

# QUÍMICA

<b>Editorial</b>	2
<b>Cartas ao Editor</b>	3
<b>Noticiário SPQ</b>	4
<b>Livros &amp; Multimédia</b>	13
<b>Atracção Química</b>	14
<b>Opinião</b>	
Um breve estudo no âmbito do Conselho Científico das Ciências Exactas da FCT <i>J. A. Martinho Simões, J. Pedrosa de Jesus, J. Ferreira Gomes</i>	15
O desempenho científico da química portuguesa <i>Sebastião J. Formosinho</i>	19
<b>Noticiário Escolas</b>	20
<b>Química e Ensino</b>	
Estudo conceptual sobre produto de solubilidade e solubilidade <i>M. Fernanda P. Silva, M. Rosário M. S. Afonso e Susana C. Rocha</i>	21
Estrutura de Lewis e Geometria Molecular... <i>Mário Valente, Helena Moreira</i>	25
<b>Olhares Quirais</b>	
O Filósofo natural num manual de Alquimia <i>A.M. Amorim da Costa</i>	28
<b>Artigos</b>	
História breve dos pigmentos (4) <i>João M. Peixoto Cabral</i>	33
Alfred Nobel – O “primeiro químico verde”? <i>Adélio A.S.C. Machado</i>	45
O fenómeno da quiralidade – bases de estereoquímica <i>Ana Paula Paiva</i>	56
<b>Química e Sociedade</b>	
A propósito do <i>Laboratorio Chimico</i> do Museu de Ciência da UL <i>Marta C. Lourenço, Ana Carneiro</i>	63
A colecção do <i>Laboratorio Chimico</i> da Escola Politécnica de Lisboa <i>Patrícia Pombo Medeiros</i>	71
<b>Folhas de Química</b>	
Com os pés na terra e a cabeça no ar <i>M. Filomena Camões</i>	75
<b>Tomar Nota</b>	77
<b>Agenda</b>	80

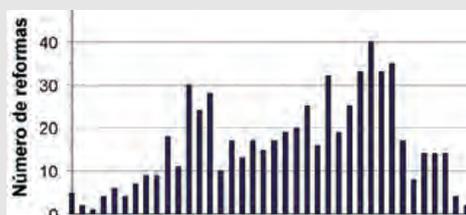
## Olimpíada Iberoamericana de Química 4

A aventura da Química decorreu em Aveiro durante a 11.ª Olimpíada Iberoamericana, onde estiveram presentes 52 alunos de 14 países e 28 professores mentores e observadores científicos, acompanhados por 21 entusiasmados estudantes-guias voluntários portugueses, antigos olímpicos de Química e actuais alunos da Escola Secundária José Estevão de Aveiro.



## A idade dos Químicos 15

O exercício que se apresenta aqui é muito simples: tratou-se de avaliar a idade dos químicos portugueses, mediante um inquérito elaborado em 2003 e remetido a 15 departamentos de química, bioquímica e engenharia química das universidades públicas portuguesas.



## História breve dos pigmentos 33

O *folium*, também conhecido por *morella*, é um colorante contido no suco que se extraía do fruto de uma planta pertencente à família das *Euphorbiaceae* e originária do Oriente. Na sua preparação usavam-se pedaços de tela de linho (trapinhos) repletos de colorante chamados em latim *petia* e em italiano *pezza*, *pezzeta* ou *pezzuole*.



**Boletim da  
SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA**



Capa de Nuno Gonçalves

**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 103, Outubro – Dezembro 2006

**Redacção e Administração**

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

**Director**

Joaquim Faria

**Editores-Adjuntos**

Carlos Folhadela  
Helder Gomes  
Jorge Morgado  
Marcela Segundo

**Comissão Editorial**

Hugh Burrows  
Maria José Calhorda  
J. Ferreira Gomes  
Ana Lobo  
Irene Montenegro  
João Rocha  
M. N. Berberan e Santos  
A. Nunes dos Santos

**Publicidade**

Helder Gomes  
Tel.: 273 303 110  
Fax: 273 313 051  
htgomes@ipb.pt

**Grafismo**

sentido: designers / Nuno Gonçalves

**Execução Gráfica**

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

**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 do primeiro fascículo de cada ano.

**Publicação subsidiada pela**

**FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia**

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



Investir mais na educação de qualidade para todos, de modo a assegurar a equidade de oportunidades. Uma frase de simplicidade desarmante, cuja lógica ingenuamente utópica, dificilmente pode ser refutada. No entanto, apesar do óbvio, houve quem não hesitasse em fazer dela a primeira de dez recomendações contidas no relatório UNESCO acerca do papel do conhecimento no desenvolvimento das actuais sociedades (*Towards Knowledge Societies*, UNESCO 2005). Começa a ser claro que o ritmo de desenvolvimento das novas tecnologias produzirá muito rapidamente novas alternativas às tecnologias convencionais. Mas, para ser utilizado vantajosamente, o verdadeiro impacto dessas transformações necessita de ser compreendido e assimilado pelas populações. Elas devem sentir e compreender o valor real da tecnologia e da ciência na resolução dos seus problemas diários. Este sentimento e esta compreensão exigem uma preparação prévia que só se obtém à custa de uma educação sólida e de qualidade. Os governos, juntamente com o sector privado e com as sociedades civis, têm de actuar local e concertadamente, definir prioridades e criar um ambiente propício ao florescimento de comunidades instruídas e educadas capazes de tirar partido do mundo novo que se avizinha. É necessário compreender e discutir a ciência. Para isso, é preciso divulgar a ciência. A química também faz parte deste todo e a sua divulgação, a sua demonstração e a sua explicação enquadram-se nos objectivos do boletim que agora segura nas suas mãos.

Com este sublinhado componho o meu último editorial como director do QUÍMICA. Durante os 3 anos que liderei este projecto tentei que não se tratasse apenas do boletim da Sociedade Portu-

guesa de Química para os seus químicos, mas também que fosse capaz de motivar esse enorme número de jovens, a quem o boletim chegava por via das Olimpíadas, das escolas, dos amigos ou dos parentes mais velhos. A missão do QUÍMICA não foi seguramente justificar indicadores de realização de projectos científicos e nessa base alguns artigos de muito bom nível científico tiveram de ficar de fora. Este tentou ser um boletim informativo, daquilo que se fazia na ciência e na educação da química em Portugal. A actual equipa despede-se assim dos leitores, garantindo contudo a continuidade do projecto na nova equipa que trará certamente novas ideias, novos rumos e nova vitalidade. Em nome de todo o corpo editorial agradecemos aos colaboradores permanentes a manutenção das suas colunas; aos autores o envio dos seus manuscritos; aos correspondentes nas várias universidades, escolas, associações e empresas, nacionais ou estrangeiras, as suas notas e informações. Todos juntos, conseguimos manter este projecto vivo e a rolar.

Para este número reservámos o quarto capítulo da Breve História dos Pigmentos, que pela sua extensão teve de ser dividido em duas partes. Um ângulo invulgar de Alfred Nobel é-nos transmitido no artigo sobre o Primeiro Químico Verde. E numa contribuição mais específica, temos uma muito didáctica explicação sobre o Fenómeno da Quiralidade. Alguns testemunhos sobre o património científico em Portugal, nos dois artigos dedicados ao Museu da Ciência. Por razões logísticas, ficará para o próximo fascículo a entrevista feita com o Prof. Carlos Corrêa – infatigável no seu contributo à educação da química – realizada por ocasião da apresentação da sua última lição na Universidade do Porto e conseqüente jubilação, em 2006. Ficam as restantes secções. Boa leitura.

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

## Provas de Química

Ao ler o artigo «As Provas Escritas de Química» publicado no Boletim da SPQ n.º 102 verifiquei que existe uma gralha na colocação das duas últimas figuras, as quais se encontram trocadas. Nada de grave por ser gralha de fácil detecção, mas algo arrelviador num texto dedicado à exposição de erros ocorridos em exames de Química.

Também penso que o comentário à prova da 2.ª fase deveria estar assinado «Direcção da SPQ» (ou expressão semelhante que evitasse «responsabilizar» colectivamente todos os sócios) em vez de «A SPQ». Como é evidente, os sócios conferem à direcção um mandato de carácter administrativo, o que não implica necessariamente que estejam colectivamente de acordo com a direcção em questões científicas ou pedagógicas. Ressalvo porém que, a título pessoal, apoio plenamente as posições assumidas. (...)

O texto enviado por Alexandre Costa e colaboradores parece-me não ter sido submetido a necessária revisão. A expressão «arbitrando um valor de 73 kJ para o calor transferido» é, no mínimo,

obscura. Será este «calor transferido» a entalpia de combustão? E é transferido de onde e para onde, pode-se saber? As duas expressões «analíticas» terão sido obtidas por ajuste (por regressão não linear) a partir dos dados representados (Gráficos 3 e 4)? Porque são então designadas como «analíticas»? Porque foi necessário «arbitrar» o valor 73 kJ? Enfim; confusões que talvez pudessem ter sido facilmente corrigidas pelos autores se o texto tivesse sido sujeito a uma revisão mais atenta.

Creio que faltou ainda um enquadramento crítico mais geral; relativo a toda a prova. As questões apontadas como afectadas por erros referem-se a complexas «experiências» pensadas em termos ideais, quando os alunos não possuem, em geral, prática experimental. Penso que não faz sentido. Se o ensino é teórico; as questões colocadas em exames também não podem deixar de o ser.

É pena que um texto crítico que deveria ser exemplar tenha afinal ficado afectado por estas imprecisões.

Carlos Queiroz  
 Sócio SPQ 2141

*As figuras estão realmente trocadas e aqui fica correcção. O trabalho aqui publicado resulta da compilação dos comentários mais pertinentes e minimamente substanciados que nos chegaram através da página da SPQ. As mensagens foram publicadas tal como submetidas, apenas para permitir a partilha de ideias. Propositadamente, não se efectuou nenhum enquadramento crítico, porque não se pretende alimentar polémica baseada na crítica das críticas.*

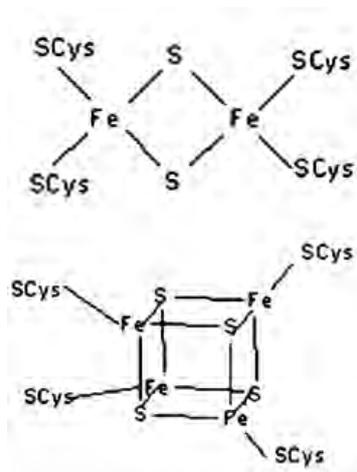
## Cartas ao Director

Cartas ao director 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 e Biológica, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa). 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.

## Errata

### Estrutura truncada

No artigo *Sistemas de Ferro-Enxofre – das Geociências às Biociências* de J.A.L. da Silva (QUÍMICA 102 (2006) 33-38) a estrutura relativa aos agregados de  $Fe_2S_2$  (Figura 1, estrutura superior, p. 34) saiu truncada do lado direito. Aqui fica a rectificação e a figura completa.



**Figura 1** Representação esquemática dos agregados de Fe-S constituintes de proteínas (SCys é um resíduo de cisteína);  $Fe_2S_2$  em cima e  $Fe_4S_4$  em baixo

### Fórmulas trocadas

Na compilação *As Provas Escritas de Química* (QUÍMICA 102 (2006) 15-21), existe uma gralha na colocação das duas últimas figuras (p. 20 e 21), as quais se encontram trocadas.



## A 11.ª Olimpíada Iberoamericana de Química

Realizou-se em Aveiro, entre 7 e 15 de Setembro de 2006, a 11.ª Olimpíada Iberoamericana de Química. A aventura de organizar este evento em Portugal começou a germinar em 2002 quando três professores de dois alunos participantes integraram a delegação portuguesa que se deslocou à Argentina, a Mar del Plata. Ainda na Argentina, o Carlos Folhadela e a Cristina Alves, do Externato Delfim Ferreira, e a Juvelina Amaro, então na Escola Secundária de Estarreja, sugeriram que se poderia realizar uma edição das Olimpíadas Iberoamericanas em Portugal. A ideia foi crescendo e há dois anos os mentores e acompanhantes portugueses propuseram, na reunião do jurado internacional, no final da 9.ª Olimpíada Iberoamericana que decorreu em Castellon, Espanha, a realização de um futuro evento em Portugal. Nessa altura ficou decidido que, em 2006, se realizaria a Olimpíada Iberoamericana de Química em Aveiro.

### Os participantes

Nesta competição estiveram presentes cinquenta e dois alunos de catorze países e vinte e oito professores mentores e observadores científicos. Os alunos de cada país foram acompanhados por vinte e um entusiasmados estudantes voluntários portugueses, entre antigos olímpicos de Química e actuais alunos do ensino secundário da Escola Secundária José Estevão de Aveiro. Estes estudantes denominam-se guias, e são responsáveis por ajudar, apoiar e integrar os alunos participantes. De acordo com as regras de funcionamento das olimpíadas, os alunos não podem contactar com os professores, pelo que os guias são o elo de ligação entre o aluno participante e os responsáveis da or-

ganização, através das coordenadoras dos guias, caso surja algum problema pessoal. Outra das tarefas dos guias é auxiliar aqueles participantes que têm grandes dificuldades de integração e acompanhá-los de modo a não permitir que estes se isolem do resto do grupo. Muitos dos guias foram antigos olímpicos portugueses pelo que ajudaram os participantes na preparação de algumas das provas sempre que solicitado. Aos guias competiu também dinamizar as provas desportivas que se realizaram com o apoio da Associação de Estudantes da Universidade de Aveiro. Muito do sucesso das olimpíadas, deve-se aos guias e às suas incansáveis responsáveis, as professoras Guida Bastos e Juvelina Amaro, pois estas não se reduzem unicamente à realização dos exames experimental e teórico. Na verdade, os exames só ocupam dois dos sete dias que dura o evento. Nos outros dias promoveram-se actividades desportivas, jogos tradicionais portugueses, visitas a museus de arte, de ciência e a outras cidades portuguesas de modo a promover um melhor conhecimento do país e um estreitar dos laços de amizade entre os participantes dos diversos países.

A comissão científica foi constituída por todos os docentes envolvidos na elaboração das provas. Se a elaboração das provas práticas e do manual de segurança foram da inteira responsabilidade de docentes do Departamento de Química da Universidade de Aveiro, para a realização das provas teóricas foram convidados alguns docentes de outras

universidades portuguesas, tendo todos eles aceite o desafio proposto.

### A competição

Para os alunos, a competição inicia-se com uma sessão sobre regras de segurança no laboratório. Têm dois dias de exames: um dia dedicado às provas experimentais e um dia dedicado às provas teóricas. Este ano a competição constou de duas provas práticas com a duração de cinco horas, e seis provas teóricas também com a duração de cinco horas. As provas foram divididas em dois períodos de duas horas e meia realizando-se metade das provas de manhã e a outra metade na tarde do respectivo dia.

Para os professores mentores, a competição inicia-se com uma visita aos laboratórios para conferir todo o material e reagentes que constam das listas distribuídas e analisar o seu funcionamento correcto. Os mentores têm ainda dois dias de discussão das provas experimentais e teóricas e um dia de arbitragem das classificações atribuídas aos respectivos alunos. É importante salientar o apoio e a disponibilidade total apresentada pelo Francisco Avelino Silva durante os dias de discussão em castelhano das provas e na sua redacção final também em castelhano, além de ter elaborado uma prova e traduzido para castelhano a maioria dos originais das provas apresentadas a discussão, sendo nesta última tarefa auxiliado pela Ivonne Delgado.

