quinta do Marquês (Oeiras), da Escola Salesiana de Sto António (Estoril), do Colégio Salesiano Oficinas de S. José (Lisboa) e Escola EB 2,3 Dr. Joaquim de Barros (Oeiras) começaram a chegar aos *campus* do ITQB bem cedo, e, de acordo com o programa, a partir das 9 horas da manhã foram recebidos pela organização.

Pelas 10 horas teve lugar a cerimónia de Abertura Oficial das Olimpíadas Júnior, realizada num dos anfiteatros do ITQB. A cerimónia foi presidida pelo Director do ITQB, Prof. Peter Lindley, e pelo Coorde-

nador local das Olimpíadas de Química Júnior no ITQB, Prof. António Lopes.

Depois das boas vindas, foi anunciado o programa das provas e foram enunciadas as regras a todos os presentes:

- 30 perguntas, em cada uma delas apenas uma opção certa.
- classificação de 1 ponto para resposta certa; 0 pontos para nenhuma resposta e desconto de 0,5 ponto para resposta errada.
- o tempo total de realização seria critério de desempate.
- os professores acompanhantes dos alunos não podiam contactar os alunos até o término das provas.

Seguiu-se um período de 2 horas a 2 horas e 30 minutos destinado à realização das Provas das Olimpíadas. Os participantes foram chamados a responder ao conjunto de 30 questões, algumas de carácter teórico, respondidas numa sala de aula, e outras de carácter mais experimental (observações experimentais, medições, etc.) montadas em laboratórios.

Cada uma das equipas tinha um “delegado” da instituição de acolhimento, recrutado entre alunos e docentes, responsável por acompanhar a prestação dessa equipa, pela sua deslocação entre a sala e o laboratório, cronometrando o respectivo tempo de realização. Enquanto decorriam as provas para alguns dos participantes, os restantes assistiram (depois revezaram-se) à projecção de resumos do “Dia Aberto” do ITQB, que teve lugar recentemente. Do mesmo modo todos os participantes quiseram responder “entusiasticamente” ao inquérito “Tens queda para a Química?” elaborado pela SPQ.

E ... chegámos ao período de almoço (bem merecido!) gentilmente oferecido pela Câmara Municipal de Oeiras, que assim se quis associar ao evento.

Enquanto eram corrigidas as provas por um júri de docentes, decorreram “actividades paralelas” experimentais que envolveram os participantes, alunos e pro-

fessores, numa animada tarde laboratorial, com um interessante conjunto de experiências, preparado por alguns docentes do ITQB, que, visivelmente, animou uma grande parte do período da tarde: Corantes dos M&M's, Quem é mais denso?, Cores falsas e cores verdadeiras, Falsificação e Detectives, Rochas “mágicas”, Vamos fazer pirlampos foram alguns dos “best-sellers”. As Olimpíadas estavam quase a terminar, mas ninguém queria “arredar pé” do laboratório ... tal era o entusiasmo.

Cerca das 16 horas, teve lugar a Sessão de Encerramento das Olimpíadas, presidida pelos mesmos representantes da sessão de Abertura. A todos os participantes foram distribuídos diplomas e prémios de participação.

Seguidamente foram anunciadas as Escolas que tinham ficado em 4.º lugar ex-aequo, e depois foram anunciadas as equipas por ordem de posicionamento (3.º, 2.º e 1.º). Cada uma destas equipas recebeu ainda um diploma da SPQ atestando a obtenção desse prémio e a respectiva medalha de “Bronze”, “Prata” e “Ouro”, respectivamente.

**MEDALHA DE BRONZE:** Gonçalo Amorim, Pedro Barroca, Simão Arouca (Escola Salesiana de Sto António).

**MEDALHA DE PRATA:** Sara Brandão, João Rebelo, André Abreu (ES Quinta do Marquês).

**MEDALHA DE OURO:** Diogo Amorim, Manuel Toscano, José Pinto Basto (Escola Salesiana de Sto António).

Todos manifestaram ter gostado, ter participado na festa e quererem voltar! Tanto é assim que já ficaram algumas equipas “inscrites” para a próxima edição das provas.

Final “a Química mexe”... e a semente parece que ficou!

António Lopes  
(Coordenador Local no ITQB)

## Universidade do Porto

Na Universidade do Porto, a primeira edição das Olimpíadas de Química Jú-

nior teve lugar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências, tendo despertado o interesse de 28 Escolas, que inscreveram 71 equipas compostas por 213 estudantes! Por razões logísticas e económicas, só pudemos aceitar a inscrição de 1 equipa por Escola, num total de 84 estudantes concorrentes. Apesar da nossa limitada capacidade de resposta, procuramos compensar os participantes com um sábado bem diferente do habitual, vivido em ambiente agradável, proporcionando-lhes uma visão positiva (mas real) da Química, cuja imagem esperamos que venham a reter e a difundir.

Os docentes do Departamento de Química mobilizaram-se para responder a este desafio, desenvolvendo um grande esforço para preparar a prova: várias “experiências e questões do dia-a-dia”, expostas em 5 Laboratórios e 1 Anfiteatro, visitados por grupos de concorrentes, acompanhados por guias (alunos finalistas de um dos cursos do Departamento – Curso de Química / Ramo Educacional) muito motivados para o convívio com aqueles jovens.

O esforço da manhã foi compensado pelo almoço realizado nas instalações do bar do Departamento, em que se reuniram, em agradável confraternização, os membros das equipas representantes de todas as Escolas, os professores responsáveis pelas equipas e os guias. Após o almoço, a animação continuou com uma sessão orientada pelo Doutor João Paiva que, de modo ímpar, cativou a atenção de todos os presentes, pela forma motivante e bem disposta como tratou vários aspectos químicos do quotidiano.

O dia, apesar de já tão preenchido, ainda não tinha terminado. A divulgação dos resultados e a entrega dos prémios foram realizados na sessão de encerramento, em que receberam prémios todos os membros das três equipas melhor classificadas, todas as escolas participantes, bem como os professores acompanhantes. Os apoios da Porto Editora, da Texto Editora e do Exploratório Infante D. Henrique permitiram-nos

este agradável mimo! Claro que o fim da festa aconteceu, mais uma vez, nas instalações do bar, com um lanche partilhado por todos.

A correcção e classificação das provas esteve a cargo do grupo dos 8 docentes responsáveis pela concretização da prova, tendo sido tornados públicos os nomes das Escolas com as três melhores classificações. Cumpre-nos realçar que todas as Escolas participantes tiveram bons resultados, com classificações no intervalo [56,2% - 93,7%]. Para o Departamento de Química – FCUP, tal resultado global é muito gratificante... Aos alunos concorrentes e aos seus professores, PARABÉNS!

Resta-nos agradecer à Reitoria da Universidade do Porto e à Direcção da Faculdade de Ciências o apoio dado a esta iniciativa.

[http://www.fc.up.pt/qui/olimpiadas/junior/2005/DQ\\_Foi\\_Novidade\\_OlyQuim-Junior2005.html](http://www.fc.up.pt/qui/olimpiadas/junior/2005/DQ_Foi_Novidade_OlyQuim-Junior2005.html)

Vencedores

MEDALHA DE OURO: André Amorim, Carlos Moreira, Nuno Moreira (Externato das Escravas do Sagrado Coração de Jesus)

MEDALHA DE PRATA: Ana Raquel Gomes Ferreira, Diana Martins, Joana Vasconcelos (EB23 Soares dos Reis)

MEDALHA DE BRONZE: Alexandre, José Paulo, João Barroso (ES/3 Aurélia de Sousa)

Maria das Dores M. C. Ribeiro da Silva  
(Coordenador Local na UP)

### Universidade Técnica de Lisboa

A realização, pela primeira vez, das Olimpíadas de Química Júnior permitiu, mais do que a realização de uma competição, que foi de facto, um ambiente de convívio entre alunos, professores acompanhantes e professores organizadores em torno da Química. Por isso, este evento decorreu num ambiente descontraído.

O programa cumprido no Departamento de Engenharia Química do Instituto Su-

perior Técnico (DEQ-IST) iniciou-se com recepção informal dos participantes no átrio da Torre Sul e com entrega de documentação aos professores acompanhantes. Seguiu-se uma curta sessão de boas vindas e de exposição do modo como iriam decorrer as provas e o programa para o dia. Compareceram 4 escolas: EB23 D. Miguel de Almeida (Abrantes), Escola Secundária Dr. António Carvalho Figueiredo (Loures); Colégio Campo de Flores (Lazarim) e EB23 Piscinas (Lisboa), que participaram com uma, duas, três e quatro equipas, respectivamente, num total de 28 alunos.



*A equipa vencedora na UTAD. As equipas de dois alunos também podem ganhar, mas a surpresa foi a presença de várias equipas do 8.º ano ente os vencedores.*

Com as várias equipas foram constituídos três grupos, tendo as provas decorrido em três Laboratórios, que foram sequencialmente visitados. Após a prova, que, por ter havido desistências, decorreu mais rapidamente que o previsto, houve um pequeno compasso de espera, que permitiu aos participantes passearem-se pelo *campus* do IST, visto que o tempo estava convidativo.

No final do almoço, os participantes assistiram a uma sessão sobre “luz e côr” apresentada pelos Professores Mário

Nuno Berberan e Manuel Prieto. Esta apresentação foi uma versão mais curta de uma Palestra (Luz Sobre as Moléculas) que estes colegas têm vindo a apresentar em várias escolas do País.

Terminada esta sessão, seguiu-se a esperada divulgação dos resultados das provas e entrega de prémios. Como é habitual nas Olimpíadas de Química, anunciou-se que sete equipas tinham ficado, ex-aequo, em 4.º lugar. Em 3.º lugar ficou a equipa constituída pelos alunos Lydia Neto, Ricardo Magalhães e Tiago Oliveira da EB23 Piscinas de Lisboa. Em 2.º lugar ficou a equipa constituída por Ana Cláudia, Manuel Araújo e João Félix do Colégio Campo de Flores. Finalmente, o 1.º lugar foi conseguido pelos alunos Sara Parreira e Tiago Pereira, também do Colégio Campo de Flores. Após a entrega das correspondentes medalhas, procedeu-se ao encerramento desta edição Olimpíadas.

Das conversas com alunos e professores acompanhantes registam-se a satisfação da participação e sugestões para a próxima edição destas Olimpíadas.

Para os organizadores do evento no DEQ-IST ficaram a satisfação do prazer demonstrado pelos participantes e a confirmação da importância que este tipo de iniciativas da SPQ tem no despertar do interesse dos alunos para as Ciências, em particular para a Química.

Jorge Morgado  
(Coordenador Local na UTL)

### Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

A 1.ª edição Nacional das Olimpíadas de Química Júnior na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro reuniu 70 alunos e 24 professores acompanhantes de 13 escolas de vários concelhos da região. As provas decorreram durante a tarde e foram organizadas em 2 laboratórios e uma sala contendo cada um cerca de 20 perguntas baseadas, essencialmente, na observação e manipulação de experiências laboratoriais. Após uma rápida apresentação da prova foram distribuídas aos alunos, agrupa-

dos em equipas de 2-3 elementos, T-shirts coloridas (3 cores), com o símbolo da SPQ, UTAD e Olimpíadas Júnior o que nos permitiu dividi-los em 3 grandes grupos. Deste modo cada grupo começou a prova numa sala diferente procedendo-se de seguida à rotação dos grupos. Esta opção permitiu que todos os alunos realizassem uma prova contínua com poucos tempos mortos em cerca de 2 horas. Seguiu-se um lanche durante o qual a organização procedeu à rápida correcção das provas. A reali-

zação das Olimpíadas de Química Júnior contou com o imprescindível apoio da Pró-Reitoria para as Relações Públicas e Imagem da UTAD, bem como da Câmara Municipal de Vila Real. Associaram-se também a este evento, na qualidade de patrocinadores, o hipermercado Continente, a Minfo Gráfica e as pastelarias Docinho e Bela Aurora da cidade de Vila Real.

Nos 3 primeiros lugares ficaram as seguintes equipas:

**MEDALHA DE OURO:** Camile Martins e Ricardo Taveira (Escola EB23 de Amarante).

**MEDALHA DE PRATA:** Gabriela Pereira, Íris Santos e Pedro Teixeira (ES Fernão de Magalhães – Chaves).

**MEDALHA DE BRONZE:** Inês Almeida, Ana Melo e Rui Castro (Colégio de Nossa Senhora da Boavista – Vila Real).

Paulo Coelho  
(Coordenador Local na UTAD)

## 7.º Encontro de Química dos Alimentos

**Alimentos: Tradição e Inovação, Saúde e Segurança**



Realizou-se na Aula Magna do Instituto Politécnico de Viseu, entre os dias 13 e 15 de Abril de 2005, o 7.º Encontro de Química dos Alimentos subordinado ao tema Tradição e Inovação, Saúde e Segurança, e que resultou de uma organização conjunta entre a Sociedade Portuguesa de Química e a Escola Superior Agrária de Viseu. Na página web [www.esav.ipv.pt/7eqa2005](http://www.esav.ipv.pt/7eqa2005) podem consultar-se todas as comunicações oral, e em painel, que integraram o programa científico. Estes Encontros que se têm vindo a realizar desde 1993 com frequência bienal, tiveram as suas edições anteriores em Santarém, Aveiro, Faro, Coimbra, Porto e Lisboa.

Os Encontros de Química dos Alimentos efectuam-se no âmbito das actividades promovidas pela Divisão de Química dos Alimentos da Sociedade Portuguesa de Química, e é, em Portugal, uma referência no domínio da química e da ciência dos alimentos.

O Encontro reuniu a comunidade científica, académica e o meio industrial, num total de cerca de 400 congressistas, verificando-se uma partilha de conhecimentos e uma viva discussão em torno desta área de investigação que é a química dos alimentos e de todas as ciências que com ela se relacionam. Contou-se ainda com a presença de oradores internacionais oriundos de empresas/centros de investigação, tais como a Unilever Health Institute (Holanda), LGC (Reino Unido) e Inter Rhône (França).

Durante as sessões foram abordadas diversas metodologias para a caracterização e análise de produtos alimentares, com particular relevância para os produtos tradicionais. Como exemplo dos grandes progressos que ocorreram recentemente nas análises bioquímicas, focou-se a utilização de marcadores de ADN, que constitui actualmente uma ferramenta indispensável à condução da produção pecuária, bem como ao estabelecimento de sistemas de rastreabilidade das carnes. As análises físico-químicas clássicas conjugadas com os novos tratamentos de resultados mediante análise estatística multivariável

continuam a prestar bons serviços para a caracterização e distinção de produtos (por ex. mel de diferentes origens). Particular importância foi dada também às temáticas das interacções entre os vários constituintes alimentares, à aplicação de novas tecnologias de processamento e conservação na manutenção ou alteração das características físico-químicas e sensoriais dos alimentos. Todas estas temáticas têm como objectivo último a satisfação do consumidor. Tendo em consideração as exigências do consumidor em relação à saúde, e a importância cada vez maior que os alimentos funcionais representam na dieta alimentar, alguns estudos apresentados realçaram a alteração da composição nutricional dos alimentos através da incorporação ou remoção de alguns dos seus constituintes.

Os factores de risco e ainda os comportamentos alimentares foram também objecto de análise de uma mesa redonda intitulada *Comportamentos Alimentares e Estilos de Vida*, constituída pelos seguintes conferencistas convidados: Prof. Dra. Rosaura Leis Trabazo – Faculdade de Medicina, Universidade de Santiago de Compostela, Prof. Dra. Isabel do Carmo – Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa; Prof. Dra. Cristina Padez – Departamento de Antropologia, Universidade de Coimbra; Dra. Vanessa Candeias – Direcção Geral de Saúde / Instituto de Medicina Preventiva

da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Assim, discutiram-se as consequências na saúde humana dos erros alimentares associados aos actuais estilos de vida.

Os produtos agro-alimentares tradicionais foram também objecto de discussão de uma mesa redonda subordinada

ao tema *Inovar na Tradição*. Face aos conhecimentos actuais de nutrição, os alimentos tradicionais devem continuar a integrar a nossa dieta alimentar, contudo uma componente de inovação é imprescindível de forma a obterem-se produtos de melhor qualidade e higiene, garantindo a genuinidade e salvaguardando a saúde do consumidor. A me-

lhoria das técnicas de marketing é também um dos factores necessários no sentido de promover os produtos agro-alimentares tradicionais. A inovação na tradição é um factor determinante do desenvolvimento rural e, como tal, deverá merecer no futuro próximos apoios específicos mais importantes.

A Comissão Científica do 7EQA



*Momento da Cerimónia de Abertura. Da esquerda para a direita: Telmo Cardoso (Presidente da Associação de Estudantes da Escola Superior Agrária de Viseu), Eng.º Pedro Rodrigues (Presidente do Conselho Directivo da ESAV), Dr. Américo Nunes (Vice-Presidente da Câmara Municipal de Viseu), Dr. Acácio Pinto (Governador Civil do Distrito de Viseu), Prof. Doutor João Pedro Antas de Barros (Presidente do Instituto Politécnico de Viseu), Prof. Doutor José da Costa Lima (Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Química) e Prof. Doutora Dulcineia Ferreira (Presidente da Comissão Organizadora do 7EQA)*

### **Vice-Presidente da SPQ eleito membro da Academia Brasileira de Ciências**

O Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Química, professor catedrático da Universidade do Porto José Luís Fontes da Costa Lima, foi eleito membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC). É o terceiro português honrado com esta distinção depois de Ana Maria Ribeiro Neiva (Universidade de Coimbra) em 1997 e de António Coutinho (Instituto Gulbenkian de Ciência) em 2003.

A distinção, que foi oficializada no dia 8 de Junho, no Palácio Gustavo Capanema, RJ, Brasil, numa cerimónia presidida pelo Presidente brasileiro, Lula da Silva, teve por fundamento o currículo científico de José Luís Costa Lima, com cerca de 319 artigos publicados em revistas científicas internacionais, e a sua longa colaboração com investigadores brasileiros da qual resultaram 50 artigos em co-autoria.

Esta distinção surge na sequência de uma já longa e fecunda colaboração



luso-brasileira iniciada em 1989, tendo desenvolvido e colaborado em projectos de investigação conjuntos na área da Química Analítica e sido chamado regularmente a fazer parte do corpo docente de diversos programas de educação avançada no Brasil. Esta interacção científica inclui diversas instituições brasileiras, como a USP, UNICAMP, EMBRAPA, UFPB, UFPE e UEB. Ao longo dos últimos anos, acolheu no seu grupo de investigação cerca de 30 colaboradores brasileiros em estágios de média duração e mais de 20 investigadores do seu

grupo realizaram missões de trabalho no Brasil. Esta interacção tem repercussões aos mais variados níveis da cooperação científica entre os dois países, sendo um exemplo a presença de autores brasileiros nas páginas deste boletim.

A ABC, um dos mais importantes organismos da comunidade científica brasileira, elege todos os anos novos membros de várias áreas científicas. Os novos membros, 19 académicos brasileiros e 3 estrangeiros foram eleitos em assembleia-geral da ABC de 28 de Março último. A escolha de novos membros é feita com base na análise do respectivo processo de candidatura, obrigatoriamente iniciado e subscrito por um conjunto de membros efectivos da academia. Fundada a 3 de Maio de 1916, na cidade do Rio de Janeiro, com o nome Sociedade Brasileira de Ciências (designação alterada em 1921 para a actual forma), a academia conta actualmente com cerca de 143 membros não brasileiros.



### A resposta da EuCheMS à proposta da Comissão Europeia relativa ao orçamento do Sétimo Programa Quadro

A EuCheMS, acolhe com satisfação a proposta da Comissão Europeia (CE) relativa a investigação e tecnologia para o período 2007-2013 (Sétimo Programa Quadro, PQ7) que incluiu uma descrição detalhada do orçamento proposto de 67,8 mil milhões de euros.

O compromisso em simplificar a carga burocrática das candidaturas é bem vindo, sendo com satisfação que se verifica que o orçamento foi quase duplicado, para dar resposta à eventual so-

brelotação de submissões. Contudo, é importante que definido o orçamento final, tal não sirva de motivo para os Estados Membros da EU reduzirem as suas contribuições nacionais.

A **química** é uma disciplina central em oito dos nove temas identificados pelo proposto **Programa "COOPERATION"** e contribui de forma significativa para fazer a ponte entre as actividades de investigação do **Programa "IDEAS"**, cuja implementação constitui uma resposta efectiva à preocupação sobre o sub-financiamento da investigação fundamental na Europa.

Especialização e desenvolvimento de carreiras encontram-se cobertos pelo **Programa "PEOPLE"**, enquanto o **Programa "CAPACITIES"** está focado no empreendedorismo através do suporte das PME's e da criação de relações duradouras entre a indústria e a universidade.

A EuCheMS reconhece a importância global da sustentabilidade para a indústria e para os consumidores, estando por isso empenhada no desenvolvimento de uma **Plataforma Tecnológica Europeia (PTE)** em Química Sustentável. A química e os químicos têm um papel crucial na segurança e qualidade ali-

mentar e por isso a EuCheMS está também envolvida numa **PTE Alimento para a Vida**. O desenvolvimento de parcerias públicas/privadas nessas e noutras áreas estimulará a cooperação transnacional, e otimizará o impacto económico e social das actividades de investigação referenciadas.

A proposta da CE para o PQ7 ilustra a importância do **Triângulo do Conhecimento**, constituído por investigação e tecnologia, educação e inovação; esses sectores constituem os alicerces do programa do **"EuCheMS First European Chemical Congress"** que terá lugar em Budapeste de 27 a 31 de Agosto de 2006 ([www.euchems-budapest2006.hu](http://www.euchems-budapest2006.hu)).

Este encontro juntará investigadores académicos e da indústria, professores, políticos, legisladores e consumidores, numa discussão e debate alargado sobre o papel da química na economia Europeia e ilustrará os potenciais benefícios para os consumidores europeus. Uma das particularidades do congresso consiste na participação activa de sete Laureados com o Prémio Nobel em contacto directo com estudantes e jovens investigadores (*EuCheMS nota de imprensa*).

JLF

### 7.º Encontro Nacional de Química-Física

O 7.º Encontro Nacional de Química-Física da Sociedade Portuguesa de Química teve lugar no Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, entre 5 e 7 de Maio de 2005. Este Encontro contou com a participação de cerca de 130 colegas oriundos de 20 instituições nacionais e estrangeiras, tendo sido apresentadas 6 lições plenárias, 13 comunicações convidadas, 14 comunicações orais de curta duração e cerca de 70 comunicações em painel. Assim, a Comissão Organizadora congratula-se por se ter conseguido dar uma panorâmica geral da investigação científica que se

está a desenvolver em Portugal nesta importante área da química, tanto a nível qualitativo como quantitativo. Da grande variedade de temas abordados destacam-se a termoquímica, a electroquímica, a espectroscopia, a fotoquímica, a química de superfícies e de polímeros, a tecnologia de novos materiais, e a química teórica e computacional. Queremos também realçar o clima agradável que se estabeleceu entre os participantes e que muito ajudou à troca de ideias e de resultados científicos. Esperamos, portanto, que este Encontro tenha servido para nos conhecermos melhor e estabelecer contactos.

Durante o Encontro realizou-se uma reunião da Divisão de Química-Física,

com a eleição do próximo Presidente da Divisão como único ponto da ordem de trabalhos. Foi eleito por unanimidade dos presentes o nosso colega Rui Faustino Martins Ribeiro da Silva Lourenço, do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para o biénio 2006-2007. Desejamos-lhe o maior sucesso no desempenho das suas novas funções e em particular na organização do 8.º Encontro Nacional de Química-Física em 2007.

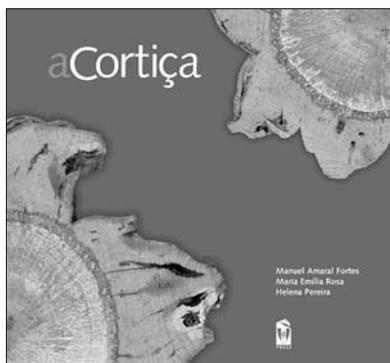
Alexandre L. Magalhães  
Presidente da Divisão de Química-Física  
(2004-2005)

# a Cortiça

por Manuel Amaral Fortes, Maria Emília Rosa, Helena Pereira

IST Press, Lisboa, 2004, (235 x 220 mm) 260 Págs. 35,00 ISBN: 972-8469-33-0.

LUÍS ALCÁCER\*



*“Este livro pretende ser um texto de Ciência dos Materiais dedicado à cortiça, que permita a divulgação, de uma forma acessível e didáctica – mas também rigorosa –, dos conhecimentos científicos existentes e, desejavelmente, originar outros, simultaneamente evidenciando as razões da defesa da cortiça na sua competição com os materiais sintéticos, em particular nas aplicações destes em rolhas.*

*São incluídos capítulos sobre a formação da cortiça no sobreiro, sobre a química da cortiça e sobre a sua estrutura celular. Uma grande parte do livro é dedicada às propriedades da cortiça, particularmente às propriedades mecânicas.*

*Há também capítulos sobre a indústria corticeira e sobre os seus principais produtos, com destaque, naturalmente, para rolhas de cortiça natural.*

*Muitos dos resultados apresentados provêm do trabalho de investigação científica realizado pelos autores ao longo dos últimos 20 anos.*

*Estamos em crer que este livro poderá vir a ser um texto de referência actualizado, útil a todos os que se interessam pela cortiça, ainda que apenas como utilizadores de saca-rolhas...”*

(do prefácio)

“a Cortiça” é um excelente texto de Ciência e Engenharia dos Materiais, sendo um exemplo paradigmático dos *materiais celulares*. É de leitura fácil e agradável, mesmo para não especialistas. Embora seja um livro científico, é profusamente ilustrado com desenhos e fotografias de elevada qualidade e beleza. O seu conteúdo, explanado por onze capítulos, vai desde a formação da cortiça na árvore até à indústria e aos produtos de cortiça, passando pela descrição da topologia das células, da estrutura e da composição química da cortiça e das suas propriedades físicas, fazendo uma análise detalhada das propriedades mecânicas e ainda das pro-

priedades térmicas, viscoelásticas e acústicas. São de realçar os capítulos sobre a constituição química e sobre os aspectos de engenharia, relevantes para a indústria da cortiça. Aí se descrevem minuciosamente, não só a composição química, mas também os métodos de análise química e ainda os processos relevantes da engenharia associados à indústria da cortiça. A apresentação dos vários temas é sempre feita de modo compreensivo, com grande rigor científico e elegância e acompanhada de esquemas e fotografias de grande clareza. O texto é cuidadosamente documentado com referências bibliográficas, a mais antiga das quais data de 1664 (“Micro-

graphia”, de Robert Hooke) e contém informação detalhada e pormenorizada, nomeadamente sobre legislação, sendo ainda de referir o apropriado uso da *gíria corticeira*.

Este livro vem preencher uma grave lacuna no árido panorama da bibliografia científica e técnica sobre a cortiça, oferecendo uma visão global de um produto natural que alimenta uma das mais importantes indústrias nacionais, a qual gera 950 milhões de euros por ano. É um livro que se recomenda a todos os industriais e profissionais do sector, e de um modo geral a técnicos e engenheiros das áreas da Química e de Produto e da Ciência e Engenharia de Materiais.

\* Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

# Atracção Química

PAULO RIBEIRO CLARO\*

O texto de “Atracção Química” deste número não consegue fugir ao tema Olimpíadas de Química Júnior, apesar deste evento (ou conjunto de eventos) ser amplamente descrito noutras páginas deste nú-

mero. Nem consegue fugir ao tema Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química, já mencionado anteriormente, mas cujo programa começa agora a tomar forma.

Já não há qualquer dúvida: as Olimpíadas de Química Júnior são um caso de sucesso de colaboração SPQ – Universidades – Escolas! Quando a 28 de Outubro de 2004 os representantes dos Departamentos de Química se reuniram na sede da SPQ, em Lisboa, a convite da Direcção, estávamos todos longe de imaginar a dimensão que iria tomar esta iniciativa nos meses seguintes. No dia 9 de Abril, cerca de 750 alunos do ensino básico (8.º e 9.º anos) participaram em actividades de divulgação da Química e em provas de avaliação de conhecimentos, em 11 Departamentos de Química, de norte a sul do país. Para além de realizarem as provas em laboratório – que são uma característica particular das Olimpíadas de Química Júnior –, os alunos concorrentes tiveram ainda oportunidade de participar nas diferentes actividades complementares preparadas por cada instituição. As impressões até agora recolhidas são francamente positivas: o sentimento geral dos diversos organizadores é de satisfação com a participação dos alunos – motivados, curiosos, participativos –, os professores manifestaram o seu apreço pela iniciativa e muitos dos alunos deixaram bem expresso o desejo de voltar. E as Universidades estarão lá para os receber!

Os eventos como as “Olimpíadas” são importantes para cativar o interesse dos alunos pela Química, mas não são mais importantes do que o contacto quase diário desses alunos com os seus professores de Química. Por isso, o apoio efectivo aos professores é uma das vertentes fundamentais do programa Atracção Química. É neste contexto – em que há tanto por fazer – que se coloca a organização do 4.º Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química. A Comissão Organizadora definiu como objectivo ter um programa que “nos faça gostar de ser professores de Química (e, é claro, sócios da SPQ!)” [Química, n.º 96]. Um objectivo ambicioso, para o qual a Comissão Organizadora procurou ajuda, através de um processo “original”: para além das habituais Conferências Plenárias, o programa do 4DEDQ inclui um conjunto de Sessões Temáticas e de Oficinas (“Workshops”) cujo conteúdo – estrutura, assuntos, oradores – foi atribuído ao respectivo Presidente de Sessão ou de Oficina.

Os temas seleccionados, e já confirmados, pretendem ir ao encontro dos interesses dos professores do ensino básico e secundário: Perspectivas CTS do Ensino (uma área de investigação de grande

actualidade); Segurança em laboratórios de Química (a segurança nos laboratórios de química vista por especialistas); Divulgação da Química (os projectos Ciência Viva estão vivos!); Política de Educação e Formação (que presente e que futuro?); Ensino não formal da Química (outros contextos de aprendizagem); Novos temas científicos nos programas do ensino secundário (tudo o que um professor quer saber sobre o assunto...); Tecnologias de Informação e Comunicação na Escola (não é tarde para começar); Uma visita ao Pavilhão do Conhecimento (é mais do que um passeio...).

Aceitaram o convite da SPQ para presidir a estas Sessões Temáticas e Oficinas, respectivamente, Isabel Martins (U. Aveiro), Manuela Pereira (UNL), Ana Noronha (Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva), Júlio Pedrosa de Jesus (U. Aveiro), Paulina Mata (UNL), Mário Nuno Berberan (IST-UTL), João Paiva (U. Porto) e António Costa (Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva). A cada um deles compete agora fazer da sua sessão um pólo de “Atracção Química”.

Quando e onde se realiza o 4DEDQ? A 27 e 28 de Outubro, no Parque das Nações, Lisboa.

\* Coordenador das Olimpíadas de Química da SPQ, (pclaro@dq.ua.pt)

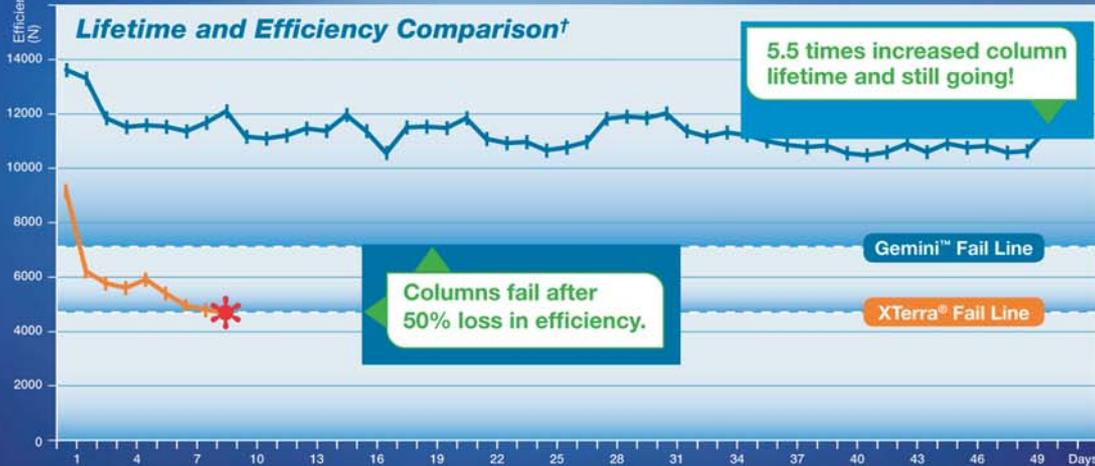
# Mystery SOLVED

Gemini™ with new Twin™ (Two-In-One) Technology provides pH 1-12 stability with no sacrifice in performance. Gemini is engineered to provide unmatched performance and column lifetime.



**Gemini™**

## Gemini™ C18 vs. Waters® XTerra® MS C18\*



Columns: Gemini™ 5µ C18  
Waters® XTerra® 5µ MS C18

Dimensions: 150 x 4.6mm

Mobile Phase: Acetonitrile/50mM Methylpyrrolidine Buffer, pH 11.5 (50:50)

Flow Rate: 1 mL/min

Temperature: Ambient

Detection: UV @ 254nm

Sample Analyte: Diphenhydramine

Legend:  
■ Gemini™ C18  
■ Waters® XTerra® MS C18

Visit

[www.phenomenex.com/gemini](http://www.phenomenex.com/gemini)

**phenomenex®**  
...breaking with tradition™



[www.phenomenex.com](http://www.phenomenex.com)

Phenomenex products are available worldwide. For the distributor in your country, contact Phenomenex USA, International Department by telephone, fax or e-mail: [international@phenomenex.com](mailto:international@phenomenex.com).

<b>USA</b> tel.: (310) 212-0555 email: <a href="mailto:info@phenomenex.com">info@phenomenex.com</a>	<b>Puerto Rico</b> (800) 541-HPLC <a href="mailto:info@phenomenex.com">info@phenomenex.com</a>	<b>Canada</b> (800) 543-3681 <a href="mailto:info@phenomenex.com">info@phenomenex.com</a>	<b>United Kingdom</b> 01625-501367 <a href="mailto:ukinfo@phenomenex.com">ukinfo@phenomenex.com</a>	<b>Germany</b> 06021-58830-0 <a href="mailto:anfrage@phenomenex.com">anfrage@phenomenex.com</a>	<b>New Zealand</b> 09-4780951 <a href="mailto:info@phenomenex.co.nz">info@phenomenex.co.nz</a>	<b>Australia</b> 02-9428-6444 <a href="mailto:info@phenomenex.com.au">info@phenomenex.com.au</a>
---	--	---	---	---	--	--

\*XTerra® is a registered trademark of Waters, Inc. Gemini™ is a trademark of Phenomenex. Phenomenex is in no way affiliated with Waters.

© 2004 Phenomenex Inc.

# Grandeza e decadência de Fritz Haber<sup>1</sup>

A R K A N S I M A A N \*

**Resumo** Fritz Haber, prémio Nobel da química em 1918, ficou famoso por causa da síntese do amoníaco a partir do azoto atmosférico, resolvendo, consequente-

mente, o problema dos fertilizantes. Mas ele é também o iniciador da guerra química e o inventor do funesto Zyklon B.

## Primeiros anos de vida

Fritz Jacob Haber nasceu em Breslau (hoje, Wrocław), em 1868, cidade que na época pertencia à Prússia. Três anos depois, a Alemanha unificou-se após uma brilhante vitória militar contra a França.

O pai de Fritz, Siegfried, judeu não praticante, importador de índigo natural, possuía um grande negócio de corantes, comércio que a unificação fez florescer e do qual a Alemanha, rapidamente estabeleceu o monopólio mundial. Uma imponente indústria química desenvolvia-se na nação, baseada nas imensas reservas de carvão e na exploração da destilação da hulha.

A mãe de Fritz Haber morreu logo após o parto. Acreditando que o filho suportaria melhor a tristeza da orfandade, Siegfried deu-lhe uma educação espartana. O resultado foi catastrófico: a criança, ao contrário, sentiu-se culpada pela morte da mãe. É bem verdade que, na Prússia, as educações rigorosas eram muito valorizadas. Elogiava-se a disciplina, o exército e o nacionalismo. O patriotismo servia de cimento para a coesão do país: apesar da unificação, ainda eram vivas as disputas regionais e religiosas que tantas vezes cobriram de

sangue as páginas da história. Deus, Pátria e Ciência vão-se tornar, pouco depois, em credo do futuro Kaiser Wilhelm II. Eis as palavras que o soberano utilizou para felicitar Wilhelm Roentgen pela descoberta dos raios X (1896): “Louvo Deus por conceder à nossa pátria alemã esse novo triunfo científico”.

Após nove anos de viuvez, Siegfried casou-se com uma mulher jovem que lhe deu três filhas. Apesar do carinho da madrastra, Fritz caiu em melancolia. No ano seguinte ao matrimónio, entrou no prestigioso Gymnasium de Breslau, onde recebeu instrução clássica de alto nível. Esse estabelecimento possuía alguns privilégios: o serviço militar obrigatório dos alunos era reduzido e os estudantes que aí obtivessem o *Abitur* (exame final) podiam entrar em qualquer universidade. Como era costume, na época, Haber dividiu a sua formação em química entre diversos centros, entre os quais as Universidades de Berlim e de Heidelberg. Nesta última, frequentou os cursos de Roberto Bunsen (1811-1899), cujo nome está associado a um bico de gás que ainda hoje ornamenta as mesas químicas. Haber vai obter em 1891 um doutoramento em química orgânica.

No final do século dezanove, as universidades alemãs estavam estreitamente ligadas às indústrias químicas de alta tecnologia, particularmente às de remédios e corantes. Qualquer nova substância que surgisse nas fábricas era imediatamente analisada nos laboratórios universitários. Da mesma forma, estes últimos forneciam aos industriais patentes para novos compostos. Os cientistas também circulavam nesta via de mão dupla, passando frequentemente das indústrias às universidades. Por conseguinte, o número era enorme: havia dez vezes mais químicos na Alemanha do que na França, por exemplo.

Após os seus estudos, Fritz Haber foi trabalhar na empresa familiar, preparando-se para a sucessão. Porém envolveu-se numa transacção comercial imprudente, colocando a firma em dificuldades económicas. Isso fez com que seu pai não se opusesse à ideia do filho de tentar uma carreira académica, mesmo sabendo que ela seria difícil: os rendimentos de um professor que não patenteasse uma invenção interessante eram incertos. Só os catedráticos recebiam salários adequados; os outros, tanto os mestres assistentes como os associados dependiam do número de alunos matriculados nos cursos deles.

\*Professor de física e historiador de ciências (arkan.simaan@free.fr)

<sup>1</sup> Versão portuguesa do artigo publicado no *Bulletin des Professeurs de Physique et de Chimie*, Maio de 2005, e na *Association des Professeurs d'Initiation aux Sciences Physiques*, 2005.

## O baptismo

Em 1892, Fritz Haber tornou-se luterano, abandonando ao mesmo tempo o judaísmo e o uso do segundo nome, Jacob.

Os amantes de psicologia verão em tal gesto uma vingança tardia de Fritz para com o pai: sem dúvidas, a conversão magoou os familiares, a começar por Siegfried.

No entanto, este baptismo ligava-se mais à compreensível ambição profissional de Haber: os empregos mais prestigiosos no exército e na administração eram reservados aos cristãos. Eis porque, muitos membros da comunidade judaica adoptavam então o cristianismo pensando em promoção (esta prática aumentou no século vinte, particularmente na década de 1920). Entretanto, nada garantia o sucesso: ninguém esquecia a origem dos indivíduos. Assim, em 1900, quando Haber postulou uma vaga de catedrático no Instituto Técnico de Karlsruhe, onde já ensinava como assistente havia um ano, ele foi rejeitado devido às suas ascendências judaicas. Dois anos depois, surgiu uma outra oportunidade na universidade de Viena. Infelizmente, os preconceitos não conheciam fronteiras. Após uma primeira opinião favorável, a sua candidatura foi descartada quando o conselho universitário soube que era “judeu baptizado”.

Mudar de religião significou também, para Haber, o desejo de integrar-se na nação, sentimento disseminado em uma parte dos jovens judeus. Influenciados pela cultura alemã, muitos não seguiam as regras alimentares da comunidade e sentiam-se mais próximos das práticas cristãs do que dos costumes ortodoxos dos judeus da Europa Oriental. Tal era o caso de Fritz Haber. Imbuído de literatura, música e filosofia alemã, ele identificava cristianismo com germanismo, a ponto de se transformar numa caricatura de patriota. Pode-se até dizer que o patriotismo se transformou na sua nova religião. Ele jamais criticou publicamente as autoridades, independentemente da política do governo. Pouco antes de morrer, Haber, fugindo da Alemanha nazista, confessou-se arrependido: “So-

mente hoje percebo o quanto fui patriota alemão”.

## O casamento

Em 1901, casou-se com Clara Immerwahr, nascida como ele em Breslau na comunidade judaica e também baptizada cristã. Um outro laço os unia: ela fizera um doutoramento em química – talvez tenha sido o primeiro atribuído a uma mulher na universidade de Breslau. Dez meses depois da união, Clara deu à luz um filho, após uma gravidez problemática. A carreira dessa mulher brilhante, determinada, que conseguira romper preconceitos para estudar, foi demolida: na sombra espessa do marido, não conseguiu, nunca, encontrar um raio de Sol. “O que resta de mim, disse ela a um amigo em 1909, enche-me da mais profunda insatisfação (...) a maior parte deve ser atribuída à sufocante imposição da pessoa de Fritz (...) Quem não seja ainda mais egoísta e descortês (do que ele) estilhaça-se<sup>1</sup>.” Clara traduzia, ocasionalmente, escritos do seu marido em inglês.

Na mesma época, Fritz Haber revelava obras de interesse químico: em 1898, editou o seu curso *Grundriss der technischen Elektrochemie auf theoretischer Grundlage (Bases teóricas da electroquímica técnica)*, onde defendeu a necessidade de uma associação indústria-universidade. No mesmo ano, elucidou a redução do nitrobenzeno no cátodo de uma célula electroquímica (que se tornou modelo de explicação para esse tipo de reacção) e em 1904, estudou o equilíbrio quinona-hidroquinona ao mesmo tempo em que inventava com Max Cremer o eléctrodo de vidro que permite a medição da acidez de uma solução. No ano seguinte, publicou *Thermodynamik technischer Gasreaktionen (Termodinâmica das reacções gasosas técnicas)* que exerceu uma influência decisiva no ensino e na pesquisa em termodinâmica.

## Espectro da fome no mundo

Como alimentar a população que cresce de forma descontrolada? Eis aí uma das dificuldades dos governos europeus no final do século dezanove.

Na realidade, tratava-se da ressurreição da velha discussão *maltusiana*. Um século antes, o inglês Thomas Robert Malthus havia previsto um futuro sombrio para os seres humanos se a população crescesse mais do que os alimentos. A única alternativa para a humanidade, dizia ele, seria a fome ou a guerra, únicos meios para restabelecer o equilíbrio.

Em 1898, a questão voltou à tona nos meios científicos através do discurso de Sir William Crookes, descobridor do tálio. Enquanto presidente da *British Association for Advancement of Science*, anunciou uma iminente catástrofe alimentar, nas décadas seguintes. Segundo Crookes, o aumento da população ultrapassava, largamente, a capacidade de aumento das colheitas dos Estados Unidos e da Rússia, principais produtores de trigo, que seriam obrigados, em breve tempo, a parar de exportar para abastecer as necessidades internas. A Inglaterra, grande importadora de cereais, continuou ele, era particularmente vulnerável, pois “a primeira arma em tempo de guerra é o alimento”. Pleiteando a intensificação da cultura de trigo na Inglaterra, ele apontou o ponto fraco: onde encontrar os adubos azotados necessários? Nem adiantava pensar nas reservas sul-americanas de guano<sup>2</sup> e de salitre chileno<sup>3</sup>, continuou o sábio, pois estas seriam brevemente extintas. A única solução, salientava ele com justa razão, seria fabricar adubos azotados usando amoníaco, sendo este último sintetizado a partir do azoto da atmosfera, reserva inesgotável.

Os comerciantes de Londres, evidentemente, não tinham esperado essa intervenção alarmista para entender a importância estratégica do nitrato sul-americano. Principalmente os que tinham feito comércio lucrativo com John Thomas North, dito “rei do salitre”, pois detinha praticamente, o monopólio do salitre do Chile até às vésperas da sua morte, ocorrida dois anos antes do discurso de Crookes. North havia sido o beneficiário da Guerra do Pacífico (1879-1883), conflito durante o qual o Chile despedaçou a Bolívia e o Peru, sequestrou os depósitos de nitrato (que passou, desde então, a ser “salitre chileno”) e confiou a sua exploração a North, que

se transformou, a partir daí, em um dos mais ricos ingleses. Mas o guano e o salitre não serviam apenas para adubos: eram fundamentais, sobretudo, para fabricar explosivos.

O discurso de Sir William Crookes não trouxera, portanto, novidades para os negociantes. Mas serviu para realçar a crise do nitrato que se esgotava rapidamente, fazendo o seu preço subir 25% entre 1902 e 1904. A principal repercussão da palestra de Crookes foi entre os cientistas que começaram a procurar uma maneira de fixar o azoto atmosférico.

### Síntese do amoníaco

No início do século vinte, os sábios alemães eram particularmente favorecidos no campo das investigações científicas: o seu país tinha resolvido o problema que sempre assolou as pesquisas, o financiamento. Incentivados pelo governo, banqueiros e industriais agiam em sintonia: os industriais compravam patentes e contratavam cientistas talentosos, enquanto os bancos forneciam os fundos. Formou-se assim um complexo industrial-bancário-universitário de rara eficiência.

Um dos primeiros químicos a obter uma síntese do amoníaco foi Friedrich Wilhelm Ostwald, futuro Nobel da química (1909). Em 1900, ele propôs uma reacção catalisada pelo ferro à BASF (Badische Anilin und Soda Fabrik). Encarregados de analisar a viabilidade industrial da ideia, Carl Bosch e Alwin Mittasch, dois engenheiros da empresa, deram um parecer negativo, pois não conseguiram reproduzir os resultados esperados. Nesse ínterim, o francês Henri Le Chatelier tentava, também, efectuar a mesma reacção. Infelizmente, abandonou precipitadamente as suas experiências, em 1901, após uma explosão no laboratório. Mais tarde, o sábio deplorou assim essa decisão: “Foi a maior falta de lucidez da minha vida”.

Em 1904, Haber e o inglês Robert Le Rossignol preocuparam-se com o assunto. Variando a temperatura e a pressão da reacção, conseguiram um resultado interessante mais ou menos a 200°C e 200 atmosferas. A despeito de tais

condições, desconhecidas até então em laboratórios, a reacção continuava lenta e, por conseguinte, de pobre rendimento. Para acelerá-la, testaram inúmeros catalisadores e caíram, por acaso, no ósmio, metal muito raro.

Em 1908 Haber mostrou para a BASF um equipamento que produzia 100 centímetros cúbicos de amoníaco por hora. Começou então uma dura negociação. A companhia, por precaução, comprou imediatamente todo o ósmio disponível no mercado, o que a colocou em posição de força: quem possuísse o ósmio, possuía o segredo do processo (raciocínio válido se não houvesse outro catalisador capaz de substituir o ósmio). Ao mesmo tempo, Carl Bosch e Alwin Mittasch investigavam, sem limite de crédito, outros catalisadores possíveis.

Vendo o tempo passar, Haber informou a BASF que a sua rival, a Hoechst, também estava interessada na descoberta. A jogada foi boa: acto contínuo, a BASF ofereceu-lhe participação nos benefícios e um rendimento anual de 6 000 marcos, ou seja, dobrava o salário do Haber. Mas, poucos meses depois, o sábio mudou de ideia, após um encontro com o banqueiro e presidente da Auer, Leopoldo Koppel, judeu convertido, que se tornou rapidamente seu protector. Haber informou então a BASF que o seu novo amigo lhe propunha a direcção das pesquisas da Auer por um salário de “seis dígitos”. *Bluff* ou não, semelhante notícia alarmou a BASF. Mesmo já tendo comprado a patente, não era de bom augúrio a colaboração de Haber com um concorrente potencial. Principalmente porque Carl Bosch estava com dificuldades para viabilizar industrialmente o processo de Haber. Assim, a BASF jogou um derradeiro trunfo: subiu o salário de Haber para 23 000 marcos, mas colocando um senão à colaboração dele com a Auer, estabelecendo a promessa de oferecer preliminarmente à BASF todo e qualquer novo projecto de pesquisa.

### Anos antes da guerra

Leopoldo Koppel foi um mecenas que procurou estabelecer boas relações com os Estados Unidos.

Em 1905, fundara a Fundação Koppel, cópia do Instituto de Andrew Carnegie, filantropo americano que tanto fizera pela ciência no seu país. Quando, em 1910, o Imperador alemão planeou fundar o Instituto Kaiser Wilhelm, organização pública, semi-privada destinada a atrair fundos privados para a pesquisa, dirigiu-se naturalmente a Koppel. Entusiasmado com a ideia, Koppel recomendou ao Kaiser confiar a responsabilidade do Instituto Kaiser Wilhelm de Físico-química e Electroquímica a Fritz Haber. Assim, em 1911, ele foi para Berlim dirigir este Instituto.

Na capital alemã, Haber privou com industriais e políticos de relevo, a começar pelo Imperador. A sua influência na vida científica alemã tornou-se decisiva. Doce vingança para um homem que tinha sofrido tanta humilhação antes de conseguir uma cátedra de professor no Instituto Técnico de Karlsruhe, em 1906.

Pouco tempo depois, Haber foi consultado sobre a oportunidade de enviar Max Planck e Walther Nernst a Zurique a fim de convidar Albert Einstein a vir para a Alemanha. O pai da relatividade, que se tornara grande amigo de Haber, veio a Berlim em 1913, no mesmo ano em que foi aberta a primeira fábrica de amoníaco.

Com efeito, Carl Bosch havia trabalhado duro durante quatro anos para superar dificuldades imprevistas: para passar de uma ideia de laboratório à produção industrial, o caminho estava repleto de percalços. Bosch, ajudado por centenas de pesquisadores e técnicos, experimentou mais de 20 000 catalisadores antes de encontrar um conveniente<sup>4</sup>. Depois, teve de construir compressores gigantescos capazes de funcionar vinte e quatro horas por dia. Tal proeza trouxe-lhe o Nobel da química em 1931, prémio que compartilhou com Friedrich Bergius. Carl Bosch transformou profundamente o método inicial, mas mostrando falta de modéstia, causou a fúria de Haber ao afirmar “não sobrou nada de Haber aqui”.

Como já foi dito, a fábrica inaugurou-se em 1913, apenas alguns meses antes da Primeira Guerra Mundial (1914-

1918). A sua produção inicial, entre três e cinco toneladas de nitrato por dia, aumentou rapidamente: em 1918 ultrapassava 300 000 toneladas anuais, quantidade superior às importações anteriores à guerra. Sem essa fábrica, a Alemanha teria sido derrotada antes de 1916 por falta de nitrato, devido ao bloqueio marítimo inglês.

### Haber durante a guerra

28 de Junho de 1914: o arquiduque da Áustria, François-Ferdinand, morreu em Sarajevo, vítima de atentado de um partidário da causa sérvia.

Um mês depois, os diplomatas desapareceram atrás dos soldados: a Alemanha e a Áustria-Hungria de um lado, a França, a Inglaterra e a Rússia de outro, começaram a matar-se.

A população de Berlim, entusiasmada, aplaudiu quando o exército alemão violou as fronteiras da Bélgica neutra, em Agosto. Diante da causa patriótica, as querelas internas desapareceram, mesmo quando as tropas do Kaiser massacraram uma parte da população de Louvain.

Tamanha brutalidade suscitou uma justa indignação na França e na Inglaterra. Entretanto, na Alemanha, a elite intelectual apoiou o exército através de um “Apelo ao mundo civilizado”. Tal manifesto, assinado (às vezes sem leitura preliminar) por 93 personalidades do mundo cultural, afirmava: “sem nosso militarismo, a civilização alemã teria sido destruída”. Qualificando de “justo” o castigo que os soldados alemães “foram obrigados a infligir aos bandidos” de Louvain, os signatários interpelavam directamente os seus colegas franceses e ingleses assim: “(Aquele) que não tem medo de excitar mongóis e negros contra a raça branca<sup>5</sup>, oferecendo assim ao mundo civilizado o mais vergonhoso espectáculo que se pode imaginar, é certamente o último a ter direito de reivindicar o papel de defensor da civilização europeia”. Em baixo do manifesto estão os nomes de vários Prémios Nobel, ou futuros premiados: além de Fritz Haber, Wilhelm Roëntgen (física, 1901), Emil Fischer (química, 1902), Philipp Lenard (física, 1905), Paul Ehrlich (medicina,

1908), Wilhelm Ostwald (química, 1909), Wilhelm Wien (física, 1911), Richard Willstätter (futuro Nobel da química, 1915), Max Planck (futuro Nobel da física, 1918) e Walther Nernst (futuro Nobel da química, 1920).

Mas o resultado desta proclamação foi negativo. Os sábios ingleses e franceses (a quem o apelo era destinado) concluíram que não existia mais nada em comum entre eles e os cientistas alemães. Com excepção de algumas trocas de cartas, as relações entre os pesquisadores dos dois lados foram cortadas.

### As armas químicas!

Terminada a primeira batalha do Marne, alguns generais alemães já sabiam que a vitória na frente ocidental seria difícil. O que deveria ter sido um passeio para as tropas do Kaiser, transformou-se em guerra de trincheiras, onde os soldados se atolavam.

O chefe do Estado Maior, Erich Von Falkenhayn, confiou, em Setembro de 1914, a Walther Nernst uma pesquisa sobre gases irritantes e lacrimogéneos para obrigar os soldados aliados a sair das posições e praticar uma guerra aberta. Nernst revelou-se incapaz da tarefa, e Fritz Haber propôs-se para o encargo.

Tratava-se, no entanto, de uma matéria delicada: dois tratados assinados em Haia, em 1899 e em 1907, ratificados em seguida pela Alemanha, tinham proscrito a utilização de gases venenosos. O primeiro texto estipulava que “os signatários concordam em abster-se de usar projecteis cujo único objectivo seja a difusão do gás asfíxiante ou letal”, e o segundo interditava o uso de venenos ou de armas tóxicas nas acções militares. Estariam os gases lacrimogéneos pouco concentrados igualmente proibidos? De qualquer modo, o exército alemão justificou a sua decisão de fabricar gás lacrimogéneo dizendo que o exército francês foi o primeiro a usá-lo.

Desde o início, Haber encontrou sérias dificuldades. Em Dezembro, uma explosão no seu laboratório matou o jovem químico, Otto Sackur. No mês seguinte, um ensaio com bombas carregadas de

lacrimogéneo revelou-se ineficaz. Falkenhayn decidiu então encobrir a produção de venenos de guerra. Para facilitar esta missão, o Kaiser exigiu pessoalmente a nomeação de Haber como capitão, contra a vontade da hierarquia militar. Embora seja um posto sem comando, o sábio ficara eufórico: era uma recompensa inédita para um homem nascido judeu.

O cloro transformou-se no centro da operação: a indústria de corantes produzia-o em grande quantidade. Pesado, este gás voa lentamente quando derramado no chão, dando assim tempo ao vento de carregá-lo para o alvo seleccionado. Falkenhayn captou imediatamente que esse procedimento contornava a interdição da utilização de “projecteis”. Existiria alguém tão estúpido para não ver que um produto esparramado no solo não era transportado por projectil?

Haber organizou uma equipa com Walther Nernst e outros futuros prémios Nobel, os mais activos sendo James Franck (física, 1925), Gustavo Hertz (física, 1925) e Otto Hahn (química, 1944). Não se pode tampouco esquecer Carl Duisberg, director da Bayer, que colocara o aparelho produtivo da empresa à disposição da causa. Por outro lado, Haber deparou-se com a recusa de Emil Fisher: “Desejo-lhe o fracasso, do fundo da minha alma patriótica”, disse este último a Haber, fazendo este sombrio prognóstico: “Os outros farão a mesma coisa<sup>6</sup>”.

Escolheu-se Langermarck (na Bélgica) para o primeiro ensaio. Em Abril de 1915, a maioria dos soldados que defendiam a cidade eram argelinos e canadenses, arrolados pelos exércitos franceses e ingleses. Sob o comando pessoal de Haber, os alemães, durante a noite, soterraram centenas de barris de cloro, aproximadamente 170 toneladas, distribuídos numa linha de cerca de seis quilómetros. De charuto na boca, ele mostrava cuidadosamente os melhores lugares para enterrá-los. Durante vários dias, os alemães esperaram que o vento soprasse na boa direcção e com boa velocidade: se fosse muito forte, o veneno dispersar-se-ia sem ter tempo de agir; se fosse muito fraco, os atacantes correriam o risco de um retorno perigoso de

emanações venenosas. Assim, o ataque só ocorreu no dia 22 de Abril: Falkenhayn, impaciente, já tinha retirado uma parte das tropas, enfraquecendo o potencial ofensivo alemão.

Tão logo abertos, os tambores largaram uma nuvem esverdeada que, lentamente, seguiu na direção dos franceses. O efeito foi terrível: o veneno corrói bocas, olhos e brônquios, causando hemorragia. Asfixiados, muitos homens, com as duas mãos na garganta, sem fôlego, corriam cuspidando sangue. Outros, cegos, davam pequenos pulos, caíam, e iam morrer, lentamente, no meio de grande sofrimento. Alguns soldados que não tinham sido atingidos, tentavam socorrer os amigos e eram colhidos por metralhadoras. Nada é de surpreender que muitos soldados abandonassem as posições, procurando ar respirável, abrindo brechas nas defesas.

As tropas do Kaiser aproveitaram para tomar as trincheiras abandonadas: a sorte da guerra estava por um fio. Mas as guarnições que Falkenhayn retirara faziam falta. Além disso, os alemães caíram na própria ratoeira: sobrava cloro nas depressões do terreno. Isto obrigou-os a retirarem-se, permitindo aos Aliados reorganizarem-se. No dia seguinte, estes lutaram com determinação: era uma resistência redobrada pela indignação. No dia 24 de Abril, novos barris de cloro foram abertos, desta vez contra os ingleses. Mas, o efeito surpresa deixara de existir. Em 27 de Abril, terminada a batalha, os Aliados haviam retomado parte do terreno perdido, mesmo à custa de baixas pesadas: pelo menos 15 000, dos quais 5 000 mortos. (Note-se que vários historiadores negam estes números, e dividem-nos às vezes por dez).

Este crime de guerra, que sujará para sempre o nome de Fritz Haber, repercutiu-se de maneira terrível na sua família. De volta a casa, na noite de 1 de Maio, a meio de uma violenta discussão, a sua esposa indignada pegou num revólver e matou-se. A detonação acordou o filho de catorze anos que aterrorizado tentou socorrer a mãe moribunda, banhada de sangue. Contudo, será obrigado a enterrá-la sozinho: ao amanhecer, Fritz Haber partiu para a frente oriental<sup>7</sup>.

Em 1917, Haber casou-se com uma jovem mulher, Charlotte Nathan, que lhe deu dois filhos, entre os quais Ludwig, actualmente historiador de ciências, especializado em armas químicas.

Um ano antes desta união, Fritz Haber tinha começado a dirigir uma fundação destinada a melhorar as novas armas. Por outras palavras a descobrir outros gases venenosos. Conscienciosamente, assumiu essa função até o fim da guerra, tendo sob sua responsabilidade cerca de 200 pesquisadores. “O Alto Comando encontrou em Haber – dirá Ludwig acerca de seu pai – uma mente brilhante e um organizador extremamente enérgico, determinado e talvez até mesmo, inescrupuloso<sup>8</sup>”.

Haber desenvolveu o uso de substâncias ainda mais mortais que o cloro, como o fosgênio e a yperite<sup>9</sup>. Além disso, não se esqueceu de aumentar a produção de amoníaco, matéria prima indispensável para as munições, bem como para as suas finanças.

Hoje, sabemos que a guerra química não deu a vitória à Alemanha. Emil Fischer tinha razão: em pouco tempo, os beligerantes polvilhavam-se mutuamente com gases venenosos.

### Haber após a guerra

Novembro de 1918: o império alemão desmoronou e a república foi proclamada.

Procurado como criminoso da guerra, Haber refugiou-se na Suíça, onde obteve a nacionalidade, privilégio reservado às pessoas abastadas.

Em Novembro de 1919, recebeu o Nobel da química relativo ao ano 1918, o que causou, imediatamente, uma onda de protestos por parte dos cientistas franceses, ingleses e americanos, que denunciaram a Academia Sueca. Este debate abalou ainda mais Haber, já profundamente deprimido pela derrota da Alemanha. No entender dele, os gases tinham objectivos humanitários porque visavam encurtar a guerra.

Obrigada a explicar-se, a Comissão do Prémio Nobel assegurou que a distinção recompensava somente o inventor da

síntese do amoníaco, graças à qual a fome podia ser combatida no mundo. Sem dúvidas, os adubos obtidos por intermédio do processo Haber-Bosch permitem hoje alimentar pelo menos dois mil milhões de indivíduos.

No entanto, a Comissão comprometeu-se novamente dois anos mais tarde ao atribuir o Nobel da química a Nernst, igualmente declarado criminoso de guerra. É verdade que, em Novembro de 1921 (data do anúncio da atribuição do Prémio Nobel a Nernst referente a 1920), os Aliados já não procuravam os dois homens. Três anos após a guerra, talvez fosse imoral continuar a perseguir-los: todos já sabiam que os Aliados também haviam praticado intensamente a guerra química. Além do mais, as potências vitoriosas não desejavam desacreditar excessivamente uma arma que poderia ser útil nas colónias.

Haber retornou à Alemanha, retomando as suas antigas funções e transformando o seu instituto num importante centro internacional de pesquisas, onde se publicavam centenas de jornais científicos de alto nível.

Na década de 1920, Haber tinha um novo objectivo: salvar a Alemanha do desastre económico. Delírio megalómano? De modo nenhum, dizia ele. Não é verdade que ele já salvara o país uma vez com a síntese do amoníaco? A sua nova ideia consistia em tirar ouro do mar para pagar as pesadas reparações da guerra. Em 1923, principalmente, empreendeu uma campanha de extracção, mas o projecto revelou-se economicamente desastroso<sup>10</sup>.

No terreno das pesquisas, Haber começou a produzir venenos, como anti-gamente, com a desculpa de lutar contra as pragas dos silos, os roedores e os insectos. Entretanto, atrás dessa cortina, ele elaborava na realidade novas armas químicas, para que a Alemanha não perdesse a dianteira para outros países. Assim, a sua equipa criou o Zyklon B. Seria para ele possível prever que esse veneno seria usado nos campos de extermínio nazis, durante a Segunda Guerra Mundial? Seria para ele possível imaginar, que muitos de seus familiares e amigos seriam vítimas desse gás?

## Haber durante o nazismo

Em meados da década de 1920, dois eventos quase simultâneos perturbaram a vida de Haber: um forte prejuízo financeiro e o divórcio com a segunda esposa. Talvez isso o tenha impedido de ver a ascensão do nazismo nos círculos culturais. Se a viu, minimizou-a.

Entretanto, as agressões começaram desde o Outono de 1920 quando Philipp Lenard e Johannes Stark atacaram a relatividade de Einstein a pretexto de ela ferir o “bom senso”, argumento que evoluiu rapidamente: sem demora, a teoria foi catalogada de “fraude judaica”, acusação que os nazistas imediatamente assumiram.

Em 1924, os actos racistas aproximaram-se ainda mais de Haber: o seu melhor amigo, Richard Willstätter, Nobel da química em 1915, renunciou de maneira estrondosa ao trabalho que fazia em Munique. Indignado pelo comportamento do conselho de ensino da universidade que tinha recusado um professor judeu, ele abandonou, para sempre, o seu laboratório. De qualquer modo, a estada de Willstätter na universidade de Munique havia sido sempre dolorosa. Em 1915, o rei Ludwig da Bavária, nervoso, dissera para o ministro que assinava sua nomeação como professor: “Esta é a última vez que permitirei a contratação de um judeu<sup>11</sup>”.

Contrariamente a Einstein, Haber não tomou partido contra a ascensão do nacional-socialismo. Quando Hitler chegou ao poder, em Janeiro de 1933, os dois estavam no exterior: Einstein em Pasadena (Estados-Unidos) e Haber em Cap Ferrat (França) por razões médicas. Imediatamente, Einstein denunciou o hitlerismo, enquanto Haber preparava o seu regresso. No caminho de volta, cruzou-se com inúmeros intelectuais que fugiam do nazismo: em apenas um ano, em 1933, mais de cem cientistas de alto nível deixaram a Alemanha, entre eles vários Prémios Nobel. Tal hemorragia intelectual, só podia enfraquecer o país. Em 1979, Raymond Aron fez uma lúcida observação a Fritz Stern: “O século vinte poderia ter sido o século da Alemanha”<sup>12</sup>. Para medir o desempenho do país, basta citar uma cifra: de 1901 a

1932, isto é, da criação do Prémio Nobel até a chegada de Hitler ao poder, a Alemanha obteve 35 premiados, a esmagadora maioria deles em física, química e medicina. Mesmo a derrota na Primeira Guerra Mundial não conseguiu atrapalhar esta extraordinária realização.

Além dos círculos científicos, a fuga de cérebros atingiu também os meios literários e artísticos: Bertolt Brecht, por exemplo, fugiu primeiro para a Dinamarca, em seguida para a Finlândia, onde ficou pouco tempo; os cineastas Fritz Lang, Max Ophuls foram para a França, etc. Estes lugares de asilo eram atípicos, a maioria dos exilados começava a fuga atravessando o Atlântico. Aliás, o director do *Institute of Fine Arts* (New York) não declarou: “Hitler é o meu melhor amigo, ele sacode a árvore, eu colho as maçãs”<sup>13</sup>?

## O Fim

Pouco após o incêndio do Reichstag (25 de Fevereiro de 1933), Hitler começou uma selvagem repressão, visando inicialmente os comunistas, mas descambando imediatamente sobre qualquer democrata, socialista e sindicalista, sem esquecer grupos étnicos ou religiosos como os ciganos e os judeus.

Com o intuito de “purificar” a administração, um decreto exigia a demissão dos não-arianos. Previa, entretanto, algumas excepções, principalmente para os veteranos de guerra, categoria em que se encontravam Fritz Haber e James Franck, ambos envolvidos com as armas químicas. Eles podiam permanecer, mas deviam demitir os colaboradores judeus, baptizados ou não.

James Franck, achando que se aceitasse essa ignomínia não poderia nunca mais olhar-se num espelho, renunciou à sua função. Numa carta escrita a Haber em Abril, afirmava que não recorreria “a esta migalha de caridade que o governo ofereceu aos veteranos de guerra da raça judaica”. Fazendo clara alusão às hesitações de Haber, ele acrescentava: “Respeito e compreendo a posição daqueles que queiram permanecer em seus postos hoje, mas também é preciso que haja pessoas como eu<sup>14</sup>. Abala-

do, Haber também renunciou, acto cuja validade, entretanto, deveria começar... em 1 de Outubro

Ele gostaria de ter ido morar para a Suíça, mas por falta de emprego, foi para Cambridge. Não suportando o clima inglês, mudou-se para Basileia onde morreu em Janeiro de 1934.

Que sentimentos devemos ter a respeito de Fritz Haber? Admiração pelo cientista ou abjeção pelo criminoso? Além de ter falido na tentativa de aliar integração e patriotismo, ele ilustra, perfeitamente, o paradoxo da ciência: toda a pesquisa pode ser ao mesmo tempo fonte de progresso e de infortúnio. O mesmo homem que inventou a síntese do amoníaco usou a ciência para fabricar armas venenosas.

---

## BIBLIOGRAFIA

- GILLISPIE C. C., *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribners Sons, New York
- GORAN Morris, *The Story of Fritz Haber*, University of Oklahoma Press, 1967; “The Present-Day Significance of Fritz Haber”, *American Scientist*, Julho 1947.
- LEPICK Olivier, *La grande guerre chimique: 1914-1918*, PUF, Paris, 1998.
- Nobel Lectures, Chemistry 1901-1921*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966 (disponível no site: <http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1918/haber-bio.html>). O discurso de Fritz HABER no dia da recepção do Nobel, *The synthesis of ammonia from its elements*, <http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1918/haber-lecture.html>)
- OAKES Elizabeth *A to Z of Chemists*, New York, Facts On File, Inc. 2002.
- PERUTZ Max « Le Cabinet du Dr. Fritz Haber », *La Recherche* n° 297, dezembro de 1997.
- RIVAL Michel, *Aprendizes de Feiticeiro. O Armamento no Século XX: Fritz Haber, Wernher von Braun, Edward Teller* Editorial Caminho, Lisboa, 2002,
- SMIL Vaclav, *Enriching the Earth : Fritz Haber, Carl Bosh and the Transformation of the World Food Production*, MIT press, Cambridge, 2001.
- STERN Fritz, *O Mundo Alemão de Einstein*, Companhia das Letras, São Paulo, 2004.
- STOLTZENBERG Dietrich, *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew: A Biography*, Heritage Press, 2004.

E ainda as seguintes obras do autor:

(com Joëlle Fontaine), *A imagem do mundo, dos babilônios a Newton*, tradução de (*L'Image du monde des Babyloniens à Newton* por Dorothée de Bruchard), Companhia das Letras, São Paulo, 2003.

*L'Image du Monde de Newton à Einstein*, Vuibert Adapt, Março 2005.

*La science au Pêril de sa vie, les aventuriers de la mesure du monde*, Vuibert Adapt, Paris, 2001. (Prémio especial do livro de astronomia em 2002)

#### NOTAS

(1) Citado por Fritz Stern em *O Mundo Alemão de Einstein*, ver bibliografia, p. 97.

(2) “Guano”, palavra de origem quéchua, significa “esterco de pássaro”. Acumulado em grande quantidade nas costas do Peru e do norte do Chile, ele é constituído de sais amoniacais, de ácido úrico, de oxalato de cálcio, etc. Diz-se que os incas já o utilizavam na agricultura.

(3) O salitre chileno é o nitrato de sódio.

(4) O catalisador era ferro em pó misturado com pequenas quantidades de cálcio, de óxido de alumínio e de potássio.

(5) Trata-se de uma alusão aos soldados recrutados pela França e pela Inglaterra nas colónias.

(6) Citado por Thomas Levenson, *Einstein em Berlim*, Objetiva, Rio de Janeiro, 2003, p. 140 (que cita Jeffrey Allen Johnson, *The Kaiser's Chemists*, Chappel Hill, Carolina do Norte, 1990, p. 190). Na realidade, Fischer vai acabar colaborando com uma Fundação dirigida por Haber. No final da guerra, ele irá suicidar-se, magoado pela morte dos filhos na frente de batalha, mas também provavelmente, pela sua participação na guerra química.

(7) Hermann, filho de Clara e Fritz Haber, ficou traumatizado para sempre. Em 1947, também ele se suicidou nos Estados Unidos, acto imitado pouco depois, pela sua própria filha.

(8) Citado por Fritz Stern, p. 146.

(9) Extremamente tóxico, a yperite (ou “gás mostarda”), sintetizado pela primeira vez em 1860 (segundo alguns 1822), foi inicialmente usado em 1917 em Ypres (onde recebeu o seu nome). Para se protegerem, os soldados deviam vestir, além das máscaras, roupas impermeáveis que atrapalhavam os movimentos. Utilizado pelos dois beligerantes, foi um dos mais importantes venenos da Primeira Guerra Mundial.

(10) Estas pesquisas foram feitas de 1921 a 1927. Haber pensava que havia 6 mg de ouro em cada tonelada de água do mar. Mas só achou 0,004 mg, isto é, menos de um milésimo.

(11) Citado por Fritz Stern, p. 173

(12) Citado por Fritz Stern, op. cit. p. 9.

(13) Citado por Wilfried McClay, “Weimar in America”, *American Scholar*, nº 55 [1986], 119-128, p. 120.

(14) Citado por Stern, p. 190.

## Actualidades Científicas

### Células de combustível

Cientistas americanos desenvolveram um procedimento que pode conduzir a um incremento significativo no desempenho de células de combustível, e que leva igualmente a uma diminuição de custos. O revestimento do cátodo com uma fina camada de platina, em alternativa à utilização de um cátodo em metal maciço, possibilita um aumento na eficiência da ordem de 10%, ao mesmo tempo que leva a uma redução na utilização da platina, o que reduz significativamente os custos.

As células de combustível são consideradas como uma fonte de energia mais limpa do que os sistemas convencionais centralizados, já que proporcionam a geração de energia no local, dispensando o transporte da energia desde a fonte até ao utilizador, passo este geralmente muito ineficiente. Por outro lado, não implicam a queima de combustíveis fósseis, ou seja não produzem poluentes no local de geração.

Deste modo, como afirma o investigador Manos Mavrikakis da Universidade de Wisconsin/Madison, “Qualquer avanço que possibilite a redução dos custos dos materiais usados nas células de combustível de baixa temperatura – em grande parte devidos ao custo de metais nobres como a platina – conduziria inevitavelmente ao aumento da competitividade da tecnologia e tornaria mais próxima a sua aplicação na vida quotidiana”.

No entanto, as células de combustível não podem ser 100% eficientes, e o trabalho dos investigadores direcciona-se no sentido de procurar formas de reduzir as perdas de energia que ocorrem e que segundo Mavrikakis se devem em aproximadamente 60% à ineficiência da redução do oxigénio.

Assim, Mavrikakis e Ye Xu da Universidade de Wisconsin/Madison e Junliang Zhang, Miomir Vukmirovic, e Radoslav Adzic do Laboratório Nacional de Brookhaven em Upton, Nova York, estudam formas de reduzir a quantidade de cata-

lisador de platina utilizado nas células de combustível. Experimentaram catalisadores com teores de platina gradualmente inferiores e observaram que existe actividade electrocatalítica para a reacção de redução de oxigénio (ORR) com eléctrodos constituídos por suportes menos dispendiosos (como ouro, paládio, ruténio e irídio), revestidos por uma monocamada de platina.

Na realidade, os investigadores concluíram que os cátodos bimetálicos operam de forma mais eficiente na reacção ORR do que os eléctrodos de platina, apesar de conterem apenas uma pequena fracção deste metal, localizado na monocamada. Adzic e Mavrikakis sugerem que um aumento na eficiência, conjugado com uma diminuição dos custos dos cátodos bimetálicos podem levar ao desenvolvimento de uma alternativa viável às actuais células de ORR. (adaptado de webzine *Reactive Reports* (2005) 44).

Paulo Brito

## LIDER MUNDIAL EM REOLOGIA

A TA INSTRUMENTS é líder mundial em reologia com uma focagem sem paralelo na indústria e investigação.

O compromisso com a inovação é comprovado; o desejo de fazer medidas reológicas melhor do que os seus concorrentes comprova-se pelos contínuos avanços nos seus diferentes produtos. A aquisição da firma Rheometrics permite a oferta de todos os tipos de sistemas existentes no mercado, desde sistemas operando a tensão controlada como sistemas operando a deslocamento controlado. O modelo AR 2000 é o equipamento mais vendido no mercado. Esta unidade possui capacidades de medição sem comparação e um conjunto de acessórios único. Entre outras, podem citar-se:

- Motor de arrastamento, modelado permitindo uma vasta gama linear de torções
- Inércia de baixo valor para o melhor controle de tensão e deslocamento
- Controle directo da tensão e oscilação em toda a gama de trabalho do equipamento
- Desenho ultra robusto do corpo do equipamento
- Transdutor de força manual separado
- Electrónica isolada do resto do equipamento
- Sistemas periféricos de troca rápida e identificação automática (Smart Swap)
- Representação em tempo real da forma de onda em oscilação
- O único sistema de tensão controlada disponível num corpo único de alumínio



## UM NÍVEL SUPERIOR EM CALORIMETRIA

A TA Instruments fabrica diversos tipos de equipamentos na área da calorimetria. Para além dos calorímetros de varrimento, fornece também equipamento de análise termogravimétrica, equipamentos combinados de DSC/TG, DMA e TMA. O DMA Q800 é o estado da arte em análise dinâmico/mecânica.

A unidade utiliza uma tecnologia semelhante à dos reómetros, de atrito reduzido. O deslocamento é medido utilizando um descodificador óptico que proporciona elevada sensibilidade e resolução. A unidade é utilizada na caracterização de propriedades viscoelásticas de vários tipos de materiais sólidos e é ideal para aplicações em materiais de forte resistência incluindo compósitos.



## TECNOLOGIA T<sub>0</sub> PARA CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARRIMENTO (DSC)

Um desenho superior para desempenhos de alto nível. O novo sensor T<sub>0</sub> melhora a resolução em 300% comparativamente aos sistemas tradicionais.

A estabilidade da linha de base e a sensibilidade melhoram de uma ordem de magnitude em relação também aqueles sistemas.

A possibilidade de automação dá ao utilizador resultados rápidos, reprodutíveis e exactos.

A utilização do chamado DSC modulado, torna a análise dos dados, ainda mais simples, trazendo mais luz à análise de alguns eventos de difícil interpretação.



TA INSTRUMENTS

**ELNOR** – Equipamentos Técnicos e de Laboratório, S.A.

B R.D.Frei Jerónimo de Brito e Melo Nº 835 • 4465-642 LEÇA DO BALIO • PORTUGAL

✉ P.O.Box 1019 • 4470 MAIA CODEX • PORTUGAL

• Phone: (351 22) 90 50 400

• Fax : (351 22) 90 50 499

# CEMUP

## Centro de Materiais da Universidade do Porto

Uma experiência de uso partilhado de recursos avançados em ciência e tecnologia

CARLOS P. MOREIRA DE SÁ\*

**Resumo** O CEMUP é uma infra-estrutura da Universidade do Porto que opera como um centro de meios tecnológicos comuns de apoio à investigação, na caracterização morfológica, microestrutural e microanalítica de materiais de natureza muito diversa. Neste artigo explicitam-se as motivações e sucessos que conduziram à sua

constituição e progresso, identificam-se as suas facilidades e recursos experimentais, caracteriza-se a sua actividade e as perspectivas para o futuro. Procuo finalmente sintetizar e explicitar as lições recolhidas das dificuldades e sucessos de um percurso que tem já mais de duas décadas.

É hoje quase inquestionável a vantagem e a necessidade da partilha da utilização (e encargos) de equipamentos e infra-estruturas científicas de maior dimensão por grupos de investigadores com interesses comuns – eventualmente transversais a domínios de investigação ou áreas disciplinares.

Esta forma de proceder, que há décadas nos chega como exemplo de organização dos países mais avançados em ciência e tecnologia, apesar de mais ricos em recursos disponibilizados para investigação e desenvolvimento, teve contudo um lento progresso entre nós.

A pequena estória do CEMUP é certamente um dos exemplos da afirmação e vencimento desta ideia.

### Origem

A constituição do CEMUP é fruto da iniciativa de um núcleo de investigadores dos Departamentos de Engenharia Metalúrgica e de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Porto – FEUP e do Departamento de Física da Faculdade de Ciências do Porto a que se associaram outros investigadores das universidades do Minho e Aveiro, e que no final da década de 70 promoveram a

criação de uma infra-estrutura, no âmbito da Universidade de recursos avançados de caracterização de materiais – nomeadamente a microscopia electrónica – em condições de funcionamento regular e sustentado e acesso universal, em apoio da actividade dos investigadores na área dos materiais, que à data sentiam enormes carências neste domínio, mas que desde a primeira hora se pretendeu aberta a outras áreas científicas.

O apoio da Reitoria da Universidade do Porto a este projecto, e o suporte financeiro inicial da JNICT, da Fundação Gulbenkian e da INVOTAN permitiram a aquisição dos primeiros equipamentos, e a instalação em 1981 do primeiro laboratório de Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise por Raios X. Esta iniciativa torna o CEMUP pioneiro na introdução no País de técnicas avançadas de caracterização microanalítica de materiais, na realização de actividades de formação nestas áreas, e na forma de disponibilizar o acesso aos seus laboratórios aos investigadores e às empresas, constituindo um verdadeiro centro de meios tecnológicos comuns, cujo financiamento depende de forma relevante dos investigadores e grupos que

utilizam as instalações experimentais disponíveis nos seus laboratórios

O financiamento conseguido no quadro de programas de reforço da infra-estrutura tecnológica nacional – como o Projecto Educação Tecnológica financiado pelo Bird – e no âmbito de projectos de investigação permitiram que o CEMUP constituísse ao longo da década de noventa uma infra-estrutura relevante, na Universidade do Porto, e ao nível do País, no que se refere a técnicas avançadas de caracterização de materiais, por métodos de resolução espacial elevada, compreendendo instalações experimentais complementares integrando a microscopia óptica e análise quantitativa de imagem, a microscopia electrónica de varrimento (convencional e de elevada resolução) e microanálise por raios-X, e a análise de superfícies por espectroscopia de electrões.

Este resultado é fruto da acção prosseguida ao longo de mais de duas décadas, pela Comissão Instaladora, Comissão Directiva e investigadores e técnicos envolvidos na actividade do CEMUP, do interesse e apoio continuado da Reitoria da Universidade do Porto e dos muitos investigadores com interesse na sua actividade.

\*Director do CEMUP, Investigador Principal da FEUP (cmsa@cemup.up.pt)  
CEMUP, Rua do Campo Alegre, 823, 4150-180 PORTO



**Figura 1** Laboratórios do CEMUP – microscopia electrónica de varrimento e microanálise por raios X, de análise de superfícies e de metalografia quantitativa

### Objectivos, actividade e modo de funcionamento

O CEMUP foi constituído com o propósito de apoiar as actividades de investigação e desenvolvimento e de formação científica e técnica de quadros superiores na área dos materiais, de qualquer natureza, servindo os diferentes departamentos e centros de investigação da Universidade do Porto, de outras universidades, instituições públicas e privadas e empresas industriais.

Na prossecução deste objectivo, e dispondo de recursos experimentais para a caracterização de materiais com elevada resolução espacial, a actividade do CEMUP está centrada no apoio às actividades de investigação e desenvolvimento e na prestação de serviços à indústria e laboratórios envolvendo o estudo e caracterização morfológica, microestrutural e microanalítica de materiais, e na realização de acções de formação científica e técnica de quadros de nível superior.

O desenvolvimento da sua actividade e modo de funcionamento tem tido como princípios orientadores:

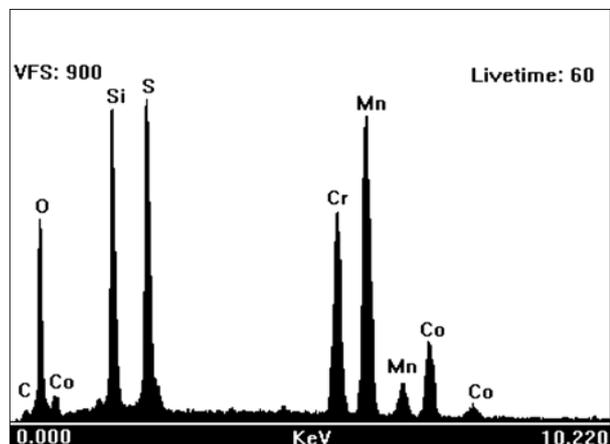
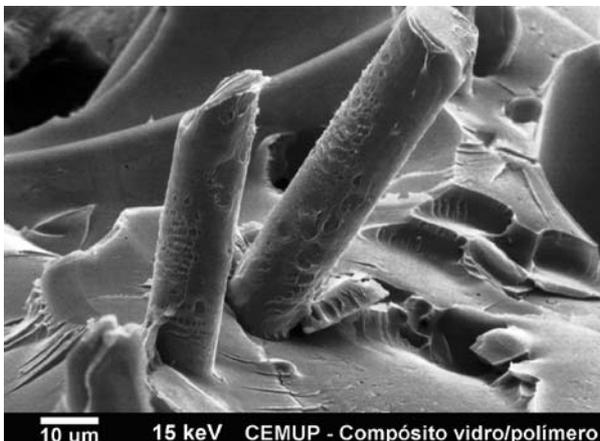
- Funcionamento como uma estrutura aberta com actividade dirigida para o exterior e centrada no interesse dos investigadores que utilizam a infra-estrutura, assegurando acesso universal e apoiado (serviço) às instalações experimentais;
- Actividade diversificada de prestação de serviços aos investigadores, a unidades de interface da universidade e ao exterior: a laboratórios, institutos tecnológicos e empresas;
- Actividade diversificada de formação: empenhamento na formação inicial e avançada de investigadores e estudantes pós-graduados e dos cursos regulares da U.P., realização regular de cursos de formação e acções de demonstração científico-técnica, máxima disponibilidade para acções de colaboração;

- Adopção do princípio da partilha de recursos – partilha de custos, assegurando uma capacidade mínima de auto-financiamento que permita uma resposta expedita às necessidades de manutenção/reparação dos equipamentos;

Estes princípios, presentes desde a entrada em funcionamento das primeiras instalações experimentais, enformam a sua organização e regulamento de prestação de serviços.

Com limitações que certamente se podem apontar à sua actividade e funcionamento, o CEMUP tem contribuído de forma significativa para o desenvolvimento da actividade de investigadores provenientes de uma grande diversidade de áreas disciplinares: física, química, engenharias metalúrgica e de materiais, química, mecânica e civil, biologia e medicina, geologia e arqueologia, da Universidade do Porto e de outras universidades portuguesas, que se traduz no acesso aos seu laboratórios por cerca

**Figura 2** Imagem de microscopia electrónica de varrimento de um material compósito (matriz polimérica + fibra de vidro) e espectro de emissão de raios X (EDS) da uma amostra metálica



de uma centena de investigadores/ano, em média nos últimos anos, dos quais mais de 25% são exteriores à U.P.

As actividades de formação exprimem-se na realização regular de acções de formação, desde 1987, nas áreas das técnicas disponíveis nos seus laboratórios – microscopia electrónica, análise de superfícies e análise de imagem para caracterização da microestrutura de materiais – que envolveram mais de 450 investigadores e técnicos ao longo de mais de uma década, e pela colaboração em cursos de mestrado e em outras activi-

dades de formação pós-graduada e curriculares dos cursos da U.P. .

### Instalações experimentais. Laboratórios

Os laboratórios do CEMUP, apresentados na Figura 1, constituem um conjunto coerente de instalações experimentais complementares e compreendem:

- O Laboratório de Microscopia Electrónica de Varrimento e Microanálise por Raios X (SEM/EDS convencional e FE-SEM/EDS) com vocação para a caracte-

rização morfológica, microestrutural e microanalítica de materiais muito diversos, como exemplifica a Figura 2;

- O Laboratório de Análise de Superfícies por espectroscopia de electrões (XPS/AES) vocacionado para o estudo e caracterização química de superfícies e interfaces – no estado primário ou modificadas por acção experimental, exemplificado na Figura 3;
- O Laboratório de Metalografia Quantitativa (microscopia óptica e análise quantitativa de imagem) vocacionado

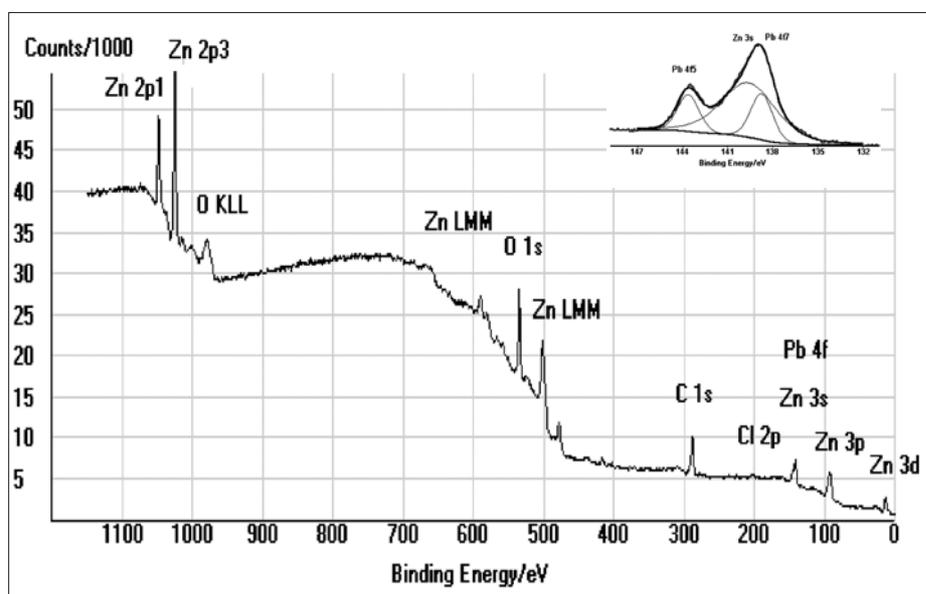


Figura 3 Espectro XPS de uma amostra metálica sujeita a tratamento da superfície

para o exame e caracterização morfológica/microestrutural de amostras com preparação metalográfica (secções planas), como mostra a Figura 4;

- Meios complementares de preparação de amostras e materiais

Existem também um secretariado, uma pequena biblioteca, sala de cursos e gabinetes para investigadores, instalados em edifício próprio.

### Perspectivas para o futuro

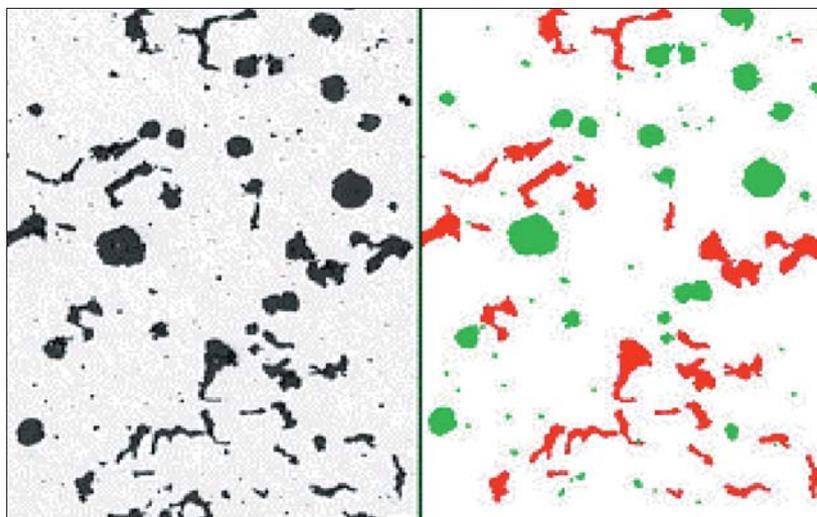
A importância do desenvolvimento da investigação na área dos materiais, motivou as unidades de investigação da U.P. nesta área no propósito de assegurar a actualização tecnológica dos labo-

ratórios existentes na U.P., com introdução de novas valências nos métodos já disponíveis, e instalação de novos equipamentos experimentais para outras técnicas avançadas de caracterização (não disponíveis ou de difícil acesso na comunidade académica a nível regional ou nacional), que são indispensáveis ao prosseguimento da investigação na área dos materiais e em áreas com interesses afins.

A utilização partilhada de recursos constitui uma forma eficaz de um grande número de investigadores de diferentes grupos e áreas de investigação aceder a equipamentos científicos e tecnológicos avançados, quer por motivo do seu custo de aquisição ou de operação/mantenção, quer pela necessidade de

constituir uma massa crítica que permita o concurso de pessoal técnico especializado e assegure a utilização continuada e apoiada dos equipamentos em condições de operacionalidade e eficácia.

O reconhecimento deste princípio, já consubstanciado no CEMUP, e da relevância dos recursos, actividade e experiência desta infra-estrutura, conduziu à constituição de um consórcio de uma dezena de unidades de investigação, associando o CEMUP como parceiro estratégico, que deverá permitir assegurar através da execução de um projecto submetido ao Programa de Re-equipamento Científico da FCT, a actualização tecnológica das instalações já disponíveis de microscopia electrónica de varri-



**Figura 4** Análise de imagem da microestrutura de um ferro fundido, obtida por microscopia óptica

mento – com introdução de novas valências de CrioSEM, ESEM e EBSD – e a introdução de novas tecnologias de microscopia de varrimento de sonda SPM-AFM/STM.

### As lições de um percurso

A actividade regular do CEMUP desde há mais de duas décadas, com a utilização continuada dos seus laboratórios por um número elevado de investigadores de uma diversidade de instituições e grupos de investigação a nível local e nacional, e o interesse no prosseguimento e alargamento da sua actividade, comprovados pela sua associação a um consórcio de Unidades de Investigação da U. P. que protagoniza um projecto para o seu re-equipamento, atestam a relevância da sua actividade para o desenvolvimento da investigação na área dos materiais.

A origem e o longo período de actividade do CEMUP, oferecem uma experiência de que é possível extrair contributos para a discussão e definição dos princípios orientadores e condições de funcionamento de centros de recursos científicos e tecnológicos de uso comum.

Do que aprendi ao longo desta experiência que tive oportunidade de contribuir para colocar em prática, considero de realçar as seguintes orientações fundamentais, que apenas enumero sem discussão mais detalhada:

- I. A afirmação do interesse comum de partilha de recursos por um conjunto alargado de investigadores/unidades de investigação, com a fixação de objectivos e de um quadro institucional bem definido;
- II. A constituição de uma infra-estrutura com uma massa crítica mínima de recursos experimentais e competências, integrando recursos humanos com formação adequada, motivação e horizonte temporal de actividade alargado;
- III. A organização e funcionamento como estrutura aberta com actividade dirigida para o exterior e centrada no interesse dos investigadores que utilizam a infra-estrutura: consubstanciada em condições de acesso universal e apoiado (serviço) e multidisciplinar aos meios experimentais;
- IV. A actividade diversificada integrando três componentes fundamentais:
  - a. o apoio às actividades de investigação e desenvolvimento dos investigadores – utilização apoiada das instalações experimentais e prestação de serviços a unidades de interface;
  - b. a prestação de serviços ao exterior: a laboratórios, institutos tecnológicos e empresas
  - c. o empenhamento no desenvolvimento de actividades de formação inicial e avançada de investigadores e estudantes pós-graduados e acções de demonstração;
- V. A adopção do princípio da partilha de recursos – partilha de custos, com vista a assegurar uma capacidade mínima de auto-financiamento que permita uma resposta expedita às necessidades de manutenção/reparação dos equipamentos;
- VI. A supervisão pelos grupos de investigadores com especial interesse na infra-estrutura: na definição das normas gerais de organização e funcionamento, planos de actividade e dos objectivos de desenvolvimento de médio prazo.