Reconheço que a elaboração de provas para este evento não é uma tarefa fácil,



Grupo dos participantes na 11.ª Olimpíada Iberoamericana de Química



A equipa de estudantes portuguesas que foram guias

pois há um regulamento e um temário que têm que ser seguidos e as provas destinam-se a alunos que estão no final do ensino secundário, sem frequência de qualquer disciplina de química no ensino universitário. Os temas propostos englobam os aspectos fundamentais de todas as áreas tradicionais que se consideram na Química como Química Analítica, Química-Física, Química Inorgânica e Química Orgânica. Apesar de só se pretender a seriação dos participantes para atribuição de medalhas, as provas nestas competições têm que ser acessíveis a uma parte significativa dos alunos, pois não se promove o interesse pela Química se os alunos não conseguirem resolver a maioria das situações problema colocadas. Os trinta e um alunos que obtiveram medalhas, distribuídas da seguinte forma: seis medalhas de ouro, nove medalhas de prata e dezasseis medalhas de bronze, tiveram pontuações situadas no intervalo de 52 a 88%. Este resultado mostra que as provas foram acessíveis à maioria dos alunos mas exigiram um conhecimento de Química que se baseava na compreensão e não só na memorização.

É óbvio que para uma participação cabal nestas competições os alunos têm que ter uma preparação complementar à sua formação escolar, à semelhança do que acontece com qualquer competição desportiva de alto nível, a motivação e a preparação dos

alunos que participam nestas provas determinam em parte a sua seriação. Para a maioria das equipas a preparação para estas provas não é separada da sua preparação para as Olimpíadas Internacionais nas quais há questões tipo para as quais os alunos são treinados nos respectivos países. Uma atitude muito positiva do regulamento das Olimpíadas Iberoamericanas de Química é precisamente o de frisar que não há questões tipo para preparação dos alunos para estas olimpíadas. Esta atitude permite que os alunos sejam confrontados com situações novas às quais têm que aplicar os conhecimentos adquiridos e onde mostram a compreensão dos conceitos.

A motivação para participar nestes eventos por parte de cada país é muito diferente. Se para alguns alunos e países esta competição não tem aparentemente qualquer repercussão no seu futuro, há países para os quais a obtenção de medalhas de ouro pelos seus alunos pode abrir-lhes possibilidades de aquisição de bolsas de estudo para frequentar universidades internacionais de elevado prestígio. Se há países em que os alunos participantes seguem na maioria dos casos cursos que não estão relacionados com a Química, como infelizmente é o caso de Portugal, há outros países em que os alunos querem estudar química e ser químicos.

### Agradecimentos

Para o sucesso destas olimpíadas contribuiu a atitude exemplar dos estudantes portugueses que participaram como guias; as incansáveis responsáveis pelos guias; todos os docentes que elaboraram provas, as discutiram com espírito aberto e receptivo às alterações propostas, e as classificaram de forma justa; e os membros da comissão organizadora que auxiliaram em todas as tarefas de preparação e funcionamento do evento. Em relação aos membros da comissão organizadora quero exprimir publicamente um agradecimento muito especial ao José Alberto Costa que desde o início desta aventura dedicou muito do seu tempo na criação da página das Olimpíadas Iberoamericanas que pode ser visitada no endereço electrónico [www.dq.ua.pt/xioiaq](http://www.dq.ua.pt/xioiaq) (onde podem ser consultados os textos destas provas assim como todas as informações relevantes), no apoio às sessões de discussão das provas, na preparação das sessões de abertura e de encerramento, e esteve sempre disponível para ajudar a resolver os muitos imprevistos que sempre ocorrem.

Um agradecimento aos Conselhos Executivos das Escolas Secundárias José Estêvão de Aveiro e João Carlos Celestino Gomes de Ílhavo e do Externato Delfim Ferreira de Famalicão, por terem proporcionado as condições aos seus docentes, respectivamente, José Alberto Costa, Guida Bastos, Juvelina Amaro, Carlos Folhadela e Cristina Alves, para participarem activamente neste evento nas diferentes tarefas em que todos eles estiveram envolvidos. O envolvimento de docentes dos ensinos básico e secundário é fundamental para o sucesso das olimpíadas. São estes docentes que fazem crescer o interesse por qualquer disciplina e as olimpíadas de química pretendem ser um meio para promover o estudo da química entre os jovens.

Estas Olimpíadas tiveram o patrocínio da Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica – Ciência Viva através do Programa POCI, do Ministério da Educação, da Texas Instrument,

da Gradiva, do GRICES do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, da Fundação Calouste Gulbenkian, da Porto Editora, da Texto Editora, da Comissão de Turismo da Rota da Luz, da Universidade de Coimbra, do Museu Arqueológico de Conimbriga e da IUPAC que permitiram de forma diversa promover um melhor conhecimento de instituições ligadas à divulgação das ciências em geral e da Química em particular e um melhor conhecimento de Portugal quer do ponto de vista cultural como arquitectónico ou paisagístico.

Clara Magalhães

### Visão das mentoras Portuguesas da 11.ª Olimpíada Iberoamericana de Química

Como mentoras da 11.ª Olimpíada Iberoamericana de Química, integramos o respectivo júri, constituído por representantes de todos os países participantes. A nossa função centrou-se na análise e discussão das provas propostas para avaliação teórica e prática dos concorrentes, bem como na verificação da correcção das mesmas e sua contestação, quando necessário.

Apesar de estas tarefas serem um pouco morosas, pelo facto de os mentores de cada país sentirem que as provas deverão ser *ajustadas* à sua equipa (clareza de linguagem, clarificação de objectivos das questões, ausência de desvios ao cumprimento do programa pré-estabelecido), destacamos o bom ambiente com que decorreram as actividades, complementadas por um programa social que fomentou esse bem-estar. Salientamos o facto de termos partilhado uma convivência particularmente agradável com os mentores da equipa brasileira que, sendo veteranos destas competições, foram muito cooperantes conosco e procuraram ajudar à nossa mais efectiva integração. É de realçar que, embora a língua portuguesa fosse um dos dois idiomas oficiais, só nós a falávamos no conjunto dos 14 países participantes!



Um momento da prova experimental

Aos colegas portugueses encarregados de elaborar e corrigir as várias questões das provas é devida uma palavra de grande apreço, pela grande disponibilidade manifestada e pelo esforço desenvolvido para garantirem que tudo corresse bem. Os testes foram, de facto, acolhidos com agrado pela generalidade dos mentores, que os consideraram bem elaborados. No que se refere à correcção, a contestação também decorreu sem problemas significativos, para o que muito contribuiu a excelente prestação dos correctores.

Por esta competição ter decorrido em Portugal, não houve deslocações conjuntas da delegação portuguesa. O relativo "isolamento" dos mentores em relação às equipas concorrentes durante as actividades, não permitiu que tivéssemos um convívio frequente com os concorrentes portugueses. Contudo, conseguimos aperceber-nos das qualidades dos nossos jovens concorrentes: do ponto de vista científico, tal foi evidenciado pelos resultados muito positivos; do ponto de vista pessoal, as claques de apoio que se criaram à sua volta, classificaram-nos!

Todo o sucesso desta iniciativa só foi possível como resultado do trabalho, empenho, carinho e generosidade da

Doutora Clara Magalhães e daqueles que com ela colaboraram – a todos um grande agradecimento.

Maria das Dores Ribeiro da Silva  
(Universidade do Porto)

Maria Manuel Silva Oliveira (Universidade de  
Trás-os-Montes e Alto Douro)

### Comentários de alguns alunos participantes

Disfruté mucho de las OIAQ en Aveiro, estoy muy contento de haber participado, nos trataron maravillosamente y me llevo un hermoso recuerdo de todas las personas que en ella participaron. Muchas Gracias por todo.

Luciano Di Stefano, Argentina

Fue notoria una excelente organización, resultado del esfuerzo de un gran número de personas. Como experiencia personal remarco el hecho de haber conocido a chicos de mi edad, con los cuales compartí una semana llena de nuevas experiencias .

Agradezco profundamente la posibilidad que me han otorgado de vivir esa experiencia y espero reencontrarnos en algún momento.

José Luis Mietta, Argentina

En mi opinión fue un viaje espectacular, nos atendieron muy bien y los guías se portaron muy bien en todo momento. Me gusto la organización ya que pudimos conocer varias ciudades de Portugal, lo cual fue muy bueno. La universidad es hermosa y allí teníamos todo lo que necesitábamos. Nos recibieron

siempre muy bien, muchas gracias por todo.

Carla Angelis Viard, Argentina

Participar da XI OIAQ foi uma experiência ímpar na minha vida, eu tenho certeza que Aveiro nunca vai sair da minha cabeça: os ovos moles, a ria, a universidade e principalmente a medalha de ouro que eu consegui! Enfim, eu adorei essa olimpíada! Mesmo tendo participado da 38.<sup>a</sup> Olimpíada Internacional de Química, a OIAQ tem um clima diferente, pois além da facilidade na comunicação, a simplicidade do evento possibilita uma maior aproximação dos participantes e consequentemente uma amizade mais forte e concreta é formada! E para ficar melhor ainda, o povo português é muito simpático e agradável! Estou com muita vontade de fazer uma nova viagem a Portugal! E claro, passar novamente em Aveiro, que possui uma universidade linda e acolhedora, destacando como uma das principais da Europa. Foi um prazer e um abraço para todos da Sociedade Portuguesa de Química!

Lucas Pessoa, Brasil

A Olimpíada Iberoamericana de Química foi sem dúvida uma Olimpíada inesquecível para mim, pois sendo um evento não tão grande, aproxima mais os estudantes, possibilitando criação de laços mais fortes de amizades. Também nunca esquecerei de um país e cidades tão belas que há em Portugal.

Lucas Lira, Brasil

Les agradezco por esa semana de olimpíadas que pasamos, y que ustedes hi-

cieron que fuera espectacular. Aunque tuve algunos problemas en la prueba de laboratorio porque me faltaron reactivos, lo demás no pudo ser mejor, desde la prueba teórica, las actividades realizadas (la cena del día en que llegamos, el hospedaje, la alimentación, la ceremonia de clausura, los paseos, etc.), los regalos que nos dieron y los guías y profesores que son gente maravillosa.

Les agradezco mucho por esa semana SPQ y les deseo éxitos en el grandioso mundo científico de la química para que la juventud portuguesa encuentre un camino hacia el progreso en el corazón de esta ciencia.

Carlos Andrés Sánchez Becerra, Colombia

Eventos como la olimpiada iberoamericana de química se constituyen en verdaderos espacios de integración entre los países. Es realmente gratificante que puedan formarse lazos de amistad entre gente de diversas culturas gracias al afecto mutuo por las ciencias químicas. Debe convertirse en un deber de todos los países el de apoyar estos eventos y las personas que a lo largo del mundo se encargan de organizarlos. Son experiencias inigualables que se constituyen en ejemplos de cooperación y fraternidad para todo el mundo.

Jonathan Romero Fontalvo, Colombia

Todo fue magnífico, hermoso y con mucha amistad. Fueron tan sólo 10 días que para mí me ayudaron a crecer como persona y en experiencia química. Para nuestra delegación, que era la primera vez que participaba, ha sido una gran experiencia en la cual hemos apren-

dido nuevas cosas sobre la química y en competencias a este nivel. No fue un momento de discusión para buscar ser los mejores puesto que todos somos muy buenos y ganadores de una muy bella experiencia con tan sólo asistir, y cuando pensábamos en demostrar que si éramos capaces nos dimos cuenta que recibimos mas de lo que pensábamos dar.

Rafael Klee, El Salvador

Estas olimpíadas realmente fueron inolvidables, el ambiente entre todos los países fue espectacular, la organización fue muy buena y nunca se lo agradeceremos bastante. Los guías fueron de lo mejor ya que eran todos más o menos de nuestra edad, aunque una de las mejores cosas para mí fue descubrir Portugal, que está tan cercano a España pero por desgracia no lo conocemos lo suficiente. Al principio lamenté que las olimpíadas fueran tan cerca de mi país pero ahora sé que no podían haber sido mejor. Gracias a todos los guías Portugueses y por supuesto a los cuatro olímpicos por esta olimpíada.

Juan Margalef, Espanha

La verdad la olimpiada me gusto muchísimo. Fue una experiencia como da las que pocas se presentan en tu vida. La organización del evento fue muy buena, los dormitorios estaban muy bien, y lo mejor de todo fue la gran convivencia que hubo entre los participantes. La verdad se que nunca olvidare la 11.<sup>a</sup> olimpiada iberoamericana de química y mucho menos a Aveiro y Portugal.

Alberto Fernandez Alarcon, México



Equipa portuguesa, guias e mentoras da 11.<sup>a</sup> Olimpíada Iberoamericana de Química

## Colocações no Ensino Superior: 1050 alunos em Química após 2.ª Fase

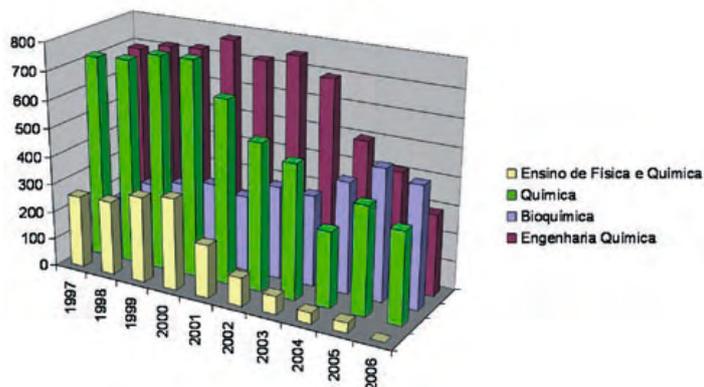
Os cursos da área de Química (Química, Bioquímica e Engenharia Química) receberam 1050 alunos em 2006, contando com os alunos matriculados e os colocados na 2.ª fase.

Este número corresponde a uma perda de 148 alunos em relação ao mesmo momento de 2005, mas representa uma recuperação relativamente à 1.ª fase (que registava uma perda de 197 alunos).

Considerando as 3 áreas, o número de alunos colocados (e a taxa de ocupação de vagas) foi 435 (94,6%) em Bioquímica, 290 (50,8%) em Engenharia Química, e 325 (67,1%) em Química.

De referir que 8 dos 30 cursos não atingiram os 20 candidatos e 5 destes ficaram com menos de 10 colocados: U. Évora (Química, 0 colocados), I.P. Bragança e I.P. Viana do Castelo (Eng.

Alunos matriculados pela 1ª vez



Química, 2 colocados cada) e IST-UTL (Química, 4 colocados).

No extremo oposto, com maior número de alunos, salientam-se os cursos de Química da U. Porto (88 colocados para 90 vagas), de Química + Química Tecnológica da U. Lisboa (69 colocados para 85 vagas) e o mestrado integrado em Engenharia Química da U. Porto

(67 colocados para 65+2 vagas) – sem esquecer os diversos cursos de Bioquímica com taxas de ocupação próximas de 100%.

Para mais informações consultar [www.acessoensinosuperior.pt/coloc2006/index.asp](http://www.acessoensinosuperior.pt/coloc2006/index.asp).

Paulo Ribeiro Claro

## 7th Advanced Summer Course in Cell-Material Interactions – Regenerative Medicine

A 7.ª edição anual dos Cursos Avançados em Biomateriais promovidos pelo INEB – Instituto de Engenharia Biomédica, teve lugar de 19 a 23 de Junho, 2006, tendo contado com o apoio da Sociedade Portuguesa de Química. A edição deste ano foi concebida para todos aqueles interessados na área dos Biomateriais, particularmente nas interações célula-material ao nível da Medicina Regenerativa, tema que constituiu o foco principal do curso. Com esta acção pretendeu-se dinamizar a aquisição de conhecimento numa área inovadora e em franca expansão, tendo como principais destinatários estudantes de pós-graduação e investigadores da área dos Biomateriais, Engenharia de Tecidos e Medicina Regenerativa. Dez palestrantes oriundos

de Portugal, Estados Unidos da América, França e Holanda, proporcionaram lições avançadas a 88 participantes, originários de vários locais em Portugal, e ainda Polónia, Brasil, Reino Unido, Estados Unidos da América, Espanha, Itália, Irlanda, França, Alemanha, Roménia, Turquia, Holanda e Suécia. À semelhança do que aconteceu em anos anteriores, foram realizadas sessões práticas em técnicas relevantes para o estudo das interacções célula-material. Este ano, as sessões laboratoriais intitularam-se: Tópico A – "Protein adsorption on polymeric membranes – an insight in the early events of tissue regeneration" e Tópico B – "Stem cell behaviour on polymeric scaffolds for tissue regeneration". Do número total de inscritos, 44 participaram nas aulas práticas. Na sessão de posters foram apresentadas 36 comunicações. Os Cursos Avançados têm registado um interesse

crescente, com um aumento do número de participantes ao longo das edições, revelando, cada vez mais, um carácter internacional. Os resultados do inquérito distribuído aos participantes para apreciação das diversas componentes do curso foram muito favoráveis, demonstrando que o curso foi de encontro às expectativas dos participantes. O facto de se aliar a presença de cientistas altamente reputados, líderes internacionais na área dos Biomateriais e Medicina Regenerativa, à realização de sessões laboratoriais nas quais são focados tópicos e técnicas relevantes ao tema do curso, tem contribuído para o sucesso da iniciativa. Este ano, o curso foi acreditado pela Universidade do Porto e pela Sociedade Europeia de Biomateriais, como acção de formação contínua com equivalência a 3 ECTS, de acordo com o *European Credit Transfer System*.

## Conferência Internacional EuCheMS

### History of the Food Chain, From Agriculture to Consumption and Waste

31 de Agosto-3 de Setembro  
2006, Gödöllő, Hungria

De 31 de Agosto a 3 de Setembro de 2006, sob a égide da EuCheMS, decorreu em Gödöllő, Hungria, a conferência satélite subordinada ao tema *History of the Food Chain, From Agriculture to Consumption and Waste*, realizada no contexto do 1.º Congresso Europeu de Química, ocorrido em Budapeste. A conferência teve lugar no Museu de História da Agricultura da Universidade de Szent István e contou com a participação de cerca de 50 congressistas na sua maioria europeus, que foram recebidos de forma calorosa pelo comité local, chefiado por Eva Vamos, do Museu Húngaro de Ciência e Tecnologia de Budapeste. A sessão de boas vindas incluiu uma visita a um hipódromo onde os congressistas puderam assistir a exercícios de arte equestre húngara. A terminar, os participantes e demais público foram convidados para uma ceia típica cujo prato principal foi o célebre gulache, tendo a refeição sido acompanhada de música e canções tradicionais.

Na sessão de abertura, realizada a 1 de Setembro, o reitor da Universidade, József Molnár, o presidente da EuCheMS, Ernst Homburg, e Alajos Kálmán Chairperson do *Working Party for the History of Chemistry* da EuCheMS, enunciaram os objectivos da conferência, sendo o ponto forte a análise sob um ponto de vista histórico da convergência da química dos elementos com a química agrícola, a química analítica, a bioquímica e a química do ambiente. Como é do conhecimento geral, durante os séculos XIX e XX, a química desempenhou um papel importantíssimo na nutrição, no controlo da qualidade e conservação dos alimentos, e na produção de adubos e de rações para o gado.

A sessão plenária, a cargo de Sally Horrocks, evidenciou o pioneirismo da Grã-Bretanha em matéria de análises químicas durante o século XIX, tradição que viria a ser retomada no início do século XX. Em 1902, no intuito de efectuar análises de controlo ao leite e outros alimentos e bebidas, o *National Institute of Research* recrutou um grupo de químicos, mesmo sem experiência e com pouca competência, em virtude da necessidade considerada premente de efectuar este tipo de análises. Durante o século XX, a Grã-Bretanha inovou ainda com a criação de outras instituições ligadas ao controlo alimentar e à saúde pública, as quais estabeleceram laços com a indústria com vista a aumentar a produção e a qualidade dessa mesma produção.

Os trabalhos desta sessão incidiram sobre o desenvolvimento da química analítica ao serviço do controle alimentar, em especial na averiguação de adulterações e, alguns anos mais tarde, mas ainda na primeira metade do século XIX, na promoção de medidas de saúde pública. A comunicação portuguesa de Vanda Leitão, Isabel Amaral e José Claro Gomes abordou o papel da química analítica no período da Regeneração, mostrando como Portugal apropriou e integrou as tendências europeias nestas matérias.

Ainda no dia 1 de Setembro, decorreram sessões sobre a temática “Ciclos dos nutrientes: da agricultura até ao Homem”. David Knight, com a eloquência e poder de comunicação que lhe são característicos, iniciou esta sessão com uma apresentação sobre os trabalhos de Humphry Davy, anteriores às contribuições de Liebig e de Boussingault nesta área. Através do estudo dos ciclos dos elementos na Natureza, nomeadamente o ciclo do azoto, estes químicos elucidaram diversos aspectos da nutrição das plantas, o que serviu de fundamento a propostas concretas para aumentar a produtividade na agricultura.

Sábado, 2 de Setembro, o tema da sessão foi “Dos fertilizantes à protecção das plantas. Debates sobre as indústrias

agroquímicas do século XX”. Das comunicações apresentadas, destaco as de Ernst Homburg e Frank Uekoetter que demonstraram a utilização sempre crescente de adubos químicos com o intuito de maximizar a produção agrícola, verificada na Holanda e na Alemanha, respectivamente, durante o século XX. Devido ao consumo exagerado de fertilizantes na Holanda por comparação com outros países europeus, a agricultura holandesa foi considerada uma das mais produtivas do mundo. Contudo, nas comunicações apresentadas na sessão seguinte intitulada “Análise dos alimentos e toxicologia”, os trabalhos apresentados deram conta de uma nítida mudança de comportamento quanto à utilização massiva de adubos, devido à detecção de resíduos nos alimentos. Esta alteração só foi possível com uma revolução de mentalidades ocorrida no seio dos agricultores e dos consumidores, por volta da década de 1970, em vários pontos da Europa e do mundo. A partir daí, registou-se um decréscimo na utilização de adubos químicos e de pesticidas.

Sábado à noite, os congressistas tiveram ainda a oportunidade de usufruir de um lindíssimo passeio de barco pelo Danúbio e de um jantar a bordo. Tiveram, assim, a oportunidade de contemplar o património arquitectónico de Budapeste, de que se destacam o Parlamento e o Castelo, constituindo este passeio um dos momentos inesquecíveis do programa social da Conferência. Herdeira de um passado cultural rico devido aos vários povos que nela se instalaram e, nomeadamente, às influências orientais herdadas do império Otomano, Budapeste é, indubitavelmente, uma cidade com um encanto muito próprio.

No domingo, teve lugar o *Annual Meeting of the Working Party for the History of Chemistry* da EuCheMS, onde foram discutidas as várias linhas orientadoras do trabalho deste grupo.

José Claro Gomes  
Membro do Grupo  
de História da Química  
da SPQ

### 1st European Conference on Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes

A 1.ª edição da “European Conference on Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes – EAAOP” realizou-se entre 7 e 9 de Setembro de 2006 em Chania, Creta, Grécia, tendo contado com o apoio da Sociedade Portuguesa de Química. O interesse por esta 1.ª edição da EAAOP traduziu-se na inscrição de mais de 250 investigadores e outros profissionais da área do ambiente oriundos de 30 países de todo o mundo, que tiveram a oportunidade de apresentar e discutir resultados recentes de trabalho de investigação sobre a aplicação de processos avançados de oxidação no tratamento e desinfecção de águas, efluentes, solos e ar. O ambicioso e intensivo programa de trabalhos, distribuído por 3 dias, consistiu em cinco lições plenárias, 128 comunicações orais e 166 comunicações em painel, organizadas em sessões temáticas nas áreas da fotocatalise, ozonização, electrólise, fenton, oxidação por via húmida, desinfecção, radiação, aplicações e agro-efluentes, remediação de solos, integração de processos, poluição de ar e outros.

O 1.º dia de trabalhos iniciou-se com a lição plenária do Professor C. Cominellis, do Swiss Federal Institute of Technology, que apresentou o trabalho intitulado “Electrochemical Oxidation of Organic Pollutants for Wastewater

Treatment”, onde realçou os recentes avanços dos métodos electroquímicos no tratamento por oxidação de águas residuais, principalmente o desenvolvimento de novos materiais anódicos de elevada eficiência.

A 2.ª plenária do 1.º dia de trabalhos foi proferida pelo Professor J.-M. Herrmann do Laboratoire d’Application de la Chimie à l’Environnement, Université Lyon, França (em substituição do Professor D.F. Ollis, que por motivos de força maior não pode comparecer à Conferência), que apresentou o trabalho “Environmental Chemistry as Defined by Photocatalysis”. Uma das conclusões retiradas desta lição, reforçada também pela análise do programa da EAAOP, é de que a fotocatalise representa o processo avançado de oxidação mais estudado nos últimos anos, de que são exemplos as mais de 2000 publicações recentes sobre o assunto.

A 1.ª lição plenária do 2.º dia de trabalhos, foi proferida pelo Professor D. Bahnemann, do Institut für Technische Chemie, Universität Hannover, Alemanha. O tema da sua comunicação versou a “Solar Photocatalysis: Cleaning Polluted Water, Air and Surfaces with Sunlight”. Nesta lição foram discutidas as propriedades e os requisitos necessários aos materiais fotocatalíticos e os desenvolvimentos efectuados na concepção e implementação de reactores para o tratamento de águas por fotocatalise solar.

O Professor F. Griese do Particulate Fluids Processing Centre, University of Melbourne Parkville, Austrália, encerrou o 2.º dia de trabalhos com a lição plenária intitulada “The Sonochemical Decomposition of Water-Borne Organic Pollutants”. A apresentação focou aspectos dos processos sonoquímicos envolvendo solutos orgânicos em água.

O Professor J. Levec do Department of Chemical Engineering, University of Ljubljana and National Institute of Chemistry, Eslovénia, apresentou a última lição plenária intitulada “Catalytic Oxidation for Abatement of Pollutants from Industrial Wastewaters”, focando os desenvolvimentos e aplicações da oxidação por via húmida ao tratamento de poluentes orgânicos e efluentes industriais, desde a sua génese na década de 50, passando pela introdução de catalisadores sólidos no processo na década de 70 e posterior desenvolvimento na área da catálise heterogénea, que permanece um campo de investigação muito activo até à data actual.

Integrado na parte social do evento, houve ainda a oportunidade de experimentar a gastronomia Cretense, num jantar acompanhado por música e danças tradicionais. Como apreciação final, o evento decorreu com sucesso, quer em termos científicos, quer sociais, sendo aguardada com expectativa a comunicação da data e local da próxima EAAOP.

Helder Gomes

Aspecto da sala principal onde decorreram as lições plenárias



### Medicinal Chemistry in the 21st Century

Teve lugar nos passados dias 13 e 14 de Outubro o encontro da Sociedade Portuguesa de Química intitulado “Medicinal Chemistry in the 21st Century”, o primeiro realizado em Portugal na área da Química Terapêutica. O local escolhido foi a Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa e foi organizado pela Plataforma de Química Terapêutica da Divisão de Química Orgânica da SPQ. A adesão da comunidade científica ultrapassou as expectativas iniciais

da organização, com mais de 200 participantes, incluindo um elevado número de delegados espanhóis. O encontro contou com a participação de seis oradores estrangeiros que abordaram alguns dos “hot topics” da Química Terapêutica: Ferran Sanz, “New strategies and technologies in drug discovery and development”; Eric de Clercq, “Acyclic nucleoside phosphonates: past, present and future”; Frederic Beland, “Tamoxifen: is it a genotoxic or non-genotoxic carcinogen?”; Michael Page, “Mechanisms of inhibition of serine proteases

by  $\beta$ -sultams”; Sally Freeman, “Cancer magic bullets? Inhibitors of thymidine phosphorylase and their prodrugs” e Tanneke den Blaauwen, “Antibiotic resistance: a dead end or a challenge?”. O encontro contou ainda com 14 comunicações orais, apresentadas essencialmente por jovens investigadores, e com 113 comunicações em painel. No final do encontro foi proposta a passagem da Plataforma de Química Terapêutica a Grupo autónomo da Sociedade Portuguesa de Química.

Rui Moreira

### Prémio Nobel da Química 2006: A história da vida

O Prémio Nobel da Química 2006 foi atribuído a Roger D. Kornberg (n. 1947) da Universidade de Stanford (EUA), pelos seus estudos sobre a base molecular da transcrição eucariótica. Para o nosso corpo fazer uso da informação armazenada nos genes, ela tem de ser copiada e depois transferida para o exterior da célula. Aí, a informação é usada como uma instrução para a produção de proteínas. Serão as proteínas que por sua vez constroem o organismo e as suas funções. O processo de cópia é chamado de transcrição e Kornberg foi o primeiro a visualizar o processo de transcrição tal como decorre ao nível molecular nos organismos eucariotas (que, ao contrário das bactérias, pos-

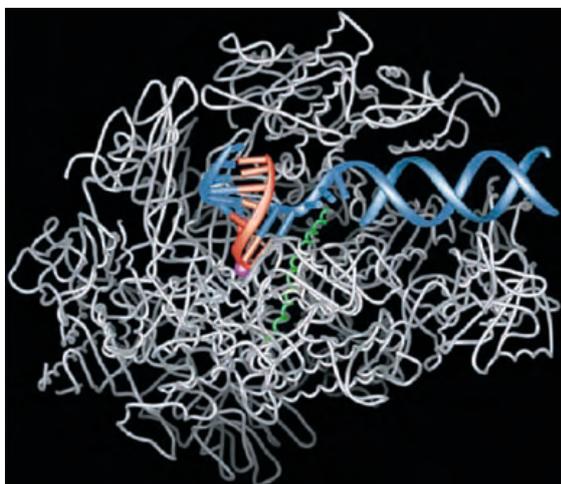
suem um núcleo celular bem definido) onde se incluem os mamíferos.