Tomando por referência estes princípios orientadores, o sucesso relativo do projecto do CEMUP, resulta também, manifestamente, de algumas características específicas. Merecem especial realce a adequação dos recursos experimentais ao interesse de um sector relevante de investigadores e áreas de investigação, a continuidade e regularidade da actividade dos laboratórios e da sua utilização apoiada por pessoal tecnicamente competente, a complementaridade dos equipamentos e laboratórios e a rentabilização dos equipamentos resultante da sua utilização comum e da partilha dos encargos de funcionamento.

Por último, mas com especial importância e actualidade, o facto de a partilha de recursos comuns constituir uma plataforma e estímulo de cooperação interdisciplinar/multidisciplinar entre investigadores.

# Manuel J. D. L. de Almeida

ENTREVISTA CONDUZIDA POR JORGE MORGADO

O Prof. Manuel Almeida foi um dos investigadores que recebeu o Prémio de Excelência do MCIES (agora MCTES) que pretende reconhecer os investigadores que, desenvolvendo actividade no país, atingiram um reconhecido nível de produtividade e qualidade do trabalho de investigação científica. A sua actividade tem sido desenvolvida no domínio dos materiais, o tema de capa deste nú-

mero do Boletim da SPQ. Actualmente, além da coordenação do Grupo de Estado Sólido do Departamento de Química do Instituto Tecnológico e Nuclear, onde é Investigador Principal, desempenha também as funções de Vice-Presidente desse Instituto. Esta entrevista teve lugar no ITN no dia 12 de Maio de 2005.

**Esta entrevista surge integrada num volume do Química dedicado a Materiais e na sequência do Prémio de Excelência que, em conjunto com vários investigadores nacionais, lhe foi atribuído pelo MCIES (agora MCTES).**

**O que representa, para si, este prémio?**

É um reconhecimento mais simbólico que outra coisa, e com a vantagem de se basear num critério que, embora discutível, é objectivo.

**E um incentivo?**

Já não tanto. É mais a nível simbólico...

**Mais do que monetário?**

Do ponto de vista monetário não é muito expressivo, embora, nos dias que correm, nenhum apoio se possa desperdiçar.

**Desde há cerca de 2-3 anos que conjuga a coordenação do Grupo de Estado Sólido com a Vice-Presidência do ITN (Instituto Tecnológico e Nuclear). Como conjuga estas duas responsabilidades?**

Roubando algumas horas de sono...

**É difícil repartir-se entre estas duas actividades?**

Indubitavelmente que não é fácil e envolve sempre o sacrifício de algumas ac-



tividades e de algum tipo de trabalho mas, uma vez que é uma opção minha repartir-me, faço os possíveis por fazê-lo.

**Digamos que é uma etapa ou foi o espírito de missão que o levou a aceitar o cargo na direcção do ITN?**

O que me levou a aceitar o cargo para que fui convidado no ITN foi o pensar que não podia fugir relativamente às responsabilidades de gestão de uma casa a que pertenço, sobretudo depois de ter publicamente criticado a experiência do passado mais recente. Achei que, se não aceitasse o convite, ficaria

numa situação de crítica gratuita. Portanto, considero que isso faz parte das minhas obrigações. Agora, isso não representa para mim o fim das actividades de investigação, que, acima de tudo, são aquelas que eu prezo na minha carreira e que justificam que se faça também alguma gestão, que é a gestão da ciência. Aliás considero que a responsabilidade da gestão científica nunca pode ficar entregue a pessoas que não saibam o que é a ciência, a vivam e nela tenham dado provas.

**Voltando à sua carreira de investigação, fez o doutoramento em Portugal e efectuou um pós-doutoramento nos EUA.**

Fiz doutoramento cá em Portugal, orientado pelo Prof. Luís Alcácer, embora com algumas estadias mais ou menos longas feitas no estrangeiro, em particular na Dinamarca. A parte experimental em Portugal foi feita em Sacavém, enquanto assistente no Técnico, onde prestei provas em Março de 1984. O pós-doutoramento foi feito nos EUA, entre Agosto de 1985 e Setembro de 1986, no grupo do Prof. Tobin Marks, na Universidade de Northwestern.

**De que forma acha que o pós-doutoramento que fez no estrangeiro contri-**

**buiu para a sua formação e para a definição da sua carreira de investigação?**

Não tanto na definição da carreira, mas acho que foi extremamente útil para a minha formação, sobretudo pela oportunidade que me deu de ver e de contactar directamente com outro ambiente e estilo de trabalho, além de poder contactar com actividades de investigação diferentes. Abriu de facto bastantes perspectivas novas, mais quanto aos métodos de trabalho do que propriamente quanto à definição da minha carreira.

**Actualmente é comum combinar o doutoramento em Portugal com um pós-doutoramento no estrangeiro. Acha que este modelo é um boa conjugação do ponto de vista da formação dos nossos investigadores?**

Eu diria que deveria ser quase obrigatório. Penso que desta forma as pessoas adquirem parte da sua formação em temas diversos de investigação e ambientes de trabalho distintos, e isso é muito importante.

**Voltando à sua carreira, depois do seu regresso dos EUA foi docente no IST, não sei se em simultâneo com a sua actividade aqui no ITN.**

Não exactamente. Eu, de facto, fui docente no IST até Maio de 1985, ainda alguns meses antes de ir para os EUA. Embora em Junho de 1985 tivesse entrado para o então LNETI em Sacavém como Investigador Auxiliar, deixando o cargo de Professor Auxiliar no IST, continuei a assegurar as aulas e avaliações no IST até ao final do semestre, porque não seria bom deixar de o fazer, e só depois é que fui para os EUA no final de Agosto. Quando regressei dos EUA, em Setembro de 1986, recomecei novas funções em Sacavém (então LNETI). Posteriormente ainda dei algumas aulas no IST, por um curto período, como Professor Convidado.

**Portanto, quando regressou, voltou ao ITN, que na altura ainda não era ITN...**

Regressei ao sítio de onde formalmente já tinha saído, embora só a partir de então tivesse começado verdadeiramente as novas funções e a formar um grupo de investigação.

**Antes de ter ido para os EUA já havia neste Instituto, que não era ainda o ITN, mas era sobretudo conhecido pelo Nuclear, um grupo de investigação nesta área de materiais. Como é que o seu grupo se enquadra neste Instituto?**

Foi no tempo em que o Prof. Luís Alcácer aqui era investigador que se iniciou o trabalho de investigação nesta área. Na altura ainda não era ITN mas sim Laboratório de Física e Energia Nuclear, LFEN, que depois passou a LNETI, mais tarde INETI e só desde 1996 a ITN. Portanto foi o Luís Alcácer que iniciou a actividade de investigação no estado sólido no sector da Química, no âmbito das quais eu e o Rui Teives fizemos o nosso Doutoramento. Quando o Luís Alcácer optou definitivamente por ir para o IST como Professor Catedrático em dedicação exclusiva, os responsáveis por Sacavém, em particular o Pires de Matos e o Peixoto Cabral, com apoio da Direcção da altura, entenderam que se deveria manter a investigação iniciada neste domínio e expandi-la dentro da área dos materiais. Foi no contexto dessa decisão que eu e o Rui Teives, que aqui já estávamos a fazer trabalho enquanto docentes do IST e ISEL, fomos depois admitidos no então INETI em Sacavém, sensivelmente na mesma data.

**Como se deu depois o crescimento do grupo até à dimensão que tem hoje? Quais os marcos mais importantes dessa progressão?**

Eu tenho que recordar bem isso. Quando regressei dos EUA já aqui estava o Rui Teives no grupo, na fase final da sua tese, bem como o Vasco da Gama, que já tinha estado a fazer trabalho aqui em Sacavém como bolseiro e que entretanto foi também admitido. O Vasco da Gama já fazia parte do grupo, embora a trabalhar na tese de mestrado, sob orientação do Prof. Luís Alcácer, em electrodeposição de silício amorfo. Essa altura coincidiu com um período em que havia bastante apoio da Comunidade Europeia para jovens investigadores. Houve assim a possibilidade de ter uma série de estudantes e bolseiros a trabalhar aqui, e depois, não me recordo exactamente dos anos, foi feito um recrutamento progressivo de algumas dessas pessoas para o quadro do INETI.

Nessa altura, uma boa parte das actividades estava centrada num projecto sobre silício, incluindo a purificação do silício metalúrgico produzido em Portugal pela CPFE. Acontece que a actividade da CPFE foi descontinuada, salvo o erro, em 1987. Portanto, em 1986-1987, quer no projecto do silício quer no projecto dos materiais condutores moleculares, havia uma série de pessoas a trabalhar no grupo ou como funcionários ou como bolseiros. O Vasco estava a trabalhar na deposição de silício amorfo. Havia pessoas que estavam a trabalhar com um contrato especial da CPFE na purificação do silício metalúrgico e que mais tarde foram recrutadas, que foi o caso do António Gonçalves e da Isabel Santos e, também, nessa altura, não sei exactamente em que ano, foi recrutada a Elsa Branco Lopes. A existência de estudantes e bolseiros no grupo, a todos os níveis (licenciatura, doutoramento e pos-docs) e quer nacionais ou estrangeiros, tem sido sempre uma constante no grupo desde a sua origem.

**Mas a actividade inicial do grupo centrava-se muito nos condutores orgânicos, de base molecular ....**

Não exactamente. Nessa altura havia uma parte, digamos que cerca de 50% das pessoas, a trabalhar em condutores orgânicos e outros 50% em torno do silício. Quer na purificação do silício metalúrgico quer na electrodeposição do silício amorfo. Esta actividade do silício veio depois a ser descontinuada, na sequência, por um lado, do encerramento da CPFE e da falta de interesse por parte da nossa indústria, com o que uma boa parte da motivação desse projecto desapareceu. Em simultâneo, em 1987, dá-se o surgimento dos supercondutores de alta temperatura crítica que vieram mobilizar muitíssimo mais interesses, quer do ponto de vista científico quer de financiamento. Em face disso, o projecto do silício acabou por ser descontinuado definitivamente, salvo erro em 1989 ou 1990, e durante alguns anos a partir de 1987 houve uma actividade também muito intensa em supercondutores cerâmicos de alta temperatura crítica. Quero salientar, no entanto, que grande parte do *know how* adquirido durante o projecto do silício, por exemplo as técnicas

de fusão e de crescimento de cristais a alta temperatura, veio depois a ser utilizada com sucesso pelo António Gonçalves no contexto de um projecto diferente, em torno de compostos intermetálicos. Portanto, todas as técnicas de fusão a alta temperatura foram canalizadas para esse novo domínio de actividade que mais tarde, e até hoje, veio a ocupar uma parte significativa dos interesses no grupo. Mais tarde, não sei precisar agora exactamente quando, mas salvo o erro a partir de 1991, é que o António Gonçalves começou o trabalho da tese de Doutoramento precisamente sobre os intermetálicos com urânio, o que marcou o início dessa linha de actividade no grupo.

**Essas, são portanto, as duas áreas actuais de actividade do seu grupo: os materiais moleculares, não apenas do ponto de vista da condutividade mas também das propriedades magnéticas, e os intermetálicos.**

Sim, grosso modo sim, embora em qualquer dessas grandes áreas haja ainda uma grande diversidade de temas centrais, que tem evoluído ao longo dos anos. Talvez deva salientar que em todos os casos tenho procurado conciliar, no trabalho do grupo, as actividades de química preparativa, incluindo a síntese de novos compostos, com o estudo das propriedades físicas, segundo as mais diversas técnicas de estado sólido que temos vindo a implementar, com algum destaque para as técnicas de baixa temperatura e campos magnéticos intensos. A combinação dessas valências, que exige sempre uma equipa grande e multidisciplinar, tem sido precisamente uma das marcas do trabalho do nosso grupo. Sem uma equipa diversificada e dedicada a tempo inteiro em manter operacionais os diferentes equipamentos e infraestruturas, o nosso trabalho não seria possível. Saliento que muitas das nossas infraestruturas especializadas são relativamente raras e por isso tem sido sistematicamente procuradas e postas ao serviço de investigadores do país e do estrangeiro.

**E do ponto de vista das colaborações? Sei que tem um número significativo de colaborações com grupos, quer a**

**nível nacional quer internacional. Há algumas dessas colaborações em particular que queira mencionar, pelo papel mais relevante que possam ter tido na evolução do grupo?**

Há várias. Começava por referir que a colaboração com o Técnico, desde o tempo do Prof. Alcácer, embora depois com outros interlocutores, se manteve sempre como significativa. Inicialmente, mesmo depois de o Prof. Luís Alcácer ter saído formalmente para o IST, ele continuou a dar apoio e colaboração a algumas actividades, sendo parceiro em alguns projectos. Mas devo dizer que continuámos a ter sempre até hoje uma colaboração com várias pessoas do Técnico, mais centrada nos materiais moleculares. Através do Rui Teives, depois dele ter ido para o Técnico, sendo que ainda hoje é responsável aqui no ITN por um projecto e também com outras pessoas, entre elas a Teresa Duarte que nos ajudou na formação de muitos elementos na cristalografia, a começar pela Isabel C. Santos.

Noutros capítulos tem havido também a nível nacional colaborações importantes, entre as quais eu destacava a colaboração com o grupo da Prof. Margarida Godinho, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, que foi iniciada no âmbito do primeiro projecto dos supercondutores de alta temperatura crítica em 1988 e que se tem mantido até à data no âmbito das propriedades magnéticas dos intermetálicos. É uma colaboração que se tem mantido a um nível bastante estreito ao longo destes anos, com a qual adquirimos em conjunto diversos equipamentos de relevo para a caracterização magnética, que são partilhados nas duas instituições, e desde os últimos 6 anos integramos o mesmo Centro de Investigação. A nível nacional julgo que estas têm sido as mais significativas e que têm durado mais tempo.

A nível internacional tem havido também várias colaborações importantes. Inicialmente, após a minha vinda dos EUA colaborámos bastante com um grupo do CNRS (LEPES – *Laboratoire d'Étude des Propriétés Electroniques des Solides*) em Grenoble, quando iniciámos actividade nos óxidos e bronzes de molibdénio condutores de baixa dimensio-

nalidade, colaboração essa que depois se estendeu aos supercondutores e a outros materiais. Também houve uma colaboração, que tinha vindo desde o tempo da tese do Rui Teives com o *Laboratoire de Physique des Solides* do CNRS em Orsay. Esta colaboração tem sido mantida até hoje com regularidade, com diferentes pessoas, embora sem ter sido tão estreita. Mas tem sido um laboratório com o qual tem havido, desde há mais de vinte anos, algumas publicações conjuntas com diferentes autores.

A colaboração com o LEPES foi particularmente estreita e durou para cima de dez anos, principalmente entre 1987 e 1998, embora ultimamente esteja mais adormecida, porque os interesses dos diferentes laboratórios têm divergido para outro tipo de materiais, sem se interceptarem.

Há talvez já uns 13 anos que nós iniciámos uma colaboração com o grupo da Prof. Concepció Rovira, do CSIC em Barcelona, colaboração essa que assumiu uma dimensão crescente e que se tem mantido muito significativa até aos nossos dias. Tem sido centrada nos aspectos da química dos compostos moleculares, em particular na síntese de alguns ligandos e doadores orgânicos.

Mais recentemente tem havido uma colaboração também com Espanha, com o grupo do Prof. Eugénio Coronado de Valência, para a caracterização de alguns materiais moleculares, condutores ou magnéticos, preparados em Valência.

Finalmente, apesar de mais recente, devo referir que nos últimos três anos foi iniciada uma colaboração com o Dr. James Brooks do *National High Magnetic Field Laboratory* na Flórida, para o estudo sob campo magnético intenso dos compostos que têm sido uma marca do grupo desde há mais longa data, desde o tempo do Prof. Alcácer. Esta colaboração, apesar de recente, tem vindo a dar origem a resultados muito espectaculares e algo inesperados nos dois últimos anos, obtidos curiosamente nos compostos cujos primeiros estudos têm origem na tese do Luís Alcácer.

Há naturalmente outras colaborações, mas estas foram talvez as mais marcantes.

Em todas elas a formação de jovens investigadores tem sido uma constante, e desde há longa data que com estas e outras colaborações recebemos regularmente no nosso laboratório muitos jovens estrangeiros que aqui completam a sua formação de pós graduação.

**O estudo desses compostos teve a sua génese há cerca de trinta anos. Acha que nos próximos tempos continuará a ser um campo interessante ou considera a possibilidade de, no futuro, os interesses do grupo mudarem para outro tipo de materiais?**

Os interesses do grupo têm vindo sempre a ser diversificados, evoluindo para compostos relativamente diferentes e acho que vai continuar a ser assim. Neste capítulo, das propriedades eléctricas e magnéticas dos materiais, a química oferece-nos um campo enorme, praticamente infinito, de diferentes ma-

térias com enorme potencial de propriedades muito interessantes. Agora, o que a história também mostrou é que, relativamente ao tipo de compostos com quais o Prof. Alcácer iniciou a sua tese há cerca de trinta anos (no ano passado celebramos 30 após a primeira publicação), há, sistematicamente, novidades e coisas interessantes que são encontradas, pois são compostos com dois tipos de cadeias na mesma estrutura (condutoras e magnéticas) com características muito especiais e apesar de tudo ainda únicas. Não sei até quando será possível continuar a trabalhar com estes compostos mas ainda há neles coisas por fazer e fenómenos físicos que só neles poderão ser estudados.

**Em relação ao futuro, o que gostaria de fazer do ponto de vista de trabalho de investigação?**

Penso que o domínio dos materiais e das suas propriedades eléctricas e magnéticas, que têm sido o grande tema de interesses que nós temos cultivado no grupo, é um domínio bastante vasto, com grande crescimento e relativamente ao qual há imensas coisas com interesse. E, em particular, considero que os materiais moleculares são aqueles que talvez ofereçam os desafios mais interessantes, precisamente por apelarem mais à capacidade de síntese dos químicos para se obterem propriedades especiais, por exemplo, combinando à escala molecular funções eléctricas e magnéticas. Penso que neste domínio, da multifuncionalidade à escala molecular, há imensa coisa que eu gostaria de fazer. Estou certo que o grupo encontrará sempre, nesta área, que de resto é uma área de interesse crescente a nível mundial, diversos motivos de interesse e novos desafios para as suas actividades.

#### **Perfil do Prof. Manuel Almeida**

Nasceu em Lisboa em Julho de 1952. A fase inicial da sua formação académica envolveu a passagem pelo Colégio Militar em Lisboa, tendo-se licenciado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico (IST), em 1975, e concluído o doutoramento no mesmo Instituto, em 1984. Em 1993 obteve a Agregação em Química, também pelo IST.

Passou pela carreira docente, tendo, ainda aluno, começado por ser Monitor no então Departamento de Química-Física do IST, onde foi Assistente após a licenciatura e Professor Auxiliar depois do doutoramento. Mais tarde, no período de 1990 a 1996, voltou a leccionar no IST, como Professor Convidado de Ciência de Materiais.

Entretanto realizou um estágio de pós-doutoramento, durante um ano (1985-86), na Northwestern University, Illinois, com o Prof. Tobin Marks.

É, desde 1985, Investigador do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), sendo actualmente Investigador Principal e seu Vice-Presidente.

Os seus interesses e as suas actividades científicas situam-se na área da Química e Física do Estado Sólido e abrangem um

leque variado de materiais e propriedades, com ênfase nas propriedades eléctricas e magnéticas e na relação destas com a estrutura cristalina e molecular. Tendo-se iniciado, com o doutoramento, na área dos condutores orgânicos moleculares, essa é ainda uma das suas principais áreas de trabalho, mas os seus interesses envolveram-no também na preparação e caracterização de bronzes e óxidos de molibdénio com transições de onda de densidade de carga, supercondutores de elevada temperatura crítica e intermetálicos magnéticos com elementos do bloco f. O facto de ter desenvolvido trabalho de investigação numa gama tão alargada de materiais, reflecte-se no seu vasto e profundo conhecimento sobre materiais multifuncionais e técnicas de caracterização. Por isso, coordena no sector da Química do ITN, um grupo sólido e produtivo. A sua preocupação com a gestão do ITN levou-o a aceitar, em Dezembro de 2002, a Vice-Presidência daquela instituição, pelo que a sua actividade actual se reparte, essencialmente, entre a Vice-Presidência, os intermetálicos magnéticos e os condutores moleculares.

Após a génese do grupo de Química-Física do Estado Sólido do actual ITN, assumiu, no início dos anos 80, a sua coordenação,

assegurando o seu crescimento até à dimensão actual. Pela sua dedicação e perseverança, conseguiu um curriculum pouco comum em Portugal, em termos de produtividade científica. É autor/co-autor de mais de 200 artigos em revistas científicas internacionais e de dois capítulos de livros, tendo sido, por isso, um dos contemplados com o recentemente criado Prémio de Excelência do MCIES. A sua preocupação com a formação de novos investigadores é demonstrada pela orientação de sete teses de doutoramento e uma de mestrado. Tem uma significativa capacidade de relacionamento com outros grupos de investigação, nacionais e internacionais, mantendo um número elevado de colaborações com grupos na Europa e nos EUA. O facto de ter colaborações, expressas em publicações, com cerca de 13 grupos de investigação estrangeiros, é o reflexo dessa sua capacidade de iniciativa e disponibilidade para estabelecer colaborações.

Finalmente é de referir o seu hobby, aeromodelismo com planador, apesar da sua cada vez menor disponibilidade.

Luis Alcácer, IST

# Documentação e Informação em Química

ELVIRA MARIA GASPAR\*

Reacções de Nitroarenos e seus Derivados com Reagentes Organomagnesianos

## Conteúdos

1. Introdução
  - 1.1 Reagentes Organomagnesianos
  - 1.2 Nitroarenos
2. Reacções de nitroarenos com reagentes organomagnesianos
  - 2.1 Arílicos
  - 2.2 Alquílicos
  - 2.4 Vinílicos
3. Preparação de reagentes organomagnesianos nitro-arílicos
4. Redução de nitroarenos funcionalizados
5. Conclusões e Perspectivas

## 1. Introdução

### 1.1 Reagentes Organomagnesianos

Os reagentes organomagnesianos ocupam uma posição central na síntese orgânica, contemplando a necessidade constante de criação selectiva de ligações carbono-carbono e carbono-heteroátomo. Essa necessidade provém da procura contínua de moléculas biologicamente activas para as indústrias farmacéutica e agroquímica. Nos processos de síntese que envolvem reagentes de Grignard são usadas condições relativamente suaves e altamente tolerantes à presença de uma grande variedade de grupos funcionais.<sup>[1]</sup>

Em 1849, Frankland sintetizou a primeira molécula organometálica, o dimetilzinco. No entanto, é a Victor Grignard que se devem os maiores avanços nos primórdios da Química Organometálica.<sup>[2]</sup> Hoje em dia, a química deste tipo de compostos é já um lugar comum, estando a sua preparação e síntese intensivamente descrita.<sup>[3]</sup>

### 1.2 Nitroarenos

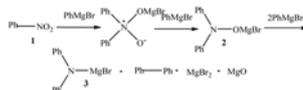
Os substituintes nitro são normalmente introduzidos numa molécula aromática por uma reacção de nitração. O nitroareno resultante é frequentemente um intermediário chave em síntese orgânica, podendo ser convertido numa série de derivados, nomeadamente em aminas por redução.<sup>[1]</sup>

## 2. Reacções de nitroarenos com reagentes organomagnesianos

As reacções de nitroarenos com reagentes organomagnesianos exemplificam bem a importância destes reagentes, variando mecanisticamente conforme o tipo de substrato.

### 2.1 Arílicos

A reacção dos nitroarenos com reagentes de Grignard arílicos foi primeiramente investigada por Wieland em 1903. No entanto, apenas Gilman e McCracken<sup>[4]</sup> explicaram a formação de difenilamina, fenol e bifenil a partir da reacção de brometo de fenil-magnésio com nitrobenzeno **1**. Segundo estes autores a reacção ocorre através da adição 1,2 do PhMgBr ao grupo nitro, seguida de redução completa até ao derivado de difenilamina **3** via intermediário hidroxilamino **2**.



Esquema 1. Mecanismo da reacção do nitrobenzeno com brometo de fenil-magnésio, proposto por Gilman e McCracken.<sup>[4]</sup>

Na realidade, a reacção de nitroarenos com halogenetos de fenil-magnésio ocorre através do mecanismo proposto por Köbrich e seus colaboradores. O reagente de Grignard arílico, adiciona-se a um oxigénio do grupo nitro formando o aduto **4**, que sofre eliminação resultando na formação do composto nitroso **5**. Este sofre adição de outra molécula de reagente. Assim sendo, é a partir deste mecanismo que se forma a diáril hidroxilamino **2a**.<sup>[5a]</sup>



Esquema 2. Mecanismo da reacção do nitrobenzeno com cloreto de fenil-magnésio.<sup>[5a]</sup>

Este tipo de reacções foi extensamente investigado, com o objectivo de obter uma síntese preparativa de diárlaminas.<sup>[6]</sup> No entanto, esta síntese foi desenvolvida apenas em 2002, por Knochel e Sapountzis, uma vez que a reacção anteriormente apresentada oferece algumas dificuldades. Nomeadamente, o intermediário hidroxilamino oxida rapidamente por exposição ao ar.<sup>[7]</sup> De facto, a diáril hidroxilamino **2, 2a**, pode ser convertida na correspondente diárlamina **6** por tratamento redutivo com FeCl<sub>2</sub>/NaBH<sub>4</sub>.<sup>[5b]</sup>

\* Raquel Gomes  
aluna n.º 14072 de Química Aplicada  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Monte de Caparica 2829-516 Caparica  
(Portugal)  
raquelfgomes@gmail.com

Raquel Gomes

1

A Disciplina de **Documentação e Informação** é uma disciplina obrigatória, pertencente ao *currículo* da licenciatura em Química Aplicada, ramo Química Orgânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. No plano curricular da licenciatura, a disciplina está incluída no 4.º ano, 1.º semestre; contudo, devido ao sistema de créditos em vigor na Faculdade, é possibilitada a sua frequência aos alunos de qualquer um dos anos da licenciatura. É também uma disciplina opcional para os alunos de todas as outras licenciaturas leccionadas na Faculdade. Alunos da licenciatura em Biologia Celular e Molecular e do ramo de Biotecnologia da licenciatura em Química Aplicada frequentaram a disciplina, com muito sucesso.

A disciplina foi introduzida no *campus* FCT pelo Departamento de Química (DQ) no ano lectivo de 1984/1985, a convite do Prof. Doutor António Nunes dos Santos, então Professor da secção de Eng.ª Química, pelas responsáveis dos Centros de Documentação de quatro instituições, em colaboração – Eng.ª Isabel Reis do LNEC, Eng.ª Maria Odete Henriques da Quimigal, Eng.ª Manuela Azevedo da Petrogal e Eng.ª Gabriela Lopes da JNICT. No ano seguinte, a disciplina foi sub-dividida em duas: “Informação Científica e Técnica” na licenciatura em Eng.ª Química e “Documentação e In-

Figura 1 “Reacções de Nitroarenos e seus Derivados com Reagentes Organomagnesianos”, por Raquel Gomes n.º 14072.

**Catenanes: an overview of synthetic strategies** Ricardo da Costa Barata, n.º 13309

**OVERVIEW**

Overview ..... 1

1. Introduction ..... 1

2. Interactions in catenanes..... 2

    2.1 Van der Waals interactions..... 2

    2.2 Hydrophobic interactions ..... 2

    2.3 Hydrogen bonding ..... 2

    2.4 Donor-acceptor interactions ..... 3

    2.5 Transition metal coordination..... 4

3. Synthetic approaches towards catenanes4

    3.1 Statistical threading approach..... 4

    3.2 The Möbius strip approach ..... 4

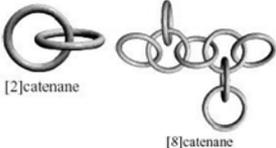
    3.3 Directed synthesis of catenanes..... 5

    3.4 Templated synthesis of catenanes.. 6

References ..... 13

**1. INTRODUCTION**

Organic synthesis has always tried to devise means of achieving the building of molecular systems as the result of the sequential formation of covalent bonds.<sup>[1]</sup> However, this approach is rapidly drawing to an end, as the search for more advanced molecular topologies has firmly established itself amongst the chemical community. Furthermore, even the best nowadays chemists can not hope to build molecular systems analogous to those found in Nature, or develop the rapidly developing molecular devices (MDs)<sup>[2,3]</sup>, only with the current tools available for covalent bond forming.



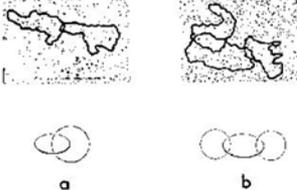
**Figure 1** → Examples of the structure of catenanes. (Examples taken from ref.22)

Documentação e Informação 2004/2005 1

Unfortunately, the synthetic chemist finds himself limited by the power of the synthetic tools available to him.<sup>[4]</sup> This happens because nowadays a synthetic chemist has available a set of techniques and knowledge that he would not have a few years ago, which implies that nowadays' tools should allow the synthetic chemist to come up with newer and never before achieved molecular topologies. Most of these new and amazing topologies fit into a group of compounds known as interlocked molecules.

Interlocked molecules consist of two or more components mechanically linked together.<sup>[5,6,7,8]</sup> One of the simplest examples of such a class of compounds are catenanes (Figure 1). Catenanes are molecules constituted by mutually interlocked rings, that can only be separated by the cleavage of at least one covalent bond<sup>[2,9,10]</sup>. Due to this property, catenanes are seen as molecular aggregates and not supramolecular ones.<sup>[11]</sup> Another property of these rings is that they have no covalent bond between them but a mechanical bond instead.

Examples of such structures have been found in nature (Figure 2) in molecules such as DNA<sup>[4]</sup>, but it was not until the 1960's that their synthesis in the laboratory was first reported.<sup>[10]</sup>



**Figure 2** → Electron micrographs of gyrase-produced DNA catenanes. Both pictures were taken from ref. 4.

It is the aim of this review to present a perspective of the synthetic

**Figura 2** “Catenanes: an overview of synthetic strategies”, por Ricardo da Costa Barata, n.º 13309.

mais relevantes em Segurança Química, sabem qual a estrutura de uma patente, consultaram patentes, sabem distinguir os diferentes serviços de indexação, aprenderam a utilizá-los e sabem concretamente a diferença existente ao utilizá-los numa pesquisa científica; tiveram contacto com literatura cinzenta e qual a sua relevância, pesquisaram teses e dissertações, artigos de revisão, comunicações, *full-papers*, *proceedings*; distinguem a sua organização. Tomaram contacto com o processo de publicação científica – desde a organização dos resultados até à publicação, incluindo o processo de avaliação (*referee*, editor). Aprendem a avaliar a importância de uma publicação – factor de impacto das revistas, número de citações das publicações. Finalmente, aprenderam a organizar e a apresentar informação científica através da execução de um trabalho de revisão de um tema que escolheram. O impacto de tal aprendizagem é imediato, refletindo-se no modo como passam a elaborar e expor temas, relatórios e trabalhos das outras disciplinas.

Nos últimos 2 anos a disciplina sofreu um incremento qualitativo muito positivo devido aos recursos *online* concedidos pela Fundação para a Ciência e Tecnologia – *Web of Knowledge*, *B-on*, Portais de editores, *ISI Proceedings*, *Current Contents*, *Journal Citation Reports*, etc... com o acesso, em aula, às fontes e serviços de informação ou seja, ao conhecimento.

A disciplina tem os seus principais conteúdos na *internet*: [www.dq.fct.unl.pt/cadeiras/docinf](http://www.dq.fct.unl.pt/cadeiras/docinf). A consulta dos trabalhos, entrada “Trabalhos TP” permite verificar a aprendizagem alcançada pelos alunos na disciplina e sua importância; as figuras 1 e 2 ilustram dois trabalhos de alunos da licenciatura em Química Aplicada. Para ilustrar a importância que a disciplina tem para os alunos, refiro uma citação de um aluno do ano lectivo 2003/2004 :

“Knowledge is of two kinds: we know ourselves, or we know where we can find”, citação de André Filipe Costa, aluno n.º 12022 em “Líquidos iónicos & as suas aplicações na reacção de Diels-Alder”.

formação” na licenciatura em Química Aplicada.

Os objectivos da disciplina são:

1. Inventariar, descrever e dar a conhecer de forma sistematizada os tipos de fontes de informação mais relevantes – em especial no âmbito da Química Orgânica, dada a natureza dos alunos.
2. Orientar os alunos na selecção e exploração das fontes e serviços de informação.

3. Iniciar os alunos na “arte” da escrita científica.

Quando iniciam a disciplina, os alunos apenas tiveram contacto com livros de texto e, em alguns casos, com 1 ou 2 artigos científicos que utilizaram para reproduzir a parte experimental. Quando terminam a disciplina os alunos sabem distinguir as diferentes fontes e serviços de informação, a sua importância e como localizar, aprenderam a pesquisar no *Beilstein*, no *Chemical Abstracts*, conhecem bem as fontes de informação

# Carga formal

CARLOS CORRÊA\*

A noção de *carga formal* é especialmente importante em Química Orgânica ao escrever estruturas contribuintes de híbridos de ressonância. Ao iniciar um dos cursos de Química Orgânica e ao procurar que os alunos recordassem esta noção para a aplicar na escrita das estruturas contribuintes, notei que os alunos não sabiam o que era carga formal de um átomo, embora alguns dissessem que carga formal era o

“(Número de electrões de valência no átomo livre) – (Número total de electrões não ligantes) –  $\frac{1}{2}$  (Número total de electrões ligantes)”

Os alunos, ou não sabiam, ou tinham uma ideia muito nebulosa do assunto.

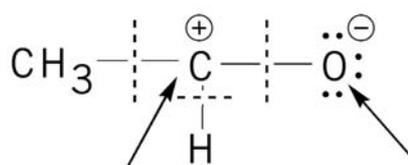
Achei estranha esta forma complicada de definir carga formal, sem explicar afinal o que ela é, e procurei nos livros correntes de Química Geral [1] o modo como a noção era introduzida, encontrando aí a origem deste modo incrível de apresentar o assunto. Alguns livros até dão um ar matemático ao assunto e escrevem

$$FC = V - (L + \frac{1}{2} S)$$

referindo o significado das variáveis  $FC$ ,  $V$ ,  $L$  e  $S$ ... Um manual de Química Orgânica [2] escreve no índice “Fórmula para calcular a carga formal” e no texto decalca este modo infeliz de definir carga formal. Um outro livro de Química Geral [3] introduz o conceito claramente, mas na página seguinte resvala para o cálculo da carga formal “a partir da equação”...

Para que os alunos compreendam o que se entende por carga formal é necessário que se diga simplesmente o que ela é, isto é, a carga que um átomo

adquiriria se as ligações que faz com outros átomos fossem partidas homoliticamente. Como se exemplifica na figura 1.



Rodeado por 3 electrões  
(um a menos que o C livre)

Rodeado por 7 electrões  
(um a mais que o O livre)

$$\text{Carga formal do carbono} = 4 - 3 = +1$$

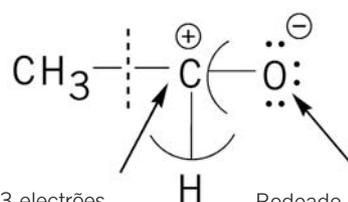
$$\text{Carga formal do oxigénio} = 6 - 7 = -1$$

(Por carbono livre entende-se um átomo de carbono não ligado)

Figura 1 Carga formal e cisão homolítica

Note-se que esta noção é semelhante à de número de oxidação, com a diferença de que aqui os electrões das ligações covalentes são atribuídos aos átomos

mais electronegativos (cisão heterolítica) ou repartidos no caso de átomos do mesmo elemento. Como se exemplifica na figura 2.



Rodeado por 3 electrões  
(um a menos que o C livre)

Rodeado por 8 electrões  
(2 a mais que o O livre)

$$\text{Número de oxidação do carbono} = 4 - 3 = +1$$

$$\text{Número de oxidação do oxigénio} = 6 - 8 = -2$$

Figura 2 Número de oxidação e cisão heterolítica

\* Departamento de Química da Faculdade de Ciências do Porto (ccorrea@fc.up.pt)

Em resumo: os dois conceitos são simplesmente paralelos (figura 3)

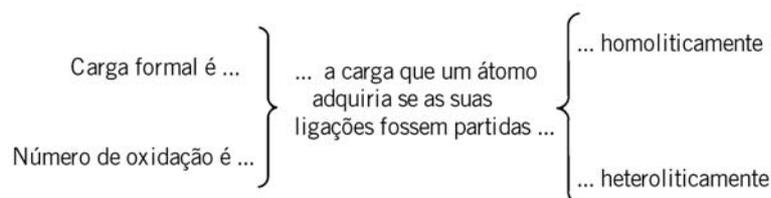


Figura 3 Paralelismo carga formal/número de oxidação

Para quê complicar o que é tão simples?

Referências:

- 1 R.Chang, "Chemistry", 4.ª edição, pag. 369 McGraw-Hill, (1991); P. Atkins e L. Jones, "Chemistry, Molecules, Matter, and Change", 3.ª edição, Pag. 282 (1997).
- 2 K. P. C. Vollhardt e N. E. Schore, "Organic Chemistry, Structure and Function", W. H. Freeman & Company, pag.16 (1998).
- 3 D. Reger, S. Goode e E. Mercer, "QUÍMICA, Princípios e Aplicações", Tradução portuguesa, pag. 347 e 348, Fundação Calouste Gulbenkian (1997).

## Actualidades Científicas

### Catalisadores de Baixo Custo para a Indústria Automóvel

Os automóveis que circulam nas nossas estradas possuem catalisadores baseados em metais nobres para o tratamento dos gases de exaustão libertados na queima dos combustíveis nos seus motores. Esses catalisadores são também conhecidos como catalisadores de "três vias", por promoverem três reacções em simultâneo: oxidação de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos não consumidos e redução de óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ).

Nos motores, o combustível é queimado em proporções próximas da razão ar/combustível estequiométrica, não se conseguindo desta forma maximizar a eficiência do combustível. Esta pode ser aumentada se a queima do combustível se realizar em excesso de oxigénio. De forma a reduzir o consumo de combustível nos automóveis, tem-se procurado desenvolver novos catalisadores, uma vez que os catalisadores convencionais de "três vias" não permitem a redução de  $\text{NO}_x$  em excesso de oxigénio.

Os catalisadores de armazenamento e redução de  $\text{NO}_x$  (NSR), que alternada-

mente capturam os óxidos num componente de bário em determinadas condições e os reduzem sob outras condições, são uma solução promissora para o problema da combustão em excesso de oxigénio. No entanto, até recentemente, estes catalisadores alternativos, que se encontram já em testes de estrada no Japão e outros países, são baseados em metais nobres de elevado custo, como a platina e o ródio.

Recentemente, um grupo de Engenheiros Químicos da Universidade de Delaware, desenvolveu um catalisador NSR que usa cobalto como metal de oxidação e não contém metais nobres. O catalisador desenvolvido é tão eficiente no tratamento de  $\text{NO}_x$ , como os catalisadores NSR baseados em platina (*Catal. Commun* **6** (2005) 167).

Usando um reactor de elevado desempenho para testar 16 catalisadores em paralelo, a equipa de Delaware estudou o efeito de pequenas concentrações de manganês, ferro e cobalto na performance dos catalisadores NSR. Descobriram que um catalisador suportado em alumina contendo 5% de cobalto e 15% de bário é tão eficiente como uma for-

mulação de um catalisador NSR convencional contendo 1% de platina. Os investigadores observaram ainda que, adicionando 1% de platina ao catalisador de cobalto-bário, se produz um material com uma capacidade de armazenamento de  $\text{NO}_x$  duas vezes superior à dos tradicionais catalisadores NSR baseados em platina.

Baseando-se em estudos de difracção de raios X, a equipa propõe que o aumento da capacidade de armazenamento do  $\text{NO}_x$  resultante da presença do cobalto é devido em parte a  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , que participa na oxidação de  $\text{NO}$  a  $\text{NO}_2$  (um passo essencial no mecanismo de armazenamento do  $\text{NO}_x$ ). A equipa sugere ainda que a grande proximidade do  $\text{Co}_3\text{O}_4$  aos centros de armazenamento de bário, aumenta o contacto interfacial entre os componentes de oxidação e de armazenamento, que por sua vez, provoca um aumento na eficiência de armazenamento de  $\text{NO}_x$ . (adaptado de *Chemical & Engineering News* **83** (5) (2005) 9)

Helder Gomes

# Vidros coloridos do II milénio a.C.:

Alguns aspectos da química praticada nesse tempo

JOÃO M. PEIXOTO CABRAL\*

Os vidros coloridos surgiram no meado do II milénio a.C., associados aos primeiros vasos em vidro. Neste artigo, descrevem-se as suas principais características e apresentam-se alguns resultados de estudos realizados para identificar as tecnologias e matérias-primas usadas no seu fabrico e determinar a sua origem.

*“A Ciência a que damos o nome de Química chamou-se em tempos remotos, Ciência Hermética, Arte Sagrada, Ciência Divina, Ciência Oculta, Arte de Tote e Arte de Hermes. Todas estas denominações envolveram o estudo primário dos fenómenos químicos numa atmosfera de mistério, o qual, aliás,*

*surgiu por si, naturalmente, da própria índole misteriosa desses fenómenos.*

*Fenómenos químicos lhes chamámos, embora as designações de «Sagrada, Divina e Oculta» pareçam termos pouco apropriados a um labor científico. Contudo, o nome que hoje daríamos à investigação feita sob a protecção de Hermes ou de Tote seria, sem dúvida, o de Química, pois a misteriosa ocupação consistia em promover e observar as transformações da matéria.”*

Rómulo de Carvalho [1]

## 1. Introdução

Esquecemo-nos, por via de regra, de que muitas das descobertas feitas por alguns metalurgistas pré-históricos e seus sucessores – os investigadores da “Ciência Hermética” – no decurso de vários milénios foram na verdade revolucionárias, não menos do que algumas das realizadas por grandes cientistas da época moderna, contribuindo significativamente como estas para o progresso científico e tecnológico da humanidade e, por conseguinte, para a melhoria da sua qualidade de vida. Isso aconteceu, por exemplo, com as descobertas da cerâmica, dos processos de extracção dos metais dos seus minérios – cobre, estanho, ouro, prata, chumbo, mercúrio, ferro e zinco –, da sua purificação e combinação para formarem ligas – bronze e latão – e dos processos de fabrico do vidro. Quem foram esses antigos investigadores? Apesar de alguns deles poderem sem dúvida igualar-se em estatura aos grandes químicos mo-



**Figura 1** Figurina feminina achada na tumba de Neferhotep, uma das rainhas de Mentuhotep II – monarca da XI dinastia –, a qual foi datada do fim do reinado deste monarca, c. 2010 a.C. Faiança azul. Altura 13 cm; largura 5 cm. Museu Egípcio do Cairo [47].

dermos, os seus nomes e obras ficaram injustamente guardados no silêncio da História.

Mas não foi apenas o conhecimento científico e tecnológico que tais investigadores fizeram avançar. Alguns deles contribuíram também para o progresso das artes decorativas e artes plásticas: no primeiro caso, começando por produzir certos materiais vítreos coloridos – pedras vidradas<sup>1</sup> e faiança<sup>2</sup> – e, mais tarde, desenvolvendo a indústria vidreira com a descoberta de novos colorantes e processos de fabricação de vidros de diversas cores; no segundo caso, promovendo a síntese de novos pigmentos – azul-egípcio, verde-egípcio, verdigris, branco-de-chumbo, massicote e vermelho-de-chumbo –, dos quais nos ocupámos já em anteriores números da revista [2,3].

Embora não se saiba precisar geográfica e cronologicamente a origem das primeiras pedras vidradas e faianças,

\*Investigador Coordenador Jubilado do ITN e Prof. Catedrático Jubilado do IST

todas de cor azul, os vestígios encontrados no Próximo Oriente e no Egípto mostram de modo claro que tais artefactos teriam sido usados nessas regiões desde o IV milénio a.C. Eram pequenos objectos com formas variadas – contas, escaravinhos, selos, amuletos, figurinas (fig. 1), estatuetas (fig. 2), etc. – aos quais se atribuíam poderes mágicos especiais, seja para afastar espíritos maus, seja para curar doenças. Repare-se que as técnicas de preparar o azul-egípcio e o verde-egípcio se assemelhavam de certa maneira às utilizadas na indústria dos referidos materiais vítreos [4], sendo possível portanto que as produções desses dois pigmentos estivessem relacionadas com as destes materiais. Os dados arqueológicos indicam, contudo, que o azul-egípcio só começou a surgir no III milénio a.C., por altura da construção da Grande Pirâmide de Guiza (c. 2 400 a.C.), e que o verde-egípcio só foi criado no princípio do Primeiro Período Intermediário, por volta de 2 200 a.C. [5].

Os vestígios arqueológicos encontrados indicam, além disso, que, a partir do fim do III milénio a.C., no Próximo Oriente e/ou no Egípto, teriam sido produzidos – porventura casualmente – pequenos objectos só em vidro. Todos os arqueólogos estão, porém, de acordo que o vidro artificial só começou a surgir nessas regiões em quantidades significativas por volta do meado do séc. XVI a.C., com o aparecimento dos primeiros vasos (fig. 3), os quais revelam por sua vez o aparecimento de uma grande variedade de vidros de diversas cores – azul, branco, amarelo, verde e vermelho –, geralmente opacos, que os artífices foram capazes de empregar de modo muito hábil e com grande sentido estético para decorar quer os próprios vasos (figs. 4-6) e outros tipos de objectos em vidro como amuletos (fig. 7), quer objectos noutros materiais utilizando peças embutidas como, por exemplo, a máscara em ouro que protegia a múmia de Tutankhamon (fig. 8) ou o peitoral do mesmo faraó (fig. 9), onde o vidro foi usado par a par com pedras semi-preciosas autênticas. Convém notar que a produção destes vidros parece que teria diminuído apreciavelmente por altura da viragem para o I milénio a.C. e que no primeiro quartel



**Figura 2** Ouriço-cacheiro. Datado do Império Médio, XI dinastia, por volta de 2000 a.C. Faiança azul. Altura 5,3 cm; comprimento 7,0 cm; largura 3,8 cm. Museu Egípcio do Cairo [47].

deste milénio se teria começado a introduzir novidades tecnológicas no processo de fabricação, relacionadas com o tipo de matéria-prima usada como alcali, novidades essas que acabaram por se difundir pelos países do Mediterrâneo e da Europa Ocidental onde perduraram até ao séc. IX d.C.

O presente artigo tem por fim divulgar alguns resultados de investigações efectuadas sobre os vidros do II milénio a.C. visando em geral o estudo das tecnologias usadas no seu fabrico, a identificação das fontes de matérias-primas e a determinação da forma segundo a qual os colorantes e/ou opacificantes eram incorporados nas fases vítreas. Tais in-

**Figura 3** Frasco achado numa sepultura em Ur, manufacturado pela “técnica do núcleo”<sup>3</sup>. Este frasco é do tipo dos primeiros vasos que foram produzidos na Mesopotâmia Setentrional por volta de 1525-1500 a.C. Altura 11,3 cm [48].



vestigações têm incidido sobretudo em vidros do Egípto, dado que os achados na Mesopotâmia são em muito menor número e aparecem quase sempre muito alterados devido à humidade do solo na região mesopotâmica.