A transcrição é essencial à vida. Se a transcrição pára, a informação genética deixa de ser transferida para as diferentes partes do corpo, matando o organismo em poucos dias. Isto é o que acontece em alguns casos de envenenamento em que a toxina pára o processo de transcrição. Compreender como o processo de transcrição funciona também tem uma importância médica fundamental. As perturbações no processo de transcrição estão envolvidas em muitas doenças humanas, como o cancro, as doenças coronárias e vários tipos de inflamação.

Em 1959, o pai de Roger Kornberg, Arthur Kornberg, foi laureado com o prémio Nobel da Medicina pelos seus estu-

dos sobre como a informação genética é transferida de uma molécula de DNA para outra. O que agora Roger Kornberg propôs, foi a descrição sobre como a informação é copiada de uma molécula de DNA para o que agora é chamado de mensageiro RNA. O mensageiro RNA transporta a informação para fora do núcleo celular para que possa ser usada na construção das proteínas.

A contribuição de Kornberg culminou na criação de imagens cristalográficas detalhadas, que descrevem o processo de transcrição em plena acção numa célula eucariótica. As imagens são tão detalhadas que é possível distinguir átomos separados, tornando possível a compreensão do mecanismo de transcrição e da forma como é regulada.



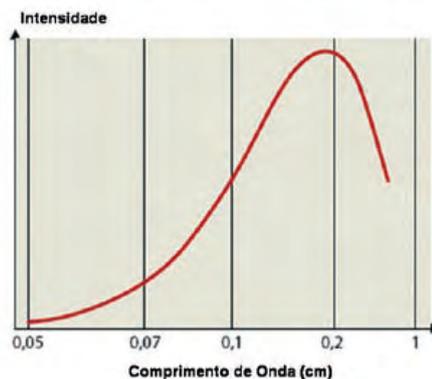
O processo de transcrição tal como descrito por Roger Kornberg em 2001.  
Legenda: branco – RNA polimerase; azul – hélice do DNA; encarnado – cadeia de RNA

### Prémio Nobel da Física 2006: A infância do Universo

O Prémio Nobel da Física 2006 foi atribuído a John Mather e a George Smoot pelo trabalho que desenvolveram na procura de sinais da infância do Universo, através de medições realizadas com o satélite COBE lançado pela NASA em 1989, na tentativa de ganhar alguma compreensão da origem das galáxias e das estrelas. John Mather nasceu em 1946 e é astrofísico na NASA. George Smoot nasceu em 1945 e trabalha na Universidade da Califórnia, EUA.

Os resultados fornecidos pelo COBE, nomeadamente as leituras referentes à radiação cósmica de fundo na gama das micro-ondas, reforçaram a hipótese do cenário Big Bang para a explicação da origem do Universo, uma vez que este é o único cenário que prevê esse tipo de radiação. De acordo com o cenário Big Bang, essa radiação é uma relíquia da fase inicial do Universo, tido como um corpo negro emissor de radiação, cuja distribuição espectral é apenas dependente da temperatura. A forma do espectro deste tipo de radiação é conhecida como radiação de corpo negro. Imediatamente após o Big Bang, a temperatura do Universo era de quase 3000°C e encontra-se em arrefecimento desde então à medida que se expande. A radiação de fundo que é medida actualmente corresponde a uma temperatura cerca de 2.7 graus acima do zero absoluto. Os Laureados foram capazes de calcular esta temperatura devido ao espectro de corpo negro revelado pelas medições do COBE.

Entre outros registos, o COBE também assinalou pequenas variações anisotrópicas (em diferentes direcções) de temperatura. Pequenas diferenças na temperatura da radiação cósmica de fundo (na ordem da centésima/milésima de um grau) fornecem pistas importantes sobre como as galáxias se formaram. As variações na temperatura mostram como a matéria no Universo se começou a agregar. O COBE foi lançado em 18 de Novembro de 1989, tendo enviado os primeiros resultados após nove minutos



Distribuição espectral da radiação cósmica de fundo na gama das micro-ondas registada pelo COBE, que corresponde a um espectro perfeito de corpo negro

de observações: o registo de um espectro de corpo negro perfeito. O sucesso do COBE foi o resultado de um trabalho de equipa prodigioso envolvendo mais de 1000 pessoas. John Mather coordenou todo o processo e foi também o principal responsável pela experiência que revelou a forma de corpo negro da radiação de fundo na gama das microondas registada pelo COBE. George Smoot foi o principal responsável pela medição das pequenas variações de temperatura da radiação.

### Prémio Nobel da Medicina 2006: O RNA interferência

O Prémio Nobel da Medicina 2006 foi atribuído a Andrew Fire e a Craig Mello pela descoberta de um mecanismo fundamental para o controlo do fluxo de informação genética, o RNA interferência (RNAi). Andrew Fire nasceu em 1959 e trabalha na Escola Universitária de Medicina de Stanford, EUA. Craig Mello tem ascendência portuguesa, nasceu em 1960 e trabalha na Escola Universitária de Medicina de Massachusetts, EUA.

O nosso genoma opera através do envio de instruções para a produção de proteínas a partir do DNA no núcleo da célula para a proteína sintetizadora no citoplasma. Estas instruções são copiadas para o RNA mensageiro (mRNA) e posteriormente usadas para sintetizar as proteínas. Por sua vez, as proteínas

estão envolvidas em todos os processos da vida, por exemplo, como enzimas que digerem a nossa comida, como receptores de sinais no cérebro e como anticorpos que nos defendem das bactérias. Em 1998, Andrew Fire e Craig Mello publicaram a descoberta de um mecanismo que permite a degradação do mRNA impedindo assim a síntese da respectiva proteína. Este mecanismo, o RNA interferência, consiste no silenciamento da expressão de um determinado gene, injectando nas células o RNA de cadeia dupla (dsRNA) desse gene. Este dsRNA irá então ser clivado em fragmentos pequenos (20-30 nucleótidos, siRNA, small interference RNA) que serão incorporados num complexo proteico com actividade nucleasa. Dentro deste complexo, os siRNA, ao hibridar com o mRNA do gene a ser inactivado, levam à degradação do mRNA, impedindo assim a síntese da respectiva proteína.

O RNAi ocorre em plantas, animais e humanos. É de grande importância para a regulação da expressão genética, participa na defesa de infecções virais e permite o controlo da passagem de genes. É já amplamente usado em ciências básicas como um método para estudar a função dos genes e pode conduzir a novas terapias no futuro.

(Fonte: Notas de Imprensa da Assembleia Nobel do Instituto Karolinska e da Real Academia Sueca de Ciências)

Helder Gomes

# Ligação Química

por Alberto Romão Dias com a colaboração de J. J. R. Fraústo da Silva, M. J. Calhorda, L. F. Veiros e M. M. Salema

IST Press, Lisboa, 2006, 656 pág., €35,00 ISBN 972-8469-49-7

CARLOS C. ROMÃO\*



Ao folhear pela primeira vez esta obra não pude evitar pensar: “Até que enfim, saiu!”

Não foi necessário folheá-la para adivinhar a maior parte do seu conteúdo que me acompanhou durante toda a minha carreira de Químico e, em particular, enquanto docente de Química no IST de 1971-1997. Durante este período fui testemunha privilegiada da sua génese, do seu desenvolvimento e amadurecimento, com excepção das actualizações lavradas pelos colaboradores do Professor Romão Dias, todos eles meus antigos colegas (e um deles Professor) no ensino destas matérias.

Sendo apologista do uso generalizado de literatura primária e secundária em língua inglesa como parte integrante e maioritária da formação de cientistas e técnicos capazes de actuar no mundo

globalizado da Ciência, sempre tive a noção de que o ensino de certas matérias de natureza absolutamente fundamental e formativa tem enormes vantagens se feito na língua materna, neste caso o Português. A estruturação de conceitos novos e estruturantes para toda uma carreira não precisa de ser confundida pela aprendizagem simultânea de um novo tipo de uso (linguagem e calão científico) duma língua estrangeira.

É nestas áreas que reside o maior valor desta obra. No que respeita à estruturação de conceitos ela foi aperfeiçoada durante três décadas para introduzir os estudantes do 1.º ano nos fundamentos da ligação química não só em moléculas mas também em compostos iónicos e metais. O que se aprende aqui nunca mais se pode esquecer e estará, duma forma ou doutra, sempre presente na actividade real de qualquer Químico, Bioquímico, Engenheiro Químico ou Biotecnólogo. Estou seguro de que há vários milhares de estudantes do IST que o poderão corroborar apesar de terem usado uma forma graficamente muito menos apelativa: as velhas “folhas”. No que respeita ao uso do Português é bem patente a forma como este texto marcou a linguagem da Química em Portugal.

Despido de “fogos de artifício multimédia” hoje em dia comuns à maioria dos textos introdutórios de Química, este texto é de grande concisão e clareza concentrando a sua mensagem no que é essencial e, normalmente, em poucas mas certas palavras. Como sempre dei aulas a “preto e branco” não posso deixar de ficar agrado com o estilo

gráfico usado, cuja contenção e elegância ajuda a focar a atenção no que interessa: o texto e os conceitos que exprime.

Pode ser que não seja o livro de mais agrado para os que encaram a aprendizagem da Química como um “frete”. Mas é, seguramente, o texto que lhes permite verem-se livres do dito “frete” duma forma mais rápida e eficaz: é um texto altamente económico e de “alto valor calórico” onde se pode aprender depressa e bem. Pela certa!

Para os que fazem da Química uma profissão este texto é uma “apólice de seguro” para a vida onde poderão recorrer para, em muito pouco tempo, refrescarem ideias, conceitos ou exemplos já vagos na memória. Por mim, tenho-o feito toda a vida (usando as “folhas” já bem “sebentas”, claro), e continuarei a fazê-lo, apenas com mais “luxo” e maior necessidade, que a idade não perdoa...

Por isso, faço votos de que este livro venha a ser adoptado de forma generalizada no ensino universitário português (e porque não em Língua Portuguesa? Ousemos ousar...) e consiga finalmente galgar os portões da “Alameda” como já há muito tempo merecia (e devia) ter feito. De facto, o maior (para mim, o único) defeito deste livro reside na sua data de edição: se onde se lê “IST Setembro 2006” (p. V) se tivesse podido ler “IST, Setembro de 1980 ou lá perto...” muitos mais poderiam ter usufruído duma obra arquitectada e acarinhada por alguns dos mais destacados expoentes da Química Portuguesa. Os caloiros e os respectivos professores estão de parabéns com esta edição tão aguardada.

\* Instituto de Tecnologia Química e Biológica  
Universidade Nova de Lisboa  
(ccr@itqb.unl.pt)

# Atracção Química

PAULO RIBEIRO CLARO\*

Em **cada dificuldade**, uma **nova oportunidade**? Libertos da pressão dos exames de acesso ao ensino superior, os professores e alunos de Química do 12.º ano têm agora condições para explorar de uma forma mais intensa o que faz da Química uma disciplina fascinante: as actividades experimentais, os trabalhos laboratoriais, os mini-projectos de investigação, as feiras de ciência nas Escolas... e as Universidades podem e devem fazer parte desta oportunidade.



Ao que me lembro, era um anúncio inglês: a imagem mostrava um avião a voar no meio de uma tempestade violenta, e a mensagem surgia na forma de uma pergunta “nestes momentos difíceis, desligaria os motores?”. Evidentemente que não! Esta tem sido a filosofia subjacente aos textos desta coluna, e este não é excepção.

Os resultados das colocações no ensino superior em 2.ª fase nos cursos da área da Química mostram alguma recuperação face às perdas da 1.ª fase. No total, houve 1050 alunos colocados em cursos de Química, Engenharia Química e Bioquímica a nível nacional. No cômputo final, Engenharia Química aparece mais penalizada, Química e Bioquímica apresentam perdas menores. As notícias que chegam das Escolas Secundárias dão conta de uma situação grave quanto ao número de turmas de Química, mas não tanto como inicialmente previsto. A *tempestade* está longe de abrandar...

\*Coordenador das Olimpíadas de Química e Secretário-Geral Adjunto da SPQ (pclaro@dq.ua.pt)

o que é mais uma razão para *não desligar os motores!*

Para 2007, o Programa Atracção Química conta já com um número significativo de actividades, mas é possível que outra se junte. A EuCheMS (actual Federação Europeia das Sociedades de Química) estuda a possibilidade de lançar a “Semana Europeia da Química”. As datas ainda não estão definidas, mas há propostas para que essa semana decorra no mês de Novembro. Em Portugal, o mês de Novembro já é ocupado com a Semana da Ciência e da Tecnologia, pelo que talvez se justifique a escolha de outro mês. De qualquer modo, esta é uma oportunidade a não perder e devemos estar preparados para ela.

No campo das propostas em estudo, está também o “Ano Mundial da Química”. Na sua reunião de Abril de 2006, a IUPAC considerou que a comemoração dos 175 anos do nascimento de Dmitri Mendeliev (Dmitriy Ivanovich Mendeliev, 1834-1907), a decorrer em 2009,

será uma ocasião oportuna para focar a atenção mundial na Química.

A SPQ vai certamente associar-se a estes eventos e conta obviamente com a colaboração de todos os seus sócios e de todas as instituições de ensino. E neste contexto, há um desafio de “Atracção Química” a lançar a todos os professores que leccionam o 12.º ano de Química: tanto quanto possível, deveremos fazer das dificuldades trunfos e isso pode ser feito ainda neste ano lectivo! Libertos da pressão dos exames nacionais para acesso ao ensino superior – que obrigavam a um ensino orientado para resposta a exame –, há agora condições para explorar de uma forma mais intensa o que faz da Química uma disciplina fascinante: as actividades experimentais, os trabalhos laboratoriais, os mini-projectos de investigação, as feiras de ciência nas Escolas. E também para valorizar adequadamente na nota final o desempenho nestas actividades e as competências laboratoriais adquiridas pelos alunos, algo que nunca foi avaliado em exames nacionais!

# A Idade dos Químicos

## Um breve estudo no âmbito do Conselho Científico das Ciências Exactas da FCT<sup>1</sup>

J. A. MARTINHO SIMÕES\*, J. PEDROSA DE JESUS\*\*, J. FERREIRA GOMES\*\*\*

Ao criar os seus Conselhos Científicos, a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) deu um passo importante para “desgovernamentalizar” uma instituição cujos mecanismos de funcionamento e de decisão não devem oscilar ao ritmo da mudança da cõr política do poder. A *estabilidade* (mas não imobilismo!) de um sistema científico e tecnológico é uma característica crucial para o seu sucesso. Embora as funções dos Conselhos Científicos não estejam ainda, na prática, claramente definidas, uma componente relevante da sua actividade tem sido o aconselhamento da FCT em temas ligados à avaliação e ao financiamento da investigação. Por exemplo, o Conselho Científico das Ciências Exactas (CC-CE), constituído por físicos, matemáticos e químicos, produziu várias recomendações sobre a avaliação de unidades, de bolsas e de projectos, que deu a conhecer à comunidade científica. Por outro lado, o CC-CE tem procurado recolher dados essenciais para fundamentar um tipo de aconselhamento mais estratégico, em especial no âmbito do financiamento das várias áreas científicas e do emprego científico. O exercício que se apresenta em seguida, e que se deseja partilhar com todos os colegas, é muito simples: tratou-se de avaliar a idade dos químicos portugueses, mediante um inquérito elaborado em 2003 e remetido a 15 departamentos de química, bioquímica e engenharia química das universidades públicas portuguesas. Os dados referem-se ao ano de 2002.