É de salientar que os colorantes e opacificantes empregados eram sobretudo compostos de cobre (para vidros azuis e vermelhos), compostos de cobalto (para vidros azuis) e compostos de antimónio (para vidros brancos, amarelos e verdes). Assim, espera-se que com este artigo o leitor possa formar uma ideia sobre certos aspectos da química que se praticava há cerca de 3 500 anos no respeitante a estes três elementos, o segundo dos quais – o cobalto – só veio, curiosamente, a ser “descoberto” por Georg Brandt à roda de 1735 [6].

## 2. Composição química dos vidros antigos. Influência das matérias primas

Convirá, primeiro que tudo, informar o leitor sobre a composição química dos vidros antigos, para que fique logo a saber de que tipo são, se diferem quanto a ela de época para época e, para a mesma época, de região para região.

A série de análises feitas por Sayre e Smith [7, 8] a algumas centenas de exemplares, seleccionados de modo a representarem diversas produções datadas desde o meado do II milénio a.C. até ao séc. XII d.C., de vários países africanos, asiáticos e europeus, apesar de ser dos anos 1960, presta-se perfeitamente para isso. De facto, os resultados obtidos mostraram que todos os vidros analisados, excepto um pequeno grupo de espécimes com elevada percentagem de chumbo, eram sódico-cálcicos e apresentavam, no que respeita ao óxido de sódio, ao óxido de cálcio e à sílica, uma composição comparável à do vidro actual. Mostraram ainda que eles se repartem por cinco grupos, de acordo com as concentrações de antimónio, manganês, potássio, magnésio e chumbo, um dos quais – distinguível por ter percentagens relativamente elevadas de magnésio (2–5% MgO) e potássio (1–3% K<sub>2</sub>O) – inclui os vidros dos sécs. XV–VII a.C. e, portanto, foi chamado, em-

bora não muito propriamente, “grupo do II milênio a.C.”. Como os vidros deste grupo provinham do Egípto, da Mesopotâmia, da Grécia Micênica e do Sudoeste da Pérsia, aqueles investigadores admitiram que eles representariam o tipo de vidro produzido ou usado nessas regiões durante o mencionado período.

(LMG<sup>5</sup>), com 0,5-2,5% MgO e 0,1-1% K<sub>2</sub>O, de que são exemplos os vidros do chamado “grupo rico em antimônio”, datados dos sécs. VI a.C.-IV d.C. e provenientes da Grécia, Ásia Menor e Pérsia, bem como os do chamado “grupo romano”, datados dos sécs. IV a.C.-IX d.C.



**Figura 4** Frasco de unguento, proveniente de Menfis e datado da XVIII dinastia, c. 1390-1352 a.C. Altura 8,7 cm [48].

Por outro lado, os mesmos resultados puseram ainda em evidência a existência de dois subtipos fundamentais de vidros, diferindo sobretudo nas concentrações de magnésio e potássio, a saber: *vidros de alto teor de magnésio* (HMG<sup>4</sup>), com 3-7% MgO e 1-4% K<sub>2</sub>O, de que são exemplos os vidros do “grupo do II milênio a.C.” e os do chamado “grupo islâmico inicial” dos sécs. VIII – X d.C.; e *vidros de baixo teor de magnésio*

Assim, o estudo de Sayre e Smith permitiu concluir: 1) que os primeiros vidros produzidos continham um elevado teor de magnésio, propriedade esta que se conservou inalterável durante quase um milênio; 2) que por volta do séc. VI a.C. quase todos os centros de produção passaram a fabricá-lo com baixo teor de magnésio, o que teria prosseguido até quase ao fim do I milênio d.C.; 3) que esta nova prática se difundiu para o

ocidente e norte da Europa, em particular para a Gália, Inglaterra e Escandinávia; e 4) que ela se manteve em uso na Europa até ao começo do emprego de cinzas de madeira como matéria prima, ou seja, até cerca do séc. X d.C.

Convirá ainda informar o leitor que se conhecem alguns escritos antigos sobre o fabrico de vidros, os mais velhos dos quais são textos sumérios e acádicos em caracteres cuneiformes, registados em placas de argila (fig. 10), que na sua grande maioria pertenciam à biblioteca do palácio de Assurbanipal (668-627 a.C.) em Nínive (Assíria). Note-se, contudo, que os textos que chegaram até aos nossos dias são cópias de outros anteriores ao séc. VII a.C., provavelmente de meados do II milênio a.C. Esses textos, onde se descrevem algumas “receitas” para produzir vidros coloridos, têm sido estudados por vários filologistas, entre os quais Oppenheim [9] que procurou traduzi-los recorrendo por vezes ao auxílio de especialistas em vidro designadamente Robert Brill e outros investigadores do *Corning Museum of Glass*.

Um dos contributos importantes dados por Brill [10] nesse sentido consistiu em identificar com razoável segurança os dois ingredientes principais relatados nas “receitas” – o *immanakku*, que Oppenheim descobrira que seria um mineral, e o *ahussu*, que traduzira por cinzas de uma planta chamada *naga*. No entanto, embora este filologista não tivesse dúvidas quanto à natureza dos dois ingredientes, não conseguiu identificar nem o mineral nem a planta. No respeitante ao mineral, pôde todavia descobrir algumas das suas características, as quais levaram Brill a sugerir que seria quartzo. Além disso, sabendo que nalgumas áreas desérticas e costeiras do Médio Oriente e do Egípto ocorrem plantas dos géneros *salicornia* e *salsola*, que ainda hoje são colhidas e queimadas em certos lugares para produzir cinzas muito alcalinas usadas para lavagens ou destinadas ao fabrico de vidro, procurou analisar algumas dessas cinzas. Por outro lado, admitindo por hipótese que o alcali usado no fabrico de vidro na antiga Mesopotâmia consistia em cinzas de tais plantas, procurou calcular a compo-

sição química que teria o *zuku* – um vidro básico cuja “receita” faz parte dos mencionados textos – baseando-se nos resultados daquelas análises e atendendo aos preceitos da dita “receita”. O resultado final do estudo foi verdadeiramente surpreendente. Com efeito, verificou-se uma excelente concordância entre a composição calculada e os dados analíticos relativos aos primeiros vidros mesopotâmicos, o que veio dar forte apoio à tradução de Oppenheim.

É de sublinhar que este estudo veio comprovar de modo claro que as percentagens elevadas de MgO e K<sub>2</sub>O, características dos vidros do subtipo HMG produzidos desde o meado do II milénio a.C. até ao séc. VI a.C., são de facto conciliáveis com o emprego de cinzas de plantas no seu fabrico. Brill foi por isso levado a concluir que tais vidros teriam sido produzidos recorrendo a este tipo de alcali. Por outro lado, o mesmo investigador sugeriu que os vidros do subtipo LMG, que só começaram a ser fabricados no séc. VI a.C., teriam sido produzidos usando como alcali natrão – uma mistura natural de carbonato e bicarbonato de sódio extraída de Uadi Natrum no Egipto, com menos impurezas do que as cinzas – ou então cinzas de uma planta com teores de MgO e K<sub>2</sub>O inferiores aos das plantas dos géneros acima mencionados. Actualmente, a opinião geral é a de que estes últimos vidros teriam sido produzidos usando natrão. Percebe-se assim por que motivo houve uma alteração da composição dos vidros na passagem do séc. VII para o séc. VI a.C.

Convirá, por fim, fazer notar que no respeitante ao outro ingrediente principal – o quartzo – os antigos vidreiros teriam recorrido também a dois tipos possíveis de matéria-prima, em particular seixos e areia, os quais diferem significativamente quanto às suas composições químicas. Os seixos possuem poucas impurezas e, por isso, para além da sílica, contribuem de modo insignificante para a composição global do vidro. A areia, pelo contrário, é muito mais impura, podendo portanto levar à introdução no vidro de quantidades apreciáveis de outros elementos, sobretudo alumínio e cálcio.



**Figura 5** Vaso em forma de peixe, achado em Amarna e datado da XVIII dinastia, c. 1352-1336 a.C. Largura 14,5 cm [48].

Para colorir os vidros, os antigos vidreiros fizeram uso de substâncias específicas, as quais, como iremos ver, são essencialmente as mesmas que as ainda hoje utilizadas. Também elas poderão conduzir, por vezes, à introdução no vidro, para além dos elementos causadores das cores, de outros elementos em quantidades significativas.

### 3. Vidros azuis translúcidos

A primeira tentativa para identificar a substância que dá origem à cor azul em vidros antigos, designadamente romanos, deve-se a sir Humphry Davy [11] o qual concluiu que seria o óxido de co-

**Figura 6** Vaso antropomorfo, raro, datado da XVIII dinastia, c. 1400-1300 a.C. Altura 15,3 cm [48].



balto. Alguns anos depois Minutoli e Buckman fizeram novas tentativas, o segundo dos quais acabou por inferir, contradizendo Davy, que tal cor era devida ao cobre [12]. É de notar que a questão de saber qual seria o colorante azul nos vidros antigos permaneceu controversa até 1938, ano em que Farnsworth e Ritchie [13], num trabalho sobre vidros egípcios quase todos da XVIII dinastia, demonstraram finalmente que em certos casos era o cobre, noutros o cobalto e noutros ainda uma mistura de cobre e cobalto.

Segundo Keller [14], no centro vidreiro egípcio de Licht, situado na margem ocidental do Nilo entre Dahchur e a entrada para o Faium, o colorante usado no fabrico de vidros azuis teria sido sobretudo o cobre. E o mesmo parece ter acontecido na fábrica do complexo industrial de Pi-Ramsés, cidade importante do Egipto durante o período ramsésida, onde se situa hoje a vila de Qantir [15]. Pelo contrário, no centro vidreiro de Amarna, antiga cidade fundada pelo faraó herético Akhenaton (c. 1364-1336 a.C.) que se manteve habitada somente durante cerca de 30 anos, bem como no de Malkata, localizado a sul do templo mortuário de Ramsés III, junto a Medinet Habu, onde se acharam os mais antigos indícios de produção de vidro no Egipto, a preferência teria recaído no cobalto.

Análises realizadas recentemente por Shortland e Tite [16,17] a vidros azuis produzidos no centro de Amarna vieram confirmar uma vez mais os resultados obtidos por Farnsworth e Ritchie, mostrando que todos eles continham cobre e cobalto em concentrações que variavam entre 0,02% e 2,8% CuO e entre 0,01% e 0,28% CoO respectivamente. Assim, Shortland e Tite admitiram, por um lado, que os vidros eram azuis-de-cobre quando continham menos de 0,025% CoO, variando então o seu teor de cobre entre 0,3% e 2,8% CuO (1,26% em média) e, por outro lado, que eram azuis-de-cobalto quando continham pelo menos 0,05% CoO, verificando-se neste caso que o seu teor de cobre oscilava entre 0,02% e 1,3% CuO (0,18% em média).

### Vidros azuis-de-cobre

Quando o cobre está presente num vidro, encontra-se quase sempre sob a forma de iões  $\text{Cu}^{2+}$  dispersos homogeneamente, os quais adoptam em geral uma configuração octaédrica  $[\text{Cu}^{II}\text{O}_6]$  e lhe conferem uma cor azul. Esta cor, que parece ter sido a mais comum em objectos de vidro no Egipto, é determinada por uma ampla e intensa banda de absorção situada entre 780 e 810 nm, cuja intensidade e posição variam com a alcalinidade do vidro crescendo a pri-

duzidos em Amarna, com base nas proporções de cobre e estanho obtidas nas respectivas análises.

Conhecem-se, contudo, vidros desta cor em que não se verifica a presença de estanho. Sempre que tal acontece, admite-se que a substância usada para os colorir tenha sido um desperdício de cobre ou um mineral de cobre como a malaquite  $[\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2]$  e a azurite  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ . O Egipto possui minérios de cobre, particularmente na Península do Sinai, em cujos jazigos se



**Figura 7** Grupo de amuletos. Os dois corações e o amuleto no centro, representando a deusa hipopótamo Taueret, são da XVIII dinastia, c. 1400-1300 a.C.; o olho, a cobra, o carneiro e o boi com disco solar são do Período Ptolemaico, c. 300-50 a.C. [48].

meira e deslocando-se a segunda no sentido dos maiores comprimentos de onda à medida que a alcalinidade aumenta.

Vejamos qual foi neste caso a substância usada como colorante pelos antigos vidreiros. Análises químicas efectuadas por Sayre [18] a alguns vidros azuis-de-cobre do II milénio a.C. mostraram que, para além do cobre, eles continham estanho em proporção análoga à observada em bronzes da mesma época. Estes resultados levaram-no pois a sugerir, tal como Geilman [19] fizera já em relação a alguns vidros azuis da época romana, que a substância empregada deveria ser bronze, provavelmente um desperdício desta liga. Sugestão idêntica foi feita mais tarde por Shortland e Tite [16] em relação aos vidros azuis-de-cobre pro-

descobriram indícios de que teriam sido bastante explorados na antiguidade. É possível, portanto, que o cobre ou o mineral de cobre usados proviessem de tais jazigos. Mas poderiam também ter procedido de outros lugares como, por exemplo, Chipre e Láurio.

É interessante notar que no II milénio a.C. se comerciavam já lingotes de vidro azul entre países distantes, como se provou ao achar vários lingotes circulares, quer azuis-de-cobre quer azuis-de-cobalto, nos despojos dum barco naufragado no séc. XIV a.C. em Ulu Burun [20], ao largo da costa da Turquia próximo de Kas, onde foram também achados muitos outros artefactos de diversos materiais entre os quais jarras de cerâmica do tipo das ânforas cananaicas, assim chamadas por se fazerem em

Canaã – região situada entre a costa do Mediterrâneo Oriental e uma linha definida pelos rios Orontes e Jordão e continuada pelo mar Morto e zonas orientais vizinhas. Análises a alguns desses lingotes, efectuadas por Brill e referidas por Bass [20], mostraram que o respectivo vidro apresenta uma composição semelhante à do vidro de vasos egípcios produzidos pela técnica do núcleo, bem como à do vidro de amuletos micênicos. Assim, embora não se saiba qual era o sentido em que o barco seguia, o facto de transportar jarras do tipo das ânforas cananaicas levou Bass a sugerir que o Egipto importaria vidro da Palestina. Opinião contrária foi, todavia, manifestada por Nicholson [21] com fundamento no achado que este arqueólogo fez em Amarna de certos vasos cilíndricos apresentando estruturas concêntricas na parte interior da base, as quais se ajustam perfeitamente aos sulcos e ranhuras existentes nos lingotes de vidro dos referidos despojos. Segundo o seu parecer, esses vasos seriam pois moldes de lingotes de vidro, concluindo por isso que o barco viria do Egipto. Nicholson verificou ainda, medindo alguns destes lingotes, que existe uma excelente correlação entre o valor da razão espessura/diâmetro e a natureza da substância usada para os colorir (cobre ou cobalto), e que os lingotes de cor azul-de-cobre têm cerca de metade da espessura e um diâmetro significativamente menor que os de cor azul-de-cobalto. Esta circunstância reflecte claramente o emprego de práticas oficiais um pouco diferentes de caso para caso, apesar de em ambos os casos se partilhar idêntica tecnologia – o uso do mesmo tipo de cadinhos.

De acordo com Rehren [15], os cadinhos circulares que têm sido achados no Egipto destinavam-se a produzir vidros coloridos mas não o vidro básico empregado no seu fabrico. Este investigador fez notar que num dos cadinhos usados na produção de vidro azul-de-cobre, embora fragmentado, se encontraram vestígios elucidativos de que o colorante era adicionado ao vidro básico só quando este se encontrava liquefeito e que a sua dispersão pela massa vítrea fundida se efectuava por agitação e não

aguardando que ela se fizesse de modo natural.

É interessante notar ainda que as análises efectuadas por Shortland e Tite [16, 17] a vidros azuis-de-cobre, produzidos no centro vidreiro de Amarna, mostraram que as suas percentagens de magnésio, potássio e cálcio são relativamente elevadas – em média, 4,3% MgO, 2,3% K<sub>2</sub>O e 8,4% CaO –, o que indica que o vidro básico usado como matéria prima teria sido fabricado empregando cinzas de plantas como fonte de alcali. Mostraram, por outro lado, que as suas percentagens de alumínio são relativamente baixas – em média, 1,1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> –, o que sugere que no seu fabrico se teria recorrido provavelmente a seixos de quartzo. No entanto, atendendo a que algumas areias disponíveis poderiam apresentar teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de cerca de 1%, os referidos autores não excluem totalmente a hipótese de se ter usado areia.

#### Vidros azuis-de-cobalto

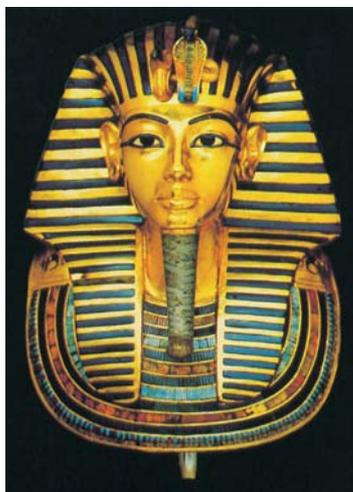
Quando o cobalto está presente num vidro encontra-se sob a forma de iões Co<sup>2+</sup>, quase sempre com uma configuração tetraédrica [Co<sup>II</sup>O<sub>4</sub>], os quais lhe conferem uma cor azul intensa mesmo quando a sua concentração é baixa – da ordem de grandeza de 0,005% –. Essa cor é determinada por duas bandas triplas de absorção, uma na zona do visível a 540 nm, 590 nm e 640 nm, e outra na zona do infravermelho próximo a 1400 nm, 1600 nm e 1800 nm.

Neste caso, a resposta à questão de saber qual teria sido a matéria-prima usada como colorante e a sua proveniência não foi tão simples de obter como no caso anterior, acabando por suscitar grande controvérsia a qual se prolongou por vários anos.

Dayton [22] começou por sugerir que a fonte de cobalto estaria situada na Europa Central. Esta sugestão acabou, todavia, por ser rejeitada por Kaczmarczyk e Hedges [23] ao estudarem as características químicas da faiança azul egípcia colorida com cobalto. Um dos resultados importantes deste estudo foi o reconhecimento de que, na faiança do II milénio a.C., as concentrações de manganês, ferro, níquel e zinco eram relati-

vamente elevadas e que havia uma boa correlação entre elas e a concentração de cobalto (coeficientes de correlação variando entre 0,6 e 0,9). Importante foi também a verificação de que, dos 40 espécimes do Império Novo analisados com mais de 0,05% de óxido de cobalto, todos eles continham aqueles quatro elementos.

Note-se que Farnsworth e Ritchie [13] já haviam reconhecido muito antes que, nos vidros azuis-de-cobalto da XVIII dinastia egípcia, a concentração de manganês era tanto maior quanto maior a concentração de cobalto. Por outro lado, Sayre [24,25] já se tinha dado conta também de que nesses vidros, bem como nos vidros micénicos do mesmo



**Figura 8** Máscara de Tutankhamon (1347-1337 a.C.). Ouro, lápis-lazúli, cornalina, quartzo, obsidiana, turquesa e vidros coloridos. Altura 54 cm; largura 39,3 cm; peso 11 kg. Museu Egípcio do Cairo [47].

milénio, o cobalto se encontra acompanhado por manganês, ferro, níquel e zinco em concentrações semelhantes às que vieram a ser determinadas mais tarde por Kaczmarczyk e Hedges para a faiança. Sayre verificou, além disso, que nos vidros azuis-de-cobalto da região mesopotâmica e doutras regiões da Ásia Central da mesma época não se detecta manganês. Este investigador foi, portanto, levado a sugerir: 1) que no II milénio a.C. se faria a exportação de lingotes de vidro azul-de-cobalto do Egipto para a Grécia Micénica, onde seriam usados

depois para manufacturar objectos destinados a diversos fins; 2) que as fontes de abastecimento de cobalto dos centros vidreiros egípcios deveriam ser diferentes das dos centros congêneres mesopotâmicos.

Um terceiro resultado importante do trabalho de Kaczmarczyk e Hedges [23] foi a verificação de que, durante o período compreendido entre os sécs. XII-VII a.C., não se teria utilizado cobalto no Egipto. Os mesmos investigadores verificaram ainda que, nos vidrados egípcios do I milénio a.C. coloridos com cobalto, o manganês, o níquel e o zinco raramente se encontram em concentrações superiores às de impurezas, mas que o ferro se apresenta com uma concentração muitíssimo maior do que nos vidrados do II milénio a.C. Estes resultados mostram, por conseguinte, que a fonte de cobalto a que os egípcios recorreram no I milénio a.C. teria sido diferente da usada no milénio antecedente.

Até agora, nenhum minério de cobalto com valor económico foi descoberto no Egipto nem em nenhum lugar mais próximo do Egipto que o Irão ou o Cáucaso. No entanto, desde há muito que se sabe que o cobalto se encontra disperso nos alúmens – sulfatos complexos com diversos catiões – ocorrentes em oásis no deserto líbio como, por exemplo, os de Dakhla e Kharga, onde aparecem bolsas de ocres vermelhos e amarelos, bem como veios avermelhados, que, nalguns sítios, chegam a atingir c. 3,5 % de cobalto. Atendendo às correlações atrás apontadas para os vidrados e vidros egípcios, coloridos com cobalto, entre a concentração deste elemento e as concentrações de manganês, ferro, níquel e zinco, e ao facto de que, nos alúmens egípcios, o cobalto aparece misturado com ferro e manganês, Kaczmarczyk [26] considerou a possibilidade de estes três elementos, nesses alúmens, estarem também acompanhados de níquel e zinco e procurou prová-lo analisando algumas amostras colhidas em Dakhla e comparando os resultados obtidos com os alcançados nas análises de faiança e vidros azuis egípcios do II milénio a.C., atrás mencionadas. Os resultados obtidos mostraram que, nos alúmens do oásis de Dakhla, o cobalto se encontra

sempre acompanhado por todos os elementos que nos materiais vítreos analisados estão associados ao cobalto. Mostraram, além disso, que as proporções entre tais elementos nos alúmens são semelhantes às observadas nos referidos materiais vítreos. Kaczmarczyk foi, por isso, levado a sugerir que o cobalto usado no Egípto durante o Império Novo deveria provir muito provavelmente dos grandes oásis ocidentais. Esta hipótese é hoje aceite pela grande maioria dos investigadores.

No entanto, alguns deles como Stern e Schlick-Nolte [27] continuam a achar que a fonte estaria situada no Irão ou na Ásia Menor, hipótese esta que, como veremos adiante, não deixa de ser verosímil para o cobalto empregado para colorir produtos vítreos mais antigos.

Conforme Kaczmarczyk [26] fez notar, só um dos elementos principais que constituem os alúmens – o enxofre – não foi encontrado na faiança analisada. Esta ausência foi interpretada por ele admitindo que o alúmen, que é rosa-pálido e não azul, seria primeiramente submetido a um tratamento químico idêntico ao sugerido por Noll [28] para preparar o aluminato de cobalto usado durante o Império Novo na produção de cerâmica azul, ou seja, seria primeiro dissolvido em água e à solução resultante juntar-se-ia natrão, cinzas de plantas ou amónia. Com a adição de qualquer destes produtos, o meio tornar-se-ia ligeiramente alcalino e os elementos de transição – manganês, ferro, cobalto, níquel e zinco – precipitariam com o alumínio sob a forma de hidróxidos separando-se do anião sulfato que se manteria em solução. O precipitado seria depois seco e aquecido, resultando daí um produto constituído por aluminatos e óxidos com um teor mais alto de cobalto – um verdadeiro concentrado de cobalto –. Esta interpretação teve recentemente o apoio de Shortland e Tite [16,17], bem como de Rehren [29].

Kaczmarczyk [26] procurou ainda identificar a origem do cobalto empregado para colorir os vidros e vidrados egípcios posteriores ao séc. VII a.C., os quais, como se disse atrás, não contêm manganês, analisando uma série de vidrados dos períodos ptolemaico e romano com

alto teor daquele elemento colorante. Um resultado interessante a que chegou nesta investigação foi a detecção da presença de arsénio nesses vidrados. Ora como o Irão há muito tempo se tornou célebre pelos seus minérios de arseno-sulfuretos, detentores de cobalto mas não de manganês, o mencionado investigador concluiu que a origem do cobalto neste caso seria o Irão. Concluiu, além disso, baseando-se por um lado no facto de nos vidros mesopotâmicos e na faiança proveniente de lugares actualmente sírios, como Ugarit, não se verificar nenhuma correlação entre a concentração de cobalto e as concentrações de manganês e ferro e, por outro lado, na circunstância de nesses materiais o níquel e o zinco só aparecerem



**Figura 9** Peitoral de Tutankhamon (1347-1337 a.C.). Ouro, prata, pedras semi-preciosas e vidros. Altura 14,9 cm; largura 14,5 cm. Museu Egípcio do Cairo [47].

em concentrações vestigiais, que o Irão seria também o país donde teria vindo o cobalto usado na indústria vidreira síria e mesopotâmica.

É interessante notar que as análises efectuadas por Shortland e Tite [16,17] a vidros azuis-de-cobalto produzidos no centro vidreiro de Amarna mostraram que, apesar de terem percentagens de magnésio relativamente elevadas (média normalizada de 3,9% MgO), apresentavam percentagens de potássio significativamente mais baixas do que os vidros azuis-de-cobre produzidos no mesmo centro (média normalizada de 0,9%

K<sub>2</sub>O). É possível, portanto, que para a produção dos vidros destas duas cores, em Amarna, se tivessem usado diferentes cinzas de plantas.

#### 4. Vidros brancos opacos

Nos vidros brancos opacos tanto a cor como a opacidade são provocadas por partículas de antimoniato de cálcio, de forma irregular (quase sempre acicular ou plúmea), em geral pequenas (c. 5 µm), as quais se encontram bem dispersas no interior do vidro raramente formando aglomerações.

Apesar de tais partículas serem difíceis de analisar individualmente, Shortland [30], servindo-se de uma microsonda, conseguiu determinar a sua composição em vidros egípcios de Malkata e Amarna concluindo que ela se pode representar pela fórmula química Ca<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Por outro lado, usando o mesmo instrumento, pôde analisar as fases vítreas dos mesmos vidros de maneira a evitar tanto quanto possível a interferência das referidas partículas, o que lhe permitiu inferir, após comparação dos resultados obtidos com os alcançados em análises de vidros incolores translúcidos (sem Ca<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), que as composições destes dois tipos de vidros são muito semelhantes, salvo no que diz respeito ao CaO cujo teor nos vidros brancos opacos é em média menor que nos incolores.

Veremos adiante que nos vidros azuis opacos, onde a opacidade é também devida à presença de partículas de Ca<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, Shortland verificou igualmente que a concentração de CaO é em média menor que nos vidros azuis translúcidos correspondentes. Assim, este investigador foi levado a concluir que a substância de antimónio empregada como opacificante nos vidros brancos e azuis deveria ser um composto simples deste elemento – óxido ou sulfureto – provavelmente o Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Isso porque, se fosse Ca<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, seria de esperar que o teor de CaO nos vidros opacos fosse maior que nos translúcidos correspondentes ao contrário do que se verificou experimentalmente.

Segundo Mass e cols. [31], o Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> deveria obter-se por ustulação da antimonite (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), também conhecida pelo

nome de estibina, a qual ocorre em quantidades significativas na Península Ibérica, Toscana, Europa Central e Próximo Oriente. Repare-se, contudo, que Plínio, na sua História Natural, embora tivesse mencionado a ustulação da antimónite para preparar um pó branco de óxidos de antimónio destinado ao uso como medicamento, não fez qualquer menção ao seu emprego na indústria do vidro.

É interessante notar que os vidros brancos opacos com maior concentração de antimónio são aqueles em que se detectam as mais altas concentrações de arsénio (em média, c. 66,6 ppm e  $As/Sb \approx 0,008$ ), o que sugere que a existência de arsénio nestes vidros seria devida à sua presença na substância de antimónio usada como matéria-prima.

## 5. Vidros azuis opacos

Nos vidros azuis opacos a cor é, como nos azuis translúcidos, devida ao cobre ou ao cobalto dependendo dos tons – cobre no caso de azul-turquesa e cobalto no de azul-escuro (fig. 11) –. A opacidade é, do mesmo modo que nos vidros brancos opacos, provocada por pequenas partículas de  $Ca_2Sb_2O_7$  apresentando características semelhantes às observadas nestes últimos (ver secção 4).

Como se disse já em 4, análises efectuadas por Shortland [30] às fases vítreas de alguns vidros azuis opacos de Malkata e Amarna, com auxílio da microsonda, mostraram que a concentração de CaO nesses vidros era menor do que nos vidros azuis translúcidos correspondentes. Mostraram, por outro lado, que a concentração do elemento colorante – fosse ele cobre ou cobalto – era maior. Revelaram, além disso, que os vidros azuis opacos parecem ter em média teores mais elevados em  $Na_2O$  e mais baixos em  $K_2O$  do que os respectivos vidros azuis translúcidos. As diferenças são, porém, pequenas e, como se verifica uma grande sobreposição das distribuições dos dois conjuntos de valores, admite-se que elas poderão não ter significado do ponto de vista estatístico. Estes resultados levaram Shortland a extrair algumas conclusões interessantes

sobre a tecnologia de fabrico dos vidros azuis opacos, designadamente as seguintes: 1) a substância de antimónio empregada para os colorir teria que ser um composto simples deste elemento, provavelmente  $Sb_2O_5$  (ver secção antecedente); 2) o processo de produção deveria consistir em adicionar essa substância a um vidro azul translúcido e não em misturar este vidro com um vidro branco opaco, pois a mistura destes dois vidros conduziria a um vidro azul opaco com uma concentração de



**Figura 10** Reverso de uma placa de argila que pertenceu à biblioteca do palácio de Assurbanipal (668-627 a.C.) em Nínive, com textos em caracteres cuneiformes sobre “receitas” para produzir vidros coloridos [9].

elemento colorante – cobre ou cobalto – menor do que no vidro azul translúcido de partida, o que é contrário ao que foi verificado; 3) a comprovar-se que as di-

ferenças observadas nos teores de  $Na_2O$  e  $K_2O$  entre os vidros azuis opacos e os azuis translúcidos correspondentes são realmente significativas, isso poderia indicar uma de duas coisas: que o composto de antimónio seria adicionado a um vidro especialmente preparado para o efeito – de composição diferente da dos vidros azuis translúcidos normais –, isto é, a um vidro produzido a partir de cinzas de plantas distintas das utilizadas no fabrico dos normais; ou que os vidros azuis opacos e os azuis translúcidos correspondentes seriam fabricados em sítios diferentes, com acesso a plantas ligeiramente diferentes que dariam origem a cinzas igualmente diferentes.

É de notar que Mass e cols. [31], baseando-se em resultados de análises efectuadas a vidros azuis-turquesa e brancos opacos de Malkata e Licht, particularmente no facto de o teor de antimónio nos azuis (1,4%  $Sb_2O_3$ ) ser em média menor do que nos brancos (2,4%  $Sb_2O_3$ ), sugeriram, ao contrário de Shortland, que os vidros azuis-turquesa seriam preparados misturando um vidro azul-de-cobre translúcido com um vidro branco opaco.

## 6. Vidros amarelos opacos

Nos vidros amarelos opacos tanto a cor como a opacidade são originadas por partículas de antimoniato de chumbo com a composição de 58% de  $PbO$  e 42% de  $Sb_2O_5$  ( $PbO/Sb_2O_5 = 1,38$ ), representável pela fórmula química  $Pb_2Sb_2O_7$ , partículas essas que se distribuem de modo não-uniforme geralmente em grupos discretos.

Exames efectuados por Shortland [30], na microsonda, a alguns vidros de Malkata e Amarna mostraram que muitas dessas partículas apresentam bordos com superfícies irregulares evidenciando uma dissolução parcial e uma distribuição em grupos aglutinados. Mostraram ainda a presença de cristais eútricos e zonados em menor número, com aspecto de serem secundários, ou seja, de terem crescido no vidro à medida que este foi arrefecendo. Não revelaram, contudo, a existência de vestígios de outras partículas primárias que pu-

dessem ter sido adicionadas ao vidro juntamente com o  $Pb_2Sb_2O_7$  como, por exemplo, partículas de  $PbS$ ,  $ZnS$  ou  $Sb_2S_3$ . Verificou-se, além disso, que à volta dos referidos grupos os vidros apresentam uma maior concentração de chumbo, notando-se muitas vezes o desenvolvimento de fases secundárias incluindo a wollastonite (silicato de cálcio), um feldspato plúmbico e uma fase não identificada rica em zinco. Análises à matriz vítrea no seu conjunto mostraram que a razão  $PbO/Sb_2O_5$  é ~5, em média, indicando que a matriz é de facto muito mais rica em chumbo do que as próprias partículas de  $Pb_2Sb_2O_7$ . Resultados semelhantes foram igualmente obtidos por Mass e cols. [31] em análises a vários vidros amarelos opacos de Malkata e Licht.

Ainda segundo Shortland [30], o facto de muitas das partículas de  $Pb_2Sb_2O_7$  evidenciarem sinais de dissolução parcial e de distribuição em grupos sugere que o produto empregado para opacificar os vidros teria sido o próprio  $Pb_2Sb_2O_7$ . Por seu turno, a elevada proporção de chumbo nestes vidros em relação ao antimónio sugere que, juntamente com o  $Pb_2Sb_2O_7$ , teriam sido usados outros compostos de chumbo, provavelmente óxidos, ou até o próprio chumbo. Sugere, além disso, atendendo ao facto de tanto as partículas de  $Pb_2Sb_2O_7$  como o chumbo se distribuírem no interior dos vidros de modo não-homogéneo, que a adição dos referidos produtos se faria a um vidro básico previamente fabricado.

Uma questão que tem vindo a despertar especial interesse aos investigadores nestes últimos anos é a de saber quais seriam as matérias-primas de antimónio e chumbo usadas pelos antigos vidreiros para fabricar os vidros amarelos opacos. Em resposta a esta questão duas hipóteses foram já propostas: 1) a de que seriam certos litargírios – produtos derivados do processo de copelação usado na metalurgia da prata para separar este metal do chumbo mediante aquecimento na copela – designadamente litargírios antimoniais; e 2) a de que seriam minerais de antimónio/chumbo.

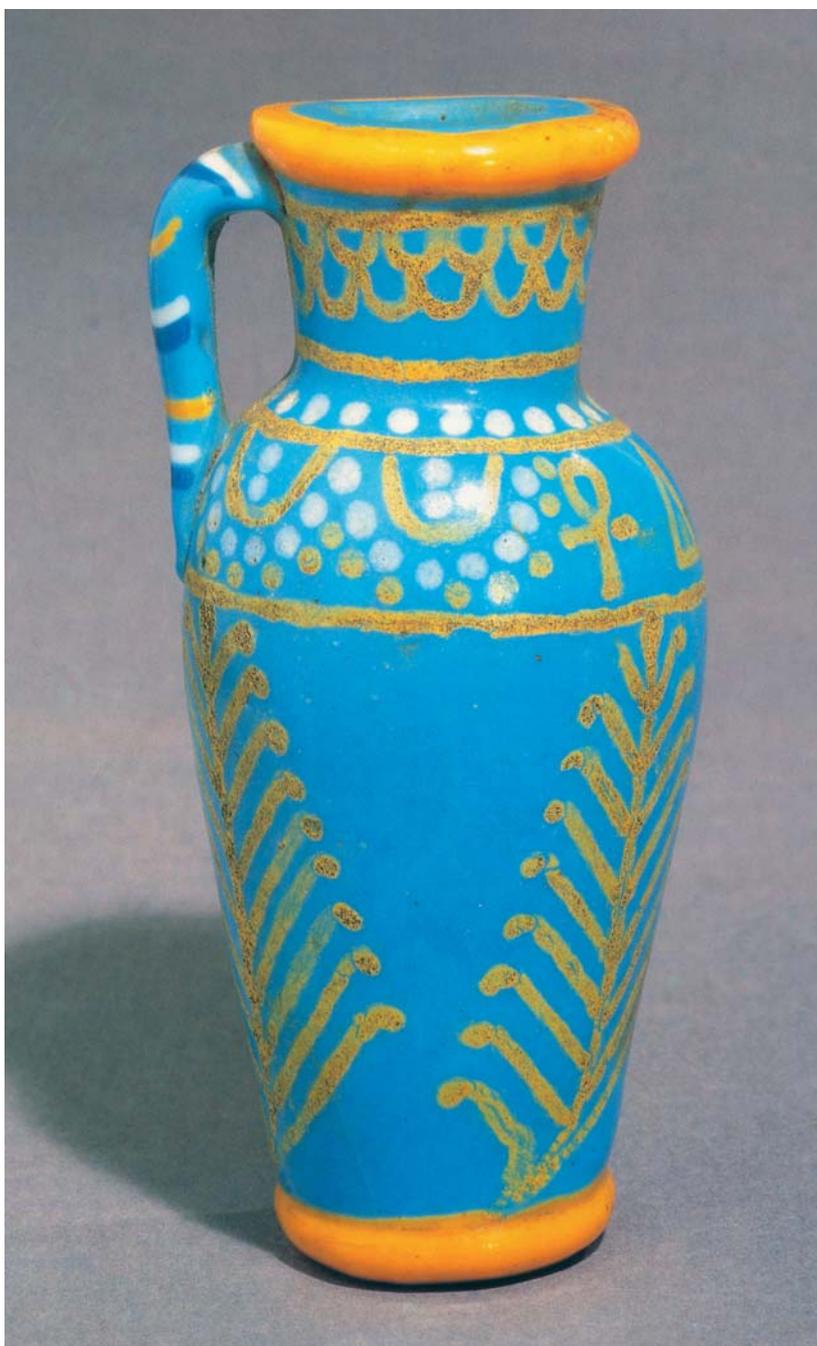
A primeira hipótese, apresentada por Mass e cols. [31], baseou-se sobretudo

no facto de Pernicka e cols. [32] terem observado numa amostra de litargírio, proveniente de Habuba Kabira (Síria), a presença de  $Pb_2Sb_2O_7$  na proporção de ~1,5% em peso, que numa certa área da amostra chegava a ultrapassar 5%. Baseou-se ainda na verificação de Mass e cols., segundo a qual nos vidros amarelos opacos de Malkata parece haver uma correlação positiva entre os teores

de chumbo e os de zinco (razão  $PbO/ZnO$  ~20), verificação esta que os levou a sugerir que o chumbo nesses vidros seria originário de um jazigo de minério de chumbo/zinco o qual, como vulgarmente acontece, deveria ser rico em antimónio e prata.

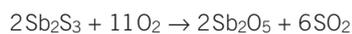
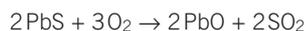
Shortland [30] objectou, porém, que tal hipótese não se afigura plausível pelos seguintes motivos: 1) porque, apesar de

**Figura 11** Jarro, proveniente provavelmente do túmulo de Tutmés III, faraó da XVIII dinastia, datado de c. 1425 a.C. Altura 8,7 cm [48]. O corpo é em vidro azul-turquesa com decorações em azul-escuro, amarelo e branco.



haver  $Pb_2Sb_2O_7$  nalguns litargírios, se verifica que a razão Zn/Pb nos vidros amarelos opacos ( $\sim 0,05$ ) é muitíssimo maior do que no chumbo metálico egípcio ( $\sim 50 \times 10^{-6}$ ), ao contrário do que seria de esperar tendo em conta a volatilização da maior parte do zinco durante o processo de *smelting* que antecede a copelação; 2) porque, se a hipótese fosse razoável, seria de supor que a composição isotópica do chumbo nos vidros amarelos opacos deveria ser a mesma que na prata e no chumbo do Egipto, o que não se verifica [33, 34]. Por outro lado, Rehren [35] opôs-se também àquela hipótese usando de argumentos semelhantes.

A segunda hipótese, apresentada por Shortland [30], baseou-se no facto de que o  $Pb_2Sb_2O_7$  só muito raramente ocorre na natureza. Este investigador considerou, por isso, que tal composto seria produzido artificialmente a partir de uma mistura de minérios de chumbo e de antimónio. Quanto ao minério de chumbo, o facto de nos vidros amarelos opacos de Malkata se verificar a existência de uma correlação positiva entre os teores deste elemento e os teores de zinco leva a crer, como se disse, que a sua fonte de abastecimento teria sido uma jazida de minerais de chumbo e zinco – possivelmente galena (PbS) e esfalerite (ZnS) – como, por exemplo, a jazida de Gebel Zeit na costa egípcia do Mar Vermelho. Relativamente ao minério de antimónio, a circunstância de a antimonite ( $Sb_2S_3$ ) ser o principal mineral deste elemento, sugere que a sua fonte de abastecimento teria sido uma jazida deste mineral. Assim, e atendendo a que a razão  $PbO/Sb_2O_5$  determinada na matriz dos vidros amarelos opacos é grande ( $\sim 5$ ), Shortland propôs que o processo de produção do  $Pb_2Sb_2O_7$  consistiria na ustulação de uma mistura de galena e antimonite, contendo um excesso do primeiro mineral, de acordo com as seguintes reacções:



Assim, o  $Pb_2Sb_2O_7$  obtido viria acompanhado de uma quantidade significativa de PbO e seria o produto conjunto

que se adicionaria aos vidros básicos incolores para fabricar os vidros amarelos opacos. Mediante aquecimento, o PbO acabaria por se dissolver totalmente no vidro mas o  $Pb_2Sb_2O_7$  só em parte, o que obrigaria a que se tivesse de agitar a massa vítrea. A mistura não deveria fazer-se, porém, convenientemente e daí o vidro ficar com zonas de diversas composições – umas de elevada concentração em chumbo mas baixa densidade de partículas de  $Pb_2Sb_2O_7$  e outras relativamente pobres em chumbo mas mais densas nessas partículas.

É interessante notar que nos vidros amarelos opacos se detecta arsénio em concentrações vestigiais semelhantes às observadas nos vidros brancos opacos ( $As/Sb = 0,006$ ).

## 7. Vidros verdes opacos

Nos vidros verdes opacos a opacidade é, como nos amarelos, originada por partículas de  $Pb_2Sb_2O_7$ . A cor é devida à acção simultânea destas partículas e do cobre.

Análises efectuadas por Shortland [30] a alguns destes vidros provenientes de Malkata e Amarna, recorrendo às espectrometrias de XRF e de ICP-MS, mostraram que as suas concentrações em chumbo e antimónio são cerca de um terço das observadas nos vidros amarelos igualmente provenientes desses centros vidreiros. Mostraram, além disso, que a sua concentração em cobre é quase igual à encontrada nos vidros azuis translúcidos com a mesma origem.

Estes resultados permitiram identificar o processo usado na sua produção, o qual, em princípio, poderia consistir no seguinte: 1) adicionar cobre a um vidro amarelo opaco; 2) adicionar  $Pb_2Sb_2O_7$  a um vidro azul translúcido; ou 3) misturar um vidro amarelo opaco com um vidro azul translúcido. Efectivamente, os resultados relativos ao chumbo e antimónio levaram a excluir a primeira alternativa, pois, de acordo com ela, as concentrações destes dois elementos teriam que ser análogas ou apenas ligeiramente inferiores às determinadas nos vidros amarelos opacos, ao contrário do que foi verificado. Por outro lado, o resultado re-

ferente ao cobre levou a excluir a terceira alternativa, visto que, neste caso, a concentração desse elemento teria que ser menor do que a determinada nos vidros azuis translúcidos, contrariamente também ao que foi verificado. Por seu turno, os três resultados são conciliáveis com a segunda alternativa. Assim, Shortland foi levado a concluir que o processo usado no fabrico dos vidros verdes opacos consistiria em adicionar  $Pb_2Sb_2O_7$  a vidros azuis translúcidos. E, tal como tinha feito no caso dos vidros amarelos opacos, admitiu que o  $Pb_2Sb_2O_7$  seria produzido pela ustulação de uma mistura de galena e antimonite, de acordo com as reacções referidas na secção 6.

Em relação ao fabrico dos vidros verdes opacos levantou-se também a questão de saber onde é que os antigos vidreiros iriam buscar tais minerais. No que respeita ao mineral de chumbo, a análise dos elementos vestigiais por ICP-MS, não só nestes vidros como ainda nos amarelos opacos de Malkata e Amarna, mostrou que o chumbo está correlacionado com o zinco ( $Pb/Zn = 20:1$ ), o bário ( $Pb/Ba \approx 350$ ) e a prata ( $Pb/Ag \approx 6000$ ), indicando que a fonte deveria ser uma jazida de minério de Pb-Zn [30]. Por outro lado, a análise isotópica do chumbo naqueles vidros revelou que, em quase todos eles, o chumbo parece provir do mesmo sítio, o qual, como se disse atrás, seria provavelmente Gebel Zeit, na costa do Mar Vermelho [33,34]. Faz-se notar, no entanto, que as análises isotópicas do chumbo em vidros amarelos opacos egípcios mais antigos (do reinado de Tutmés III – 1504-1450 a.C.), bem como no próprio metal e em objectos de prata do Egipto, conduziram a resultados diferentes indicando que, nestes casos, as fontes seriam outras, algumas das quais porventura mesopotâmicas [36-38].

No que toca ao mineral de antimónio, a questão é ainda mais complicada. Contudo, conhecem-se já indícios, designadamente o facto de nos vidros brancos e amarelos opacos a proporção de arsénio e antimónio ser semelhante ( $As/Sb = 0,008$  nos brancos e  $0,006$  nos amarelos) e a circunstância de estes dois vidros aparecerem simultaneamente em

elementos decorativos de alguns vasos, que sugerem que as produções do  $\text{Ca}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  e do  $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  estariam intimamente ligadas, ou seja, que a fonte de antimónio teria sido a mesma em ambos os casos. Por outro lado, conhecem-se algumas minas de antimónio no Cáucaso sobre as quais se sabe terem sido exploradas desde pelo menos o séc. XVII a.C. Embora nunca se tenham efectuado análises ao minério dessas minas, Shortland [30] analisou já vinte objectos caucasianos em antimónio puro cujos resultados mostram que ele contém vestígios de arsénio numa proporção muito próxima da encontrada nos vidros brancos e amarelos opacos. Estes resultados levaram, portanto, esse investigador a sugerir que o antimónio de que são feitos tais objectos e o antimónio presente na matéria-prima usada na produção dos dois antimoniatos teriam a mesma proveniência e que esta seria uma jazida do Cáucaso.

## 8. Vidros vermelhos opacos

De acordo com alguns autores [39-42], nos vidros vermelhos opacos mais antigos tanto a cor como a opacidade são originadas por cristais de óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) que se encontram às vezes acompanhados por cristais de cobre. Importa notar, todavia, que se conhecem vários tipos de vidros vermelhos de cobre, dos quais só um – o chamado vidro rubi de cobre – continua a ser produzido regularmente [43]. Neste caso, a cor é devida a partículas de cobre metálico coloidais.