Os resultados são apresentados sob a forma de histogramas onde se representa o número de reformas por limite de idade (70 anos) em função do ano em que essa reforma ocorrerá. Para converter os histogramas numa distribuição de idades, basta transformar a escala de abcissas com a fórmula: (idade em 2002) = 72 – (número formado pelos dois últimos dígitos do ano da reforma). Como é óbvio, a forma do histograma fica inalterada.

Qual a utilidade destes dados, para além de satisfazerem algumas curiosidades, como, por exemplo, que o departamento “mais jovem” é o de Évora? Dos histogramas podem extrair-se algumas conclusões relevantes para a definição de políticas de formação pós-graduada e de admissão de pessoal, não só a nível global mas também a nível local. Aqui apenas indicaremos algumas (os histogramas falam por si!).

1. Até ao ano de 2010 sairão obrigatoriamente do sistema apenas 18 pessoas. Se atendermos à diminuição ou, optimisticamente, à estabilização do número de alunos que se candidatarão ao ensino superior nos próximos anos, tal implica que a entrada de sangue novo nos departamentos em análise será, pelos critérios actuais, insignificante. Embora ligeiramente melhor, o quinquénio seguinte não é também muito animador: as 47 saídas previstas para 2011-2015 são inferiores a 10% do total.

2. Nos quinquénios seguintes a possibilidade de renovação melhora. As saídas em 2016-2020 (103), 2021-2025 (79), 2026-2030 (112), 2031-2035 (150), com um pico em 2017, chamam a atenção para o problema oposto ao anterior: o sistema irá necessitar de uma renovação substancial, num período curto. Ora a rapidez e a qualidade são muitas vezes antagónicas, pelo que será aconselhável que se inicie uma renovação progressiva, começando a escolher os melhores, antes de 2016.

3. Entre 2020 e 2029 haverá alguma estabilização no sistema, o que poderá permitir renovação progressiva e criteriosa, tendo em conta também o elevado número de saídas (166) no quinquénio 2032-2036.

A informação deve preceder a decisão. Infelizmente, existem entre nós abundantes exemplos de decisões que se fundamentam apenas em opiniões dos que as tomam, o que pode ser particularmente grave quando as decisões são “estratégicas”. Os gabinetes de estudos e planeamento, a existirem, são frequentemente ignorados pelos decisores. O exemplo aqui tratado mostra a importância de alguns dados fáceis de adquirir na definição da política de emprego universitário e de pós-graduação nas áreas da química, bioquímica e engenharia química. Será que o panorama de outras áreas é semelhante? Qual é a situação no caso dos politécnicos e dos laboratórios de estado? Será que uma análise fina destes números mostrará

\*FCUL

\*\*UA

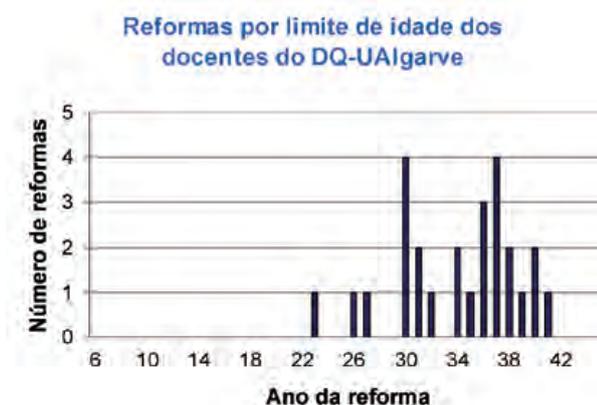
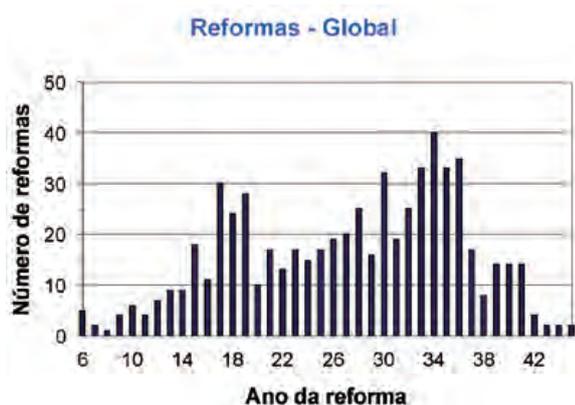
\*\*\*FCUP

(<sup>1</sup>) Este texto, escrito em 2004, mantém no essencial a sua oportunidade. Os autores esperam que possa ter alguma utilidade no momento actual e agradecem aos departamentos envolvidos por terem facultado os dados relevantes.

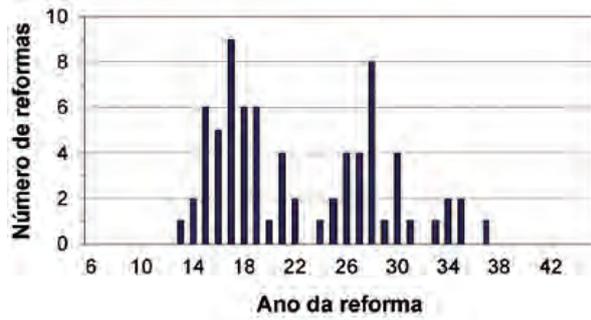
que em apenas algumas subáreas haverá problemas de excesso ou de deficit? Aprenderemos com o erro histórico (cometido nos períodos expansionistas; vd. histogramas) de termos sacrificado a qualidade à quantidade para enfrentar a explosão da população universitária?

Departamento	N.º de docentes <sup>a</sup>	Idade média <sup>a</sup>
Química, U. Madeira	12	39.2
Química, U. Algarve	26	38.0
Química, U. Évora	42	37.4
Química e Bioquímica, FC, U. Lisboa	73	49.6
Engenharia Química, IST, U. Técnica Lisboa	121	47.7
Química, FCT, U. Nova Lisboa	50	45.5
Química, FCT, U. Coimbra	25	52.8
Bioquímica, FCT, U. Coimbra	16	44.5
Engenharia Química, FCT, U. Coimbra	28	43.0
Química, U. Beira Interior	30	41.4
Química, U. Aveiro	50	44.1
Química, FC, U. Porto	49	44.7
Engenharia Química, FE, U. Porto	43	45.3
Química, U. Minho	35	42.3
Química, FC, U. Trás os Montes e Alto Douro	21	38.0
Global	<b>621</b>	<b>44.8</b>

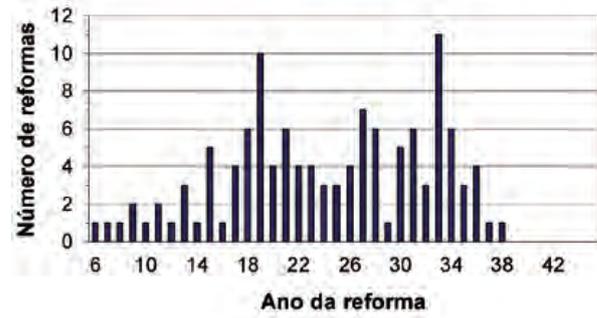
<sup>a</sup> Dados de 2002



Reformas por limite de idade dos docentes do DQB-FCUL



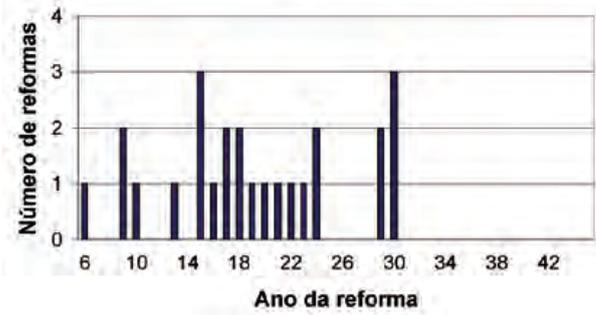
Reformas por limite de idade dos docentes do DEQ-IST-UTL



Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-FCT-UNL



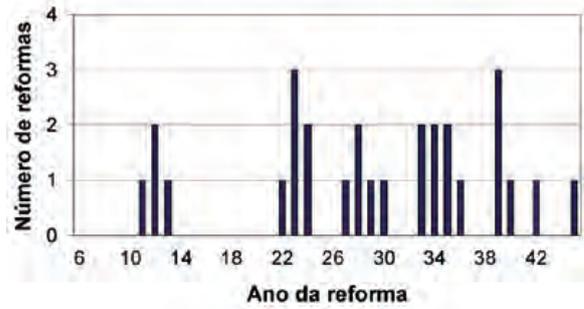
Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-FCT-UCoimbra



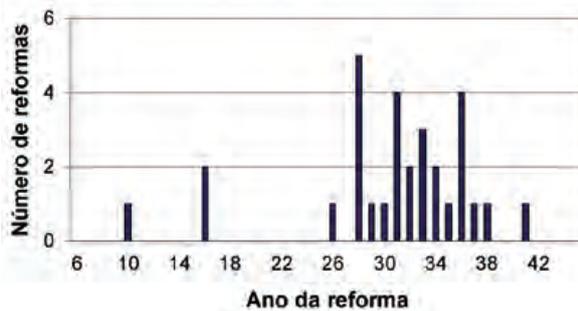
Reformas por limite de idade dos docentes do DB-FCT-UCoimbra



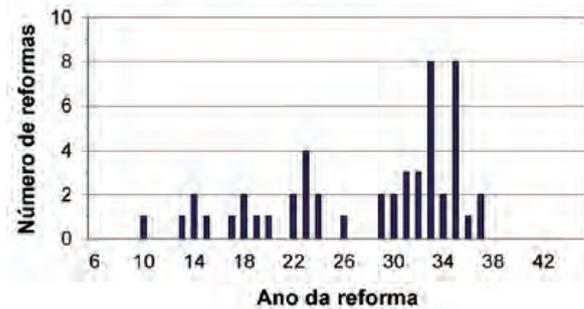
Reformas por limite de idade dos docentes do DEQ-FCT-UCoimbra



Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-UBeiralInterior



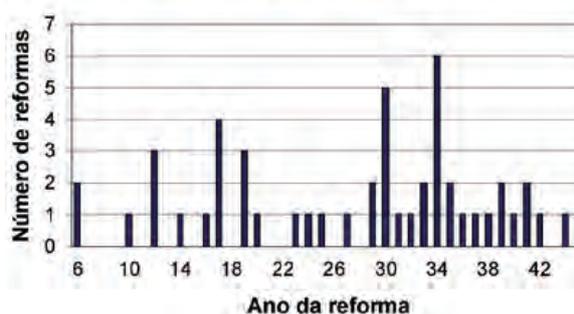
Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-UAveiro



Reformas por limite de idade dos docentes do DEQ-FEUP



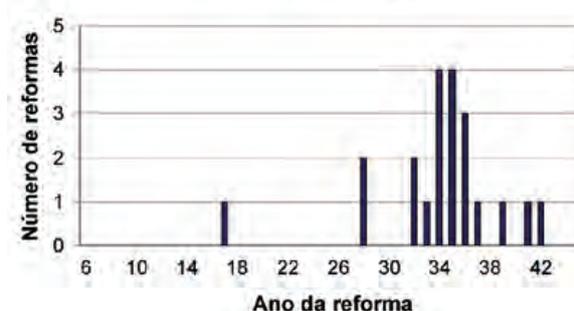
Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-FCUP



Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-UMinho



Reformas por limite de idade dos docentes do DQ-UTAD



## Actualidades Científicas

### Auto-reparação de materiais inteligentes

Uma das causas comuns de falência dos materiais é a corrosão, mas um grupo de investigadores europeus já logrou desenvolver materiais inteligentes com a capacidade de se auto-repararem. Dmitry Shchukin e Helmuth Möhwald do Max Planck Institute of Colloids and Interfaces de Potsdam, Alemanha, juntamente com colegas do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro, desenvolveram um nano-revestimento para metais e ligas que forma uma camada tipo gel muito fina sobre o material. Ao invés do que se passa normalmente quando o revestimento é danificado e o metal fica imediatamente exposto aos elementos, o novo revestimento contém nano-reservatórios

cheios com um inibidor, que no caso de qualquer dano é libertado de forma a preencher os defeitos microscópicos originados pela fractura, evitando assim ataques corrosivos sobre a matriz.

Testes em alumínio demonstraram o sucesso da técnica de protecção desenvolvida. Cada componente presente no revestimento em multicamada desempenha um papel essencial no processo de protecção. Partículas de sílica proporcionam um suporte adequado para o inibidor, enquanto dióxido de zircónio é utilizado para possibilitar a adesão das partículas ao metal. Enquanto intacto, o revestimento representa uma protecção polimérica convencional. No entanto, se o revestimento sofrer qualquer dano, as suas características inteligentes entram em acção. Os testes demonstraram que o

revestimento inteligente pode proteger o metal da água salgada, mesmo após repetidas agressões à superfície por picadas. Shchukin explica que, "Quando o revestimento é danificado, os defeitos de tamanho inferior a algumas dezenas de micron são reparados em menos de 24 horas". De facto, os materiais podem reparar fissuras até 100 micron em água ou soluções salinas. Shchukin acrescenta, "O próximo passo consiste no desenvolvimento de revestimentos auto-reparáveis que possam ser aplicados a outros metais como o aço, e melhorar a velocidade de libertação do inibidor pelos nano-reservatórios de forma a acelerar o processo de protecção dos defeitos".

(adaptado de webzine Reactive Reports 57, 2006).

Paulo Brito

# O desempenho científico da química portuguesa

SEBASTIÃO J. FORMOSINHO\*

No nosso país as instituições de ensino superior têm vivido muito sob o slogan “rankings, nem pensar!”. Quaisquer que sejam as razões e sensibilidades para uma tal atitude, não é mais possível ignorar esta pressão para a competitividade quando o *Thomson Institute for Scientific Information*, que também organiza o *Science Citation Index*, compila tais dados a nível mundial e apresenta-os na plataforma *Essential Science Indicators* (ESI). São disponibilizados rankings de investigadores, de instituições, de países e de revistas científicas, durante cerca de 10 anos (1995-Julho 2006). Como fonte de informação da qualidade da investigação científica, esta base de dados, com as suas deficiências e matizes, é indiscutivelmente um referencial fiável e imparcial. Está subdividida em 22 áreas científicas, desde as denominadas “ciências duras” até às mais “moles”.

Exemplificando com a Química, das pouco mais de 76000 instituições a nível mundial, a base do ESI regista as 762 instituições académicas com melhores desempenho em termos do número de citações: o topo 1%. Em termos de países regista o topo 50%, e para a mesma a área, o ranking regista 88 países o que significa que o universo mundial, considerado em países ou territórios, é de 176 países.

Para nos debruçarmos sob a problemática dos rankings de áreas científicas em Portugal convém examinar um pequeno número de indicadores de desempenho que permitam examinar a questão sob

ângulos distintos. Contudo, o número de indicadores em exame não deve ser tão elevado que nos faça perder a visão do todo.