Tanto quanto se sabe do ponto de vista arqueológico, os vidros vermelhos opacos surgiram no Egipto em meados do II milénio a.C. e continuaram a ser fabricados até quase ao fim desse milénio para fazer sobretudo contas, peças de embutir e sucedâneos da cornalina destinados à manufactura de jóias. Após um longo período de estagnação, que durou mais de três séculos, e acompanhando o ressurgimento da indústria do vidro no I milénio a.C., começou a produzir-se um segundo tipo de vidro vermelho, de melhor qualidade, o qual difere do primeiro sobretudo por ter uma concentração de chumbo muitíssimo maior e um tom de vermelho-lacre bri-

lhante. Parece, contudo, que a produção do vidro do primeiro tipo não teria cessado completamente [40].

Análises efectuadas por Bimson e Freestone [39] e Freestone [41], na microsonda, a alguns vidros vermelhos opacos do II milénio a.C., não só egípcios mas também mesopotâmicos, mostraram que são típicos dessa época, ou seja, que são vidros sódico-cálcicos com teores relativamente elevados de  $\text{MgO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  (ver secção 2) e uma concentração insignificante de chumbo. O seu teor de cobre é bastante variável – 3-12%  $\text{Cu}_2\text{O}$  – apresentando frequentemente antimónio e/ou ferro em quantidades que, nos de Amarna, podem atingir valores de 0,9-1,5%  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  e 0,4-0,6%  $\text{FeO}$  e nos de Alalakh – cidade próxima da região mesopotâmica – valores mais elevados à roda de 2,5%  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  e 2,8%  $\text{FeO}$ .

Por outro lado, análises semelhantes realizadas pelos mesmos investigadores a alguns vidros vermelhos opacos do I milénio a.C. mostraram que são de um tipo essencialmente diferente, com uma concentração de cobre rondando 10%  $\text{Cu}_2\text{O}$ , uma concentração de chumbo à volta de 25%  $\text{PbO}$  e uma concentração de antimónio de c. 4%  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ .

Freestone [41] fez também exames à estrutura dos referidos vidros, no SEM (um tipo de microscopia electrónica), nos quais observou que nos vidros do II milénio a.C. os cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$  são em geral pequenos ( $< 10\mu\text{m}$ ) evidenciando apenas vestígios de estruturas dendríticas, ao passo que nos vidros do I milénio a.C., ricos em chumbo, os cristais são maiores apresentando-se sob a forma de dendrites extensamente ramificadas. Observou, por outro lado, sobretudo num dos vidros de Alalakh do II milénio a.C., a presença de grãos de cobre com diâmetros que chegavam a atingir  $10\mu\text{m}$ , o que, segundo ele, explica que em vez do vermelho característico do  $\text{Cu}_2\text{O}$  esse vidro exiba uma cor acastanhada. Verificou ainda que nos vidros do II milénio a.C. se vêem produtos de desvitrificação, ao contrário do que acontece nos vidros do I milénio a.C. ricos em chumbo. Averiguou, além disso, que os vidros de alto teor em chumbo são os que apresentam um vermelho mais intenso e brilhante. Con-

cluiu, pois, que o  $\text{PbO}$  tem o efeito de aumentar o tamanho dos cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$  e reduzir a tendência do vidro para se desvitrificar, melhorando consequentemente a qualidade da cor e a estabilidade do vidro. Fez notar, no entanto, que a qualidade da cor depende também do teor de  $\text{Cu}_2\text{O}$  no vidro, em virtude de o tamanho dos cristais ser igualmente função do referido teor – quanto maior este for, tanto maiores serão os cristais e mais intenso o vermelho.

Segundo Freestone [41], a concentração de antimónio na maior parte dos vidros vermelhos opacos é suficientemente alta para se poder concluir com segurança que tal elemento era adicionado intencionalmente. O mesmo parece ter acontecido com o ferro, pelo menos nos casos em que a sua concentração é muito elevada como, por exemplo, no caso dos vidros de Alalakh do II milénio a.C. onde observou um valor de c. 3%  $\text{FeO}$ . Presumiu, por isso, que os antigos vidreiros, guiados pela experiência, já estivessem plenamente conscientes de que a presença destes dois elementos favorece a nucleação e o crescimento dos cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$  e de cobre metálico.

Admite-se que o fabrico dos vidros vermelhos opacos fosse aquele que maiores dificuldades teriam levantado no passado, em virtude da enorme sensibilidade da reacção de precipitação dos cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$  e do processo do seu crescimento seja à composição química do vidro, seja às condições de temperatura e de oxidação-redução em que deve ser mantido. Isso obrigava-os necessariamente a um controlo muito apurado das quantidades de ingredientes usados e da atmosfera do forno, sobretudo desta, a fim de evitar a transformação da cor vermelha em verde, a qual se verifica sempre que o vidro é exposto ao ar ainda quente, em virtude da rápida dissolução dos cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$  na massa vítrea e subsequente oxidação do cobre ao estado +2.

Freestone [41] teceu algumas considerações sobre três processos teoricamente possíveis de levar a efeito tal fabrico, acabando por concluir que o mais razoável seria o processo de adicionar a um vidro básico cobre no estado de oxi-

dação +1, porventura  $\text{Cu}_2\text{O}$ , e de controlar as operações posteriores de fusão e tratamento térmico do vidro de modo a manter o cobre nesse estado. Não rejeitou, porém, o processo da adição de *siparru arhu* – “bronze rápido”<sup>6</sup> – o qual, de acordo com os textos sumérios e acádicos referidos na secção 2, teria sido o adoptado pelos vidreiros mesopotâmicos [9,10].

Conforme se referiu atrás, foram achados em Quantir – lugar onde estava situada a antiga cidade de Pi-Ramsés – vários cadinhos cilíndricos para fabricar vidro vermelho opaco, alguns dos quais continham ainda restos de vidro no interior e na parte de fora, desde o bordo até à base [44]. Quase todo esse vidro se encontra hoje alterado, apresentando o aspecto de uma substância verde clara, por vezes esbranquiçada, em estado de desagregação. Acontece, porém, que o maior pedaço de vidro que se conseguiu recolher, com as dimensões de  $c. 6 \times 3 \times 2 \text{ cm}^3$ , apesar de ter forma irregular, era suficientemente espesso para que o núcleo se mantivesse intacto com a cor vermelha original. Acharam-se, além disso, outros fragmentos de vidro vermelho opaco em bom estado de conservação, dois dos quais puderam ser analisados por espectrometria de FRX e examinados ao microscópio. Os resultados de tais análises mostraram que, do ponto de vista da sua composição, eles eram idênticos aos vidros vermelhos opacos que haviam sido examinados por Freestone [41]. Por outro lado, os exames ao microscópio permitiram concluir que o colorante é igualmente o  $\text{Cu}_2\text{O}$  e que ele se encontra disperso no vidro sob a forma de pequenos cristais.

Mais interessantes foram as conclusões a que Rehren [44] chegou sobre o processo de aquecimento dos cadinhos na fabricação do vidro vermelho opaco. Não consistiria certamente em aquecê-los pela parte superior, que era o processo praticado na fundição do bronze, por esse procedimento não possibilitar o controlo apurado das condições de oxidação-redução do respectivo ambiente. Não seria também o processo de os aquecer sobre um leito de carvão, pois em nenhum cadinho o referido investigador conseguiu detectar sinais de con-

tactos directos com tal tipo de leito. O que ele detectou, de facto, na maior parte de tais cadinhos foram marcas de aquecimento localizado distribuídas à volta das suas zonas inferiores. Rehren sugeriu, por isso, que o aquecimento seria feito provavelmente numa espécie de forno de revérbero provido de alguns tubos de insuflação de ar destinada a intensificar o calor na parte inferior de cada cadinho.

#### Notas

<sup>1</sup> Parece que a técnica do vidrado já era conhecida no Egipto pelo menos na época das culturas de Badari (entre 4 500 e 4 000 a.C.), como ficou provado com o achado de uma grande quantidade de contas de pedrasabão vidradas, nas proximidades desse lugar [45]. O quartzo foi também utilizado para o mesmo efeito. Em ambos os casos os vidrados eram essencialmente constituídos por vidros do tipo sodo-cálcicos ou potasso-cálcicos, aos quais se dá em geral o nome de vidrados alcalinos.

<sup>2</sup> A faiança, cujo termo foi originalmente usado durante a Idade Média para designar a *porzellena di Faenza* e a partir do final do séc. XVI adoptado pelos franceses para designar toda a cerâmica fina vidrada, é, do ponto de vista arqueológico, um material vítreo criado provavelmente no Egipto durante a Época Pré-Dinástica (antes de 3000 a.C.), o qual era produzido revestindo um núcleo de quartzo em pó com um vidrado alcalino. Para obter pormenores consultar a referência [46].

<sup>3</sup> Admite-se que a “técnica do núcleo” consistiria provavelmente em fazer primeiro um núcleo com a forma pretendida para o vaso, à volta da extremidade dum vareta metálica, empregando uma mistura de areia, argila, lama e esturmo ou palha. O núcleo, uma vez consolidado, era revestido com vidro, desconhecendo-se qual era exactamente o processo que se utilizava. Segundo alguns investigadores, o núcleo modelado seria introduzido num banho de vidro fundido rodando-o durante um instante e, depois de retirado do banho, rolado sobre uma mesa. Segundo outros, aplicar-se-iam ao núcleo varetas de vidro amolecido, dispostas em espiral, de modo a cobrir toda a sua superfície e o conjunto seria posteriormente aquecido. O vaso, ainda ligado ao núcleo, era depois decorado justapondo-lhe em certas zonas vidro de diversas cores, estirado por aquecimento, e rolando o conjunto de novo sobre a mesa. Em seguida, era outra vez aquecido e, com uma pinça, fazia-se o bordo e o gargalo. Por fim, des-

prendia-se a vareta metálica, dando-lhe possivelmente uma pancada forte, e desagregava-se o núcleo com auxílio de um gancho. Os vasos assim manufacturados eram, por isso, pequenos e as suas paredes ficavam em geral com uma espessura relativamente grande.

<sup>4</sup> H, inicial da palavra inglesa *High*, e MG, com o mesmo significado de Mg – símbolo químico do magnésio.

<sup>5</sup> L, inicial da palavra inglesa *Low*, e MG, com o mesmo significado de Mg – símbolo químico do magnésio.

<sup>6</sup> O “bronze rápido” – tradução literal de *siparru arhu* – deveria ser de facto, segundo Brill [10], um bronze em cuja composição entrariam o cobre, o estanho e o chumbo, os dois últimos dos quais, sobretudo o chumbo, contribuem de modo favorável para o desenvolvimento da cor vermelha em vidros derivada da formação de pequenos cristais de  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

#### Referências bibliográficas

- 1 R. de Carvalho, *A Ciência Hermética*, Relógio d'Água Editores, 1996 (1.ª edição na Biblioteca Cosmos, 1947).
- 2 J. M. P. Cabral, *Química* **66** (1997) 17.
- 3 J. M. P. Cabral, *Química* **82** (2001) 57.
- 4 D. Ullrich, *FACT* **17** (1987) 323.
- 5 S. Pagès-Camagna, S. Colinart, *Archaeometry* **45** (2003) 637.
- 6 M. Winter, Chemistry: WebElements™ Periodic Table (professional edition), <http://www.webelements.com>, 2004.
- 7 E. V. Sayre, R. W. Smith, *Science* **133** (1961) 1824.
- 8 E. V. Sayre, R. W. Smith, *Archaeological Chemistry. A Symposium*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1967, 279.
- 9 A. L. Oppenheim, em A. L. Oppenheim, R. H. Brill, D. Barag, A. Von Saldern (Editores), *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia*, The Corning Museum of Glass Press, Corning, 1970, 1.
- 10 R. H. Brill, em A. L. Oppenheim, R. H. Brill, D. Barag, A. Von Saldern (Editores), *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia*, The Corning Museum of Glass Press, Corning, 1970, 103.
- 11 H. Davy, *Phil. Trans. Roy. Soc.* **105** (1815) 97.
- 12 A. J. Buckman, *Archaeological J.* **8** (1851) 351.
- 13 M. Farnsworth, P. D. Ritchie, *Technical Studies in the Field of the Fine Arts* **6/3** (1938) 155.
- 14 C. A. Keller, *J. Glass Studies* **25** (1983) 19.
- 15 Th. Rehren, *J. Glass Studies* **42** (2000) 13.

- 16 A. J. Shortland, M. S. Tite, *Archaeometry* **42** (2000) 141.
- 17 M. S. Tite, A. J. Shortland, *Archaeometry* **45** (2003) 285.
- 18 E. V. Sayre, R. W. Smith, *Recent Advances in the Science and Technology of Materials*, vol. 3 (ed. A. Bishay), Plenum Press, New York, 1974, 47.
- 19 W. Geilmann, *Glastechn. Ber.* **28** (1955) 146.
- 20 G. Bass, *American J. Archaeology* **90** (1986) 269.
- 21 P. T. Nicholson, J. Henderson, em P. T. Nicholson, I. Shaw (Editores), *Ancient Egyptian Materials and Technology*, Cambridge University Press, 2000, 195.
- 22 J. E. Dayton, *Revue d'Archeometrie* **3** (Supplément 1981) 57.
- 23 A. Kaczmarczyk, R. E. M. Hedges, *Ancient Egyptian Faience*, Aris & Phillips Ltd., Warminster, 1983.
- 24 E. V. Sayre, em F. R. Matson, G. E. Rindone (Editores), *Advances in Glass Technology*, Pt. 2, 1963, 263.
- 25 E. V. Sayre, *Some Ancient Glass Specimens with Compositions of Particular Archaeological Significance*, BNL 879 (T-354), Brookhaven National Laboratory, 1964.
- 26 A. Kaczmarczyk, em J. S. Olin, M. J. Blackman (Editores), *Proceedings of the 24<sup>th</sup> International Archaeometry Symposium*, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1986, 369.
- 27 E. M. Stern, B. Schlick-Nolte, *Early Glass of the Ancient World 1600 BC-AD 50*, Verlag Gerd Hatje, Ostfildern, 1994.
- 28 W. Noll, em M. J. Hughes (Editor), *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, Occasional Papers of the British Museum (London) **19** (1981) 143.
- 29 Th. Rehren, *Archaeometry* **43** (2001) 483.
- 30 A. J. Shortland, *Archaeometry* **44** (2002) 517.
- 31 J. L. Mass, M. T. Wypysky, R. E. Stone, *Archaeometry* **44** (2002) 67.
- 32 E. Pernicka, Th. Rehren, S. Schmitt-Streckler, em Th. Rehren, A. Hauptmann, J. Muhly (Editores), *Metallurgica Antiqua, Der Anschnitt*, Bochum, Germany, 8, 1998, 123.
- 33 A. J. Shortland, P. T. Nicholson, C. M. Jackson, *Archaeometry* **42** (2000) 153.
- 34 A. J. Shortland, *Archaeometry* **45** (2003) 190.
- 35 Th. Rehren, *Archaeometry* **45** (2003) 185.
- 36 R. H. Brill, I. L. Barnes, B. Adams, em A. Bishay (Editor), *Recent Advances in Science and Technology of Materials*, New York: Plenum Publishing Corporation, vol. 3, 1974, 9.
- 37 Z. A. Stos-Gale, N. H. Gale, *Revue d'Archeometrie* **5** (1981) 285.
- 38 C. Lilyquist, R. H. Brill, *Studies in Early Egyptian Glass*, The Metropolitan Museum of Art, New York, 1993.
- 39 M. Bimson, I. C. Freestone, em *Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum*, British Museum Publications, London, 1985.
- 40 M. Bimson, em M. Bimson, I. C. Freestone, (Editores), *Early Vitreous Materials*, British Museum Occasional Paper n.º 56, London, 1987, 165.
- 41 I. C. Freestone, em M. Bimson, I. C. Freestone (Editores), *Early Vitreous Materials*, British Museum Occasional Paper n.º 56, London, 1987, 173.
- 42 R. H. Brill, N. D. Cahill, *J. Glass Studies* **30** (1988) 16.
- 43 W. A. Weyl, *Coloured Glasses*, Society of Glass Technology, Sheffield, First published 1951, Reprinted 1999
- 44 Th. Rehren, *Archaeometry* **39** (1997) 355.
- 45 A. Lucas, *Ancient Egyptian Materials and Industries*, 4<sup>th</sup> edition, revised and enlarged by J. R. Harris, Histories & Mysteries of Man Ltd., London, England, 1989.
- 46 E. J. Peltenburg, em M. Bimson, I. C. Freestone, (Editores), *Early Vitreous Materials*, British Museum Occasional Paper n.º 56, London, 1987, 5.
- 47 M. Saleh, H. Sourouzian, *Catalogue Officiel du Musée Égyptien du Caire*, Verlag Philipp von Zabern, Mainz, 1987.
- 48 V. Tatton-Brown, C. Andrews, em H. Tait, (Editor), *Five Thousand Years of Glass*, The British Museum Press, London, 1991.

## Atualidades Científicas

### Estatística proporciona mais provas dos benefícios da dieta mediterrânea

Um estudo publicado na edição de Abril de 2005 do *British Medical Journal* (BMJ) suporta estatisticamente os efeitos saudáveis da dieta mediterrânea, rica em peixe, azeite, fruta, legumes e cereais, complementados com uma ingestão modesta de vinho tinto. O estudo envolveu aproximadamente 75000 pes-

soas com idade superior a 60 anos, em nove países Europeus. Concluiu-se que nos indivíduos que seguem a dieta mediterrânea, o “risco de mortandade” é sete por cento inferior. O que, na prática, significa que um indivíduo de 60 anos que segue esta dieta tem, em média, mais um ano de vida. Verificou-se que o país em que o “bónus” de longevidade é mais significativo é a Grécia,

seguida da Espanha, Itália e França. No extremo oposto encontram-se a Holanda, Suécia, Alemanha e Dinamarca. A dieta nos países nórdicos é caracterizada por um elevado consumo de batatas, carnes gordas e cerveja. (*Fonte*: British Medical Journal (doi:10.1136/bmj.38415.644155.8F), 8 de Abril 2005)

José Santos

# Where Chemistry Meets Life Science

14 national  
chemical  
societies of  
EUChemSoc



are co-owners of  
*ChemBioChem*



Austria



Belgium



Czech Republic



France



Germany



Greece



Hungary



Italy



Netherlands



Poland



Portugal



Spain



Sweden

D55712

A EUROPEAN JOURNAL

## CHEM **BIO** CHEM

OF CHEMICAL BIOLOGY

520 540 560 580 600  $\lambda$ /nm

Chemistry & Life Sciences

**EMBO Symposium: Chemistry Meets Biology**  
**SPECIAL ISSUE**  
Guest Editors:  
O. Schärer, C. Schultz

**Minireviews:** Small-Molecule Screening and Profiling by Using Automated Microscopy  
Chemical Approaches to Controlling Intracellular Protein Degradation  
DNA Interstrand Crosslinks  
Intramers and Aptamers  
**Concepts:** Protein Chemistry on the Surface of Living Cells

WILEY-VCH

EUChemSoc

Latest Impact  
Factor:  
**3.992**

an attractive mixture of:

- Short communications
- Full papers
- Reviews & Minireviews
- Highlights & Concepts
- News & Comments
- Book and Multimedia Reviews

publishes high-quality  
**Special Issues**

- EMBL Symposium:  
Chemistry Meets Biology
- Kinases in Drug Discovery
- Biomolecular NMR Spectroscopy

Visit *ChemBioChem* online

[www.chembiochem.org](http://www.chembiochem.org)

**Subscribe now!**

For further information  
and to subscribe please  
send an E-mail to:

[subinfo@wiley.com](mailto:subinfo@wiley.com)  
(USA/Canada)

[service@wiley-vch.de](mailto:service@wiley-vch.de)  
(Germany/Austria/Switzerland)

[cs-journals@wiley.co.uk](mailto:cs-journals@wiley.co.uk)  
(all other areas)





podem ser atingidos através de processos cujo produto final seja de novo um plástico, concentrando assim a actividade dos EM na reciclagem mecânica, dado que os processos de reciclagem química ainda não permitem a produção de novos plásticos de forma rentável. No entanto, a reciclagem química de plásticos já permite a produção industrial de metanol e de outros produtos químicos. A meta global de reciclagem para todos os materiais de embalagem em 2011 é de 55%, sendo que as metas específicas para os outros materiais são: vidro 60%; papel e cartão 60%; metais 50%; e madeira 15%.

A análise dos mercados de embalagem, em Portugal, permite antever que se o plástico cumprir apenas a sua meta específica, a globalidade dos materiais não atingirá os 55%, dada a quota de mercado já ocupada pelas embalagens de plástico. As melhores estimativas apontam para uma colocação de embalagens de plástico no mercado (doméstico, industrial, agrícola, distribuição, outros) em 2003 de 330.000 toneladas num universo total de embalagens superior a 1.400.000 toneladas. Pode não parecer muito, em peso (23%), mas se atentarmos ao facto que uma garrafa de plástico de 1,5 litros pesa 35 gramas e que um saco de supermercado pode pesar menos de 10 gramas, estamos a falar de bastante volume e valor embalado. Significa isto que países como Portugal terão de investir ou canalizar resíduos para processos de reciclagem alternativos. O desafio está em, por um lado, garantir o crescimento e sustentabilidade da reciclagem mecânica (em todas as suas vertentes) e dos seus mercados, por outro, em procurar ou desenvolver processos alternativos de reciclagem como por exemplo a reciclagem química. Na reciclagem mecânica, Portugal não dispõe ainda de recicladores de plásticos mistos embora os primeiros passos já estejam a ser dados (ex: Extruplás na Maia e projecto P3R da Sirplaste em Leiria).

No levantamento da capacidade instalada realizado pela Plastval sobre o ano 2001, foi possível concluir que no ano em questão, pelo menos 10%, em peso, de todas as embalagens colocadas no



Figura 2 Deposição em Eco-Ponto

mercado nacional foram recicladas. O estudo abordou todas as embalagens em plástico desde as do sector doméstico às do comércio, distribuição, indústria e outras. Em 2005 deverá ser realizado um novo estudo com enfoque no desempenho nacional no ano de 2004. Relativamente à meta que o país tem de atingir em 2005 é vital conseguir determinar-se a componente de reciclagem que ocorre fora do Sistema Ponto Verde, pois trata-se de um fracção significativa. Caso não consigamos atingir a meta de reciclagem que está legalmente fixada, ou caso não consigamos provar que a atingimos (o que seria ainda mais frustrante) poderemos ser sujeitos a sanções que penalizarão toda a cadeia de valor do plástico, com um impacto óbvio na subida do preço final do produto ao consumidor. Tais medidas já se verificaram em países como a Alemanha ou a Bélgica, e no caso da Alemanha o impacto foi tão desastroso para a gestão de resíduos que as medidas impostas (ex: valor de depósito para embalagens de uso único) vão agora ser retiradas.

A reciclagem de plásticos em Portugal é quase tão antiga como a própria indústria de transformação do plásticos, pois trata-se apenas de bom senso industrial reciclar resíduos de produção que, reologicamente, em tudo se assemelham à matéria prima inicialmente consumida.

Profissionalmente, os primeiros recicladores terão aparecido no início da década de 70 tendo-se vindo a especializar e a expandir até aos dias de hoje, num universo de reciclagem que vai desde empresas com mais de 40 trabalhadores certificadas por normas de qualidade, a mini-empresas familiares pouco organizadas documentalmente e com pouca expressão individual no mercado da reciclagem mas com algum peso enquanto grupo de empresas semelhantes. Como em todos os sectores industriais, o mercado tem-se encarregado de eliminar os projectos mais fracos, fazendo sobressair aquelas empresas melhor adaptadas ao mercado dos resíduos e das matérias primas secundárias. A situação noutros EM não é muito diferente da nossa em termos de tendência, a principal diferença reside unicamente na escala das empresas face aos mercados onde se inserem (por exemplo, um grande reciclador em Portugal é um reciclador de média dimensão na Alemanha). Tem sido graças ao empreendedorismo dos industriais de plásticos portugueses que hoje podemos dizer que temos alguns dos melhores recicladores de plásticos da Europa, naturalmente que não em quantidade mas sem dúvida em qualidade. Essa tem sido a mais valia da nossa indústria nos últimos 2-3 anos, uma vez que actualmente, uma percentagem bastante significa-

tiva do resultado da reciclagem nacional é consumida fora das nossas fronteiras. Contudo, nos últimos dois anos toda a Europa tem sentido, ao nível da gestão de resíduos o factor “China”. Presentemente a China está compradora de quase todos os resíduos não perigosos que possam ser reciclados (principalmente plástico, papel, aço, alumínio). Se no passado alguns viam a hipótese da exportação como uma alternativa “simpática” para resolver nacionalmente alguns problemas sobre resíduos, actualmente esta alternativa de “simpática” passou a ter pouco pois, em muitos países, deixou de ser a alternativa para se tornar no principal encaminhamento dado aos resíduos, de tão elevados que são os preços oferecidos pelos mesmos. As fábricas localizadas no Oriente, por terem custos operacionais que, globalmente, são significativamente inferiores aos do Ocidente conseguem oferecer preços pelos resíduos que, localmente,

nenhum industrial consegue acompanhar, para mais tarde colocarem na Europa os produtos resultantes da reciclagem a preços, também estes difíceis de bater pelos produtores europeus. Tornou-se por isso urgente exigir produtos que não favoreçam o trabalho infantil ou que resultem de operações em que haja garantias de respeito pelos mais básicos princípios de higiene, segurança no trabalho e protecção ambiental. Aquilo que pode agora parecer, para alguns gestores de resíduos, uma actividade de curto/médio prazo bastante rentável, poderá vir a tornar-se num sério problema para a Europa e para os EUA quando a China começar a reciclar os seus próprios resíduos e deixar de necessitar de importar os resíduos dos outros. Nessa altura, voltaremos a olhar para os resíduos como um problema e não como um negócio. Este assunto é tanto mais importante quanto o facto da própria legislação europeia (Directiva 2004/12 CE

de 11 de Fevereiro) referir que “os resíduos de embalagens exportados para fora da Comunidade [...] apenas contarão para o cumprimento das obrigações e objectivos [...] se houver provas suficientes de que a operação de valorização e/ou reciclagem teve lugar em circunstâncias grosso modo equivalentes às prescritas pela legislação comunitária na matéria”. Agora só nos resta definir o que são “provas suficientes” e o que são situações “grosso modo equivalentes”. Entretanto e enquanto não se fiscaliza o modo como estas exportações ocorrem, a indústria europeia de reciclagem vive sérias dificuldades para conseguir adquirir as suas matérias primas, a preços que a permitam manter-se minimamente acima da “linha de água”.

Mesmo assim, nem tudo são espinhos e é preciso acreditar que o nosso engenho e criatividade para os mercados emergentes serão capazes de dar a volta a mais este obstáculo de percurso. É por isso que é fundamental continuar a investir-se em comunicação e sensibilização dos consumidores de embalagem, para o valor das embalagens e dos produtos que delas podem resultar após valorização/reciclagem. Ainda que a maior lacuna seja sentida ao nível doméstico deverá haver igualmente comunicação direccionada para o consumidor não-doméstico (distribuição, indústria, agricultura). Isto porque deverá ser potenciada a reciclagem de todo e qualquer plástico que possa, de facto, ser comercialmente reciclado. Muitas vezes o problema dos EM, ao nível da reciclagem, passa por disporem de recicladores com tecnologias que não estão totalmente adequadas aos resíduos existentes (porque podem não existir mercados para os produtos resultantes dessa reciclagem) e como consequência acabarem por não conseguir fazer a ligação entre os resíduos existentes e a tecnologia (necessária ou insuficiente). A evolução do mercado de embalagem tem ditado um aumento no consumo de materiais complexos e laminados, mais difíceis de reciclar acompanhado por uma redução do volume médio de embalagens, que é fruto de agregados familiares cada vez mais reduzidos. Por outro lado, todas as embalagens de plástico pagam o mesmo valor ponto verde independente-

**Figura 3** Resíduos Plásticos Enfardados





**Figura 4** Plástico Triturado e Descontaminado

mente de serem ou não recicláveis o que não favorece a procura de soluções de embalagem com melhores desempenhos ambientais em termos de ciclo de vida de produto. Não se quer com isto dizer que só porque não é compensatória a reciclagem dum determinado plástico, este tenha um desempenho ambiental inferior a outro cuja reciclagem valha a pena. Existe sim um número significativo de embalagens que podiam ser melhoradas e não o são por ignorância ou razões meramente económicas, tirando o embalador partido da conjuntura nacional sobre regulamentação de embalagens.

Paralelamente à dificuldade em encontrar destino para alguns materiais reciclados está também um quadro legal e fiscal que não promove, de todo, o consumo de materiais reciclados nem estimula estes mercados. As indústrias de reciclagem são tratadas exactamente da mesma forma que qualquer outra estando sempre sujeitas à limitação de que a reciclagem só vale a pena se dela resultar um ganho ambiental e económico. Poderão ser criados incentivos fiscais para quem recicle, programas de financiamento para o desenvolvimento destas indústrias, IVA mais reduzido para produtos com elevadas taxas de incorporação de reciclados ou que respeitem princípios básicos de “projectar para reciclagem” ou “projectar para ambiente”. Curiosamente, muitos produtos com incorporação de material reciclado ou integralmente feitos em material reciclado já circulam em Portugal, invariavelmente ocultos dos olhos do consumidor, com

o receio por parte de quem os produz que o consumidor possa pensar que se tem reciclado então é de qualidade inferior ou devia ser ainda mais barato. Neste campo a postura das marcas deverá ser exactamente a inversa. As marcas deverão começar a explorar o ambiente enquanto ferramenta de marketing utilizando frases como “A nossa empresa é amiga do ambiente: este produto incorpora X% de reciclado” ou “Na produção deste artigo foi poupada X energia ou foram evitadas X emissões, devido ao uso de materiais reciclados” – o “mercado verde” veio para ficar em muitos EM e Portugal não deverá ser a excepção. Assim como veio o projectar para reciclagem e o projectar para ambiente – a concepção de artigos com vista à minimização do impacto gerado por estes durante todo o seu ciclo de vida.

Ao nível da Investigação e Desenvolvimento, Portugal dá já os primeiros passos no que toca a processos de reciclagem de plásticos. O contributo financeiro da Sociedade Ponto Verde tem sido fundamental para viabilizar alguns destes projectos com importância estratégica para o desempenho ambiental do país. No curto prazo, esperam-se desenvolvimentos no campo da reciclagem de plásticos mistos não só para perfis mas também para tubagem de saneamento básico de grande diâmetro e para aplicações de baixa pressão. No médio e no longo prazo a aposta terá forçosamente de ser na reciclagem química por ser o processo que mais garantias tem de penetração de novos mercados além

do largo espectro de resíduos que poderá consumir (incluindo as embalagens que contiveram resíduos perigosos). Paralelamente aos desenvolvimentos verificados na reciclagem verificam-se também desenvolvimentos nas técnicas de recolha. Cada vez mais se fazem experiências com a recolha porta-a-porta em detrimento da recolha por eco-pontos, o que tem servido para demonstrar que não existem soluções únicas de recolha nem soluções copiáveis. Os nossos níveis de recolha de plásticos per capita continuam bastante baixos o que é um sinal claro da necessidade de mais e melhor comunicação / sensibilização do consumidor bem como a adopção de novas abordagens de recolha selectiva que gerem maior empatia com o consumidor levando-o a depositar mais e melhor as suas embalagens usadas (isto porque os nossos níveis de consumo *per capita* são também baixos, o que pode ser preocupante quando ficarem equiparados aos de Espanha, França, Alemanha etc.). Nalguns países, inclusivamente, a recolha porta-a-porta foi já aberta a resíduos de materiais eléctricos e electrónicos, com resultados bastante animadores (ex: Alemanha com os projectos *yellow bin plus* e *zebra*). Costuma-se dizer neste meio que os plásticos não poluem, as pessoas é que o fazem. Esta frase não podia estar mais adequada à mudança de hábitos e atitudes que é necessária operar no consumidor português, que tem a agravante de não estar motivado para este tema porque não sente na carteira o custo associado à gestão dos resíduos que produz e das escolhas que faz enquanto consumidor.

# Nanomateriais

JOÃO PEDRO CONDE\*

**Sumário** Uma parte significativa das Nanociências e Nanotecnologias foca a produção de novos materiais. A capacidade do controle da microestrutura dos materiais com grande precisão (abaixo dos 100 nanómetros(nm)) permite pensar na obtenção de materiais com um novo conjunto de propriedades. Nesta escala, efeitos quânticos e de superfície jogam um papel crucial para a defi-

nição das propriedades do material. Os comprimentos característicos das grandezas que controlam as propriedades dos materiais ocorrem em geral na escala entre 1 e 100 nm, de modo que o controle da nanoestrutura a esta escala permite determinar os valores destas propriedades (ópticas, eléctricas, mecânicas, magnéticas, químicas).

## Introdução

Numa famosa lição dada em 1959 pelo físico Richard Feynman, intitulada “There’s plenty of room at the bottom” [1], este explorou conceptualmente a possibilidade de manipular a matéria à escala de átomos e moléculas individuais, imaginando, por exemplo, a Enciclopédia Britânica inteira escrita na cabeça de um alfinete. A implementação destas ideias pioneiras teve de esperar pelo desenvolvimento de novas técnicas que nos dessem acesso às escalas submilimétricas, nomeadamente a tecnologia de fabricação planar da microelectrónica e a microscopia de força atómica e outras técnicas de SPM (*scanning probe microscopy* ou microscopia de varrimento de ponta de prova).

Um nanómetro (nm) corresponde a um bilionésimo do metro, isto é,  $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$ . Um cabelo humano tem aproximadamente 40000 nm de diâmetro, e um glóbulo vermelho 7000 nm. Os átomos são de dimensão subnanométrica, enquanto muitas moléculas, nomeadamente as proteínas, têm dimensões superiores a um nanómetro. As dimensões de interesse para as Nanociências e Nanotecnologias são desde 100 nm até ao

nível atómico, uma vez que neste intervalo os materiais têm propriedades diferentes comparadas com as que os mesmos materiais apresentam em volume.

Materiais na nanoescala, entre 1 nm e 100 nm, apresentam propriedades que estão entre os efeitos quânticos dos átomos e as propriedades em volume dos materiais. Muitas propriedades físicas dos materiais (propriedades electrónicas, magnéticas, ópticas, supercondutoras, mecânicas, catalíticas, imunológicas ou de associação supramolecular)

são controladas por processos que têm a sua dimensão característica na nanoescala, nesta “terra-de-ninguém” entre os átomos e os materiais habituais. Eis alguns exemplos avulso, de entre os inúmeros que poderiam ser citados: o livre percurso médio para colisões inelásticas dos electrões varia entre 1 e 100 nm; o efeito de túnel dos electrões tem lugar para distâncias entre 1 e 10 nm; as deslocações interactivam a distâncias entre 1 e 1000 nm; as fronteiras de grão têm entre 1 e 10 nm de espessura; a estrutura secundária das estruturas supramoleculares tem dimensões da ordem dos 1 a 10 nm, enquanto a estrutura terciária tem dimensões entre 10 e 1000 nm; a rugosidade da superfície relevante para a catálise é entre 1 e 10 nm, etc.

Deste modo, a **Nanociência** é o estudo dos fenómenos e a manipulação e controle da estrutura e propriedades dos materiais à escala atómica, molecular e macromolecular. A escala de dimensões sob consideração vai desde cerca de 100 nm até às dimensões atómicas (0.1 nm). A **Nanotecnologia** corresponde ao projecto, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e



**Figura 1** Imagem de uma micromáquina feita de silício. As seis rodas dentadas são movimentadas sequencialmente. (Cortesia dos Sandia National Laboratories, SUMMIT™ Technologies, <http://mems.sandia.gov>)

\*Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 LISBOA e INESC Microsistemas e Nanotecnologias, Rua Alves Redol, 9, 1000-029 LISBOA, Portugal

sistemas em que a matéria é nanoestruturada [2].

O objectivo deste artigo é o de definir o que são os Nanomateriais, e o de oferecer uma visão resumida da situação actual deste tema. Os Materiais são as substâncias de que as coisas são feitas, e cada vez mais os Químicos, e os Engenheiros Químicos, são chamados a produzir produtos com um conjunto de propriedades especificadas, o que envolve o desenvolvimento de novos materiais. Os Nanomateriais aparecem como um novo tipo de materiais, que apresentam novas e distintas propriedades, processabilidades e capacidades [3].

### Nanomateriais

Na *Nanoescala a 1 dimensão* têm papel importante os *filmes finos*, *monocamadas* e *superfícies*. Filmes finos com dimensões que podem ir até à monocamada são processos centrais da indústria microelectrónica. Superfícies activas e funcionais são foco de investigação intensa para aplicações em engenharia química e em biotecnologia. O desenvolvimento de micro-reactores para produção de produtos químicos e farmacêuticos de alto-valor acrescentado, assim como para aplicações de *lab-on-a-chip*, está a gerar um forte interesse da indústria química. Neste tipo de aplicações, os filmes finos, monocamadas e superfícies são frequentemente sujeitos a processos de micro- e nanofabricação *top-down* utilizando a tecnologia planar da microelectrónica para a sua incorporação em nanossistemas. Os comprimentos laterais característicos variam entre as centenas de micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) e as dezenas de nm, dependendo das aplicações [4-6].

Na *Nanoescala a 2 dimensões* os materiais que têm gerado mais interesse são os *nanotubos* e *nanofios*. Entre estes, destacam-se os nanotubos de carbono, descobertos em 1991. Com diâmetros de alguns nanómetros e comprimentos de alguns microm, os nanotubos de carbono, constituídos essencialmente por rolos de grafite em forma de cilindro, apresentam propriedades mecânicas e eléctricas extraordinárias, devido ao seu elevado módulo de Young e condutividade

de eléctrica. Nanotubos inorgânicos estão também a ser estudados. Nanofios, isto é, fios ultrafinos cristalinos têm sido desenvolvidos utilizando silício, GaN, InP, e mostram propriedades ópticas, eléctricas e magnéticas de enorme interesse para aplicações em nanoelectrónica [7]. Finalmente, biopolímeros, tais como o DNA e proteínas, apresentam enorme interesse devido à variabilidade e controlabilidade da sua estrutura, assim como à sua capacidade intrínseca de reconhecimento molecular. Estas características permitem pensar em fabricar estruturas complexas com funcionalidade mecânica e senso-

rial [8,9]. As estruturas descritas são fabricadas por processos *bottom-up* de auto-montagem (*self-assembly*) e auto-organização (*self-organization*), utilizando regras locais de interacção química e física.

Na *Nanoescala a 3 dimensões* os materiais centrais são as nanopartículas (partículas com menos de 100 nm de diâmetro). Estas nanopartículas exibem propriedades mecânicas, ópticas e electrónicas diferentes das partículas com dimensões superiores, devidos a efeitos de superfície e efeitos quânticos. As nanopartículas podem ser isoladoras, semicondutoras ou metálicas. Estas nanopartículas não são geralmente utilizadas por si, mas servem como matérias-primas, ou aditivos, na formulação de produtos finais. Nanopartículas de semicondutores são chamadas *quantum-dots* (pontos quânticos). Fullerenos e dendrímeros também são incluídos nesta classificação, assim como nanocápsulas, materiais nanoporosos e materiais nanoestruturados [3,10].

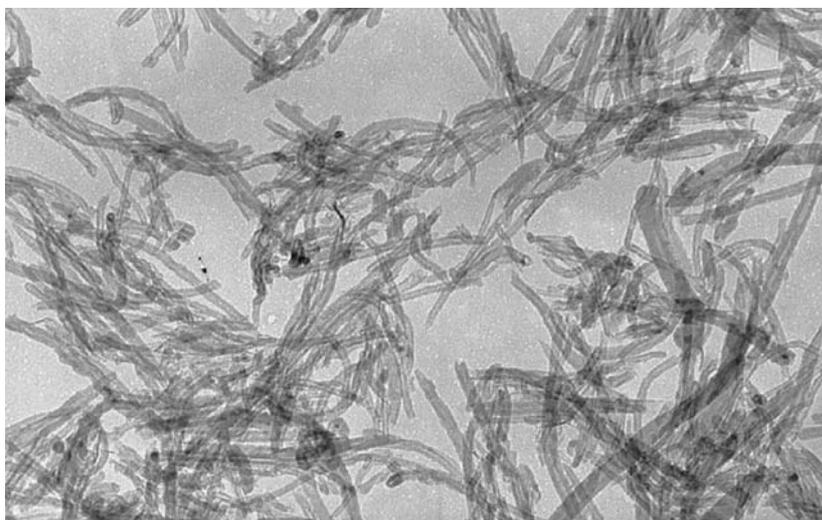
### Aplicações

A maior parte das *aplicações actuais* dos Nanomateriais constituem uma evolução de práticas estabelecidas. A razão principal deriva de empiricamente terem sido desenvolvidos, ao longo do tempo, processos de fabricação que controlavam a nanoestrutura dos materiais. Exemplos incluem: a aplicação de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}$  em protectores solares, uma vez que reflectem a radiação UV mas são transparentes no visível; nanotubos de carbono em compósitos de matriz polimérica para controlar a condutividade eléctrica; todo o tipo de filmes finos com espessuras controladas à escala nanométrica ou atómica e superfícies funcionalizadas para aplicações em electrónica e catálise; e materiais nanocristalinos de elevada dureza e resistência ao desgaste para a fabricação de ferramentas de corte.

A *curto prazo*, a aplicação generalizada de nanopartículas, por exemplo na formulação de tintas avançadas, na remediação de solos contaminados, em células de combustível, em ecrãs, em baterias, como aditivos no combustível e



**Figura 2** Um pacote de nanotubos de carbono (Georgia Tech Image)



**Figura 3** Nanotubos de carbono de parede simples (Chengdu Organic Chemistry Co.,Ltd,Chinese Academy of Sciences)

em catalisadores foi proposta e está em estudo. Este tipo de aplicações tem levantado preocupações sobre o impacto no ambiente e na saúde deste tipo de tecnologia, o que tem sido objecto de numerosos estudos [2].

A *médio-longo prazo*, é possível especular em aplicações como compósitos com nanotubos de carbono como material de reforço, de modo a permitir a elaboração dum material ultra-leve e com elevada resistência mecânica, na utilização de nanotubos de carbono e nanofios de silício como transístores em nanoelectrónica, na utilização de nanopartículas em implantes médicos, memórias magnéticas, e como nano-rolamentos em produtos lubrificantes.

Tal como nos Materiais clássicos, o desenvolvimento e aplicações de Nanomateriais é um assunto profundamente interdisciplinar, envolvendo a Química, a Física, a Biologia e as Engenharias, em que as aplicações em perspectiva e potenciais determinam, em larga escala, a direcção da investigação e do desenvolvimento.

### Conclusões

Nanopartículas e nanomateriais vão jogar um papel importante no futuro em aplicações estruturais (cerâmicos, revestimentos, filmes finos, metais, catalisadores, compósitos), em produtos cosméticos, nas tecnologias da informação (nanotubos, nanoelectrónica, materiais optoelectrónicos), em biotecnologia (nanocápsulas, materiais biocompatíveis, *quantum dots*, compósitos, biosensores), nas aplicações de sensores e micro sistemas funcionais (MEMS-*microelectromechanical systems*, NEMS-*nanoelectromechanical systems*, SPM, *lab-on-a-chip*, micro-reactores), e em aplicações ambientais (nomeadamente em aplicações em nanofiltração e membranas avançadas).

### Referências

- 1 ver, por exemplo, <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- 2 um excelente ponto de partida para investigar o estado actual e potenciais aplicações das Nanotecnologias é o relatório produzido para o Governo do Reino Unido

pela *Royal Society* e pela *Royal Academy of Engineering*: <http://www.nanotec.org.uk/>.

- 3 uma introdução geral pode ser encontrada em C.P. Poole, Jr., F.J. Owens, *Introduction to Nanotechnology*, Wiley, New York, 2003.
- 4 S.D. Senturia, *Microsystem Design*, Kluwer, Boston, 2001.
- 5 M.J. Madou, *Fundamentals of microfabrication*, CRS Press, 2nd Edition, Boca Raton, 2002.
- 6 V. Hessel, S. Hardt, H. Löwe, *Chemical Micro Process Engineering*, Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- 7 R. Waser (Ed.), *Nanoelectronics and Information Technology*, Wiley-VCH, Weinheim, 2003.
- 8 D.S. Goodsell, *Bionanotechnology*, Wiley-Liss, Hoboken, 2004.
- 9 C.M. Niemeyer, C.A. Mirkin (Eds.), *Nanobiotechnology*, Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- 10 M.J. Pitkethly, *Nanomaterials – the driving force*, Nanotoday, December 2004 (<http://www.materialstoday.com/nanotoday2004.htm>).

## A SPQ CONTA CONSIGO!

O QUÍMICA conta com os seus sócios para cumprir a sua missão. Se está interessado em contribuir para as secções de Noticiário SPQ, Tomar Nota, ou tem uma ideia para as Actividades no Laboratório, contacte-nos em [boletim@fe.up.pt](mailto:boletim@fe.up.pt). Todas as contribuições serão bem vindas!



# Tópicos de Biofísica de Membranas



## Tópicos de Biofísica de Membranas

Luís M. S. Loura  
Rodrigo F. M. de Almeida



A interface entre uma célula viva e o mundo que a rodeia desempenha um papel crítico em numerosos processos biológicos de grande complexidade. Para uma compreensão dos factores responsáveis pelo funcionamento das biomembranas, torna-se necessário compreender a estrutura, dinâmica e interações dos seus componentes, a um nível tão elementar quanto possível. Para tal usam-se conceitos e técnicas vindos da Física, Química e Biologia. É este campo interdisciplinar, a Biofísica de Membranas, que constitui o objecto desta obra, integrada na Colecção Química, sendo nela abordado à luz do paradigma actual (pós Mosaico Fluido).

**P.U.P.: €13,89**

**Autores:** Luís M. S. Loura e Rodrigo de Almeida

## Introdução à Estatística Uma perspectiva química

## Introdução à Estatística

Uma perspectiva química

Natália Cordeiro  
Alexandre Magalhães



Nesta obra procurou-se sempre apresentar os conceitos estatísticos com clareza e simplicidade, de modo a que o leitor possa facilmente extrapolá-los a outras Ciências. Foi preocupação dos autores, dada a sua experiência ao longo dos anos no ensino universitário em áreas como a Estatística, Métodos Numéricos, Química Geral e Química Computacional, recorrer ao mínimo possível de conceitos formais que são normalmente utilizados na discussão matemática destes temas. Privilegiaram-se os exemplos ilustrativos e problemas que possam abrir perspectivas sobre o papel das “Probabilidades e Estatística” na interpretação e compreensão de fenómenos químicos em particular.

**P.U.P.: €14,95**

**Autores:** Maria Natália Dias Soeiro Cordeiro e Alexandre Lopes de Magalhães



**LIDEL - Edições Técnicas, Lda**

Av. Praia da Vitória N°14. 1000-247 Lisboa

Lisboa: 213541418 \* 213511446

Porto: 225573510 \* Coimbra: 239822486

www.lidel.pt \* e-mail: promocao@lidel.pt

# Condutores moleculares

RUI TEIVES HENRIQUES\*, MANUEL ALMEIDA\*\*

## Resumo

A condutividade electrónica está habitualmente associada a metais ou a semicondutores inorgânicos, materiais em que existe uma forte ligação química entre os átomos constituintes. Contudo, a condutividade electrónica pode também estar associada a compostos moleculares, apesar de a interacção entre as moléculas ser relativamente mais fraca do que numa ligação química típica. Neste artigo é feita uma análise da evolução nesta área

dos condutores “orgânicos” cristalinos, com especial atenção aos requisitos que estes compostos têm que satisfazer para exibirem comportamento do tipo metálico ou semiconductor. Outros fenómenos, como a supercondutividade e ordenamento magnético, que foram sendo também observados neste tipo de materiais desde o seu aparecimento (há cerca de 30 anos), são também abordados.

## Introdução

Existe praticamente unanimidade em considerar que foi W. A. Little em 1964 [1] o responsável por um grande interesse na procura de sistemas baseados em compostos orgânicos capazes de exibir elevada condutividade eléctrica. Sugestivamente o título do seu artigo era “*Possibility of Synthesizing an Organic Superconductor*”.

Uma teoria que veio a ser acolhida pela comunidade científica com enorme sucesso na explicação da supercondutividade, tinha sido publicada em 1957 por Bardeen, Cooper e Schrieffer [2] e ficou conhecida como teoria BCS. Little não sugere a supercondutividade orgânica como contraposição, mas pelo facto de reconhecer que a teoria BCS constituía um modelo explicativo das características essenciais de um superconductor. Embora um pouco longa, vale a pena incluir a citação:

“*Em particular, [a teoria BCS] prescreve certos critérios para um sistema que,*

*uma vez satisfeitos, devem levar ao estado superconductor. A nossa abordagem é considerar como é que estes critérios devem ser aplicados para projectar uma molécula orgânica que, se a sua síntese for possível, deve exibir as características essenciais de um superconductor e, como mostraremos, possui também propriedades químicas notáveis. Um dos feitos interessantes acerca destas moléculas que investigamos em pormenor, é que devem ser superconductoras à temperatura ambiente e, na verdade, até temperaturas bem acima da temperatura ambiente*”.

Um “se” pode ser sinónimo de probabilidade muito pequena mas também pode significar um repto, neste caso dirigido fundamentalmente aos químicos e, talvez seja por isso que este domínio é partilhado com igual entusiasmo tanto pela comunidade da Física como da Química. A molécula-modelo proposta por Little consistia em duas partes, uma cadeia longa (polímero conjugado) a que chamou “espinha” e uma segunda parte formada por braços pendentes, que deveriam ter um estado excitado de

baixa energia de tal modo que as transições do estado fundamental para o excitado correspondessem a oscilações de carga de um extremo ao outro da molécula. E Little foi ao ponto de propor uma molécula concreta, basicamente poliácetileno no qual a metade dos átomos de carbono está ligado o catião de dietilcianina tendo I<sup>-</sup> (iodeto) como contra-íon. A conclusão seria que as cadeias laterais teriam uma interacção atractiva mediada pelas oscilações da densidade electrónica na espinha, afinal uma variante da atracção entre electrões do par de Cooper (entidade responsável pelo transporte de carga num superconductor segundo a teoria de BCS e cuja formação resulta da interacção entre os electrões e as vibrações da rede ou fonões).

Sabemos por alguns testemunhos que houve químicos a tentar sintetizar a molécula-modelo de Little. No entanto foram outras moléculas que vieram a despoletar maior interesse, alguns anos depois, se bem que desde 1954 fosse conhecido um complexo de perileno

\* Instituto de Telecomunicações, Pólo de Lisboa e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Lisboa (rth@ist.utl.pt)

\*\* Instituto Tecnológico e Nuclear / CFMUL, Sacavém (malmeida@itn.pt)

com bromo com condutividade eléctrica elevada, embora insuficientemente caracterizado [3].

Em 1960 tinha sido sintetizada por Acker *et al* [4] a molécula de TCNQ (tetracianoquinodimetano), um bom aceitador de electrões, que durante a década de sessenta se verificou poder dar origem a sais com uma elevada condutividade. A possibilidade do TCNQ formar

empilhamentos segregados com alguns cátions planares como o quinolíno ou morfolíno, viria a ser considerada uma alternativa viável a essa concepção original de Little. Dez anos depois é sintetizada outra molécula, com características doadoras, o tetratriafulvaleno (TTF) [5], que iria ter importância primordial.

Um marco importante surgiu em 1973 com a obtenção de um composto por

combinação do aceitador TCNQ com o doador igualmente planar, tetratriafulvaleno (TTF) de modo a se obter um composto de estequiometria 1:1 (TTF-TCNQ). Na sua estrutura as moléculas de doador e de aceitador empilham-se separadamente e existe uma transferência de carga parcial (0,59) entre elas. Em monocristais deste composto a condutividade eléctrica à temperatu-

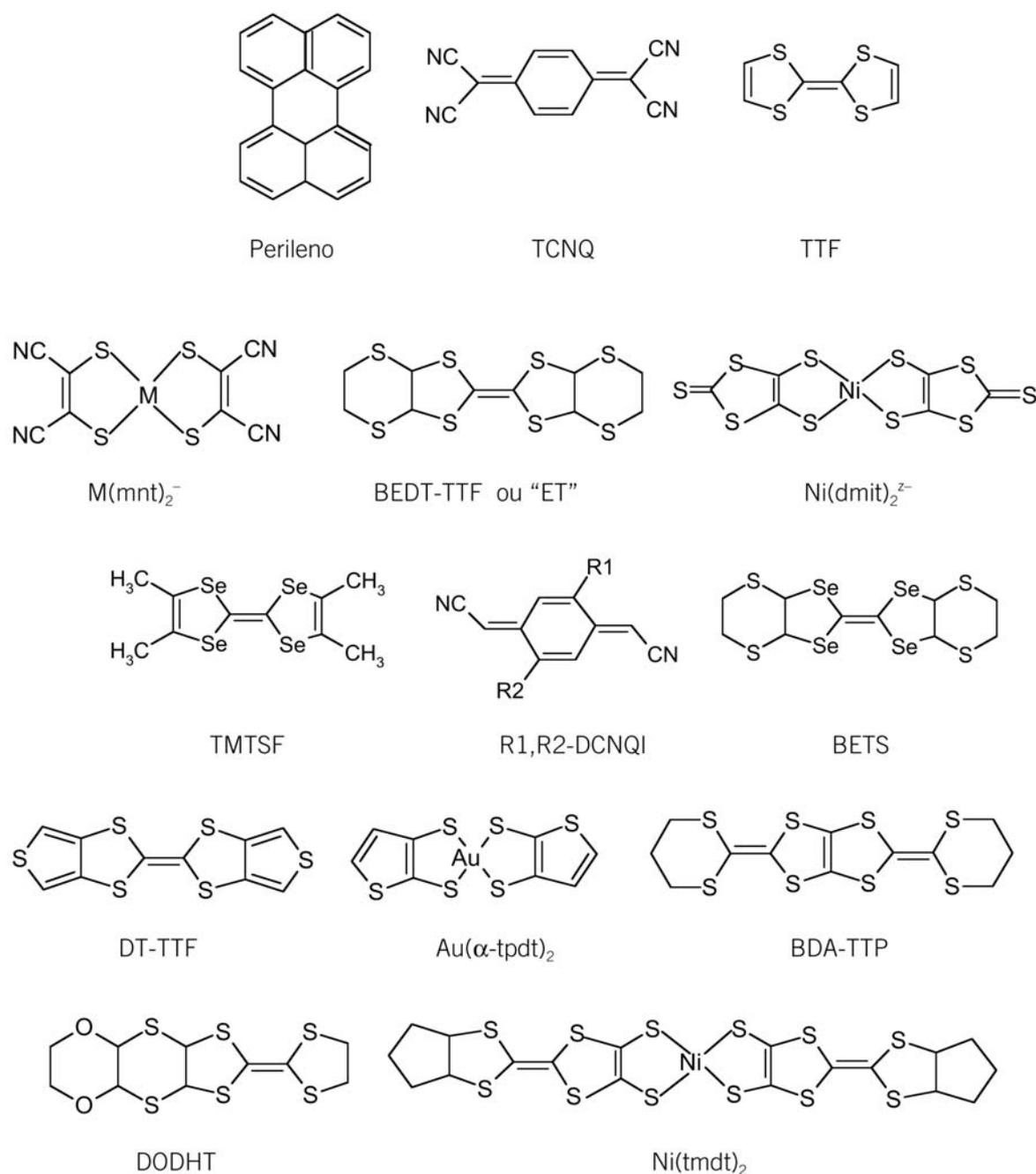


Figura 1 Moléculas e complexos usados na preparação de condutores e supercondutores.

ra ambiente é  $\sigma=400 \text{ S cm}^{-1}$  e tem comportamento metálico até cerca de 60 K. A designação de “metais orgânicos”, “condutores orgânicos” ou “metais moleculares” começa então a ser utilizada.

Não seria pois de admirar que quando foram reportadas as medidas de condutividade eléctrica no TTF-TCNQ em 1973, o pico de condutividade eléctrica, observado a cerca de 60 K, ao arrefecer uma amostra monocristalina, fosse interpretado como devido a flutuações supercondutoras [6], embora na realidade precedessem antes a transição de um estado condutor para um estado isolador.

Em 1974, Alcácer e Maki [7] publicam os primeiros resultados em novos compostos baseados em perileno e bisditiolatos de metais de transição (Cu, Ni e Pd) que exibem condutividade eléctrica elevada embora não metálica. A coexistência de momentos magnéticos localizados nos bisditiolatos de metais de transição e boa condutividade eléctrica é mostrada pela primeira vez em sistemas de base molecular.

Outro marco importante surge em 1980 com a síntese dos chamados sais de Bechgaard [8]. Neste tipo de compostos, com fórmula geral  $(\text{TMTSF})_2\text{X}$ , há apenas uma unidade planar, doadora de electrões, a molécula de tetrametiltras-selenafulvaleno (TMTSF), com um estado de oxidação parcial de 0,5, dado que cada duas moléculas perdem um electrão, sendo a neutralidade eléctrica assegurada através de aniões inorgânicos,  $\text{X}^-$ , que podem ser, octaédricos como  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{AsF}_6^-$ ,  $\text{SbF}_6^-$ , tetraédricos como  $\text{ReO}_4^-$  ou  $\text{ClO}_4^-$  ou mesmo de simetria inferior como  $\text{SCN}^-$ . Foi nesta classe de compostos que foi observada pela primeira vez a supercondutividade em sistemas de base molecular, nos compostos de  $\text{PF}_6^-$  e  $\text{AsF}_6^-$ , sob pressão de 12 kbar [9]. Pouco tempo depois observou-se também a supercondutividade no composto de  $\text{ClO}_4^-$  à pressão ambiente (de 1 bar), embora com uma temperatura crítica bastante baixa ( $T_c = 1,1 \text{ K}$ ) [10].

Uns anos mais tarde (1984), surge uma nova família de supercondutores, basea-

da numa extensão da molécula de TTF, o bis(etilenoditio)tetratiafulvaleno, BEDT-TTF, sintetizado pela primeira vez por Mizuno em 1978 [11] mas praticamente esquecido até cerca de 1982, quando volta a ser utilizado pela equipa de Gunzi Saito como radical catião no composto  $(\text{BEDT-TTF})_2\text{ClO}_4$  [12]. O primeiro supercondutor baseado nesta molécula foi obtido por Yagubskii *et al* [13], o  $(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ , com uma temperatura crítica baixa (1,2 K), embora mais tarde, através de um ciclo térmico acompanhado de pressurização e despressurização, fosse possível elevar  $T_c$  para 8,1 K [14]. Stuart Parkin baptiza este doador como ET (o filme de Spielberg tinha saído em 1982), devido ao carácter estranho e multifacetado que os seus compostos com aniões simples apresentavam: diferentes fases, estados fundamentais desde isolador até supercondutor e extrema sensibilidade à pressão, e nos quais se podia induzir mudança de fase mediante determinado tratamento térmico [15]. As temperaturas críticas dos supercondutores baseados em ET subiram rapidamente, atingindo-se valores de dois dígitos. O grande número de átomos de enxofre na periferia da molécula conferia-lhe a possibilidade de promover contactos com os seus vizinhos de modo a formar redes bidimensionais, deixando espaços capazes de albergar aniões inorgânicos, simples como  $\text{I}_3^-$ , ou de carácter polimérico, zigzagueando entre os radicais catiónicos de ET. O ET foi combinado praticamente com todos os aniões inorgânicos conhecidos, desde que houvesse solvente comum apropriado para a molécula orgânica e um sal desse anião. Os primeiros 10 anos de compostos de ET foram muito ricos conforme se pode apreciar na revisão exaustiva de Jack Williams *et al* [16]. Os supercondutores desta família com maior temperatura crítica são  $k\text{-ET}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$  com  $T_c=11,6 \text{ K}$  à pressão ambiente [17] e  $k\text{-ET}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Cl}$  com  $T_c=12,8 \text{ K}$  à pressão de 0,3 kbar [18].

Outras moléculas, quase todas contendo um esqueleto TTF (ou alternativa-mente com selénio em substituição do enxofre, como por exemplo o BETS) deram origem a supercondutores, bem como alguns ditiolatos de metais de

transição,  $\text{Ni}(\text{dmit})_2$  [19], que afinal podem ser considerados como análogos inorgânicos do TTF, em que o metal de transição substitui a dupla ligação C=C central. Recentemente foram sintetizados supercondutores baseados em unidades com anéis fundidos, quer idênticos,  $\beta\text{-(BDA-TTP)}_2\text{X}$  ( $\text{X}=\text{AsF}_6$ ,  $\text{PF}_6$ ,  $\text{SbF}_6$ ) com temperaturas críticas entre 6 e 8 K à pressão ambiente, quer diferentes, ou baseados em DODHT, mas neste caso apenas supercondutores sob pressão [20].

## A base para a obtenção de condutores moleculares

### Olhando do lado da Química...

O requisito principal para uma substância molecular ser um condutor não é diferente do existente para uma substância elementar. Devem possuir bandas de energia parcialmente preenchidas.

Este requisito não é, no entanto, fácil de preencher para a maioria dos compostos orgânicos, pois a energia da orbital não ocupada de menor energia (LUMO) está vários eV acima da energia da orbital ocupada de maior energia (HOMO). A sobreposição destas orbitais no estado sólido além de limitada aos vizinhos próximos, levaria a uma banda estreita completamente preenchida separada de uma outra completamente vazia por um hiato de energia. Obter-se-iam por isso materiais isoladores ou quando muito semicondutores.

A possibilidade de obter moléculas com número ímpar de electrões é bastante limitada, por exemplo, a alguns nitróxidos ou DPPH. No estado sólido, os radicais mais frequentes ou dimerizam ou, sendo mais estáveis devido a impedimentos estereoquímicos, dão origem a interacções fracas.

Uma outra possibilidade, e de facto aquela que tem sido mais frequentemente explorada, é oxidar ou reduzir, de preferência parcialmente, uma molécula orgânica, e procurar estabilizar no estado sólido o radical (catiónico ou aniónico) assim formado. As energias de ionização de sistemas  $\pi$  deslocalizados são em geral menores do que as de compostos com cadeias alifáticas e as elec-

troafinidades maiores, daí que a escolha tenha recaído em moléculas desse tipo. Por outro lado, as moléculas planares proporcionam uma maior sobreposição entre orbitais  $\pi$  de moléculas vizinhas. A introdução de heteroátomos numa molécula com sistema  $\pi$  deslocalizado contribui simultaneamente para a diminuição da energia de ionização e o aumento das possibilidades de interacção com os vizinhos próximos. Exemplos de radicais catiónicos são os formados pelas moléculas de perileno, TTF ou ET e de radicais aniónicos pelo TCNQ ou DCNQI.

A obtenção da espécie planar oxidada (ou reduzida) pode ser feita por mais de uma via, e uma delas é a transferência parcial de carga entre doador e aceitador. É o caso do TTF-TCNQ em que o composto é obtido por mistura das soluções de cada um dos constituintes neutros, ficando no sólido uma espécie com uma carga parcial de  $+0,59e$  (TTF) e outra com  $-0,59e$  (TCNQ) [21]. A energia de ionização do TTF em fase gasosa é de 6,83 eV e a electroafinidade do TCNQ também em fase gasosa é de 2,8 eV [22]. Por serem mais facilmente acessíveis e mesmo de maior interesse prático são utilizados como parâmetros indicadores potenciais electroquímicos de meia onda, 0,27 V para o TTF e 0,17 V para o TCNQ (versus eléctrodo saturado de calomelanos, em acetonitrilo, com  $n\text{-Bu}_4\text{NBF}_4$  como electrólito de suporte). Poder-se-ia ser tentado a pensar que o óptimo seria a combinação de um bom doador com um forte aceitador. Porém nesses casos formam-se sais iónicos, com transferência de carga total, e em que no sólido se tem pares doador-aceitador, DA, mais ou menos isolados uns dos outros. Ao contrário, a situação que ocorre no TTF-TCNQ é que as moléculas (parcialmente ionizadas) de cada um deles formam empilhamentos segregados DDD... e AAA... permitindo-lhes uma sobreposição das orbitais  $\pi$  ao longo da direcção de empilhamento e dando origem a duas bandas de energia, uma de doador e outra de aceitador, com o mesmo nível de Fermi.

Outra via possível de oxidação é através de um agente oxidante que não ficará no sólido, combinando-se a espécie oxida-



**Figura 2** Fotografia de cristais em crescimento sobre um eléctrodo de platina segundo a técnica de electrocristalização.

dada com um anião presente em solução. Por exemplo, adicionando uma solução de iodo molecular a uma solução de perileno e  $n\text{-Bu}_4\text{NM}(\text{mnt})_2$  em diclorometano foi possível obter os compostos  $(\text{perileno})_2\text{M}(\text{mnt})_2$ , nomeadamente com  $\text{M}=\text{Ni}, \text{Cu}, \text{Pd}$  e  $\text{Pt}$ .

Um caso curioso é a obtenção de  $\text{Cu}(\text{DCNQI})_2$ : a dicianoquinonadiimina neutra pode ser reduzida na simples presença de um eléctrodo de cobre (sem corrente ou potencial imposto), originando o composto, que tem elevada condutividade eléctrica. Cada ião cobre está coordenado tetraedricamente às iminas, mas estas ficam no sólido com os seus planos paralelos umas às outras formando empilhamentos [23].

O método mais utilizado actualmente é o da electrocristalização (ver Figura 2), em que a oxidação do doador neutro se dá no ânodo de uma célula electroquímica na presença do contra-ião em so-

lução. O radical formado combina-se rapidamente com o contra-ião, e deposita-se no eléctrodo. O processo de nucleação não está muito bem conhecido e o crescimento dos cristais depende de múltiplos factores para além dos potenciais de oxidação das espécies envolvidas. O solvente é muito importante, bem como o estado da superfície do eléctrodo (os eléctrodos mais utilizados são os de platina, com tratamento prévio), a concentração das espécies, a densidade de corrente ou o potencial imposto, a temperatura e agitação do meio, etc... Os primeiros cristais formados servem eles próprios de eléctrodo, a partir dos quais se podem criar novos centros de nucleação, ou haver apenas simples crescimento. Apesar de alguns progressos nesta área muitos dos químicos envolvidos na síntese por electrocristalização consideram-na ainda uma arte...

Embora não se conheçam em pormenor todos os processos envolvidos na electrocristalização, os radicais formados não são muito estáveis em solução. Por isso e sobretudo porque a solubilidade dos sais é em geral muito baixa, a recristalização fica interdita como via de purificação destes sais. Assim, os reagentes e solventes devem à partida ser sujeitos à melhor purificação possível. São conhecidas algumas surpresas de formação de cristais com componentes que à partida se julgava não estarem presentes no meio reaccional...

### ... e da Física

A escolha do tipo de moléculas usadas para a obtenção dos chamados metais moleculares – moléculas planas, com sistemas  $\pi$  deslocalizados – traz uma outra consequência. Na direcção do empilhamento (mais ou menos perpendicular ao plano das moléculas), a sobreposição é forte mas lateralmente não tanto. O sistema torna-se do ponto de vista electrónico bastante anisotrópico. A razão das condutividades eléctricas, longitudinal e transversa pode atingir valores da ordem de  $10^3$ . Em termos físicos, diz-se que se trata de um sistema electrónico quasi-unidimensional.

Os sistemas unidimensionais, tanto electrónicos como de *spin*, têm sido desde há muito intensamente objecto de estudo da Física Teórica, onde os modelos teóricos são à partida mais simples. No entanto existem modelos teóricos com determinado tipo de previsões que esperaram nalguns casos algumas dezenas de anos por um sistema real em que pudessem ser confirmadas. A transição de Peierls é um bom exemplo.

O físico inglês R. Peierls mostrou teoricamente que uma banda unidimensional de electrões não pode existir ao zero absoluto [24]. Qualquer deformação periódica com um vector de onda adequado (igual ou múltiplo de  $2k_F$ , em que  $k_F$  é o vector de onda de Fermi), pode introduzir hiatos (bandas proibidas) na banda de energia no nível de Fermi, tornando impossível a existência de um metal unidimensional a 0 K. Experimentalmente este fenómeno foi observado pela primeira vez em cristais de  $K_2Pt(CN)_4BrO_3 \cdot xH_2O$ , e descrito como

anomalia de Jahn-Teller gigante [25]. No TTF-TCNQ, a transição observada na condutividade eléctrica, na qual em arrefecimento um pico precede a passagem de um regime metálico ( $d\sigma/dT$  negativa) para um regime de semiconductor verificou-se ter a mesma origem [26].

Um fenómeno semelhante pode ocorrer em cadeias unidimensionais de *spins*, com interacção antiferromagnética de Heisenberg. Uma distorção da rede favorece um estado fundamental não magnético (singuleto). Por analogia, a esta transição deu-se o nome de transição de *spin*-Peierls [27]

Associados com a transição de Peierls surgem uma série de novos fenómenos físicos muito interessantes, como anomalias de Kohn gigantes e efeitos não lineares do transporte eléctrico. A este propósito deve referir-se que os sistemas de baixa dimensionalidade, em particular os de base molecular, têm sido responsáveis pela grande maioria dos novos fenómenos da Física do Estado Sólido. Os sólidos moleculares tem sido ainda os sistemas protótipos para estudar uma grande variedade de transições de fase, como as devidas a formações de ondas de densidade de *spin* ou de carga, a separação ou localização de carga versus o ordenamento magnético, etc., segundo modelos que a Física teórica prevê para os sistemas mais simples com dimensionalidade reduzida. Os modernos livros de Física do Estado Sólido não têm como exemplos o Cu ou o Si, como acontecia no passado, mas sim compostos moleculares e sais de transferência que, embora quimicamente complexos, ilustram os diferentes conceitos dos mais simples aos mais complexos [28, 29].

### Um caso muito especial: os condutores à base de perileno

Em meados dos anos setenta, enquanto o TTF-TCNQ era já considerado um composto modelo, é publicado um artigo por Alcácer e Maki reportando condutividade eléctrica elevada em compostos obtidos por combinação do perileno (Per) com aniões bis(maleonitriloditiolato) de metais de transição de fórmula geral  $Per_2M(mnt)_2$  com  $M=Cu, Ni$  e  $Pd$  [7].

Embora de condutividade eléctrica elevada, esta não tinha uma dependência com a temperatura do tipo metálico, ou seja, diminuía por diminuição da temperatura. Alcácer e Maki chamaram a atenção para a particularidade de os compostos de  $M=Ni$  e  $Pd$  apresentarem momentos magnéticos localizados, levando a que a susceptibilidade magnética tivesse uma contribuição quer destes (contribuição do tipo de Curie, variando em  $1/T$ ) quer dos radicais de perileno, onde as cargas se encontram deslocalizadas e a contribuição é independente da temperatura (susceptibilidade de Pauli).

Alguns anos mais tarde (1979) são apresentados os resultados da condutividade eléctrica e da susceptibilidade magnética num novo composto desta família com  $M=Pt$ . A condutividade eléctrica à temperatura ambiente, cerca de  $700 S cm^{-1}$ , é mais elevada do que a dos compostos precedentes e, mais importante, exhibe um comportamento metálico até baixas temperaturas com um máximo na condutividade eléctrica à volta de 15 K e uma transição metal-isolador  $T_{MI}= 8K$  [30]. Era na altura um dos compostos de base molecular com mais extensa gama de condutividade eléctrica do tipo metálico.

Seguiu-se a síntese de compostos análogos com diferentes metais de transição, além de terem sido revisitados os compostos preparados inicialmente por Alcácer. A investigação exhaustiva dos membros desta série, baseada numa combinação da síntese química e da caracterização das propriedades de transporte eléctrico e magnéticas, aliada à análise estrutural, prolongou-se por mais de uma década e foi objecto de três teses de doutoramento. Uma revisão desta família e de outros condutores baseados em perileno foi feita por Almeida e Henriques [31].

Foi possível estabelecer que para a mesma estequiometria 2:1, isto é, correspondente à formulação  $Per_2M(mnt)_2$ , existem duas fases ( $\alpha$  e  $\beta$ ) em que os membros da fase  $\alpha$  têm uma condutividade eléctrica entre  $10^2$  e  $10^3 S cm^{-1}$ , uma gama extensa de temperatura em que o regime é metálico e transições para um estado isolador a temperaturas

variando desde 8 K no composto de Pt até 73K no composto de Co (v. Tabela 1). Existe um padrão estrutural comum (Fig 3) embora alguns cambiantes sejam importantes, nomeadamente o facto dos compostos de Fe e Co terem os seus complexos aniónicos dimerizados, por contraste com as cadeias regulares nos compostos de Au, Cu, Ni, Pd e Pt.

Os cristais da fase  $\beta$  estão insuficientemente caracterizados do ponto de vista estrutural por serem desordenados. No entanto, apresentam uma condutividade eléctrica activada com a temperatura, embora de pequeno hiato de energia. Curiosamente, os primeiros membros desta série, dos trabalhos de Alcácer e Maki, pertenciam de facto a esta fase  $\beta$  depois das publicações de Gama *et al* [32].

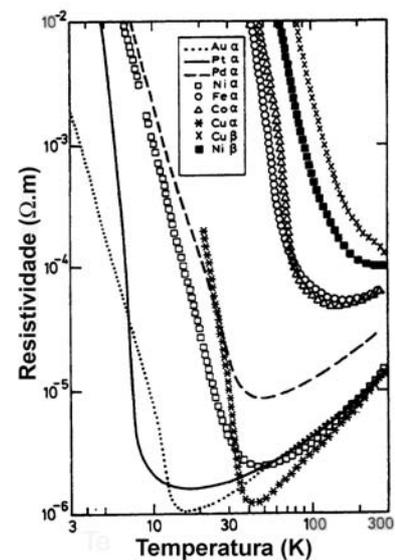
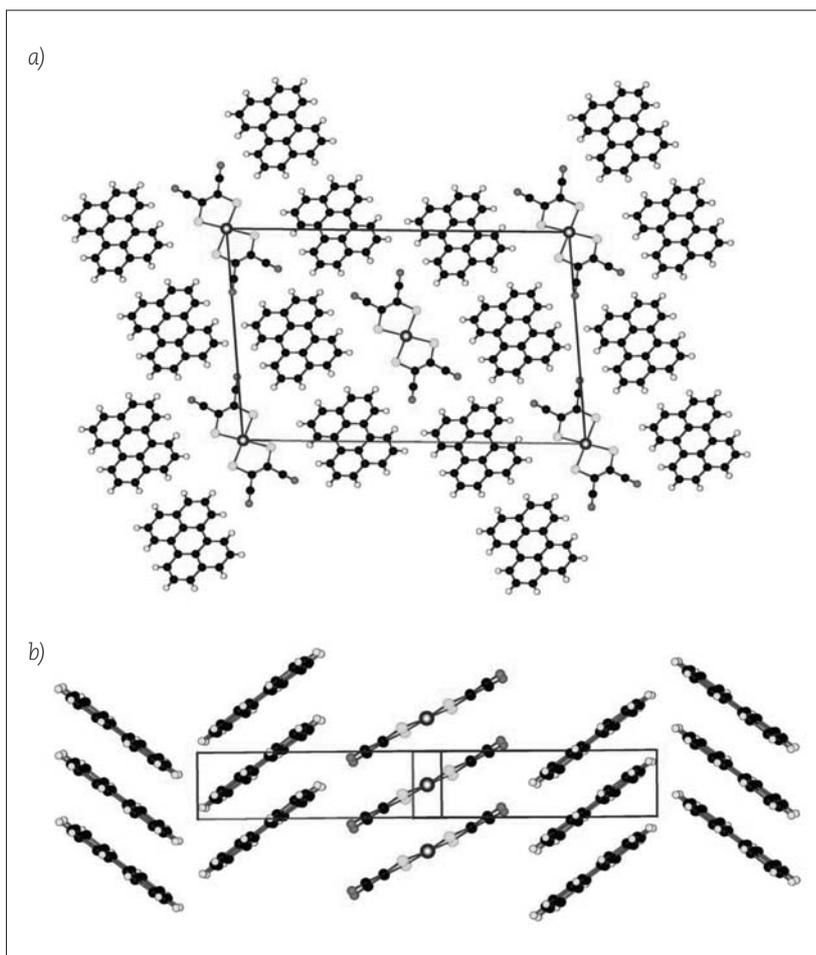
**Tabela 1.** Propriedades de  $\text{Per}_2\text{M}(\text{mnt})_2$  (adaptado da ref. 31)

M	$\sigma_{\text{TA}}$ ( $\text{Scm}^{-1}$ )	$T_{\text{P}}$ (K)	S	$\chi_{\text{P(TA)}}$ ( $\text{emu mol}^{-1}$ )
Au	700	12,2	0	$1,8 \times 10^{-4}$
Cu	700	32	0	$1,8 \times 10^{-4}$
Pt	700	8,2	1/2	$15,5 \times 10^{-4}$
Pd	300	28	1/2	$9 \times 10^{-4}$
Ni	700	25	1/2	$13 \times 10^{-4}$
Co	200	73	0	$2,6 \times 10^{-4}$
Fe	200	58	3/2	$15 \times 10^{-4}$
Cu( $\beta$ )	50		0	$4,5 \times 10^{-4}$
Ni( $\beta$ )	50		1/2	$12 \times 10^{-4}$

$\sigma_{\text{TA}}$  = condutividade eléctrica à temperatura ambiente;

$T_{\text{P}}$  = Temperatura da transição de Peierls; S = spin da unidade  $\text{M}(\text{mnt})_2$ ;  $\chi_{\text{P(TA)}}$  = susceptibilidade paramagnética molar à temperatura ambiente

**Figura 3** Estrutura cristalina da fase  $\alpha$  de  $\text{Per}_2\text{Au}(\text{mnt})_2$ . a) Projecção no plano perpendicular a **b**; b) Vista perpendicular à direcção de empilhamento.



**Figura 4** Resistividade em função da temperatura para os vários compostos das fases  $\alpha$  e  $\beta$  de  $\text{Per}_2\text{M}(\text{mnt})_2$ .

A originalidade desta série de compostos residia no facto de poderem apresentar simultaneamente no mesmo sólido dois tipos de cadeias, condutoras e magnéticas em mútua interacção e de se dispor de pares isoestruturais, em que um dos membros formava um complexo metálico paramagnético e o outro diamagnético, por exemplo Pt-Au, Ni-Cu e Fe-Co, cuja comparação permitia melhor estudar essa interacção. Assim, os primeiros (com os iões paramagnéticos  $Pt^{3+}$ ,  $Ni^{3+}$  e  $Fe^{3+}$ ) apresentavam uma susceptibilidade magnética que era a soma de duas contribuições, a dos iões metálicos e a dos radicais de perileno, enquanto os outros ( $M=Au, Cu, Co$ ) tinham apenas a segunda contribuição. Esta é do tipo de Pauli, indicando a presença de electrões deslocalizados, responsáveis pela condução. Esta não é a única indicação de que no sólido as cadeias condutoras são de perileno. Efectivamente, o poder termoeléctrico é positivo, indicando que a maioria dos transportadores são buracos. Como devido à estequiometria, existe uma carga positiva por cada duas moléculas de perileno, isto corresponde a uma banda de electrões 3/4 preenchida, ou 1/4 preenchida por buracos. O cálculo de bandas mostra também maior sobreposição para o perileno e, além disso, a teoria prevê que a formação de uma banda pelas cadeias de metal bis-ditiolato daria um grau de preenchimento de 1/2 o que favorece o comportamento de isolador (dito isolador de Mott).

A natureza das transições observadas foi durante algum tempo motivo de especulação, tendo o par Pt/Au sido o primeiro a ser estudado. No entanto, mais tarde, quando Vasco da Gama estudou outros membros desta família [31] tornou-se claro que além da transição de Peierls (abertura de um hiato de energia acompanhada de uma distorção da rede cristalina com vector de onda  $2k_F$ ) devida a uma tetramerização das cadeias de perileno, observada em todos os membros da fase  $\alpha$ , nos compostos com aniões paramagnéticos (de Ni, Pt e Pd) ocorria em simultâneo uma transição de *spin*-Peierls por dimerização nas cadeias aniónicas. Obtinha-se uma imagem unificada, em boa parte possível também pelo facto de se terem obtido

amostras de melhor qualidade. Foi o caso do composto de Au, em que a transição metal-isolador apareceu mais notória, com um máximo na curva da derivada de  $\log\sigma$  em relação ao inverso da temperatura,  $d(\log\sigma)/d(1/T)$ , a 12K, não claramente patente nas primeiras amostras estudadas.

A confirmação de que a passagem de condutor a isolador se devia à instabilidade de Peierls ocorreu através das medidas de efeitos não-lineares na condução eléctrica realizadas por Elsa Lopes em colaboração com Jean Dumas, em amostras dos compostos de Au e Pt [33]. Efectivamente, acima de determinados limiares de campo eléctrico, uma onda de densidade de carga pode ser desancorada da rede ("depinned") e posta em movimento dando origem a uma contribuição adicional para a condução eléctrica, acompanhada do aparecimento de ruído de banda larga e banda estreita. Este fenómeno, previsto para temperaturas abaixo da transição de Peierls, tinha sido observado pela primeira vez em sistemas inorgânicos ( $NbSe_3$ ) por Monceau *et al* [34] e pesquisado em sistemas orgânicos, mas não tão claramente observados como nestes compostos de  $Per_2M(mnt)_2$ . Em algumas amostras foi possível observar ruído de banda estreita excepcionalmente bem definido, cuja frequência era proporcional à corrente, em excelente acordo com o previsto para uma onda de densidade de carga (ODC) de tetramerização, e demonstrando o seu movimento coerente em toda a amostra.

A circunstância feliz das temperaturas de transição destes compostos serem relativamente baixas permitiu testar pela primeira vez num sistema real de ODC a variação da temperatura de transição de Peierls ( $T_p$ ) com o campo magnético aplicado (B), algo que fora também tentado no TTF-TCNQ mas cuja temperatura de transição elevada (~60K) não permitiu obter resultados sensíveis. Os trabalhos de Grégoire Bonfait e Manuel Matos em amostras dos compostos de Pt e Au, sob campos até 18 Tesla, permitiram verificar o abaixamento de  $T_p$  com  $B^2$ , o que a teoria previa, embora com um coeficiente diferente do previsto e variável segundo a direcção cristalográfica

segundo a qual o campo magnético estava aplicado, bem como com pequenas diferenças entre o composto de Pt e de Au, o que foi atribuído ao facto de o complexo de platina ser paramagnético e o de ouro diamagnético [35]. De facto a teoria prevê para as cadeias magnéticas  $Pt(mnt)_2$  que sofrem uma transição de *spin*-Peierls uma dependência da transição com o campo magnético mais rápida do que para uma transição de Peierls.

Apesar de ter sido há mais de um quarto de século que os primeiros resultados sobre o composto de Pt foram divulgados, o sistema continua a suscitar muito interesse, sobretudo no estudo da Física, e alguns resultados recentes atestam-no bem. Mas isso veremos mais adiante. Para vermos a importância da Química nesta área, convém voltar à história.

### A mudança do paradigma e os novos fenómenos

Em 1987, a descoberta dos supercondutores cerâmicos de alta temperatura crítica ( $T_c$ ) criou uma onda de entusiasmo na comunidade científica, com grandes repercussões entre químicos e físicos do estado sólido, além dos desafios que colocou aos físicos teóricos.

Como se repercutiu tal descoberta entre os investigadores numa área em que o paradigma era a descoberta de supercondutividade a altas temperaturas, baseada na ideia original de Little? Embora essa comunidade não ficasse imune ao síndrome do pescador à linha, de abandonar o local onde estava a pescar para ir para aquele onde outro pescou o peixe grande, houve um novo olhar sobre os temas e as propriedades dos sistemas de base molecular até então estudados. Mais do que procurar um acréscimo de alguns décimos de Kelvin em  $T_c$ , houve uma valorização daquilo que era verdadeiramente novo nos condutores de base molecular.

Os sais de Bechgaard,  $(TMTSF)_2X$ , exibem um diagrama de fases (Temperatura, Pressão, Campo magnético) muito rico. O estado fundamental superconductor existe na vizinhança de um estado em que há ordenamento antiferromag-

nético (transição de Néel) em alguns casos descrito como a formação duma onda de densidade de *spin*, uma característica que ocorre também nos supercondutores de elevada temperatura crítica. A situação é um pouco mais complicada nos casos em que o anião X não é centrossimétrico, porque há um efeito de ordenamento do ião com consequências drásticas na condutividade. Este conjunto de verificações experimentais levou, por um lado a formulações teóricas sobre um diagrama de fases universal, em que se previa o estado fundamental do sistema em função de parâmetros que definem certas interações e por outro a procurar, através da composição química, um efeito semelhante ao da variação desse parâmetros de interação por alterações físicas, por exemplo por aplicação de pressão.

No entanto, os novos fenómenos observados nestes compostos que lhe conferiram maior notoriedade são as transições de fase induzidas pelo campo magnético, por exemplo as chamadas *ondas* de densidade de *spin* induzidas pelo campo (FISDW), observadas primeiramente por Ribault [36] no  $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$  e posteriormente no  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ , e explicadas teoricamente por Montambaux *et al* [37]. As particularidades da superfície de Fermi destes sistemas foram correlacionadas com estas descobertas em muitos artigos teóricos. Paul Chaikin, considerou o composto  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  o mais estimulante para a Física e não é de admirar que tenha escrito um livro de Física do Estado Sólido com grande parte dos exemplos baseados em compostos de base molecular [28]. Ele próprio afirma que pode dar todo o curso de Física do Estado Sólido tomando como exemplo apenas aquele composto onde tudo (ou quase tudo) acontece.

Embora a supercondutividade a alta temperatura deixasse de ser o paradigma da investigação nesta área, continuaram a ser descobertos novos supercondutores “orgânicos” ou mais propriamente de base molecular. A esmagadora maioria era baseada no ET ou em moléculas semelhantes contendo o esqueleto de TTF. Foram tentadas e estabelecidas muitas correlações, nomeadamente com o tra-

manho dos contra-íons inorgânicos, com o volume das cavidades deixadas livres pelo arranjo das moléculas de ET ou pela rede de contactos que se podiam estabelecer entre a componente orgânica por um lado e entre esta e os contra-íons por outro. Este esforço, em que é justo destacar o trabalho de equipas como a de Jack Williams nos EUA ou Gunzi Saito no Japão, serviu mais para classificar os supercondutores, do que propriamente no trabalho de previsão, que seria afinal o objectivo principal. Deu, no entanto, uma grande relevância à Química, como um instrumento *a priori* para obter novos compostos em que uma determinada interacção devesse ser mais favorável ou contendo motivos que impeçam a ocorrência de transições para um estado isolador. A serendipidade ganha de certeza a esta pesquisa programada mas como é óbvio se não existirem os novos materiais e se não forem testados para uma propriedade procurada, nenhuma descoberta de acaso poderá ser feita. Com a variedade química e estrutural (é muito frequente a obtenção de sistemas multifásicos) surge também a necessidade de tentar compreender mais profundamente as correlações que se podem estabelecer.

Os compostos baseados no ET, supercondutores ou não, foram objecto de estudos profundos de fermiologia, isto é o estudo experimental da superfície de Fermi, através das oscilações tanto da magnetorresistência como da magnetização, quando em amostras a baixa temperatura se analisa a dependência daquelas propriedades com o campo magnético aplicado, que podem ser cotados com os cálculos teóricos obtidos a partir do conhecimento da estrutura cristalina. Curiosamente os cálculos de bandas feitos em aproximações mais simples como a de Hückel generalizada, revelaram-se capazes de descrever adequadamente as superfícies de Fermi observadas. O desenvolvimento computacional por um lado, e o tecnológico que permite a existência de magnetes permanentes da ordem de 20 Tesla ou pulsados a campos muito mais elevados, têm contribuído para um conhecimento muito mais aprofundado nesta área. Actualmente todos os exemplos de superfícies de Fermi mais simples podem ser

ilustrados com sais de ET, e descritos por cálculos de bandas simples, que ilustram já os livros de texto, contrariamente às superfícies de Fermi muito complexas dos metais elementares.

Um outro fenómeno curioso foi observado em compostos moleculares de duas componentes, sintetizados dentro do âmbito da coexistência de momentos magnéticos localizados e condutividade elevada. Trata-se da supercondutividade induzida pelo campo magnético, fenómeno aparentemente contra natura dado que se sabe que a supercondutividade é destruída pela aplicação de campos magnéticos. No entanto, no composto  $(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$  foi observada a supercondutividade a 18 Tesla, subsistindo até cerca de 41 Tesla [38]. A supercondutividade surge quando o campo magnético aplicado compensa o campo interno devido ao ordenamento ferromagnético do ferro nos iões  $\text{FeCl}_4^-$ . Em termos simples, pode dizer-se que é a esse valor do campo aplicado que o campo local sentido pelos electrões é nulo e existem condições para a formação dos pares de Cooper, como noutros sistemas nos quais não existem momentos magnéticos localizados.

É difícil ser exaustivo na enumeração dos fenómenos novos, ou que sendo conhecidos de sistemas elementares ou inorgânicos, foram observados muito mais claramente nestas classes de compostos de base molecular, projectados para serem condutores metálicos ou supercondutores. Na secção seguinte, abordaremos brevemente alguns aspectos relevantes.

## Desenvolvimentos recentes

### Compostos com *spins* em escada

O novo olhar sobre os compostos obtidos quando se perseguia a obtenção de novos supercondutores, incidiu também nos sistemas moleculares ditos de duas componentes, por exemplo uma cadeia condutora e uma cadeia magnética, como a já mencionada família de  $\text{Per}_2\text{M}(\text{mnt})_2$ , por nós estudada. Por um lado, a riqueza de propriedades destes compostos faz com que o seu estudo permaneça longe de concluído. Por outro, levou-nos a procurar outros siste-

mas de duas cadeias em que tal coexistência pudesse também ocorrer mas com doadores que permitissem contactos laterais, diminuindo a possibilidade de ter instabilidades de Peierls.

Mercê de uma colaboração estabelecida entre a equipa portuguesa de Sacavém e a do grupo de Concepció Rovira do Institut de Ciència de Materials do CSIC em Barcelona, nasceu uma nova família de compostos,  $(DT-TTF)_2M(mnt)_2$ , com base num doador multissulfurado deri-

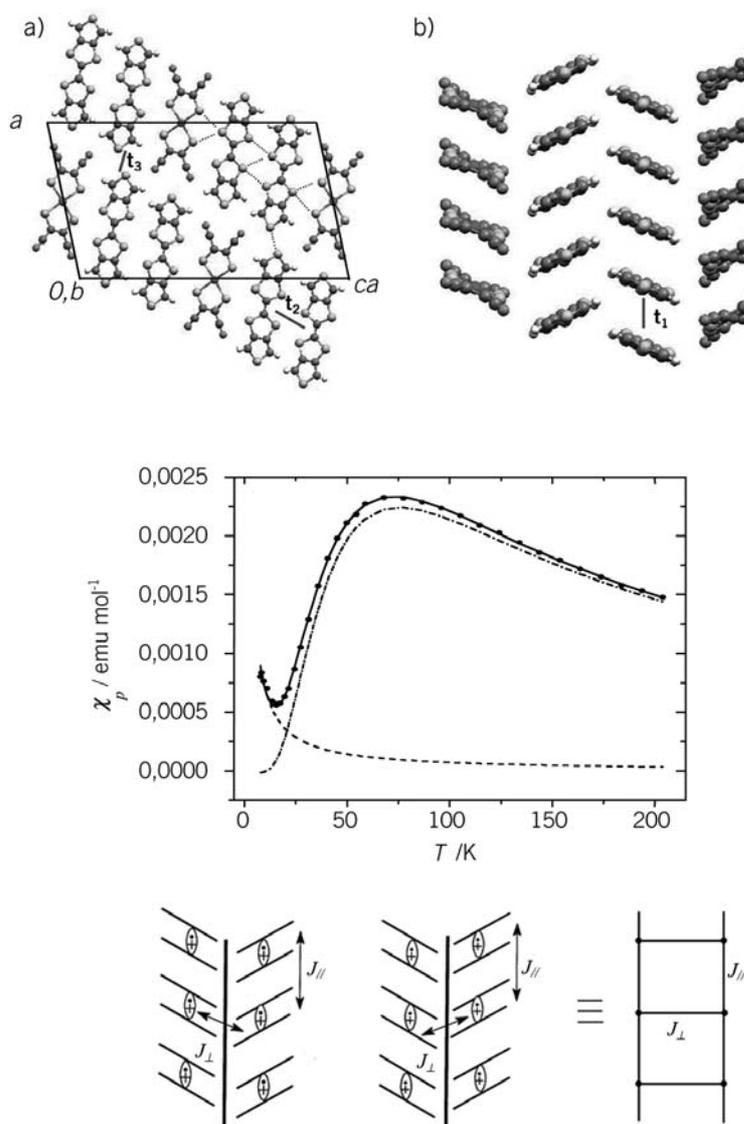
vado do TTF, sintetizado pela equipa de Barcelona, onde se pretendia alargar o estudo da interrelação entre condução electrónica e magnetismo.

Inicialmente foram obtidos três elementos dessa família, com  $M=Au, Ni$  e  $Pt$ . A sua condutividade eléctrica à temperatura ambiente era pelo menos uma ordem de grandeza menor do que a dos correspondentes compostos com perileno. Por arrefecimento exibiam transições para estados semicondutores/iso-

ladores a temperaturas acima de 200K. Isso era consequência de as interações entre doadores ao longo das cadeias serem mais fracas, insuficientes para se obter um regime deslocalizado e comportamento metálico. Porém, mais surpreendente era o comportamento da susceptibilidade magnética. Por um lado, a susceptibilidade do composto de ouro era mais elevada do que o de platina à temperatura ambiente, em aparente contradição com o facto de o complexo  $Au(mnt)_2^-$  ser diamagnético e o de  $Pt$  ser paramagnético. Por outro lado, a variação da susceptibilidade com a temperatura para o composto de ouro mostrava um máximo a determinada temperatura, abaixo da qual havia um decréscimo exponencial. Havia uma única contribuição, dos *spins* do doador DT-TTF, que não tinha o comportamento deslocalizado de Pauli, como no composto  $Per_2Au(mnt)_2$ , o que estaria de acordo com a fraca condutividade e o seu comportamento activado na gama de temperatura abaixo de ca. 200 K na qual os dados de raios-X indicam a formação de dímeros  $(DT-TTF)_2^+$ . Os modelos de interações antiferromagnéticas em cadeias unidimensionais ou em dímeros, não proporcionavam ajustes perfeitos. O tipo de estrutura, em que existem empilhamentos segregados de DT-TTF com contactos curtos S...S entre dois empilhamentos vizinhos sugeriu o comportamento do tipo escada de *spins*, com duas pernas. As escadas de *spins* eram já conhecidas, mas com os *spins* em espécies inorgânicas (óxidos metálicos), e havia modelos teóricos que exprimiam o comportamento da susceptibilidade em função dos acoplamentos antiferromagnéticos,  $J_{||}$  (ao longo da perna) e  $J_{\perp}$  (ao longo do degrau). No caso em apreço os valores obtidos foram  $J_{||}/k_B = -83$  K e  $J_{\perp}/k_B = -142$  K [39].