A Tabela agrupa os doze domínios com melhor desempenho científico no nosso país e dispõem-nos por ordem decrescente do número total de citações. A Tabela mostra também se a respectiva área está melhor colocada no ranking mundial em termos do número de citações (o *default* do ESI) ou de artigos: o indicador  $-\Delta(P_{n^{\circ}cit}-P_{n^{\circ}art})$ . Considera-se positivo o estar melhor colocado em termos de citações do que em artigos. Exemplificando para a Química, um  $-\Delta(P_{n^{\circ}cit}-P_{n^{\circ}art})=5$  significa que Portugal ocupa a 29.ª posição em termos do n.º de citações e o 34.º lugar no n.º total de artigos. Não obstante, em artigos publicados, que não em citações, a Química é a área de topo em Portugal, o que se compreende pelos intrinsecamente maiores Factores de Impacto das ciências da vida em relação às ciências físicas e químicas (cerca de 3 vezes).

Para cada instituição, já o referimos, ESI só destaca as áreas que estão no top 1% mundial em termos de citações. Tais áreas permitem definir um índice-Rk (número de áreas científicas no ranking mundial) para cada universidade e igualmente verificar em quantas universidades portuguesas uma dada área científica se encontra neste exigente ranking, N<sup>o</sup>-Rk. A química figura neste tipo de ranking em cinco universidades: IST/UTL, Coimbra, Nova de Lisboa, Aveiro e Porto, ocupando a primeira posição em Coimbra, Nova de Lisboa e Aveiro e a segunda nas duas restantes. As áreas no ranking mundial

são fixadas em termos do número de citações e são revistas periodicamente. Por exemplo, a Medicina Clínica na Universidade de Coimbra não figurava neste ranking em Janeiro de 2006, passou a figurar em Maio de 2006 e deixou de figurar novamente em Julho, pelo que contabilizamo-la em 0,5.

As comparações mundiais têm indiscutivelmente um factor de dimensão. A confrontação com alguns Departamentos de química europeus mostra que, em parte, a nossa posição resulta de um menor número de professores e da nossa base social de pouca competitividade que tende a manter os seus professores independentemente do desempenho científico. Contudo, o haver instituições portuguesas a figurar neste exigente índice-Rk é significativo. Nelas assentam, no presente, *motores de desenvolvimento científico*, é certo que em pequeno número, mas será com eles que podemos contar para ter uma Universidade com melhor espírito crítico e um desempenho mais competitivo.

Indiscutivelmente os vários indicadores que referimos apontam para a Química como a área científica com melhor desempenho no país. A Física, que em Portugal teve uma tradição de desenvolvimento idêntica ao da Química, só figura no ranking mundial no IST/UTL. A Ciência dos Materiais constitui uma agradável surpresa pela posição em que coloca Portugal e pelo número de instituições (IST, Aveiro, Porto e Minho) que se encontra no ranking mundial. A posição das Engenharias é boa, mas tal decorre, em parte, por ser um índice agregado para todas as classes de engenharias.

\* Professor Catedrático da Universidade de Coimbra (sformosinho@qui.uc.pt)

**Tabela** Indicadores de desempenhos científicos em diferentes áreas em Portugal (ESI; acesso Julho 2006)

Área científica	$P_{n^{\circ}cit}$	$-\Delta(P_{n^{\circ}cit} - P_{n^{\circ}art})$	$N^{\circ}-Rk$
Medicina Clínica	37	5	3,5
Química	29	5	5
Física	32	3	1
Biologia e Bioquímica	32	1	1
Ciências das Plantas e dos Animais	33	2	2
Ciências dos materiais	25	-1	4
Biologia Molecular e Genética	34	1	0
Engenharia	32	-3	5
Ambiente e Ecologia	33	0	0
Neurociências e Ciências do Comportamento	35	0	0
Microbiologia	33	-1	0
Ciências da Agricultura	29	5	2

## Noticiário Escolas

### Colégio de S. Gonçalo na rede de ciência

O Colégio de S. Gonçalo de Amarante aderiu, a 17 de Outubro de 2006, ao projecto “Rede de Ciência nas escolas” do qual fazem parte mais de 200 escolas. O projecto foi lançado em 2005 pelo [cienciapt.net](http://cienciapt.net), tendo-se tornado uma referência para alunos e professores desde o Ensino Básico ao Ensino Secundário.

O objectivo é aproximar mais os alunos da ciência, tendo como meio privilegiado as novas tecnologias.

A rede de ciência nas escolas “é mais uma fonte de informação e pesquisa para alunos e professores” que permite uma “facilidade de acesso à informação já seleccionada e agrupada em vários temas” revelando-se um instrumento

importante perante a necessidade das escolas se modernizarem.

Os alunos e professores, bem como toda a comunidade escolar têm acesso a informação e conteúdos de ciência (permanentemente actualizados), mais de 50 ferramentas de *Software* para ensino e revistas especializadas de ciência (tal como a revista semanal “e.ciência” e a revista mensal “Mundus”). Das diversas ferramentas disponíveis, destacam-se as de Química, Matemática e Geografia, as quais facilitam o trabalho de investigação.

O Colégio de S. Gonçalo tem acesso à consulta de dez notícias diárias, acesso permanente à revista “e.ciência”, actualização semanal do emprego científico e oportunidades de financiamento, acesso à livreria electrónica com mais de 350 mil títulos especializados em Ci-

ência, Tecnologia e Inovação (Amazon e Blackwell), directório de 3500 Instituições por área científica, 20 mil investigadores nacionais, 125 mil *Links* em 25 países da Europa e mais de 20 mil *Links* da CPLP.

O projecto pretende ainda que o fórum Rede de Ciência nas escolas seja um espaço de discussão entre as escolas aderentes ao projecto, promovendo a comunicação de ciência entre as demais Instituições nacionais de ensino básico e secundário.

Espero que este projecto possa facilitar a pesquisa e o desenvolvimento dos trabalhos no dia-a-dia para o melhoramento do processo ensino-aprendizagem e para que este se torne aliciente.

Alexandra Ribeiro

# Estudo conceptual sobre produto de solubilidade e solubilidade

M. FERNANDA P. SILVA<sup>1,\*</sup>, M. ROSÁRIO M. S. AFONSO<sup>1</sup> E SUSANA C. ROCHA<sup>1</sup>

Procurou averiguar-se se professores profissionalizados com vários anos de experiência e professores em profissionalização (estágio integrado no 5.º ano da licenciatura em Ensino de Física e Química), apresentam conhecimentos claros e bem estruturados acerca da constante do produto de solubilidade e de solubilidade, e em que medida alunos do 12.º ano e alunos do 1.º ano da universidade retiveram esses conceitos. Aplicou-se um inquérito aos alunos e outro aos professores, com questões de escolha múltipla, contendo duas questões comuns: uma sobre a

formulação do Princípio de Le Chatelier e a outra sobre a definição do produto de solubilidade. O questionário dos professores tinha ainda uma questão sobre solubilidade molar. Verificou-se que o enunciado do Princípio de Le Chatelier, estava bem presente em todos os inquiridos; já não aconteceu o mesmo com a outra questão, onde os professores com experiência apresentaram um melhor desempenho que os professores em formação, e os alunos do 12.º ano também apresentaram melhores resultados que os dos alunos do 1.º ano da universidade.

## Introdução

Os conceitos de produto de solubilidade e de solubilidade estão intimamente relacionados com outros conceitos químicos, como equilíbrio químico, equilíbrio de solubilidade e Princípio de Le Chatelier (também conhecido por Princípio de Le Chatelier e Braun [1-2]).

O conceito de equilíbrio químico é um conceito abstracto e é considerado como um dos conceitos mais difíceis do processo ensino-aprendizagem em Química [3]. As dificuldades são sentidas quer por professores quer por alunos. Aqueles, porque nem sempre têm uma concepção absolutamente clara do conceito que pretendem ensinar e estes porque, durante a aprendizagem daquele conceito, adquirem várias concepções erradas [4-5]. Há alguns aspectos específicos que contribuem para concepções erradas de equilíbrio químico, como por exemplo: a própria

essência do conceito de equilíbrio químico [6-9], deslocamento para a direita e para a esquerda [9-11], efeito da adição de um catalisador [12], alterações das condições de equilíbrio [6,9,13], aplicação do Princípio de Le Chatelier a equilíbrios homogéneos em fase gasosa [14], uso de certos algoritmos na resolução de problemas de equilíbrio [15], confusão entre velocidade e extensão de reacção [13], modelos usados pelos professores para a construção mental do conceito de equilíbrio químico [16], analogias utilizadas quer por professores, quer em livros de texto [9,17], analogias que os próprios alunos fazem com a linguagem usada em Física e no dia-a-dia [6,12], as próprias concepções que os professores têm [5], as excepções à aplicação do princípio de Le Chatelier [1,18], etc. O equilíbrio de solubilidade, como um caso peculiar do equilíbrio químico, apresenta, além das já citadas dificuldades, outras por parte dos alunos, de compreensão a nível do conceito de solubilidade e da própria constante do produto de solubilidade;

como, por exemplo, quando se pede a aplicação do Princípio de Le Chatelier a um sistema heterogéneo em que se altera a massa de sólido adicionada ao sistema [11] (embora alguns alunos saibam resolver correctamente problemas envolvendo solubilidade e a constante do produto de solubilidade, nem sempre compreendem o conceito em si [19]).

Os estudos referentes ao presente trabalho envolveram professores e alunos dos dois últimos anos do ensino secundário e do 1.º ano da universidade (nos conteúdos programáticos dos alunos do ensino secundário o tópico equilíbrio químico (e princípio de Le Chatelier) é leccionado no 11.º ano de escolaridade). Este estudo pretendeu averiguar se os alunos compreenderam os conceitos de solubilidade e constante do produto de solubilidade e se os professores têm esses conceitos bem claros e estruturados, de modo a poderem usarem linguagem científica adequada (absolutamente essencial para o ensino em ciência [20]), e fazer a comparação entre os resultados dos grupos de inquiridos.

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro – Departamento de Química – 3810-193 Aveiro.

\* E-mail: mfs@dq.ua.pt

**Tabela 1** Enunciado da Questão Q1 e respostas em % por grupo de inquiridos (I: alunos 12.º ano; II: alunos 1.º ano UA; III: professores)

O <b>Princípio de Le Chatelier</b> afirma que sempre que um equilíbrio é perturbado...	I	II	III
<b>A</b> –... a reacção tende a progredir no sentido directo para diminuir esse efeito, até se atingir novo estado de equilíbrio	0	7	0
<b>B</b> –... a reacção tende a progredir no sentido de aumentar essa perturbação	0	0	0
<b>C</b> –... a reacção tende a libertar energia térmica	0	0	0
<b>D</b> –... a reacção tende a progredir no sentido de contrariar essa perturbação, até se atingir novo estado de equilíbrio	100	93	100

## Parte experimental

### Questionário e amostras usadas

A metodologia de trabalho consistiu na aplicação de dois questionários: um a professores e o outro a estudantes. Os questionários eram formados por cinco questões de escolha múltipla; cada questão apresentava 4-5 opções, e pedia-se que fosse(m) assinalada(s) a(s) questão(ões) correcta(s). Os dois questionários tinham duas questões comuns: uma destas questões era sobre a identificação do enunciado do Princípio de Le Chatelier, e a outra sobre a definição científica de constante do produto de solubilidade. As outras três questões do inquérito aplicado aos alunos eram sobre aplicação do Princípio de Le Chatelier a sistemas em equilíbrio: num, em fase aquosa, a variável era a concentração de um dos reagentes; noutra, a questão envolvia a variável temperatura e no outro, em fase gasosa, havia alteração da pressão do sistema (equilíbrio de síntese do HCl em fase gasosa). No inquérito aplicado aos professores eram

duas as questões referentes à aplicação do Princípio de Le Chatelier que apresentavam maior grau de dificuldade que as dos alunos: uma envolvia a variável temperatura e a outra a libertação de um gás em sistema aberto. O inquérito dos professores continha ainda uma questão sobre a definição de solubilidade molar.

Nas questões postas nos dois inquéritos, escreveu-se na expressão da constante de equilíbrio, dos equilíbrios químicos referidos no trabalho, as concentrações das espécies iónicas envolvidas e não as respectivas actividades; isto deveu-se ao facto de o estudo se referir a solubilidade de sais pouco solúveis; neste caso o coeficiente de actividade de cada um dos iões presentes em solução é praticamente igual a um ( $\gamma_i = 1$ ), pelo que o facto de se considerar a concentração molar,  $c_i$ , de cada uma das espécies iónicas, em vez da sua actividade,  $a_i$ , não vai influenciar os resultados ( $a_i = \gamma_i c_i$ ). A população alvo era constituída por três grupos distintos: um formado

por professores em profissionalização, do núcleo de estágio integrado no último ano da licenciatura em Ensino de Física e Química da Universidade de Aveiro, U.A., em número de dez, e professores com experiência de docência a leccionar numa escola do distrito de Aveiro, em número de doze (N=22); um segundo grupo formado por alunos do 12.º ano, em número de dezanove (N=19); e o último grupo formado por alunos do 1.º ano da U.A. a frequentarem a disciplina de Química I, em número de quarenta e seis (N=46). As respostas ao questionário foram dadas no momento, após a sua leitura, sem recurso a qualquer tipo de consulta; os alunos da universidade responderam no final de uma aula laboratorial de duas horas, em que realizaram um trabalho moroso.

### Resultados e sua análise

Os resultados obtidos para cada uma das duas questões comuns aos dois questionários, a seguir designadas por Q1 e Q2 irão ser apresentados em paralelo para os três grupos de inquiridos,

**Tabela 2** Enunciado da Questão Q2 e respostas em % por grupo de inquiridos (I: alunos 12.º ano; II: alunos 1.º ano UA; III: professores)

Pode afirmar-se que <b>constante do Produto de Solubilidade, <math>K_s</math></b> , é...	I	II	III
<b>A</b> –... o valor da constante de dissociação de um qualquer sólido	21	15	14
<b>B</b> –... o produto das concentrações dos iões em equilíbrio a dividir pela concentração de sólido presente em solução aquosa	11	27	23
<b>C</b> –... a concentração de sólido em solução aquosa a dividir pelo produto das concentrações dos iões em equilíbrio	0	26	0
<b>D</b> –... o produto das concentrações dos iões em equilíbrio com o sólido em solução aquosa	68	30	41

nas tabelas 1, e 2, respectivamente. Os resultados da questão, Q3, sobre a definição científica de solubilidade molar, apenas posta aos professores, serão apresentados na tabela 3. Para cada uma das questões as opções escolhidas pelos inquiridos são referidas em percentagem.

Como se pode observar da tabela 1 os professores e os alunos do 12.º ano têm bem presente o enunciado correcto do Princípio de Le Chatelier; contudo 7% dos alunos do 1.º ano da universidade

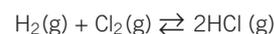
a solubilidade de um sal iónico à sua dissociação, assim como também alguns alunos do 12.º ano, mas não têm presente se o sal é muito ou pouco solúvel (opção A), o que denuncia alguma dificuldade de interpretação da linguagem científica; contudo são os alunos do 12.º ano os que têm mais presente o significado correcto da questão. De entre os alunos do 1.º ano houve 2% que responderam simultaneamente às opções A e B. Nos professores nota-se alguma confusão nas opções que fize-

que é o facto de este tema ser leccionado no 12.º ano, e alguns já não leccionarem esse nível de ensino há alguns anos.