As escadas de *spins* são situações intermédias de sistemas magnéticos entre cadeias unidimensionais e redes bidimensionais XY, com a particularidade de terem comportamento distinto consoante o número de pernas seja par ou ímpar. O seu estudo e a procura destes sistemas têm sido motivados também pelo facto de se prever que as escadas de *spins* quando dopadas possam ser supercondutoras [40]. Assim foi enceta-

**Figura 5** Estrutura cristalina do composto  $(DT-TTF)_2 Au(mnt)_2$  (topo), susceptibilidade paramagnética em função da temperatura ( $\chi_p$ , curva a traço contínuo) e modelo esquemático da escada de spins.

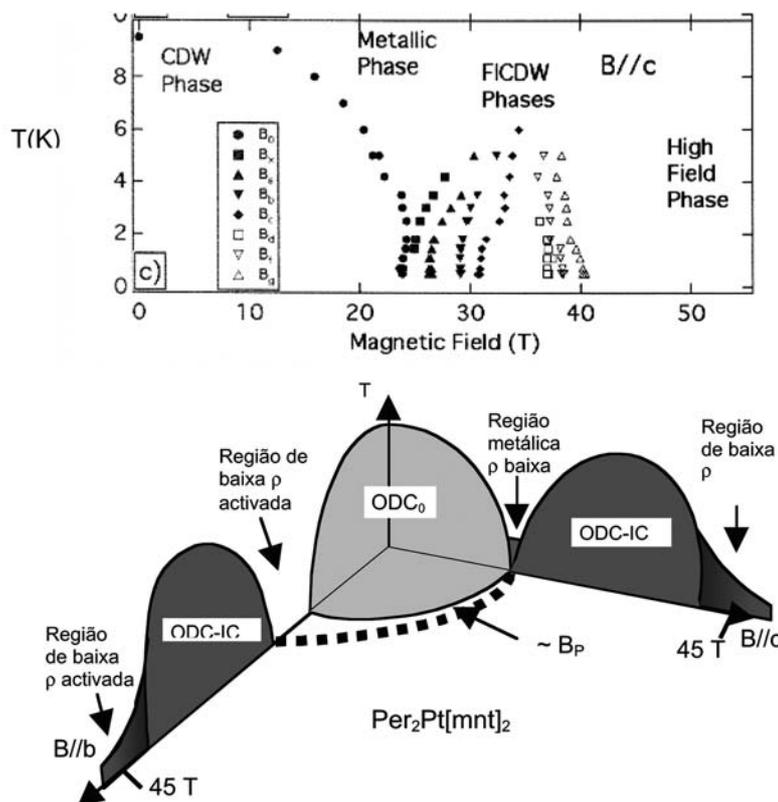


do um projecto para procurar deliberadamente outros sistemas moleculares com esse comportamento. Observou-se efectivamente comportamento análogo, mas apenas com pequenas modificações no aceitador: DT-TTF combinado com  $\text{Cu}(\text{mnt})_2$  ou com  $\text{Au}(\text{i-mnt})_2$  tendo sido a primeira vez que se obteve um conjunto isoestrutural de sistemas de *spins* em escada [41]. No entanto até hoje não foi ainda possível encontrar um meio de dopar as escadas de *spins* moleculares, e verificar se estas se tornam ou não supercondutoras como a teoria prevê.

### Transições induzidas pelo campo magnético em $\text{Per}_2\text{Au}(\text{mnt})_2$ e $\text{Per}_2\text{Pt}(\text{mnt})_2$

A acessibilidade a campos magnéticos intensos e a possibilidade única que se nos oferecia de com estes compostos, de transições relativamente baixas, testar os efeitos dos campos magnéticos intensos, entretanto previstos pela teoria, fez renascer o interesse por estes compostos, conhecidos há cerca de um quarto de século. O estímulo para o seu estudo provém de serem isoestruturais e terem transições de Peierls a baixa temperatura, 12K (Au), 8K (Pt) e do diferente carácter magnético dos seus contra-íons ( $S=0$ , Au;  $S=1/2$ , Pt).

A equipa de James Brooks realizou no *National High Magnetic Field Laboratory*, em Tallahassee, Florida, um conjunto de medidas sob campos magnéticos intensos (até 60 Tesla) nestas amostras. Foi possível mostrar que a temperatura de transição para o estado isolador decresce com o campo magnético, sendo depois suprimida com a estabilização de um estado pouco resistivo para determinada gama de valores do campo magnético: no composto de Au inicia-se a 30 T [42], enquanto que no composto de Pt, ocorre a cerca de 20 T, tornando-se mesmo metálico abaixo de 1 K, seguindo-se para campos mais elevados uma cascata de transições induzidas pelo campo (ondas de densidade de carga induzidas pelo campo, ODCIC) que, no entanto, acima de 45 T desaparecem dando lugar a um estado pouco resistivo, embora termicamente activado [43].



**Figura 6** Ondas de densidade de carga induzidas pelo campo, ODCIC (ou FICDW) para  $\text{Per}_2\text{Pt}(\text{mnt})_2$ . Topo: Cascata de transições; Baixo: Diagrama de fases consoante a orientação do campo magnético  $B$  em relação ao eixo de empilhamento  $b$ . Note-se as regiões de baixa resistividade,  $\rho$ , (vales), e as zonas em que é isolador (picos). ODC<sub>0</sub> - onda de densidade de carga observada na região de nulo e baixo campo;  $B_p$  - valor limite de Pauli do campo magnético.

Além disso existe uma anisotropia notável consoante o campo magnético está aplicado segundo o eixo cristalográfico  $b$  (eixo de empilhamento) ou no plano  $a^*,c^*$  (campo aplicado perpendicularmente a  $b$ ). O diagrama de fases destes compostos é muito rico e de grande interesse na área da Física do Estado Sólido.

### Os condutores de componente única

As linhas gerais do exposto na Secção 2, sobre os requisitos para obtenção de um condutor molecular, não constituem condições necessárias e suficientes. Efectivamente, muitos compostos obtidos por combinação de um aceitador e um doador não dão origem a metais moleculares, quer por razões de empilhamento molecular quer por os seus potenciais redox, e conseqüentemente o

grau de transferência de carga, não serem os adequados. A existência de duas componentes também não é uma condição necessária, como veremos a seguir, embora a realização prática de um metal molecular baseado numa única componente se possa considerar a excepção e ainda hoje represente um desafio.

Quando Dulce Belo obteve um pó microcristalino do complexo neutro  $\text{Au}(\alpha\text{-tpdt})_2$ , em que o ouro estaria num estado de oxidação formal +4, com cor e brilho característicos de outros sistemas condutores, mediram-se as propriedades de transporte eléctrico e a magnetização. Tanto a resistividade eléctrica como o poder termoeléctrico tiveram de ser medidos em amostras policristalinas. Um valor elevado da condutividade eléctrica ( $6\text{Scm}^{-1}$ ) pouco

dependente da temperatura – as medidas em pastilhas comprimidas de bons condutores como o TTF-TCNQ dão frequentemente valores menores – e valores baixos do poder termoelétrico indicavam um comportamento metálico, confirmado por uma susceptibilidade magnética do tipo Pauli [44]. Infelizmente todas as tentativas de obter um monocristal para determinação da estrutura cristalina falharam e, conseqüentemente, os possíveis cálculos de bandas e outras medidas físicas deles dependentes não puderam ser feitas.

Maior sucesso tiveram pouco depois Akiko Kobayashi e colaboradores que, após reportarem resultados em pastilha comprimida do composto Ni(ptdt)<sub>2</sub> que eram indicativos de comportamento metálico, conseguiram sintetizar um composto análogo Ni(tmdt)<sub>2</sub>, do qual obtiveram cristais únicos em que a resistividade em função da temperatura mostrava comportamento metálico até 0,6 K, e em que foi possível determinar a estrutura cristalina por difracção de raios-X [45]. A molécula tem um esqueleto central semelhante ao TTF, em que o elemento metálico substitui a dupla ligação, mas possui uma periferia bastante estendida, com vários átomos de enxofre. Os autores japoneses racionalizaram do seguinte modo os requisitos para a obtenção deste tipo de condutores: é necessário um hiato HOMO-LUMO não muito grande e o reforço das interacções transversais entre as moléculas, de modo a que a largura de banda seja maior do que aquele hiato. Tal é conseguido em moléculas com esqueleto TTF e múltiplos átomos de enxofre ou selénio. O esqueleto TTF pode não ser essencial mas resulta pelo facto de, nas moléculas doadoras do tipo TTF, a HOMO ter o mesmo sinal em todos os átomos de calcogénio, fazendo com que os contactos S...S ou Se...Se contribuam para as interacções intermoleculares.

## Conclusão

A riqueza dos comportamentos físicos dos compostos obtidos com o fito de serem condutores moleculares e os novos fenómenos observados surgem

como um dos resultados mais importantes da investigação nesta área.

A Química teve e tem um papel de relevo, na procura de novos sistemas que possam testar modelos teóricos ou procurar a modificação molecular para obter uma propriedade desejada. A investigação mantém um carácter predominantemente básico, mas com fortes interligações com a área dos polímeros condutores — em que a procura de aplicações é maior — cuja base interpretativa teórica e fenomenológica partilha. Outra área conexa é a dos ímanes moleculares, sobretudo pela utilização comum de determinadas unidades constitutivas, tanto doadores como aceitadores, de que os bisditiolatos metálicos são um exemplo paradigmático.

O desenvolvimento dos condutores de componente única, em que a exigência de intervenção de químicos de síntese é relevante, poderá significar um passo em frente muito grande, uma vez que torna mais acessível a possibilidade de manipular as moléculas nas suas periferias no sentido de obter determinadas propriedades electrónicas, bem como de as fixar a substratos em camada fina com arranjo ordenado, forma mais adequada para aplicação em electrónica molecular do que cristais únicos.

Caminhos bem diversos da via sugerida por Little, mas igualmente estimulantes, e que um dia poderão voltar a encontrar-se.

## Referências:

- 1 W. A. Little, "Possibility of synthesizing an organic superconductor", *Physical Review* **134A** (1964) 1416.
- 2 J. Bardeen, L. N. Cooper e J. R. Schrieffer, "Microscopic Theory of Superconductivity", *Physical Review* **106** (1957) 162 ; "Theory of superconductivity", *Physical Review* **108** (1957) 1175.
- 3 H. Akamatu, H. Inokuchi e Y. Matsunaga, "Electrical Conductivity of the Perylene-Bromine Complex", *Nature* **173** (1954) 168.
- 4 D. S. Acker, R. J. Harder, W. R. Hertler, W. Mahler, L. R. Melby, R. E. Benson e W. E. Mochel, "7,7,8,8-Tetracyanoquinodimethane and its Electrically Conducting

- Anion-Radical Derivatives", *Journal of the American Chemical Society* **82**(1960) 6408.
- 5 F. Wudl, G. M. Smith e E. J. Hufnagel, *Chemical Communications* (1970) 1453.
- 6 L. B. Coleman, M. J. Cohen, D. J. Sandman, F. J. Yamagishi, A. F. Garito e A. J. Heeger, "Superconducting fluctuations and Peierls instability in an organic solid", *Solid State Communications* **12** (1973)1125.
- 7 L. Alcácer e A. H. Maki, "Electrically conducting metal dithiolate-perylene complexes", *Journal of Physical Chemistry* **78** (1974) 215.
- 8 K. Bechgaard, C. S. Jacobsen, K. Mortensen, H. J. Pedersen e N. Thorup, "Properties of 5 highly conducting salts – (TMTSF)<sub>2</sub>X, X = PF<sub>6</sub><sup>-</sup>, ASF<sub>6</sub><sup>-</sup>, BF<sub>4</sub><sup>-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, derived from tetramethyltetraselenafulvalene (TMTSF)", *Solid State Communications* **33** (1980) 1119.
- 9 D. Jérôme, A. Mazaud, M. Ribault e K. Bechgaard, "Superconductivity in a synthetic organic conductor (TMTSF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>", *Journal de Physique Lettres* **41** (1980) L95.
- 10 K. Bechgaard, K. C. Carneiro, F. Olsen e F. B. Rasmussen, "Zero-pressure organic superconductor – di-(tetramethyltetraselenafulvalenium)-perchlorate [(TMTSF)<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub>]", *Physical Review Letters* **46** (1981) 852.
- 11 M. Mizuno, A. F. Garito e M. P. Cava, "Organic metals – alkythio substitution effects in tetrathiafulvalene-tetracyanoquinodimethane charge-transfer complexes", *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications* (1978) 18.
- 12 G. Saito, T. Enoki e H. Inokuchi, "A novel behavior of electrical resistivity in a new two-dimensional organic metal, (BEDT-TTF)<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub> (1,1,2-trichloroethane)<sub>0.5</sub>", *Chemistry Letters* (1982) 1345.
- 13 E. B. Yagubskii, I. F. Schegolev, V. N. Laukhin, P.A. Kononovitch, M. V. Kartsovnik, A.V. Zvarykina e L.I. Buravov, "Normal pressure superconductivity in an organic metal (BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>[bis(ethylenedithiolo) tetrathiafulvalene triiodide]", *JETP Letters* **39** (1984) 12.
- 14 F. Creuzet, G. Creuzet, B. Hamzic e D. Jérôme, "Superconductivity of β-(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>", in "Low-dimensional conductors and superconductors" (Editores: D. Jérôme e L. Caron), NATO-ASI Series B: Physics Vol. **155**, Plenum Press, New York e London (1987), pp. 149-153.
- 15 S.S.P. Parkin, E.M. Engler, V. Y. Lee e R. R. Schumaker, "The many faces of ET", *Molecular Crystals and Liquid Crystals* **119** (1985) 375.
- 16 J. M. Williams, J. R. Ferraro, R. J. Thorn, K. D. Carlson, U. Geiser, H. H. Wang, A. M. Kini e M.-H. Whangbo, "Organic Superconductors (Including Fullerenes: Synthe-

- sis, Structure, Properties, and Theory”, Prentice Hall, Englewood Cliffs (1992).
- 17 A. M. Kini, U. Geiser, H. H. Wang, K. D. Carlson, J. M. Williams, W. K. Kwok, K. G. Vandervoort, J. E. Thompson, D. L. Stupka, D. Jung e M. H. Whangbo, “A new ambient-pressure organic superconductor,  $k$ -(ET)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Br, with the highest transition-temperature yet observed (inductive onset  $T_C = 11.6$  K, resistive onset = 12.5 K)”, *Inorganic Chemistry* **29** (1990) 2555.
  - 18 J. M. Williams, A. M. Kini, H. H. Wang, K. D. Carlson, U. Geiser, L. K. Montgomery, G. J. Pyrka, D. M. Watkins, J. M. Kommers, S. J. Boryschuk, A. V. S. Crouch, W. K. Kwok, J. E. Schirber, D. L. Overmeyer, D. Jung e M. H. Whangbo, “From semiconductor semiconductor transition (42K) to the highest-12.5 K organic superconductor,  $k$ -(ET)<sub>2</sub>Cu[N(CN)<sub>2</sub>]Cl”, *Inorganic Chemistry* **29** (1990) 3272.
  - 19 L. Brossard, M. Ribault, M. Bousseau, L. Valade e P. Cassoux, “A new type of molecular superconductor – TTF[Ni(DMIT)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>”, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série II* **302** (1986) 205.
  - 20 J. Yamada, “New approach to the achievement of organic superconductivity”, *Journal of Materials Chemistry* **14** (2004) 2951.
  - 21 D. Jérôme e H. J. Schulz, “Organic conductors and superconductors”, *Advances in Physics* **31**(1982) 299. Este é um artigo de revisão de índole fundamentalmente física, cobrindo os compostos de TCNQ e os sais de Bechgaard.
  - 22 K. Bechgaard e J. R. Andersen, “Molecular properties of the molecules used in conducting organic solids”, in “The Physics and Chemistry of Low Dimensional Solids” (Editor: L. Alcácer), NATO-ASI Series, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1980) pp.247-263.
  - 23 J. U. von Schutz, M. Bair, H. J. Gross, U. Langohr, H. P. Werner, H. C. Wolf, D. Schmeisser, K. Graf, W. Gopel, P. Erk, H. Meixner, S. Hunig, “The conducting salts of N,N'-dicyanoquinonediimine (DCNQI)”, *Synthetic Metals* **27** (1988) B249-B256.
  - 24 R. E. Peierls, “Quantum Theory of Solids”, Oxford University Press (1955).
  - 25 R. Comès, M. Lambert, H. Launois, H. R. Zeller, “Evidence for a Peierls distortion or a Kohn anomaly in one-dimensional conductors of type  $K_2Pt(CN)_4BrO_3 \cdot xH_2O$ ”, *Physical Review B* **8** (1973) 571.
  - 26 S. K. Khanna, J. P. Pouget, R. Comès, A. F. Garito e A. J. Heeger, “X-ray studies of 2K<sub>F</sub> and 4K<sub>F</sub> anomalies in tetrathiafulvalene-tetracyanoquinodimethane (TTF-TCNQ)”, *Physical Review B* **16** (1977) 1468.
  - 27 J. W. Bray, L. V. Interrante, I. S. Jacobs e J. C. Bonner, “The spin-Peierls transition”, in “Extended Linear Chain Compounds” (Editor: J. S. Miller), Plenum Press, New York e London (1983), Vol. 3, pp.353-415. Este capítulo é uma revisão sobre este tipo de transição.
  - 28 P. M. Chaikin e T. C. Lubensky, “Principles of Condensed Matter Physics”, Cambridge University Press (2000).
  - 29 J. Wosnitzer, “Fermi Surfaces of Low-Dimensional Organic Metals and Superconductors”, Springer-Verlag, Berlin e Heidelberg (1996).
  - 30 L. Alcácer, H. Novais, F. Pedroso, S. Flan-drois, C. Coulon, D. Chasseau, J. Gaultier, “Synthesis, structure and preliminary-results on electrical and magnetic-properties of (Perylene)<sub>2</sub> [Pt(mnt)<sub>2</sub>]”, *Solid State Communications* **35** (1980) 945.
  - 31 M. Almeida e R. T. Henriques, “Perylene based conductors”, in “Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers”, (Editor: H. S. Nalwa), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester (1997) Vol. I, Cap 2.
  - 32 V. Gama, M. Almeida, R. T. Henriques, I.C. Santos, A. Domingos, S. Ravy e J. P. Pouget, “Low-dimensional molecular conductors (Per)<sub>2</sub>M(mnt)<sub>2</sub>, M=Cu and Ni: Low- and high-conductivity phases”, *Journal of Physical Chemistry* **95** (1991) 4263.
  - 33 E. B. Lopes, M. J. Matos, R. T. Henriques, M. Almeida e J. Dumas, “CDW non-linear transport in the organic systems (Per)<sub>2</sub>M(mnt)<sub>2</sub>”, *Synthetic Metals* **70** (1995) 1267.
  - 34 P. Monceau, N. P. Ong, A. Portis, A. Meerschaut e J. Rouxel, “Electric-field breakdown of charge-density wave-induced anomalies in NbSe<sub>3</sub>”, *Physical Review Letters* **37** (1976) 602.
  - 35 M. Matos, G. Bonfait, R. T. Henriques e M. Almeida, “Modification of the magnetic field dependence of the Peierls transition by a magnetic chain”, *Physical Review B* **54** (1996) 15307.
  - 36 M. Ribault, D. Jérôme, J. Tuchendler, C. Weyl e K. Bechgaard, “Low-field and anomalous high-field Hall-effect in (TMTSF)<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub>”, *Journal de Physique Lettres* **44** (1983) L953.
  - 37 G. Montambaux, M. Héritier, P. Lederer, “Spin effects in quasi-one-dimensional conductors under magnetic-field”, *Journal de Physique Lettres* **45** (1984) L533.
  - 38 L. B. Balicas, J. S. Brooks, K. Storr, S. Uji, M. Tokumoto, H. Tanaka, H. Kobayashi, A. Kobayashi, V. Barzukin e L.P. Gor'kov “Superconductivity in an organic insulator at very high magnetic fields”, *Physical Review Letters* **87** (2001) Art. #067002.
  - 39 C. Rovira, J. Veciana, E. Ribera, J. Tarres, E. Canadell, R. Rousseau, M. Mas, E. Molins, M. Almeida, R.T.Henriques, J. Morgado, J. P. Schoeffel e J. P. Pouget, “An organic spin-ladder molecular material”, *Angewandte Chemie-International Edition English* **36** (1997) 2324.
  - 40 E. Dagotto e T.M. Rice “Surprises on the way from one- to two-dimensional quantum magnets: The ladder materials”, *Science* **271** (1996) 618.
  - 41 J. C. Dias, E. B. Lopes, I. C. Santos, M. T. Duarte, R. T. Henriques, M. Almeida, X. Ribas, C. Rovira, J. Veciana, P. Foury-Leylekan, J. P. Pouget, P. Auban-Senzier, D. Jérôme, “Structural and electrical properties of (DT-TTF)(2)[Cu(mnt)(2)]”, *Journal de Physique IV* **114** (2004) 497.
  - 42 D. Graf, J. S. Brooks, E. S. Choi, S. Uji, J. C. Dias, M. Almeida e M. Matos, “Suppression of a charge-density-wave ground state in high magnetic fields: Spin and orbital mechanisms”, *Physical Review B* **69** (2004) Art. #125113.
  - 43 D. Graf, E. S. Choi, J. S. Brooks, M. Matos, R. T. Henriques e M. Almeida, “High magnetic field induced charge density wave state in a quasi-one-dimensional organic conductor”, *Physical Review Letters* **93** (2004) Art. # 076406.
  - 44 D. Belo, H. Alves, E. B. Lopes, M. T. Duarte, V. Gama, R. T. Henriques, M. Almeida, C. Rovira e J. Veciana, “Gold complexes with dithiothiophene ligands: A metal based on a neutral molecule”, *Chemistry – A European Journal* **7** (2001) 511.
  - 45 A. Kobayashi, H. Tanaka e H. Kobayashi, “Molecular design and development of single-component molecular metals”, *Journal of Materials Chemistry* **11** (2001) 2078.

# Actividades Participadas pelos Pais na Aprendizagem da Química (PAQ)

JOÃO PAIVA\* E MARIA FILOMENA GASPAR\*\*

## Resumo

Há uns meses circulou de forma mediática a chamada «greve aos TPCs (Trabalhos Para Casa)». Fosse a iniciativa «greve aos maus TPCs» e os autores deste artigo teriam aderido... De facto, o que está mal não são os TPCs mas, porventura, a retardada renovação e modernização científico-pedagógica dessas tarefas para realizar em casa. Uma «greve aos TPCs» pode ser tão descabida como uma «greve às aulas»: mude-se a escola mas não se acabem com as aulas, claro !

TPCs de Química diferentes ter-se-ão de adaptar à progressiva contextualização da Ciência e a alguns enqua-

dramentos pedagógicos contemporâneos (não tão novos como isso mas difíceis de penetrar na realidade escolar). A família, como pedra-chave do contexto sociocultural e, por isso, importante para a Ciência, desempenha um papel fundamental.

Nas linhas seguintes apresentamos alguns argumentos para a participação dos Pais na aprendizagem de Ciência e apontamos estratégias para um maior envolvimento destes nas tarefas de casa, tendo em conta as novas formas (contextualizadas) de ver a Química e, conseqüentemente, de a ensinar e aprender.

## Escola, família e comunidade: novas tendências curriculares no ensino

### A crucialidade do meio na aprendizagem: o desenvolvimento em contexto

A concepção do aluno como um ser social e cultural, que se desenvolve como ser humano na interacção com outros (contextos, pessoas, objectos e meios mediacionais), que não nasce mas que se constrói, que não assimila mas que se apropria de conceitos a que tem de atribuir significado, desafia-nos a abandonar concepções de escola como um sistema isolado, de professor como es-

pecialista numa disciplina, de aquisição de saberes sem funcionalidade e significado social, cultural e de comunicação. Central é o desafio da qualidade desses contextos e dessas interacções sendo, sem qualquer dúvida, um dos marcadores dessa qualidade a interacção que os diferentes contextos estabelecem entre si.

Estes são alguns dos desafios que nos coloca a emergência do paradigma do desenvolvimento em contexto, marcado pela influência do modelo bio-ecológico de Bronfenbrenner (1979; Bronfenbrenner & Ceci, 1994) e também pela

teoria sociocultural de Vygotsky (Gaspar, 2000; Vygotsky, 1978).

Quais as lentes que a teoria desenvolvida por Vygotsky, e apropriada por autores como Werstch, Cole, Rogoff e Valsiner nos propõe para esta leitura que pretendemos responsabilizante de práticas educativas de qualidade? São lentes concêntricas, com círculos crescentes, em que no centro encontramos uma apropriação, que por sua vez ocorre numa interacção que acontece numa zona de desenvolvimento, a que Vygotsky chamou de Zona de Desenvolvimento Próximo (ZDP) (cf. Figura 1).

\*Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; email: jpaiva@fc.up.pt

\*\* Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Coimbra; Centro de Psicopedagogia; docente da disciplina de Desenvolvimento Curricular do Mestrado em Química para o Ensino da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; email: ninigaspar@fpce.uc.pt

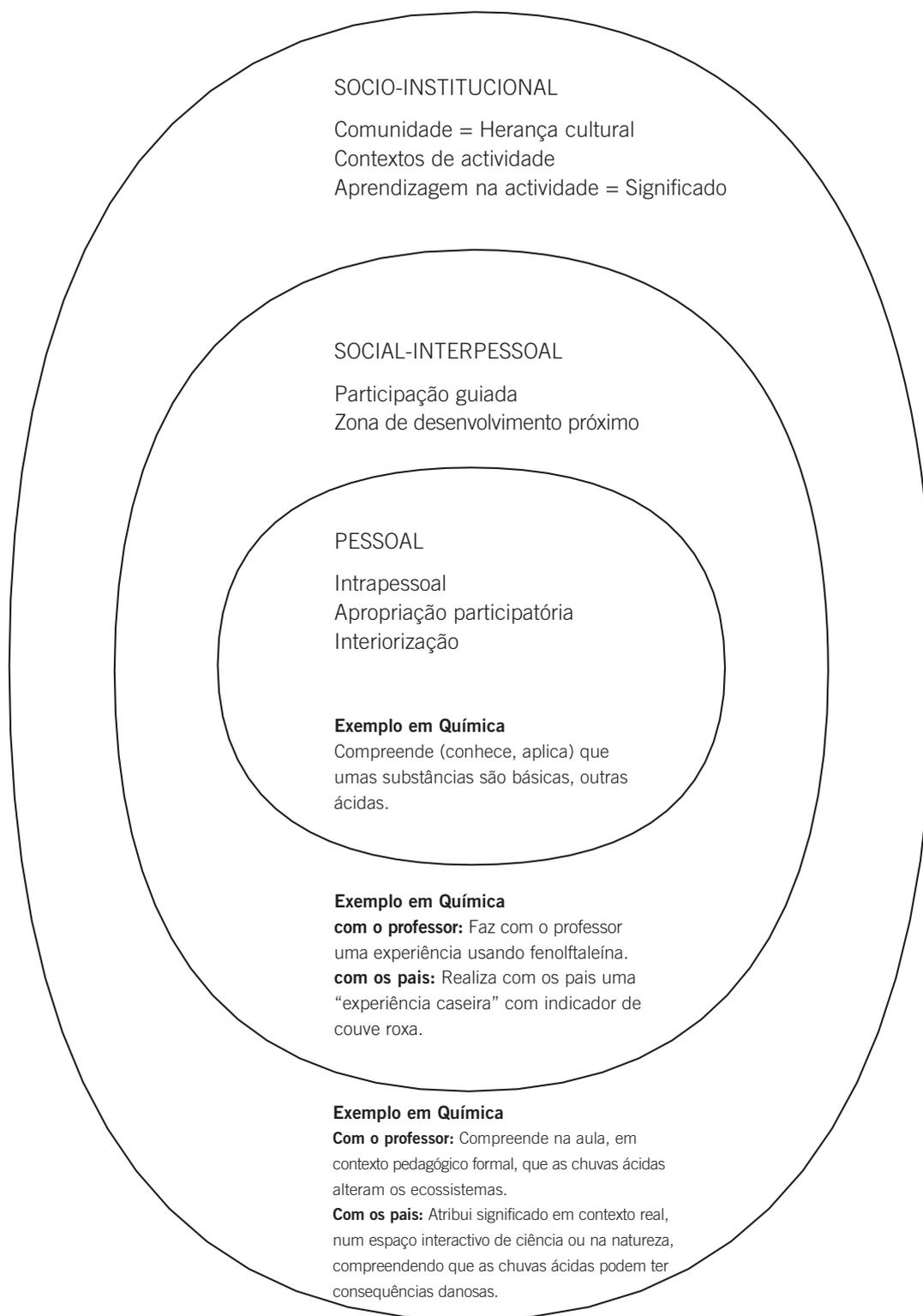


Figura 1 Planos (lentes) dos processos da actividade sociocultural

Este conceito foi desenvolvido a partir do postulado básico da origem social das funções cognitivas superiores, da relação entre o funcionamento interpsicológico e intrapsicológico. É nesta zona que a assistência dos outros permite à criança/aluno internalizar novos tipos de ex-

periência. Na sua obra “Mind in Society”, Vygotsky define a ZDP como a distância entre o nível de desenvolvimento real da criança, determinado por meio da resolução independente do problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolu-

ção de problemas sobre a orientação de um adulto ou em colaboração com pares mais capazes de o resolverem (1978). Moll considera este conceito não só como o conceito mais influente da teoria, como também o “conceito conector”, no sentido em que integra uma

grande quantidade de ideias de Vygotsky, nomeadamente: a da actividade cultural e a prática social como fontes do pensamento; a importância da mediação no funcionamento psicológico humano; a centralidade da educação no processo de desenvolvimento; e a inseparabilidade do individual e do social, ao mesmo tempo que encerra uma concepção da relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento (cf. Moll, 1990/1996, pp. 4-5). Nesta perspectiva, a “cultura” não é apenas algo com que os indivíduos interagem, a cultura, enquanto acumulação da legitimação histórica da humanidade fora das fronteiras do organismo, é interiorizada como actividade mental, “os seres humanos são cultura interiorizada”.

Relativamente ao aspecto da relação entre o ensino (*instruction*) e o desenvolvimento, o conceito de ZDP e o conceito que lhe está associado de “desempenho assistido” traz implicações profundas para a prática educacional e para as suas relações com o desenvolvimento. A questão é determinar como é que o funcionamento interpsicológico pode ser estruturado para maximizar o crescimento do funcionamento intrapsicológico. A organização do desenvolvimento da criança é concebida como encontrando-se nas mãos de outros mais competentes que a rodeiam, em contextos em que se espera que se desenvolva em determinada direcção, sendo, claro está, os locais formais de ensino os mais salientes a este respeito. O conceito de ZDP, ao conceptualizar que aquilo que a criança faz hoje em colaboração será capaz de fazer amanhã sozinha, através de um processo de “interiorização”, encerra a ideia de que a performance existe antes da competência. Há assim um movimento do plano social para o plano psicológico, do “intermental” para o “intra mental”, da regulação social para a auto-regulação. O desenvolvimento do processo individual de auto-regulação é uma das características do processo de internalização e constitui uma das características dos processos mentais superiores definidas por Vygotsky. Wertsch

e Hickmann sugerem que a transição da actividade conjunta para a regulação individual é um processo no qual a criança se torna “consciente” do significado funcional dos comportamentos que realizou sobre a orientação de um adulto, no sentido de perceber como esses comportamentos constituem meios apropriados de atingir um objectivo particular (1987, p.262, citados por Rogoff, 1990, p.204).

A funcionalidade e significado são, assim, outras lentes que nos são propostas pela perspectiva vygotskiana. Como refere Rogoff (1990, p.7), o objectivo do pensamento é agir de forma efectiva, sendo as actividades dirigidas para objectivos, explícitos ou implícitos, definidos socioculturalmente, tal como o são os instrumentos disponíveis para os resolver e as soluções consideradas mais adequadas para o conseguir, ocorrendo, simultaneamente, em situações sociais que providenciam oportunidades de resolução a partir das “transacções sociais”. Assim sendo, a assumpção básica é a de que o pensamento e a aprendizagem são esforços funcionais dos indivíduos para resolver problemas específicos com importância na sua cultura. Têm de ser funcionais, ter significado social, cultural e comunicacional.

Temos ainda a lente que nos impulsiona a olhar para os contextos onde essas interacções ocorrem e que as determinam. Apesar de Vygotsky estar já consciente da importância dos contextos nos processos interpsicológicos que ocorrem na ZDP, tendo ele próprio afirmado que o “*process of instruction that takes place before school age is essentially different from the process of school instruction*” (1956, p.445, citado por Wertsch, 1985, p.74), em termos de investigação concreta não explorou como é que as forças sociais institucionais influenciam o funcionamento mental, ou seja, centrou-se nos processos sociais interpsicológicos e não nos processos sociais institucionais, apesar de também os reconhecer como “sociais”. A questão que se coloca é a de como é que o

funcionamento interpsicológico encontrado nas ZDP varia em função dos contextos sociais institucionais em que ocorre, ou seja, como é que contextos sociais institucionalmente definidos, como o jogo, a aprendizagem formal, a aprendizagem informal e o trabalho, determinam uma mudança na natureza das interacções e nas ZDPs.

Estes são os três círculos concêntricos das nossas lentes de leitura das relações entre os contextos de actividade e o desenvolvimento/aprendizagem individual (cf. Figura 1): social-institucional; interpsicológico (ZDP); intrapsicológico. Como afirma Leont’ev “(...) *if we removed human activity from the system of relationships and social life, it would not exist and would have no structure. With all its varied forms, the human individual's activity is a system in the system of social relations.*” (1981, p.47, citado por Cole, 1985, p.151; Wertsch, 1985, p.211).

Rogoff desenvolveu as metáforas da “aprendizagem na actividade” (*apprenticeship*), da “participação guiada” (*guided participation*) e da “apropriação participatória” (*participatory appropriation*) para descrever os processos da actividade sociocultural que ocorrem, respectivamente, nos três planos que acabámos de discutir: o social-institucional/da comunidade, o social-interpessoal e o pessoal<sup>1</sup>.

Este paradigma fundamenta, e exige, como tentámos mostrar, um modelo de ensino que vai além da escola, uma perspectiva de aluno que se desenvolve ao aprender, de funções cognitivas que têm de ser apropriadas, ter funcionalidade e significado, e ser auto-reguladas, nos diferentes contextos. Exige, portanto, envolver a família e a comunidade, dar funcionalidade aos conteúdos, contextualizando-os e utilizando-os nos diferentes sistemas, permitindo a sua apropriação de uma forma individualizada e auto-regulada. Como veremos mais à frente, acabámos de enunciar os princípios pressupostos que fundamentam a utilização das TIPS (*Teachers Involving*

<sup>1</sup> O modelo bio-ecológico de Bronfenbrenner também nos propõe uma conceptualização destas transacções recíprocas entre contextos ou sistemas e o desenvolvimento individual, oferecendo-nos uma outra leitura, complementar, dos conceitos de “ambiente” e de “processo” no desenvolvimento psicológico.

*Parents in Schoolwork*) na aprendizagem, nomeadamente na aprendizagem da Química.

### O caso particular dos *curricula* portugueses de Química

No ensino de Química do sistema português as tendências atrás desenvolvidas estão bem presentes, quer no ensino básico quer no ensino secundário.

Vejamos, a título de exemplo, algumas passagens dos preâmbulos dos textos curriculares actuais, que explicitam a sensibilidade face à envolvência do meio na aprendizagem da Química. Desde logo, no ensino básico, se abrem portas a uma formatação curricular diferente, onde se advinha o esbater do monopólio do espaço escola na aprendizagem: “As ‘Orientações Curriculares’ que se apresentam estão na sequência do documento em que se definem as Competências Essenciais para as Ciências Físicas e Naturais no Ensino Básico, tomando-o, por isso, como referência. A opção pelo termo orientações curriculares em vez de programas inscreve-se na ideia da flexibilização curricular, tentando que o currículo formal possa dar lugar a decisões curriculares que impliquem práticas de ensino e aprendizagem diferentes” (Programa Básico, 2001).

A (nova) forma como a avaliação é entendida tem uma forte componente do meio envolvente e o convite à intervenção dos Pais: “A educação em Ciência permite, assim, desenvolver e avaliar a competência para compreender a linguagem e a argumentação científicas, de um modo crítico, bem como a apresentação das ideias científicas – por exemplo, através de cartazes ou oralmente, aos colegas, professores ou agentes da comunidade. Interessa não só verificar se os alunos compreendem o que uma ideia é mas também porque é que ela é importante”.

No ensino secundário, pela faixa etária dos alunos, naturais rupturas com os progenitores podem marcar um estilo de aprender mais autónomo e desligado da ambiência familiar. Porém, respeitando tal e promovendo a necessária (e fundamental) autonomia, há espaço para a in-

teracção com os Pais, na aprendizagem em Ciência.

O conceito de literacia científica é basililar nos actuais programas de Química do Ensino Secundário, como o é, aliás, nos programas do ensino básico. Nas finalidades do programa está claro que a Química tem “de ser encarada como uma via para o crescimento dos alunos e não como o espaço curricular onde se “empacotam” conhecimentos exclusivamente do domínio cognitivo, com pouca ou nenhuma ligação à sociedade”. Este crescimento, como sabemos, é sempre psico-bio-social e, bem entendido, só tem a ganhar com a participação efectiva e proporcionada do espaço familiar. Por outro lado, a própria educação escolar em Ciência pode “alimentar cientificamente” a sociedade, pela excelência do canal familiar, no sentido em que “a educação pela Ciência tem como meta a dimensão formativa e cultural do aluno através da Ciência, revalorizando objectivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacto das actividades humanas no ambiente, rigor e honestidade na ponderação de argumentos, ...)” (Programa 10.º ano, 2003).

Pelo exposto parece claro que os novos programas convidam a uma maior integração dos Pais na aprendizagem científica dos filhos, ainda que mais implícita que explicitamente. Porque são, apesar de tudo, realidades relativamente novas, há muito ainda por fazer...

Convém salientar que a polarização nos contextos não significa (ou não deve significar) um desleixo pela estruturação dos conceitos e, claro está, pela clareza e rigor de toda a estrutura conceptual que rege a Ciência e que é absolutamente crucial. Trata-se, porém, no terreno escolar, de acordar para o ensino de uma Ciência, como a Química, que não é, absolutamente, independente do contexto social, afectivo e cultural que vivemos.

Ainda para desfazer eventuais equívocos é bom deixar claro que o envolvimento dos Pais nos TPCs não pode ser entendido como “os Pais a fazerem os trabalhos de casa dos filhos”. A este propósito, aliás, é bom ter espírito crítico acutilante em relação a essa autêntica

“doença” generalizada de alguns encarregados de educação que protagonizam demais nos trabalhos escolares dos educandos e lhes cerceiam a autonomia, não só cognitiva como social e afectiva. Como veremos adiante, os trabalhos de casa terão sempre de ter uma forte componente individual, na perspectiva da auto-regulação cognitiva.

### As TIPS como estratégia de envolvimento dos Pais na aprendizagem em Ciência

#### O que são as TIPS?

TIPS é acrónimo, como foi dito, de *Teachers Involving Parents in Schoolwork*. Epstein propõe-nos a seguinte tipologia dos seis tipos de parcerias entre a família, escola e comunidade (Epstein et al., 2002):

1. **Parentalidade** – Apoiar todas as famílias no estabelecimento de ambientes familiares que apoiem as crianças enquanto alunos;
2. **Comunicação** – Estabelecer formas eficazes de comunicação casa-escola e escola-casa acerca dos programas educacionais e dos progressos das crianças;
3. **Voluntariado** – Recrutar e organizar a ajuda e suporte dos pais;
4. **Aprendizagem em casa** – Disponibilizar informação e ideias às famílias sobre a forma de ajudarem os alunos com os trabalhos de casa e outras actividades relacionadas com o currículo, decisões e planificação;
5. **Tomada de decisão** – Envolver os pais nas decisões da escola, desenvolvendo líderes e representantes dos pais;
6. **Colaboração com a comunidade** – Identificar e integrar recursos e serviços da comunidade para fortalecer os programas da escola, as práticas familiares e a aprendizagem e desenvolvimento dos alunos.

Nesta tipologia o tipo 4 “aprendizagem em casa” pode envolver as seguintes práticas:

- Informações para as famílias sobre as aptidões que os alunos precisam em

todas as disciplinas em cada nível escolar;

- Informações relativas às políticas da escola sobre os trabalhos de casa e de como fazer a supervisão e discutir o trabalho escolar em casa;
- Informações de como apoiar os alunos para melhorarem aptidões em vários conteúdos e avaliações escolares;
- Planificação regular (semanal ou quinzenal) de trabalho de casa que implique que os alunos têm de discutir e interagir com os pais sobre o que estão a aprender na escola (TIPS);
- Calendários com actividades para os pais e alunos fazerem em casa ou na comunidade;
- Actividades de matemática, ciência e leitura em família na escola;
- Pacotes de actividades para as férias de verão;
- Participação das famílias na definição dos objectivos para os alunos anualmente e na orientação para a universidade ou trabalho.

Neste modelo as TIPS têm como principal objectivo envolver os pais, em casa, no trabalho escolar. O pressuposto que as fundamenta é de que existe trabalho de casa (TPC) que o aluno deve fazer sozinho, em casa, e cujos objectivos são praticar o que foi dado na escola, estudar e desenvolver a auto-regulação. Este trabalho deve ser feito individualmente pelo aluno, sem o envolvimento da família. Outro tipo de actividades a desenvolver em casa, diferente, é aquele que visa desenvolver a parceria entre a escola, a família e o aluno – as TIPS. Este trabalho de casa interactivo, regular, dá aos alunos a responsabilidade de discutirem coisas importantes que aprenderam e ajuda as famílias a estarem conscientes do conteúdo das actividades curriculares dos seus filhos na escola.

Sendo o objectivo das TIPS o desenvolvimento de parcerias, levando o aluno a partilhar em casa o que aprendeu em contexto escolar, ultrapassam muitos dos problemas colocados pelos TPC (trabalhos para casa) ao:

- potenciar o envolvimento de todas as famílias e não apenas daquelas que sabem como discutir matemática, ciências e outros conteúdos com os seus filhos;
- dar a responsabilidade dos trabalhos de casa (TPC) aos alunos individualmente, distinguindo-os claramente das TIPS, não pedindo aos pais que ensinem conteúdos para os quais não estão preparados ou que se sintam culpados por não o poderem ou conseguirem fazer;
- criar condições para que os alunos partilhem o seu trabalho, progressos e ideias com as suas famílias e que tenham prazer nisso;
- potenciar que as famílias comentem e solicitem aos professores informações numa secção das TIPS destinada à comunicação casa escola.

Neste contexto aumentam as probabilidades de os pais reconhecerem o esforço que os professores estão a fazer para os manter informados e envolvidos – a escola é colocada nas prioridades da família e permite que os alunos percebam que o que aprendem na escola é importante para a família. Um desafio importante que se coloca às escolas é o de coordenarem o trabalho de casa ligado à família proposto pelos diferentes professores.

As TIPS obrigam-nos assim, e como afirma Epstein (Epstein et al., 2002) a duas grandes redefinições:

- De “trabalhos de casa” para significar não apenas o trabalho que o aluno deve fazer sozinho, em casa, mas também actividades interactivas partilhadas com as famílias ou com as comunidades, ligando o trabalho na escola a situações reais;
- De “ajuda em casa” ou “ajuda dos pais” para significar encorajar, ouvir, responder, premiar, guiar, supervisionar e discutir – e não “ensinar” os conteúdos escolares. Essa não pode ser responsabilidade dos pais.

#### Um exemplo em Ciência

Os exemplos já disponíveis de TIPS são imensos, concretamente em língua inglesa e mais especificamente no site de

referência do grupo de trabalho da Universidade de Johns Hopkins (TIPS, 2005).

Neste momento, depois de cedidas as respectivas autorizações, estamos a traduzir uma selecção de TIPS para o portal de Ciência e Cultura Científica “Mocho” (2002), em [www.mocho.pt](http://www.mocho.pt).

A título de exemplo, e para que se fique com uma ideia mais concreta do que falamos, isolamos na Figura 2 alguns trechos de uma TIPS a disponibilizar naquele portal, relativa ao estudo do calor e energia, para alunos do terceiro ciclo do Ensino Básico.

#### PAQ: um caso de química

Quisemos “portuguesar” e especificar para a Química as TIPS, usando o acrónimo PAQ – Pais na Aprendizagem da Química. No número seguinte deste Boletim, apresenta-se uma PAQ concreta, no formato encarte habitual associado a esta revista, com tarefas de cariz prático, sobre indicadores caseiros. Trata-se, usando terminologia deste artigo, de uma TIPS em Química.

Notar no exemplo adiante a organização da actividade e, concretamente, a forma como esta actividade estimula as relações entre família e comunidade, dá funcionalidade aos conteúdos aprendidos, e contextualiza aprendizagens, permitindo a apropriação individual e auto-regulada.

É bom salientar, aliás, que, na sequência dos programas curriculares que existem, se pretende progressivamente evitar o carácter “receituário” das actividades laboratoriais/experimentais em Química. Não é o caso, contudo, de abandonar completamente o carácter prescritivo de algumas iniciativas. Com efeito, para conferir segurança a Pais e alunos, embora estimulando sempre espaços de auto-construção de roteiros e delineamentos de experiências em dinâmicas de projectos, um certo dirigismo nas PAQs pode conferir segurança aos intervenientes (pais e alunos) e, pelo menos numa primeira fase, tornar estas iniciativas mais populares, funcionais e democráticas.

### Quente-quente

Caro pai/mãe ou encarregado de educação de \_\_\_\_\_.

Em Ciências Físico-Químicas, estamos a estudar a energia e o movimento das moléculas. Esperamos que gostem desta actividade que vamos fazer em conjunto. Esta tarefa deverá ser terminada em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_.

OBJECTIVO – Compreender como a energia provoca o movimento das moléculas.

MATERIAIS: garrafa de plástico vazia com tampa, taça grande (sem ser de vidro), água, suportes de frascos, 1-2 couvettes de gelo, três copos, um corante alimentar escuro, relógio com ponteiro de segundos.

SEGURANÇA: ESTA ACTIVIDADE ENVOLVE FOGO!

#### PROCEDIMENTO

Pedir a um familiar para ajudar como “oficial de segurança” nestas investigações. Explicar todos os passos à medida que se vão executando. Quem está a trabalhar contigo? \_\_\_\_\_

1. Coloca uma garrafa vazia de plástico numa taça, dentro do lava-louça.
2. Ferve água numa chaleira. Verte a água lentamente e com cuidado na garrafa vazia. Passado um minuto, usa o suporte de frascos para segurar a garrafa e deita a água no lava-louça. Enrosca a tampa da garrafa **RAPIDAMENTE**. O que acontece aos lados da garrafa? Regista as tuas observações.
3. Agora deita os cubos de gelo na taça à volta da garrafa. Podes até cobrir ou esfregar com gelo os lados da taça. O que acontece aos lados da garrafa agora? Regista as tuas observações.
4. Desenha a garrafa depois de teres deitado a água quente fora e colocado dentro os cubos de gelo. Legenda os

teus desenhos para observar como as moléculas que constituem o ar, na garrafa, se comportam em cada caso.

#### CONCLUSÕES

1. Qual é a tua conclusão sobre o efeito das diferenças de temperatura no movimento das moléculas de ar na garrafa?
2. Verificarias estas alterações se a garrafa usada fosse de vidro?

Porquê? (Fazer essa experiência se possível)

#### COMUNICAÇÃO ESCOLA-CASA

Caro pai/mãe,

Por favor deixe as suas reacções ao trabalho do/da seu/sua filho/filha nesta actividade. Escreva SIM ou NÃO em cada uma das frases seguintes:

1. \_\_\_\_\_ O/A meu/minha filho/filha compreendeu o trabalho de casa e foi capaz de o discutir.
2. \_\_\_\_\_ O/A meu/minha filho/filha e eu gostámos desta actividade.
3. \_\_\_\_\_ Este trabalho ajudou-me a perceber o que o/a meu/minha filho/filha está a aprender em Ciências.

Outros comentários:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Assinatura:

\_\_\_\_\_

Figura 2 Alguns excertos de uma TIPS disponibilizada em [www.mocho.pt](http://www.mocho.pt)

### Notas finais

Pretendemos, a breve trecho, iniciar as primeiras experiências em terreno escolar com monitorização e avaliação sistemática do impacto que representam as PAQ na aprendizagem dos alunos (e dos Pais!). Uma tese de mestrado está já a

empreender esse caminho e outros trabalhos congéneres estão na calha.

Pela natureza sintética deste artigo não pudemos explorar exaustivamente todas as rubricas. O planeamento das actividades que envolvem os Pais e a respectiva avaliação, por exemplo, não foram

referidas explicitamente mas são de importância vital.

Esta reflexão impele-nos para uma utilização mais generalizada das actividades PAQ, esperando nós que se torne incentivo a uma aprendizagem da Química mais motivante, participada e eficaz. As linhas que se escreveram correspondem

a uma interacção profícua entre áreas das Ciências de Educação e da Ciência Química. É tempo de atenuar os extremismos e procurar sinergias eficazes no ensino da Química; colocar em diálogo áreas que muitas vezes estão de costas voltadas...

#### Bibliografia

- Bronfenbrenner, U. (1979). *The Ecology of Human Development*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Bronfenbrenner, U., & Ceci, S. (1994). Nature–Nurture Reconceptualized in Developmental Perspective: A Bioecological Model. *Psychological Review*, 101(4), 568–586.
- Cole, M. (1985). The Zone of Proximal Development: Where Culture and Cognition Create Each Other. In J. Wertsch (Ed.), *Culture, Communication, and Cognition: Vygotskian Perspectives* (pp.146-161). Cambridge: Cambridge University Press.
- Costa, L., Fiolhais, C., & Paiva, J.C.; “MOCHO”: Um Portal de Ciência e Cultura Científica; IE-2002 – Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, Vigo, 117-224; 2002. Disponível em <http://www.jcpaiva.net/?d=curriculum/9/942>.
- Epstein, J. et al. (2002). *School, Family, and Community Partnerships: Your Handbook for Action, Second Edition*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Epstein, J. L., Van Voorhis, F. L., & Batza, C. (2001). *Teachers Involve Parents in Schoolwork (TIPS) Science Prototype Activities for Grade 3*. Baltimore, MD: Center on School, Family, and Community Partnerships, Johns Hopkins University.
- Gaspar, M. (2000). *Um Diálogo sobre Vygotsky e a Educação. Diálogos em Educação, n.º 1*, Núcleo de Análise e Intervenção Educacional, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.
- Moll, L. (Ed.) (1996). *Vygotsky e a Educação: Implicações Pedagógicas da Psicologia Sócio-histórica* (Trad. F. Tessler). Porto Alegre: Artes Médicas. (Original publicado em 1990).
- Programa Básico (2001). CIÊNCIAS FÍSICAS E NATURAIS, ORIENTAÇÕES CURRICULARES – 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO, [online] [consult 14-01-2005]. Disponível em [http://www.deb.min-edu.pt/curriculo/Reorganizacao\\_Curricular/reorgcurricular\\_orientcurriculares.asp](http://www.deb.min-edu.pt/curriculo/Reorganizacao_Curricular/reorgcurricular_orientcurriculares.asp).
- Programa de Química, 10.º ano (2003). Programa de Física e Química A 10.º ano, [online] [consult 14-01-2005]. Disponível em [http://www.des.min-edu.pt/download/prog\\_hom/fisica\\_quimica\\_a\\_10\\_homol\\_nova\\_ver.pdf](http://www.des.min-edu.pt/download/prog_hom/fisica_quimica_a_10_homol_nova_ver.pdf).
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. New York: Oxford University Press.
- TIPS (2005) – Teachers Involve Parents in Schoolwork. Disponível em <http://spearfish.k12.sd.us/west/Specials/Penny/Teacher%20Involve/ScienceAct.htm>, consultado em 18 de Janeiro de 2005.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wertsch, J. (1985). *Vygotsky and the Social Formation of Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

## Actualidades Científicas

### Eliminar o enxofre

Investigadores holandeses descobriram uma explicação para o facto da actividade dos catalisadores usados na produção de combustíveis limpos diminuir gradualmente. Os seus estudos demonstram que a causa consiste na perda de átomos de enxofre por parte do catalisador, o que pode levar a uma solução para o problema.

Bas Vogelaar e Jacob Moulijn, da Universidade de Tecnologia de Delft trabalham com catalisadores de hidrogenoprocessamento que removem compostos de enxofre de combustíveis. Caso estes compostos não sejam removidos, a sua combustão levaria à libertação de óxidos de enxofre poluentes. No entanto, estes catalisadores são irreversivelmente desactivados num período de dois anos. A única solução consiste

na sua substituição, que é uma operação cara e morosa.

Os catalisadores típicos são constituídos por um suporte de óxido de alumínio sobre o qual é depositado molibdénio, níquel e cobalto. Durante o refinamento, estes metais formam uma camada cataliticamente activa com o enxofre do óleo.

Vogelaar explica que os catalisadores convertem os compostos sulfurosos de duas formas: o átomo de enxofre é removido directamente do contaminante, ou a remoção é obtida através de um processo de hidrogenação. Pela teoria convencional da catálise, um átomo de enxofre deveria ser primeiro removido da fase activa, de forma a deixar uma posição vaga que fosse ocupada por um átomo de enxofre proveniente do contaminante. No entanto, o trabalho de Vo-

gelaar demonstra que o segundo mecanismo, a hidrogenação, pode ocorrer em átomos de enxofre periféricos, e não nas posições vazias. Assim, o modelo proposto pelos investigadores sugere que a perda de átomos de enxofre da fase activa desempenha um papel importante na desactivação do catalisador.

Nos processos industriais, os combustíveis tratados formam frequentemente uma mistura muito complexa, que pode por si só afectar o desempenho dos catalisadores, sendo prematuro extrapolar os resultados desta pesquisa para operações reais. No entanto, Vogelaar acredita que este trabalho pode conduzir a um melhor conhecimento sobre a forma como este tipo de catalisadores actuam. (adaptado de webzine *Reactive Reports* (2005) 44)

Paulo Brito

# 4.º Encontro Nacional da Divisão de Ensino e Divulgação da Química da SPQ (4.º DEDQ)

27-28 de Outubro de 2005  
Parque das Nações - Lisboa  
(FIL e Pavilhão do Conhecimento)

*Uma organização conjunta  
SPQ / Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva*

<http://www.spq.pt/congressos/4dedq>

**Comissão Organizadora** António Costa (Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva) • Eurico Cabrita (SPQ, Universidade Nova de Lisboa) • Paulo Ribeiro Claro (SPQ, Universidade de Aveiro) • Pedro Tavares (SPQ, Universidade Nova de Lisboa)

**Programa Provisório** • 4 Conferências Plenárias (em confirmação) • 6 Sessões Temáticas Perspectivas CTS do Ensino • Segurança em Laboratórios de Química • Divulgação da Química • Política de Educação e Formação • Ensino Não Formal da Química • Novos Temas Científicos nos Programas do Ensino Secundário • 3 Oficinas ("Workshops") Tecnologias de Informação e Comunicação • Uma visita ao Pavilhão do Conhecimento • Trabalhos Práticos de Química no Ensino Básico • 2 Sessões de Comunicações em Painel • Curso Satélite Trabalhos Práticos do Programa do 12º Ano (29 de Outubro)

**Inscrições** Sócio efectivo - 35 € • Sócio Estudante - 25 € • Não-sócio - 100 €

# “Redox em casa”

## Uma Actividade Envolvendo os Pais na Aprendizagem da Química (PAQ)

MÓNICA MEIRELES E JOÃO PAIVA\*

O objectivo comum de pais e professores no ambiente do ensino é a aprendizagem dos alunos. Entre os três intervenientes do processo educativo, os alunos, as suas famílias e os professores, devem existir relações de parceria genuínas, ou seja, uma verdadeira **relação produtiva de aprendizagem**. Parece importante que uns e outros compreendam os seus papéis, responsabilidades, problemas e preocupações para, em conjunto, poderem tirar o maior partido possível das experiências educativas que as crianças vivem. Para que essa compreensão exista, terá de haver necessariamente contactos: a aproximação contribuirá para diminuir as lacunas culturais.

Para criar um programa de intervenção educacional que contemple PAQ – actividade envolvendo os Pais na Aprendizagem da Química – o professor pioneiro terá de efectuar um trabalho de sensibilização de toda a comunidade escolar, realizando, pelo menos, os quatro passos fundamentais que se descrevem resumidamente:

1. Informar o Conselho Executivo sobre as vantagens destas actividades, o modo como decorrerão e a quem se destinam.
2. Pedir a colaboração da família, reunindo com ela e explicando as vantagens das actividades, o modo como decorrerão e quais as actuações verdadeiramente importantes que são esperadas da família, para que tudo se efectue com sucesso.

3. Analisar o meio familiar de cada um dos alunos, mais especificamente o contexto social e cultural, bem como a disponibilidade de tempo das famílias, para que as PAQs construídas não excluam nenhuma família.
4. Encontrar uma PAQ adequada quer aos conteúdos programáticos, quer ao nível sócio-cultural das famílias. Para tal, os professores podem usar PAQs já elaboradas ou construir as suas próprias PAQs.

Caso o professor opte por construir este instrumento de trabalho então deverá levar em consideração quais os passos fundamentais que uma PAQ deve incluir:

**Assunto:** Referência ao tema tratado na actividade em causa.

**Materiais** – realizar-se-á a listagem de todo o material que será necessário para a realização da actividade. Esta actividade deve ser planeada de forma a que os materiais necessários sejam de uso corrente, baratos, existam em casa ou sejam facilmente obtidos. Em caso de tal não ser possível, então a escola deve providenciar esse material para todas as famílias.

**Procedimentos** – elaborar-se-á um guião de procedimentos para o aluno, em que a actividade seja descrita passo a passo. Cada tarefa deverá promover acções que exijam que o aluno pense e aja com alguma proximidade do estilo do cientista. O grau de exigência pode ser, progressivamente, incrementado de forma

a que o professor obtenha informações sobre as principais dificuldades dos alunos.

Na redacção das sucessivas actividades, o professor deverá ter o cuidado de utilizar linguagem simples e de nunca se dirigir exclusivamente ao parceiro familiar do aluno (interpelações ao membro da família que ponham em causa os seus conhecimentos, ou a falta deles, podem criar situações constrangedoras!)

### **Relatório ou construção de um gráfico**

– criar-se-á um espaço próprio onde o aluno registará os resultados obtidos, ou elaborando um relatório ou construindo um gráfico.

**Conclusões** – procurar-se-á que o aluno discuta, de forma orientada, os resultados obtidos na actividade, com a família.

**Comunicação casa-escola** – implementar-se-á uma forma de comunicação regular entre o membro da família responsável pelo aluno e o professor. Assim, após a realização do trabalho interactivo com a família, o membro desta, responsável pelo aluno, deverá, em espaço próprio, tecer comentários e observações sobre:

- os níveis de compreensão da tarefa, evidenciados pelo aluno,
- o prazer na realização da actividade, quer por parte do aluno, quer por parte do parceiro familiar,
- a relevância da informação adquirida pelo membro da família sobre os co-

\*Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; email: jpaiva@fc.up.pt

nhcimentos científicos do aluno, durante a execução da tarefa.

**Assinatura do parceiro familiar** – colocar-se-á um espaço próprio para que o parceiro familiar assine e assim formalize a sua cooperação na actividade.

A PAQ que se exemplifica a seguir é dirigida a alunos do oitavo ano de escolaridade e enquadra-se no Tema Organizador: Sustentabilidade na Terra.

Na construção da referida actividade teve-se o cuidado de abordar o tema da oxidação procurando despertar a curiosidade dos alunos acerca do mundo que os rodeia, tomando como ponto de partida o dia-a-dia, assim abrangendo conteúdos leccionados em Química.

Na actividade “Redox em Casa” procurar-se-á encontrar uma estratégia adicional ao ensino do item: “reações químicas de corrosão”, em que se espera desenvolver, entre outras, as seguintes competências:

- Reconhecimento do papel da Ciência e da Tecnologia na transformação e utilização dos recursos existentes na Terra.
- Compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra.

É conveniente que, sempre que possível, as PAQs construídas, como aquela que apresentamos de seguida, não tenham uma natureza imediata, facilitando e induzindo o envolvimento de toda a família. Convém também salientar, junto dos alunos e familiares intervenientes, que as PAQs não devem de forma alguma ser feitas em exclusivo (nem mesmo principalmente) pelos familiares, havendo tarefas específicas do aluno, que importa clarificar e executar com critérios de autonomia.

Usámos logótipos para ilustrar várias áreas da PAQ, conforme se indica:



**Materiais necessários**



**Procedimento**



**Reflectir e responder**



**Promovendo o diálogo e a actividade entre o aluno e o familiar**

Esperamos que esta PAQ estimule o desenvolvimento de novas propostas e aguardamos a contribuição criativa dos nossos colegas para gerar outras actividades equivalentes no domínio da Química, e, eventualmente disponibilizá-las a toda a comunidade. No portal “mocho” ([www.mocho.pt](http://www.mocho.pt)), a breve trecho, teremos disponíveis outras mais actividades similares e um espaço de recepção de outras propostas de professores de Química.

#### Referências

Epstein, J. et al. (2002). *School, Family, and Community Partnerships: Your Handbook for Action, Second Edition*. Thousand Oaks: Corwin Press.

Epstein, J. L., Van Voorhis, F. L., & Batza, C. (2001). *Teachers Involve Parents in Schoolwork (TIPS) Science Prototype Activities for Grade 3*. Baltimore, MD: Center on School, Family, and Community Partnerships, Johns Hopkins University.

PROGRAMA Básico (2001). CIÊNCIAS FÍSICAS E NATURAIS, ORIENTAÇÕES CURRICULARES – 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO, [online] [consult 14-01-2005]. Disponível em [http://www.deb.min-edu.pt/curriculo/Reorganizacao\\_Curricular/orgcurricular\\_orientcurriculares.asp](http://www.deb.min-edu.pt/curriculo/Reorganizacao_Curricular/orgcurricular_orientcurriculares.asp).

#### Actualidades Científicas

##### **Cientistas dos EUA extraem dióxido de carbono da atmosfera, para o enterrarem**

Face à incapacidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> de acordo com o Tratado de Quioto, cientistas da Universidade Estatal do Arizona contribuem tentando recuperar este gás da atmosfera para posterior armazenamento no solo. O projecto de investigação é financiado pelo Governo dos EUA e por cerca de vinte empresas do sector energético. A

administração norte-americana (que não ratificou o convénio internacional que limita as emissões de CO<sub>2</sub> por considerá-lo demasiado dispendioso) investe actualmente dezenas de milhões de dólares em projectos que muitos consideram ser uma gota de água no oceano. O jornal The Washington Post na sua edição de Fevereiro relata uma visita ao laboratório Goldwater Materials Science da Universidade Estatal do Arizona onde decorrem estudos que visam a retenção de CO<sub>2</sub> em serpentina e olivina, dois mi-

nerais muito comuns. Para tal, o CO<sub>2</sub> é adicionado a uma mistura dos minerais referidos, água, cloreto de sódio e carbonato de sódio, a temperaturas elevadas. Obtém-se assim carbonato de magnésio, um produto estável que pode então ser convertido em material para pavimentos, ou enterrado. (Fonte: Washington Post – [www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A42365-2005Feb21.html](http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A42365-2005Feb21.html))

José Santos

# Aquecer água no Microondas

MARIA FILOMENA CAMÕES\*

A água pode existir nos estados sólido (gelo), líquido e gasoso (vapor). Em condições normais de pressão, o gelo funde a 0°C e a água entra em ebulição a 100°C, que definem a escala centesimal de temperatura; 1°C corresponde à centésima parte da distância que medeia, numa escala linear, entre as posições do líquido termométrico, geralmente mercúrio, colocado em gelo em equilíbrio com água (início da escala) e em água em equilíbrio com o seu vapor a 760 mmHg. A escala centesimal, ou escala centígrada, foi inventada em 1742 pelo astrónomo suíço Anders Celsius. Mais tarde, em 1948, a 9.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas adoptou-a oficialmente como escala Celsius. A temperaturas inferiores a 100°C a água produz vapor a pressões parciais inferiores à pressão atmosférica. A 100°C a água entra em ebulição com passagem tumultuosa ao estado gasoso; agregados de moléculas de água, libertam-se da fase líquida para a fase gasosa. É o que se passa na mudança de estado de agregação, ou de estado físico, durante a qual a temperatura se mantém, mas é possível encontrar situações de instabilidade, com água sobreaquecida (ou sobrearrefecida), em que água líquida se encontra a temperaturas superiores a 100°C (ou inferiores a 0°C).

A forma convencional de aquecer água tem sido, ao longo de séculos, o aquecimento por combustíveis, sejam eles lenha, carvão, gás, ou ainda por efeito de Joule da corrente eléctrica. O recipiente com água aquece e conduz o calor para a água no seu interior, provo-

cando aumento da energia cinética das suas moléculas. Nestas circunstâncias percebe-se que a água ferve, quando se vê a formação de bolhas que correspondem, primeiro à libertação dos gases dissolvidos e à formação de bolhas de vapor de água, depois. Para evitar zonas de sobreaquecimento e projecção de bolhas, em prática culinária vai-se mexendo com uma colher para ajudar a homogeneizar a temperatura entre zonas mais e menos quentes. Com o mesmo objectivo, no laboratório, quando se aquece água ou outros líquidos, por exemplo para efectuar destilações, é recomendada a adição de pequenos pedaços de vidro ou de porcelana ao líquido no balão de destilação.

Quando se aquece um líquido, por exemplo água, num recipiente tapado, que dificulta a saída do vapor, aumenta a pressão de vapor no espaço entre o líquido e a tampa. Este aumento da pressão para valores superiores à pressão atmosférica faz com que a água sofra sobreaquecimento, ao mesmo tempo que aumenta a produção de vapor sem formação de bolhas, que por sua vez continua a obrigar ao aumento da temperatura e assim sucessivamente. São conhecidas e terão sido experimentadas por alguns, situações de pequenos acidentes domésticos em que ao levantar a tampa de um recipiente onde se encontra um líquido sobreaquecido, que não fervia, desligado já de fonte de aquecimento, ao destapar, e ao agitar levemente ou ao mexer com uma colher, se inicia ebulição espontaneamente; o vapor difundiu-se, a pressão do vapor

sobre o líquido baixou, logo a temperatura a que o líquido se encontra promove pressão de vapor superior à pressão atmosférica envolvente e a mudança de estado dá-se tumultuosamente. Se 1 litro de água é sobreaquecida de 1°C, ou seja aquecida a 101°C, sem ferver, está-se numa situação instável e podem repentinamente produzir-se 3 litros de vapor. Caso extremo é o da panela de pressão; ao tirar a válvula, o líquido projecta-se violentamente, porque baixou a pressão de vapor sobre o líquido sobreaquecido.

Hoje em dia o aquecimento em forno de microondas tornou-se usual e isso implica leitura cuidadosa das instruções no que se refere à intensidade e ao tempo de aquecimento, bem como à observância de regras de segurança próprias, que são geralmente ignoradas.

Tornou-se já um clássico que circula na Internet o caso, verdadeiro ou fictício, de qualquer modo possível, de alguém que pretendia aquecer no microondas, até à fervura, uma chávena de água e que, ao removê-la não viu as tradicionais bolhas, mas que repentinamente sofreu fortes queimaduras no rosto, por projecção violenta do líquido.

A causa do fenómeno está, tal como descrito acima para o aquecimento convencional, no sobreaquecimento da água.

As microondas têm comprimentos de onda entre 30 cm (frequência = 1 GHz) e 0,1 cm (300 GHz); as mais longas são as utilizadas para aquecimento no forno de microondas. A existência de ondas

\* Departamento de Química e Bioquímica – FCUL (mfcamoes@fc.ul.pt)

electromagnéticas, das quais fazem parte as microondas, foi prevista por James Clerk Maxwell em 1864, com as famosas equações de Maxwell. Durante a 2.ª Guerra Mundial, em 1940, dois cientistas britânicos, John Randall e H. A. Boot, inventaram o magnetron, um tubo que produzia microondas que permitiram aos radares detectar os aviões das tropas atacantes. Alguns anos mais tarde, em 1946, Percy Spencer, a trabalhar na Raytheon Company descobriu acidentalmente, que as ondas de radar tinham derretido uma barra de chocolate que tinha no bolso. Este foi o início da experimentação que conduziu à utilização das microondas para aquecimento e processamento de alimentos.

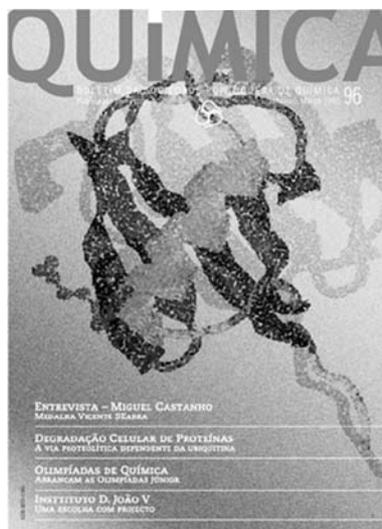
O aquecimento por microondas tem como base um processo diferente daquele que está na base do aquecimento convencional. Uma maneira fácil de visualizar o mecanismo de aquecimento por microondas é precisamente pensando naquilo que é uma microonda: um campo electromagnético de elevada frequência. Tudo o que possa ser polarizado por este campo oscilante será afectado. As moléculas de água são dipolares e a interacção entre os dipolos da água representa uma elevada energia interna, o que está na origem da sua elevada capacidade térmica. O momento dipolar é o veículo para a interacção da água com

as microondas. As microondas fazem rodar as moléculas de água a uma frequência semelhante à sua. Importante para a maior ou menor facilidade deste movimento é também a existência de pontes de hidrogénio. As microondas fornecem energia às moléculas de água, sem no entanto afectarem outras moléculas que não tenham dipolos.

Os fornos de microondas aquecem a água directamente, aquecendo primeiro as camadas de água mais superficiais, mais próximas da fonte de microondas. Sob a acção das microondas a água aquece muito rapidamente, o líquido não ferve e continua a aquecer acima da temperatura de ebulição, sem dar tempo a que se formem e escapem bolhas de gases e vapor. Aquecida num forno de microondas, a água está mais quente que o recipiente, ao contrário do que acontece quando aquecida de forma convencional, em que são o fundo e as paredes do recipiente que estão mais quentes. Se o aquecimento se processa mais rapidamente no forno de microondas do que no aquecimento convencional, por outro lado é corrente ouvir-se que água aquecida no microondas arrefece também mais rapidamente; cessando a causa cessa o efeito.

Se a amostra submetida à acção de microondas é um condutor metálico, a

maior parte da energia das microondas é reflectida, com apenas uma pequena porção a penetrar para além de alguns poucos micrómetros da superfície. No entanto as microondas são capazes de induzir elevadíssimas diferenças de potencial, capazes de ionizar o ar entre as superfícies metálicas, provocando descargas eléctricas semelhantes aos relâmpagos que se observam no ar durante as trovoadas. Por isso não devem ser introduzidos no forno de microondas objectos metálicos; quem inadvertidamente o tenha feito terá possivelmente observado estas faíscas. É também por isto que, sendo as paredes internas do forno de microondas metálicas, não se deve ligar o forno sem nenhum objecto no seu interior. Outra conclusão que se pode tirar, tanto em matéria de segurança como de eficácia, é a de que não se recomenda aquecimento prolongado. É preferível aquecer durante menos tempo (ex: 2 min em vez de 5 min), deixar repousar o recipiente com água dentro do forno desligado, para ajudar a que haja condução de calor em toda a profundidade do volume de água até que se atinja uniformidade térmica e, se necessário, repetir o aquecimento. Em termos gerais, os perigos da utilização insegura dos fornos de microondas são devidos a risco de sobreaquecimento.



**A SPQ MAIS PERTO DO SÓCIO!**

**Consulte os números mais recentes  
do Química no novo portal da SPQ**

**[www.spq.pt](http://www.spq.pt)**

## Destaques

### VIII Encontro Ibérico de Electroquímica

### XIII Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica

6-9 Julho 2005 na Covilhã

Os XIII Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica e VIII Encontro Ibérico de Electroquímica vão realizar-se em conjunto na Universidade da Beira Interior, Covilhã, entre 6 e 9 de Julho de 2005. Os temas abordados englobam todas as áreas da Electroquímica. O programa inclui lições plenárias e comunicações orais e em painel.

Este evento é também uma homenagem ao Doutor João Cabral, professor de química da Universidade do Porto, falecido em 2003. Foi um dos fundadores da Sociedade e seu presidente durante vários anos.

E: [electro2005@ubi.pt](mailto:electro2005@ubi.pt)  
URL: [www.electro2005.ubi.pt](http://www.electro2005.ubi.pt)

### I Reunião Ibérica de Colóides e Interfaces

### VI Reunião do Grupo Especializado de Colóides e Interfaces (GECI)

13-15 Julho 2005 em Salamanca, Espanha

O grupo de Colóides e Interfaces do Departamento de Química-Física da Universidade de Salamanca organiza a VI Reunião do Grupo Especializado de Colóides e Interfaces das Reais Sociedades Espanholas de Química e de Física entre os dias 13 e 15 de Julho de 2005. A sede oficial da reunião será a Faculdade de Ciências Químicas da Universidade de Salamanca. Esta reunião dá continuidade à tradição estabelecida em 1993, com a criação do Grupo Especializado de Colóides e Interfaces – GECI, em reunir os investigadores Espanhóis que trabalham sobre os diferentes aspectos dos colóides e das interfaces.

A Reunião de 2005 será a primeira organizada em conjunto com o Grupo de Colóides, Polímeros e Interfaces – GCPI, criado recentemente dentro da Sociedade Portuguesa de Química. Todos os elementos envolvidos na organização desta reunião desejam que esta seja a primeira de uma série de reuniões periódicas que tenham como objectivo o intercâmbio de conhecimentos, de opiniões e de experiências que sirvam para estimular a colaboração entre os distintos grupos de investigação de Portugal e de Espanha dentro do âmbito dos colóides e das interfaces.

A organização tem como objectivo uma grande participação de jovens investigadores dos dois países, facilitando a sua presença na reunião, mediante uma redução do valor de inscrição e oferecendo um prémio à melhor apresentação em cartaz.

E: [vigeci@usal.es](mailto:vigeci@usal.es)  
URL: [fisquim.usal.es/congreso/indiceportu.htm](http://fisquim.usal.es/congreso/indiceportu.htm)

### 6.º Congresso de Mecânica Experimental

27-29 Julho 2005 em Ponta Delgada

O 6.º Congresso Nacional de Mecânica Experimental é, tal como os 5 encontros anteriores, organizado pela Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões (APAET). O objectivo principal deste congresso é a realização de um fórum para a discussão e divulgação das descobertas mais recentes nas áreas da Análise Experimental de Tensões e da Mecânica Experimental, quer nas aplicações a problemas de Engenharia, quer na investigação que decorre nos diversos ramos da ciência.

E: [apaet@lnec.pt](mailto:apaet@lnec.pt)  
URL: [www.fe.up.pt/apaet6](http://www.fe.up.pt/apaet6)

### EUROCORR 2005

4-8 Setembro 2005 em Lisboa

Os congressos EUROCORR são, sem dúvida, os mais importantes eventos euro-

peus e referências a nível mundial na área da corrosão e protecção de materiais. Abrangendo um vasto número de tópicos nas áreas da ciência da corrosão e da tecnologia de protecção anti-corrosiva, o EUROCORR 2005 irá centrar-se no tema “Controlo da Corrosão para um Desenvolvimento Sustentado” e terá como tópico especial o “Controlo da Corrosão na Indústria Aeronáutica”. Em paralelo com as sessões (orais ou de posters) terão ainda lugar as reuniões dos vários grupos de trabalho da Federação Europeia de Corrosão.

O ano de 2005 terá ainda uma especial importância, já que nele se celebra o 50.º Aniversário da Federação Europeia de Corrosão.

E: [info@eurocorr2005.org](mailto:info@eurocorr2005.org)  
URL: [www.eurocorr2005.org](http://www.eurocorr2005.org)

### 21<sup>st</sup> International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS 21)

4-9 Setembro 2005 em Lisboa

A “International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors – ICANS21” realiza-se este ano, de 4 a 9 de Setembro de 2005 em Lisboa, no auditório da Fundação Calouste Gulbenkian, no seguimento de um conjunto de conferências que se mantêm desde 1965. É a conferência mais prestigiada, a nível mundial, na área dos semicondutores amorfos, tendo tido como seu grande impulsionador o Prof. Dr. Sir Nevill Mott, prémio Nobel da Física em 1977.

Esta conferência realiza-se pela primeira vez em Portugal, apresentando como pontos inovadores relativamente a edições anteriores, a realização antes conferência de um curso de curta duração sobre o estado da ciência e tecnologia do silício amorfo e nanocristalino, a abertura da conferência aos semicondutores orgânicos e a consolidação de uma nova área, ligada a óxidos activos semicondutores e à electrónica flexível e transparente, que representam um grande potencial inovador, na indústria

Electrónica. Para além disso, comemora-se com o ICANS 21 os 30 anos da demonstração do efeito de dopagem em semicondutores amorfos devida a Spear e Le Comber e de todos os avanços que a ele se devem, nomeadamente o fabrico de dispositivos semicondutores tais como as células solares ou os transístores de efeito de campo, hoje em dia vulgarizados nas matrizes de endereçamento de mostradores planos. Este ponto será comemorado com apresentações de pioneiros na área, tais como o Dr. A. Madan (E.U.A.), o Prof. Dr. Y. Hamakawa (Japão) e o Prof. Dr. I. Solomon (França).

Para mais informações sobre este evento, consultar a respectiva página web.

E: [icans21@fct.unl.pt](mailto:icans21@fct.unl.pt)

URL: [www.icans21.org](http://www.icans21.org)

### V Reunião Ibérica de Vácuo e suas Aplicações

#### V Reunião Portuguesa de Vácuo

18-21 Setembro 2005 em Guimarães

A V Reunião Ibérica de Vácuo e suas Aplicações é a continuação da série iniciada em Braga em 1988 e que se realiza alternadamente em Espanha e Portugal, organizada em conjunto pela Associação Espanhola de Vácuo e suas Aplicações e pela Sociedade Portuguesa de Vácuo. O principal objectivo é dar aos cientistas espanhóis e portugueses a oportunidade de trocar os seus conhecimentos e experiência em investigação, tecnologia e aplicações no campo do vácuo. É desejo da organização a participação de jovens cientistas e engenheiros, assim como peritos e técnicos da indústria de vácuo e de revestimentos.

E: [vasco@fisica.uminho.pt](mailto:vasco@fisica.uminho.pt)

URL: [www.fisica.uminho.pt/riva](http://www.fisica.uminho.pt/riva)

### XXX Reunião Bienal da RSEQ

19-23 Setembro 2005 em Lugo, Espanha

Em 23 de Janeiro de 1903, foi fundada a Sociedade Espanhola de Física e de Química, para melhorar a actividade científica, docente e investigadora nestas áreas em Espanha. No seu ano de bodas de prata (1928) foi distinguida com o título de Real pelo Rei Afonso XIII, e em Abril do mesmo ano celebrou-se em Madrid, pela primeira vez, a Reunião Bienal da Real Sociedade Espanhola de Química (RSEQ). Este ano, de 19 a 23 de Setembro irá realizar-se em Lugo a XXX Reunião Bienal da RSEQ. Estão programadas uma série de conferências de carácter generalista, incluindo a participação do Dr. Aaron Ciechanover, Prémio Nobel da Química em 2004, e outras mais específicas, dentro das várias áreas que constituem a Química.

E: [faeugen@lugo.usc.es](mailto:faeugen@lugo.usc.es)

URL: [www.lugo.usc.es/bienal](http://www.lugo.usc.es/bienal)



### Encontro Nacional de Visualização Científica

17 Setembro 2005 em Espinho

Organizado pela Fundação Navegar e pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, este primeiro Encontro Nacional de Visualização Científica irá decorrer no Centro Multimeios de Espinho, no dia 17 de Setembro de 2005. A Visualização Científica é uma forma de comunicação computacional que consiste na transformação de dados, estáticos ou dinâmicos, em representações que reflectem a informação contida nos mesmos de forma eficiente e precisa. Os diferentes tipos de representação usuais na Visualização Científica têm aplicação em diversas

áreas do conhecimento, como por exemplo na medicina, engenharia e ciência, nomeadamente em diagnóstico médico, indústria, estudo de fenómenos físicos, etc.

O objectivo principal deste encontro é reunir investigadores que partilhem interesses em técnicas, ferramentas e tecnologia de Visualização Científica, nas vertentes científica e didáctica. Todos os interessados neste domínio são convidados a submeter os seus trabalhos até 15 de Julho de 2005 e a participar no encontro.

Para mais informações sobre o evento, consultar a respectiva página web.

E: [envc2005@multimeios.pt](mailto:envc2005@multimeios.pt)

URL: [envc2005.multimeios.pt](http://envc2005.multimeios.pt)

### 9th International Chemical Engineering Conference

21-23 Setembro 2005 em Coimbra

Numa organização conjunta do Departamento de Engenharia Química da FCTUC e da Ordem dos Engenheiros e com a colaboração da Divisão de Química Industrial da Sociedade Portuguesa de Química, a CHEMPOR 2005 decorrerá em Coimbra de 21 a 23 de Setembro de 2005.

Tradicionalmente a CHEMPOR congrega académicos, cientistas, engenheiros e empresas interessados em discutir os mais recentes desenvolvimentos nas diferentes áreas da Engenharia Química. Um dos destaques da CHEMPOR 2005 será o binómio Engenharia Química – Qualidade de Vida. Todavia, o programa contempla outros tópicos como as Ciências de Engenharia e seus Fundamentos, Processos Industriais, Modelização, Controlo e Simulação de Processos e ainda um painel de debate sobre o Ensino da Engenharia Química.

Aceitaram desde já apresentar uma comunicação os convidados: Dr. Trevor Evans da IChemE no Reino Unido; Dr.

Tim Mckenna do LCPP-CNRS/ESCP-E-Lyon em França; Prof. Jacob Moulijn, Delft University of Technology na Holanda; Prof. Jens Nielsen, Technical University of Denmark; Eng.<sup>a</sup> Lubélia Penedo da APEQ; Eng.<sup>o</sup> Carlos Vieira da Soporcel e Prof. Robert Armstrong do MIT, nos EUA.

Os autores de trabalhos aceites devem inscrever-se na CHEMPOR 2005 até 22 de Julho, data limite para a submissão do trabalho completo (máximo 6 páginas A4), que será incluído no CD da Conferência. Para mais informações consulte a respectiva página web.



E: chempor2005@eq.uc.pt  
URL: www.eq.uc.pt/chempor2005

#### SPQ Analítica'05 – 5.º Encontro da Divisão de Química Analítica

27 e 28 Outubro 2005 em Coimbra

O encontro bienal da Divisão de Química Analítica da SPQ: SPQ – ANALÍTICA'05 vai realizar-se em Coimbra, Hotel D. Luís nos dias 27 e 28 de Outubro de 2005. O programa consta de lições, comunicações e painéis sobre todos os temas da química analítica moderna, com especial ênfase para as novas áreas e futuras metodologias. Serão aceites contribuições em todas as áreas da Química Analítica. O desenvolvimento de sensores químicos e novas estratégias de miniaturização em análises clínicas ou de alimentos serão tratados, assim como os desafios lançados pela quantificação de espécies no ambiente decorrentes da poluição.

As lições plenárias a serem proferidas serão: “Chemical and Sensorial Analysis: A Necessary Couple in (Useful) Flavour Analysis” – Prof. Juan Cacho Palomar (Universidad de Zaragoza e Presidente da Sociedade Espanhola de Química Analítica) e “Chemical Sensors,

Biosensors and Immunosensors for Clinical, Food and Environmental Control” – Prof. Giuseppe Palleschi (Universidade de Tor Vergata, Roma).

A submissão dos resumos (prazo a 31 de Julho de 2005) e das inscrições só será aceite electronicamente, através da página web do encontro, onde constam todas as informações necessárias.

E: analitica05@ci.uc.pt  
URL: www.spq.pt/congressos/analitica05  
Prof. Dr. Christopher M.A. Brett, Comissão Organizadora SPQ – ANALÍTICA'05

#### Working Together in EU Research in Food Quality and Safety: Challenges and Opportunities for Young Scientists

11 Novembro 2005 em Praga, República Checa

No dia 11 de Novembro de 2005, vai realizar-se em Praga, um Workshop sob os auspícios do Ministério da Educação, Juventude e Desportos da República Checa, dedicado ao tema “Working Together in EU Research in Food Quality and Safety: Challenges and Opportunities for Young Scientists”. O objectivo do workshop é encorajar a discussão das oportunidades e desafios da Ciência na Europa para jovens cientistas a desenvolver investigação nas áreas da segurança e qualidade alimentar. A participação no evento é gratuita, devendo a inscrição ser oficializada até 15 de Outubro através do preenchimento de formulário, que pode ser solicitado directamente à organização.

E: DvorakovaZ@tc.cas.cz

#### 11.ªs Jornadas de Análise Instrumental (JAI)

15-17 Novembro 2005 em Barcelona, Espanha

As 11.ªs Jornadas de Análise Instrumental (JAI), irão decorrer em Barcelona de 15 a 17 de Novembro de 2005, sendo a Divisão de Química Analítica da SPQ uma das entidades organizadoras.

Este evento tem como principal objectivo a apresentação e discussão de contribuições sobre o desenvolvimento de técnicas de Separação, de Reconhecimento Atómico e Molecular e outras re-

lacionados com a actual Química Analítica, bem como das suas aplicações nas diversas especialidades da Ciência e da Tecnologia, com destaque especial aos seguintes temas: Meio Ambiente, Alimentos, Bioanálise e Proteómica, Novos Desenvolvimentos em Instrumentação Analítica, Nanotecnologia e Miniaturização em Análise Química e Materiais e Aplicações Industriais.

O Comité Científico, em colaboração com as Sociedades participantes e com empresas da especialidade, premiarão as melhores contribuições em vários temas. Até 15 de Setembro, os sócios da SPQ poderão inscrever-se a um preço reduzido.

E: info@jai2005.com  
URL: www.jai2005.com



#### 4.º Encontro Nacional de Cromatografia

12-14 Dezembro 2005 em Évora

A 4.ª edição do Encontro Nacional de Cromatografia terá lugar no auditório da Universidade de Évora de 12 a 14 de Dezembro de 2005. Este encontro pretende cobrir todas as áreas da Cromatografia dando especial destaque às aplicações de técnicas cromatográficas em análise química. Tal como nas edições anteriores haverá três conferências plenárias e três meias plenárias sendo o tempo restante dedicado a comunicações orais e apresentações em poster. Mais uma vez será premiada a melhor comunicação oral/poster por jovem cientista, o qual re-

ceberá uma bolsa para participação no Encontro Internacional de Cromatografia que terá lugar em Riva del Garda Itália em 2006. Como inovação, este ano a comissão científica do encontro seleccionará, entre os trabalhos recebidos, cinco traba-

lhos aos quais dará bolsa de participação que inclui estadia (alojamento e alimentação) e inscrição no congresso. Os resumos das comunicações serão reunidos em CD e distribuídos aos participantes. Informações mais completas estão disponí-

veis na página do congresso.

E: afreiras@uevora.pt

URL: [www.dqb.fc.ul.pt/docentes/jmf\\_nogueira/4encontrodecromatografia](http://www.dqb.fc.ul.pt/docentes/jmf_nogueira/4encontrodecromatografia)

## Agenda

### 4-8 Julho 2005 no Porto

*Summer School NN2005 – Neural Networks in Classification, Regression and Data Mining*

E: nn-2005@isep.ipp.pt

URL: [www.nn.isep.ipp.pt](http://www.nn.isep.ipp.pt)

### 6-8 Julho 2005 em Aveiro

*1<sup>st</sup> International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL-2005)*

E: DSL-2005@mec.ua.pt

URL: [event.ua.pt/dsl2005/](http://event.ua.pt/dsl2005/)

### 6-9 Julho 2005 na Covilhã

*VIII Encontro Ibérico de Electroquímica XIII Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica*

E: electro2005@ubi.pt

URL: [www.electro2005.ubi.pt](http://www.electro2005.ubi.pt)

### 10-14 Julho 2005 em Glasgow, Escócia

*7<sup>th</sup> World Congress of Chemical Engineering*

E: info@chemengcongress2005.com

URL: [www.chemengcongress2005.com](http://www.chemengcongress2005.com)

### 13-15 Julho 2005 em Salamanca, Espanha

*VI Reunión do Grupo Especializado de Colóides e Interfaces (GECI)*

*I Reunión Ibérica de Colóides e Interfaces*

E: vigecei@usal.es

URL: [fisquim.usal.es/congreso/indiceportu.htm](http://fisquim.usal.es/congreso/indiceportu.htm)

### 20-22 Julho 2005 em Braga

*6.º Encontro Nacional de Química Orgânica (6.º ENQO)*

E: 6enqo@quimica.uminho.pt

URL: [www.quimica.uminho.pt/6enqo](http://www.quimica.uminho.pt/6enqo)

### 27-29 Julho 2005 em Ponta Delgada

*6.º Congresso de Mecânica Experimental*

E: apaet@lnec.pt

URL: [www.fe.up.pt/apaet6](http://www.fe.up.pt/apaet6)

### 14-19 Agosto 2005 em Beijing, China

*40<sup>th</sup> IUPAC Congress: Innovation in Chemistry*

E: qiuxb@iccas.ac.cn

URL: [www.iupac-congress05.org.cn](http://www.iupac-congress05.org.cn)

### 4-7 Setembro 2005 em Lisboa

*9<sup>th</sup> International Conference on Methods and Applications of Fluorescence*

E: maf9@ist.utl.pt

URL: [maf9.ist.utl.pt](http://maf9.ist.utl.pt)

### 4-8 Setembro 2005 em Lisboa

*EUROCORR 2005*

E: info@eurocorr2005.org

URL: [www.eurocorr2005.org](http://www.eurocorr2005.org)

### 4-9 Setembro 2005 em Lisboa

*21<sup>st</sup> International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS 21)*

E: icans21@fct.unl.pt

URL: [www.icans21.org](http://www.icans21.org)

### 6-10 Setembro 2005 no Estoril, Lisboa

*5<sup>th</sup> International Conference on the History of Chemistry: "Chemistry, Technology and Society"*

E: 5ichc-portugal@ulusofona.pt

URL: [5ichc-portugal.ulusofona.pt](http://5ichc-portugal.ulusofona.pt)

### 11-15 Setembro 2005 em Coimbra

*6<sup>th</sup> International Meeting of the Portuguese Carbohydrate Meeting (GLUPOR VI)*

*3<sup>rd</sup> Iberian Carbohydrate Meeting*

E: glupor6@eq.uc.pt

URL: [www.eq.uc.pt/glupor6](http://www.eq.uc.pt/glupor6)

### 17 Setembro 2005 em Espinho

*Encontro Nacional de Visualização Científica*

E: envc2005@multimeios.pt

URL: [envc2005.multimeios.pt](http://envc2005.multimeios.pt)

### 18-21 Setembro 2005 em Guimarães

*V Reunión Ibérica de Vácuo e suas Aplicações*

*V Reunión Portuguesa de Vácuo*

E: vasco@fisica.uminho.pt

URL: [www.fisica.uminho.pt/riva](http://www.fisica.uminho.pt/riva)

### 19-23 Setembro 2005 em Lugo, Espanha

*XXX Reunión Biental da RSEQ*

E: faeugen@lugo.usc.es

URL: [www.lugo.usc.es/biental](http://www.lugo.usc.es/biental)

### 21-23 Setembro 2005 em Coimbra

*9<sup>th</sup> International Chemical Engineering Conference*

E: chempor2005@eq.uc.pt

URL: [www.eq.uc.pt/chempor2005](http://www.eq.uc.pt/chempor2005)

### 25-30 Setembro 2005 em Sapporo, Japão

*5<sup>th</sup> World Congress on Oxidation Catalysis*

E: 5wcoc@cat.hokudai.ac.jp

URL: [www.e-convention.org/5wcoc](http://www.e-convention.org/5wcoc)

### 27 e 28 Outubro 2005 em Lisboa

*IV Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação da Química (DEDQ)*

E: acosta@pavconhecimento.pt

URL: [www.spq.pt/congressos/4dedq](http://www.spq.pt/congressos/4dedq)

### 27 e 28 Outubro 2005 em Coimbra

*SPQ Analítica'05 – 5.º Encontro da Divisão de Química Analítica*

E: analitica05@ci.uc.pt

URL: [www.spq.pt/congressos/analitica05](http://www.spq.pt/congressos/analitica05)

### 11 Novembro 2005 em Praga, República Checa

*Working Together in EU Research in Food Quality and Safety: Challenges and Opportunities for Young Scientists*

E: DvorakovaZ@tc.cas.cz

URL: [www.dvz@tc.cas.cz](http://www.dvz@tc.cas.cz)

### 15-17 Novembro 2005 em Barcelona, Espanha

*11.ªs Jornadas de Análise Instrumental (JAI)*

E: info@jai2005.com

URL: [www.jai2005.com](http://www.jai2005.com)

### 5-9 Dezembro 2005 em Maringá – PR, Brasil

*VIII SHEB – Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa*

URL: [www.deq.uem.br](http://www.deq.uem.br)

### 12-14 Dezembro 2005 em Évora

*4.º Encontro Nacional de Cromatografia*

E: afreiras@uevora.pt

URL: [www.dqb.fc.ul.pt/docentes/jmf\\_nogueira/4encontrodecromatografia](http://www.dqb.fc.ul.pt/docentes/jmf_nogueira/4encontrodecromatografia)