Analisando a tabela 3 verifica-se que a maior parte dos professores respondeu acertadamente. Mas as respostas erradas denotam falta de rigor na linguagem científica: não só não deram atenção ao volume de solução (opção B) (ou de líquido, opção D) como também não prestaram qualquer atenção à palavra “quantidade” (opção D), que, ao não ter sido explicitada, poderia referir-se a “massa” de sal ou “quantidade de substância” (quantidade química, em mol) desse sal. Na tabela 4 faz-se a comparação, apenas entre as respostas correctas dadas às duas questões comuns aos alunos e professores (e ainda à questão só colocada a professores, mas separando as respostas dos professores experientes das dos professores em formação).

Da tabela 4 pode constatar-se que os professores com experiência apresentaram melhor desempenho em todas as questões (à excepção do enunciado do Princípio de Le Chatelier) que os professores em formação, embora na questão 2 o sucesso não tenha sido tão grande. Apesar de os professores em formação não terem experiência de leccionação nem do tipo de dificuldades dos alunos, deveriam ter também presentes os conceitos em questão, por terem sido adquiridos mais recentemente. É visível também o melhor desempenho dos alunos do 12.º ano que os do 1.º ano da U.A.

Das outras questões postas aos alunos, a questão Q4, era referente à aplicação do Princípio de Le Chatelier a um equilíbrio em fase gasosa, traduzido pela equação seguinte:



Pedia-se o efeito de um aumento da pressão do sistema: 95% dos alunos do 12.º ano responderam acertadamente; os do 1.º ano da U.A. não tinham tão presente a resposta correcta, pois apenas 61% acertaram, concluindo-se que já tinham esquecido ou, simplesmente, não apreenderam bem o efeito da variação da pressão.

**Tabela 3** Enunciado da Questão Q3 e respostas, em %, dadas pelos professores

Solubilidade molar (de um sal pouco solúvel) ...	Resposta / %
<b>A</b> –... é a concentração molar (do sólido que não se dissolve) numa solução saturada	0
<b>B</b> –... é a concentração molar (do sólido que se dissolve) numa solução	18
<b>C</b> –... é a concentração molar (do sólido que se dissolve) numa solução saturada	64
<b>D</b> –... é a quantidade de sal que se dissolve num certo volume de líquido	18
<b>E</b> – Nenhuma das anteriores	0

**Tabela 4** Comparação das respostas correctas dadas pelos inquiridos às duas questões comuns, Q1 e Q2, e à questão Q3 sobre definição de solubilidade molar colocada aos professores

Questões	% Respostas correctas			
	Professores		Alunos	
	Experientes	Estagiários	12.º ano	1.º ano U.A.
Q1	100	100	100	93
Q2	67	10	68	30
Q3	67	50	42	35

associam a alteração do equilíbrio apenas a um deslocamento no sentido directo.

Para a questão 2, além das opções apresentadas na tabela 2, houve outros tipos de categorias de resposta (não respondeu e resposta simultânea de A e B) que serão discutidas na análise que se faz a seguir à tabela.

Da análise da tabela 2 observa-se uma grande diversidade de respostas, especialmente nos alunos do 1.º ano da U.A.; destes, 15% demonstram que associam

ram, A ou B; apenas 41% dos professores respondeu acertadamente, mas 22% não responderam alegando falta de dados nas opções colocadas, nomeadamente no que respeita à não referência a coeficientes estequiométricos; 23% dos professores inquiridos optaram por B, incluindo a concentração do sólido na constante, o que pode ser interpretado como não tendo conhecimento da não alteração desse valor para os mesmos valores de temperatura e pressão. Poderá haver uma justificação para os resultados obtidos com os professores e

A última questão colocada aos alunos pedia o efeito da variação da temperatura em equilíbrios referentes a reacções endo e exotérmicas. Dos alunos do 12.º ano, 95% responderam bem e dos do 1.º ano da U.A. a percentagem de respostas correctas (54%) foi inferior novamente, à dos alunos do 12.º ano, e inferior à resposta que eles deram à questão Q4.

As respostas à questão posta aos professores (sobre o efeito da temperatura) mostraram que a maioria (86%) tem bem presente o efeito da temperatura num processo, mas seria de esperar uma percentagem total de respostas correctas; 9% deles deram precisamente a resposta oposta.

### Conclusões

Das respostas dadas às questões analisadas pode concluir-se que, quer os professores quer os alunos, têm bem presente o enunciado do Princípio de Le Chatelier e Braun. Na questão relativa à definição de produto de solubilidade (Q2) as respostas dos alunos do 1.º ano da universidade foram baixas (estes alunos preencheram o inquérito após uma aula laboratorial de química de duas horas); os alunos do 12.º ano responderam bastante melhor, facto que se pode interpretar por terem os conhecimentos ainda muito recentes. As respostas dos professores não foram muito positivas, facto que pode significar falta de conhecimentos. Quanto à definição de solubilidade molar, apenas colocada aos professores, verificou-se uma maioria de respostas correctas, mas esperava-se uma percentagem mais significativa (não o foi especialmente pelas respostas dos estagiários); isso leva-nos a concluir que, ou não perceberam as diferenças que davam sentido às diferentes opções da questão ou não conhecem na realidade a definição cientificamente correcta.

Detectaram-se algumas concepções alternativas nos alunos, tais como:

1. Quando um equilíbrio é perturbado, o sistema evolui no sentido directo;
2. A variação da concentração de um reagente não afecta o sistema em equilíbrio;

3. Num sistema em equilíbrio em que  $\Delta n_{\text{reacção}} = 0$ , um aumento da pressão perturba o equilíbrio;
4. A concentração do sal no estado sólido entra na expressão da constante do produto de solubilidade;
5. Um composto iónico com  $K_s = 8,7 \times 10^{-9}$  é completamente insolúvel.

Algumas sugestões que se propõem para melhorar o processo ensino-aprendizagem são:

1. usar linguagem cientificamente correcta;
2. utilizar analogias adequadas e em contexto correcto;
3. questionar os alunos sobre o facto de um sal ser pouco ou muito solúvel quando se fala em constante de produto de solubilidade;
4. comparar valores de constantes de produtos de solubilidade de vários sais, à mesma temperatura;
5. pedir aos alunos para compararem valores das solubilidades de sais, com igual estequiometria, conhecendo os valores das respectivas constantes de solubilidade;
6. desenvolver jogos adequados que estimulem a curiosidade do aluno [21];
7. usar simulações em computador [22]

### Bibliografia:

Na bibliografia citada não se pretendeu ser exaustivo

- [1] D. S. Corti, E. I. Franses, *Chemical Engineering Education* (2003) 290-295
- [2] S. I. Sandler, *Chemical and Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Sons, Inc., N. Y., 1999
- [3] F. N. Finley, J. Stewart, W. L. Yarroch, *Science Education* 66(1982) 531-538
- [4] K. Tobin, M. Espinet, *Journal of Research in Science Teaching* 26 (1989) 105-120
- [5] J. Quílez-Pardo, J. J. Solaz-Portolés, *Journal of Research in Science Teaching* 32 (1995) 939-957

- [6] W. Bergquist, H. Heikkinen, *Journal of Chemical Education* 67 (1990) 1000-1003
- [7] A. Huseyin, K. Hakki, B. Atasoy, O. Geban, *Research in Science & Technological Education* 21(2003) 209-227
- [8] M. Camacho, R. Good, *Journal of Research in Science Teaching* 26(1989) 251-272
- [9] A. F.C. Cachapuz, R. Maskill, *International Journal of Science Education* 21 (1989) 235-246
- [10] C. J. Furió, E. Ortiz, *Enseñanza de las Ciencias* 2 (1983) 15-20
- [11] M. Gorodetsky, E. Gussarsky, *European Journal of Science Education*, 8 (1986) 427-441
- [12] E. Gussarsky, M. Gorodetsky, *Journal of Research in Science Teaching* 27 (1990) 197-204
- [13] A. C. Banerjee, *International Journal of Science Education* 13 (1991) 487-494
- [14] B. Huddle, *Journal of Chemical Education* 75 (1998) 1175
- [15] P. S. Matsumoto, *Journal of Chemical Education* 82 (2005) 406-407
- [16] M.-H. Chiu, C.-C. Chou, C.-J. Liu, *Journal of Research in Science Teaching* 39 (2002) 688-712
- [17] M. B. P. A. Pereira, *Equilíbrio Químico – Dificuldades de Aprendizagem e Sugestões Didácticas*, Sociedade Portuguesa de Química, Lisboa, 1990
- [18] J. E. Lacy, *Journal of Chemical Education* 82 (2005) 1192-1193
- [19] M. Nakhleh, *Journal of Chemical Education* 70 (1993) 52-55
- [20] C. Sutton, *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (2003) 21-25
- [21] M. F. P. Silva, M. R. M. S. Afonso, S. C. Rocha, "O Jogo do Equilíbrio", in Seminário da Licenciatura em Ensino de Física e Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2004
- [22] J. C. Paiva, V. M. S. Gil, A. F. Correia, *Journal of Chemical Education* 79 (2002) 640-641

# Estrutura de Lewis e Geometria Molecular...

...mas não necessariamente por essa ordem!

MÁRIO VALENTE\*, HELENA MOREIRA

Os alunos mostram frequentemente dificuldades na previsão de geometrias moleculares, até para moléculas muito simples. Estas dificuldades estão, muitas vezes, ligadas com a determinação prévia da correspondente estrutura de Lewis (ou da fórmula estrutural), que é usualmente tida como ponto de partida essencial para a referida previsão. Apresenta-se, neste artigo, um modo fácil de

prever a geometria molecular de uma molécula simples, envolvendo elementos representativos – constituída por um átomo central e vários átomos ou pares de electrões não partilhados em seu redor – e que serve de ponto de partida para a determinação posterior da correspondente fórmula estrutural da molécula, que auxiliará na previsão das ordens de ligação.

## Introdução

A geometria molecular é um parâmetro de importância fundamental para a previsão da polaridade de uma molécula. Esta, por sua vez, permite inferir sobre o tipo e intensidade das interações intermoleculares que se podem estabelecer entre moléculas no composto puro, ou com átomos, ou moléculas de outras substâncias. Contudo, a previsão da geometria molecular, até de moléculas simples, representa frequentemente um problema que muitos alunos do ensino secundário e, por vezes do superior, não conseguem superar [1, 2, 3]. Estas dificuldades estão usualmente relacionadas com a suposta necessidade de determinar, previamente, a estrutura de Lewis (ou a fórmula estrutural) para as moléculas. De facto, é frequente em livros de texto de todos os níveis, assumir-se que a previsão da geometria molecular é posterior à determinação da estrutura de Lewis. Ora, não é necessariamente assim [4]...

Para o caso de moléculas pequenas (neutras ou iónicas), envolvendo elementos representativos, constituídas por um átomo central e vários átomos pe-

riféricos pode-se, com vantagem, inverter o processo acima mencionado, de forma a prever a geometria molecular e, posteriormente, tomar o resultado como ponto de partida para a determinação da correspondente fórmula estrutural, eliminando algumas das dificuldades apresentadas pelos alunos.

## Previsão de geometrias moleculares

A geometria de uma molécula pode ser determinada, de acordo com o método proposto, da seguinte forma:

(1) Procede-se à contagem do **número total de electrões de valência** presentes numa molécula, que corresponde ao número total dos electrões de valência dos átomos participantes, tendo, no entanto, atenção à carga. Numa molécula catiónica (por exemplo, no nitrónio,  $\text{NO}_2^+$ ), cada carga positiva corresponde à saída de um electrão de valência, e numa molécula aniónica (por exemplo, no nitrito,  $\text{NO}_2^-$ ), cada carga negativa corresponde à entrada de um electrão de valência na contagem. Este passo não é difícil de dominar pelos alunos, na medida em que se relaciona com facilidade o número de electrões de valência de cada átomo com o grupo em que se

este se encontra no Quadro de Classificação Periódica.

(2) Define-se qual **o átomo central**, que é, usualmente, o menos electronegativo (à excepção do hidrogénio que, em circunstâncias normais, não pode ser o átomo central). Podem surgir dificuldades quando todos os átomos são iguais (por exemplo, no ozono,  $\text{O}_3$ ), e então qualquer um deles poderá ser considerado o central e os outros serão periféricos, ou em algumas excepções (por exemplo, no óxido de dicloro,  $\text{Cl}_2\text{O}$ ) para as quais o átomo (ligeiramente) mais electronegativo é o central.

(3) Determina-se o **número total de electrões dos átomos periféricos**, considerando que têm a sua camada de valência completamente preenchida. Na prática, esta contagem resume-se simplesmente a dois electrões para cada átomo de hidrogénio e oito electrões para cada átomo de qualquer outro elemento.

(4) Calcula-se o **número de electrões não partilhados pertencentes ao átomo central**, que corresponde à diferença entre o número total de electrões de valência presentes na molécula (determinado no primeiro passo) e o número total de electrões dos átomos periféricos, considerando que têm a sua camada

Colégio D. Duarte, Rua Visconde de Setúbal, 86, Porto, 4200-497, Portugal  
(\*E-mail: madmage1@yahoo.com)

de valência completamente preenchida (determinado no terceiro passo).

(5) Por fim, usa-se o **modelo de Repulsão dos Pares Electrónicos da Camada de Valência**, de Gillespie [5,6,7] (ver Tabela 1 e Nota 1), tomando os pares electrónicos não partilhados pertencentes ao átomo central como domínios electrónicos não ligantes e o número de ligações entre o átomo central e os átomos periféricos, independentemente da sua ordem de ligação, como domínios ligantes (e igual ao número de átomos periféricos).

É apresentado, de seguida, um exemplo de aplicação para a espécie molecular aniónica  $\text{NO}_2^-$ .

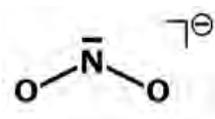
(1) O número total de electrões de valência é:  $5 + 2 \times 6 + 1 = 18$ ,

(2) O átomo central é o de azoto,

(3) O número total de electrões dos átomos periféricos (correspondente a dois átomos de oxigénio) é:  $2 \times 8 = 16$  electrões,

(4) O número de electrões não partilhados pertencentes ao átomo central é:  $18 - 16 = 2$ , isto é, um par electrónico não ligante, ou um domínio não ligante,

(5) Com dois átomos periféricos (dois domínios ligantes) e um par electrónico não ligante (domínio não ligante) a molécula apresenta uma geometria angular (Figura 1).



**Figura 1** Esquema da molécula  $\text{NO}_2^-$ , com a representação dos três domínios electrónicos que lhe definem directamente a geometria.

### Determinação da fórmula estrutural

Partindo da geometria molecular, determinada pelo método acima descrito, consideram-se numa primeira fase todos os domínios ligantes rodeando o

**Tabela 1** Geometrias adoptadas em função do número e tipo de domínios electrónicos que rodeiam o átomo central (# DEL: n.º de domínios electrónicos ligantes; # DENL: n.º de domínios electrónicos não ligantes; # TDE: n.º total de domínios electrónicos).

# DEL	# DENL	# TDE	geometria de base	geometria efectiva
2	0	2	linear	linear
2	1	3	triangular plana	angular (~120°)
3	0			triangular plana
2	2	4	tetraédrica	angular (~109°)
3	1			piramidal trigonal
4	0			tetraédrica
2	3	5	bipiramidal trigonal	linear
3	2			em T distorcido
4	1			bisfenóide
5	0			bipiramidal trigonal
2	4			linear
3	3	6	octaédrica	em T distorcido
4	2			quadrada plana
5	1			piramidal quadrada
6	0			octaédrica

átomo central como sendo constituídos por pares electrónicos.

Para obter a fórmula estrutural da molécula procede-se da seguinte forma:

1.º Associam-se equitativamente os electrões de valência ainda não distribuídos, pelos átomos periféricos.

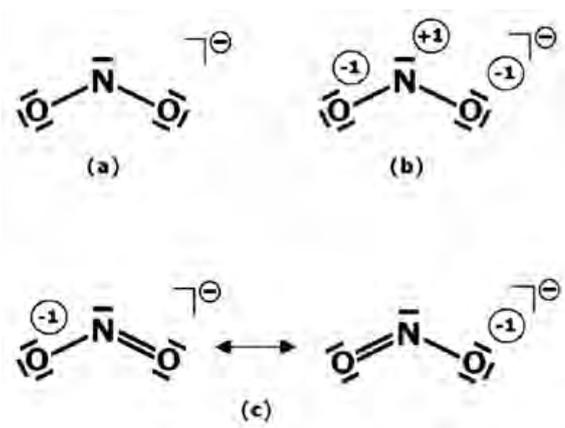
2.º Determinam-se as cargas formais de todos os átomos presentes na molécula, isto é, calcula-se a diferença entre o número de electrões que tornariam o átomo neutro e o número de electrões que ele possui na presente estrutura, que corresponde à soma de metade do número de electrões envolvidos em domínios ligantes com o número de electrões presentes nos seus domínios não ligantes.

3.º Deslocam-se pares electrónicos de domínios não ligantes dos átomos periféricos para domínios ligantes, tentando

anular-se, ou nessa impossibilidade, minimizar-se a carga formal do átomo central [8] (ver Nota 2) ou seja, quando não for possível anular a carga formal do átomo central por este não poder suportar mais de quatro pares electrónicos em seu redor (como é o caso dos elementos carbono, azoto, oxigénio e flúor), deve-se então reduzi-la ao mínimo permitido pela regra do octeto.

Quando o modo de minimizar a carga formal do átomo central se pode conseguir de várias formas equivalentes, a molécula apresenta híbridos de ressonância, isto é, várias estruturas contribuintes, e para as ligações cuja ordem pode variar teremos um carácter intermédio.

Tomando como exemplo a espécie  $\text{NO}_2^-$ , cuja geometria molecular já foi acima determinada, passa-se à escrita da correspondente fórmula estrutural:



**Figura 2** Passos seguidos para a escrita da fórmula estrutural correspondente à espécie  $\text{NO}_2^-$ .

(1) Distribuem-se os  $18 - 6 = 12$  electrões pelos dois átomos periféricos de oxigénio (Figura 2 a),

(2) Determinam-se as cargas formais de todos os átomos (Figura 2 b),

(3) Minimiza-se carga formal do átomo central (Figura 2 c).

Verifica-se, neste exemplo, a existência de duas fórmulas estruturais equivalentes (Figura 2 c) o que indica a existência de ressonância entre elas e, portanto, nesta espécie (anião nitrito) verifica-se uma ligação azoto-oxigénio de ordem intermédia entre a simples e a dupla.

### Conclusões

Este método apresenta a vantagem de ser simples e sequencial, o que permite a um aluno prever a geometria de uma molécula simples envolvendo elementos representativos e, posteriormente, a respectiva fórmula estrutural. Saliente-se ainda que se torna possível estimar ângulos de ligação a partir do número e tipo de domínios ligantes e não ligantes que rodeiam o átomo central. Ao longo do processo o aluno vê-se confrontado com a noção de carga formal e com a possibilidade de ocorrência de ressonância.

A desvantagem deste método centra-se na dificuldade da aplicação a moléculas com várias possibilidades de escolha para átomos centrais. Contudo,

no cômputo geral, pode considerar-se uma boa ferramenta inicial na previsão de geometrias moléculares (e, posteriormente, das correspondentes fórmulas estruturais) para a maioria das moléculas simples, envolvendo elementos representativos, o que auxilia na aquisição e estabilização de conceitos importantes como geometria molecular, modelo de repulsão dos pares electrónicos da camada de valência, carga formal e ressonância.

### Notas

1. O modelo de Gillespie nas suas versões mais recentes envolve a noção de **domínio electrónico**, que consiste numa região do espaço onde há elevada probabilidade de encontrar um ou mais pares de electrões. Também no presente método se pode considerar cada par de electrões não ligantes, bem como cada ligação (independentemente da sua ordem formal) entre o átomo central e um átomo periférico, como um domínio electrónico.

2. A minimização das diferenças de cargas formais entre os átomos nas estruturas de Lewis (e fórmulas estruturais) tem sido considerada, em muitos artigos [8] e livros de texto [9], como originando representações mais próximas da realidade da molécula. No entanto, também há quem privilegie a obediência à regra do octeto [10], ba-

seando-se em cálculos teóricos que apontam para uma muito baixa contribuição de orbitais *d* para a ligação em moléculas onde o átomo central estaria rodeado por mais do que oito electrões, e para a possibilidade de se verificarem ligações polieletrónicas, pluricêntricas [11].

### Referências

1. J.P. Birk, M.J. Kurtz, *Journal of Chemical Education*, **76** (1999) 124-128
2. C. Furio, M.L. Calatayud, *Journal of Chemical Education*, **73** (1996) 36-41
3. V.M.M. Lobo, *Química* (Boletim da Sociedade Portuguesa de Química) **70** (1998) 13-17
4. M. Valente e H. Moreira, Livro de Resumos do 4.º Encontro da Divisão de Educação e Ensino da Química (2005) 79-80
5. R.J. Gillespie, *Journal of Chemical Education*, **81** (2004) 298-304
6. R.J. Gillespie, E.A. Robinson, *Angewandte Chemie International Edition in English*, **33** (1996) 495-514
7. R.J. Gillespie, *Chemical Society Reviews*, **21** (1992), 59-69
8. G.H. Purser, *Journal of Chemical Education*, **78** (2001) 981-983; J.Q. Pardo, *Journal of Chemical Education*, **66** (1989) 456-458; J.A. Carrol, *Journal of Chemical Education*, **63** (1986) 28-31
9. G.L. Miessler e D.A. Tarr, *Inorganic Chemistry*, 3.ª edição, Pearson Prentice Hall (ed.), Nova Jérсия, 2004; D.F. Schriver, P.W. Atkins e C.H. Langford, *Inorganic Chemistry*, 2.ª edição, Oxford University Press (ed.), Oxónia, 1998; R. Chang, *Química*, 5.ª edição, McGraw Hill (ed.), Lisboa, 1994
10. L. Suidan, J.K. Badenhop, E.D. Glendenning e F. Weinhold, *Journal of Chemical Education*, **72** (1995) 583-586
11. O.W. Curnow, *Journal of Chemical Education*, **75** (1998) 910-915

# O Filósofo natural num manual de Alquimia

A . M . AMORIM DA COSTA \*

## Química e Alquimia

Referindo o Programa da Terceira Parte da Filosofia Natural, a Ciência Chymica, a ciência que “ensina a separar as diferentes substâncias que entram na Composição de hum Corpo; a examinar cada huma das suas partes; a indagar as propriedades e analogias dellas; a comparallas e combinallas com outras substancias; e a produzir por mixturas differentemente combinadas novos Compostos”, os Estatutos da Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra, em 1772, não foram minimamente complacentes para com os alquimistas. Neles, o Reformador fez questão de deixar bem claro que “antes de entrar nas Lições desta Sciencia, dará o Lente hum Resumo abbreviado da *Historia* della: mostrando a origem que teve; os progressos que fez; as revoluções; os sucessos; a decadência; e o descrédito em que esteve pelos mysterios escuros dos *Alchymistas*, e pelas pertensões frívolas da Pedra Filosofal, e outros segredos, cuja invenção se propunham homens de maior temeridade que prudência”.<sup>1</sup>

Na sua decisão firme de restauração do ensino da ciência química nos moldes das novas práticas e teorias que no resto da Europa ela conheceu “nos últimos tempos”, o apelo a um corte radical com os alquimistas fazia tábua rasa do facto de serem alquimistas declarados os grandes praticantes e renovadores desta ciência nas décadas anteriores que mais haviam marcado a sua renovação, incluindo, como principais fautores, Paracelso, Van Helmont, Becher, Stahl e o próprio Newton. No contexto

da Revolução Científica Moderna, a ciência química conheceu os seus novos rumos no quadro da iatroquímica (a química ao serviço da medicina) e da química do *Jardin du Roi* dos séculos XVI-XVII, uma e outra totalmente informadas por uma filosofia alquimista.

Apodando de “mysterios escuros” e “pertensões frívolas da Pedra Filosofal” as práticas dos alquimistas com um apelo à sua total rejeição, o Reformador ignorava, inclusive, quanto o perfil do Filósofo Natural que os seus Estatutos traçavam podia ser decalcado de muitos textos alquímicos que então circulavam com grande aceitação pela Europa. Fazendo-o, o Reformador assumia, todavia, uma atitude que também se tornara corrente, ao tempo, na Europa, que relegaria para a escuridão quantos ousassem devotar-se às práticas químicas com intenções alquimistas. Uma atitude que atravessou todo o século XIX e grande parte do século XX e que se encontra ainda hoje a ser reabilitada.

Hoje, é cada vez maior o número de historiadores da química empenhados em repensar o papel das tentativas-erros da alquimia no desenvolvimento da química como ciência. Recentemente, a propósito da International Conference on the History of Alchemy and Chymistry realizada de 19 a 22 de Julho de 2006, em Filadélfia (USA) na Chemical Heritage Foundation, o New York Times, na sua página de rosto e na sua secção “Science Times”, pôs em relevo esse empenho.<sup>2</sup> Sem negar que muitos daqueles que nos diferentes séculos se devotaram à Alquimia foram verdadeiros charlatães que deixaram pelas ruas do total descrédito a arte e a literatura a que deixaram ligados seus nomes, impõe-se creditar a muitas das práticas alquímicas e a muitos dos seus

mais apaixonados praticantes muito do progresso científico verificado no domínio do conhecimento químico, sobretudo nos séculos XVII e XVIII, a ponto do grande historiador da Química J. R. Partington se referir muitas vezes à química como “alquimia racionalizada”.<sup>3-4</sup>

Apraz-nos aqui, neste contexto, realçar o perfil do Filósofo Natural traçado pelo Médico Português Anselmo Caetano Munhós de Avreu, no seu tratado *Ennoea*<sup>5</sup>, escrito em 1730 e publicado em 1732 (Parte I) e 1733 (Parte II), todo ele um longo Diálogo entre Enodato (o próprio autor) e Enódio (um seu discípulo ávido das doutrinas e práticas da alquimia), num todo de mais de 300 páginas, acrescidas de 176 páginas do chamado *Prólogo Galeato* e mais de 70 páginas de Dedicatória, todas elas, umas e outras, centradas no mesmo assunto.

Sem entrar em pormenorizadas considerações sobre a obra e o autor do tratado em questão, diremos apenas que Anselmo Caetano Munhós de Avreu Gusmão e Castelo Branco era Doutor pela Universidade de Coimbra, familiar do Santo Ofício, Médico do Excelentíssimo Senhor Duque de Aveiro e natural da antiquíssima Vila de Soure. Bibliograficamente, para além da *Ennoea*, escreveu também um tratado com o título *Systema Medico Galeno-Chymico*, outro com o título *Polymathia Medica Hermético-Galenica* e ainda um outro intitulado *Vieira Abbrviado*.<sup>6-7</sup>

Estamos em crer que caso tivesse conhecido e considerado devidamente o perfil do Filósofo Natural traçado por Anselmo Caetano na referenciada *Ennoea*, apresentado como exigência natural para a *prática frutuosa da Chymica* e o *descobrimto da Chrysopeia*, pois se os homens tanto suão e trabalham para viver e terem com que vivão, em

\* Dept. de Química, Universidade de Coimbra  
3004-535 COIMBRA

nenhuma Arte devem trabalhar e suar mais do que no estudo da Chymica, e no descobrimento da Chrysopeia<sup>8</sup>, talvez o Reformador da Universidade de Coimbra tivesse encontrado nele a introdução bastante para a definição do objectivo da Faculdade de Filosofia Natural criada pelos Estatutos e se tivesse dispensado da injusta referência ao descrédito que à química teria advindo dos “mysterios escuros dos *Alchymistas* e das pertensões frívolas da *Pedra Filosofal*”.

### O sonho de Enodato

É no Diálogo II do seu tratado *Ennoea* que Anselmo Caetano Munhós de Avreu refere explicitamente e com toda a clareza o perfil do “consumado Filósofo” que há-de ser o apanágio supremo do verdadeiro Adepto, na procura e preparação da Pedra Filosofal. Ele “há-de ser homem de claro entendimento, profundo juízo, subtil discurso, grande compreensão e bom engenho”; e, sobretudo, “consumado na Filosofia”, “perito na língua latina, inteligente da Mathematica, versado na lição dos livros Chymicos, para que o estudo aperfeiçoe o entendimento, e o entendimento illustrado alcance grandes segredos com a subtilidade do juízo, e os reduza a pratica com o bom engenho”. Para tanto, “além de todas estas qualidades há de ter industria, constância, riqueza, prudência, sossego, paciência e segredo”.<sup>9</sup>

É porém, na descrição do seu sonho alquímico que apresenta no Diálogo III que esse perfil é melhor explanado e realçado.<sup>10</sup>

Depois da conversa de longas e longas horas que Enodato tivera com Enódio, aduzidas todas as razões e todos os factos em favor da existência da Pedra Filosofal, e, a seu ver, rebatidos todos os argumentos de que se servem os não-herméticos para a negarem, sentindo que já mais nada tinha para declarar sobre o assunto, Enodato entrega a Enódio um papel em que escrevera na manhã do dia anterior um sonho que tivera. Era como que um teste passado ao discípulo para fazer a avaliação do quanto ele havia compreendido de toda a conversa que com ele havia tido: se fosse capaz de o interpretar, dever-se-ia sentir consolado; se o não entendesse, não se deveria sentir surpreendido porque se tratava de facto, de um sonho

misterioso, mas não se “deveria aplicar então ao estudo da *Chymica* porque não tiraria dele qualquer fruto”.<sup>11</sup>

Depois de ter ponderado todos os enigmas com que os Adeptos explicaram a *Ars Magna*, Enodato adormeceu e sonhou que estava embarcado num navio que fustigado por violenta e furiosa tormenta se desfez, tendo ele sido arrojado, abraçado a uma tábua, para uma praia deserta a que se seguiam, terra adentro, uns dilatados e desconhecidos campos, totalmente desérticos e despovoados, sem quaisquer culturas, nem estradas, nem veredas. O deserto, a aridez, a sensação de nada saber, eis os primeiros sentimentos de quem se propõe encetar a dura caminhada que o leve à prática da *Ars Magna* do verdadeiro praticante da alquimia, num requisito de virtude, fé e trabalho paciente. “Ora, lege, relege, labora et invenies”.

Em pleno deserto, Enodato viu-se mergulhado num mundo de miragens. Era como se estivesse na cidade de Morgana, essa cidade do Reino de Nápoles, onde, “no meio dos vapores do ar, aparecem com tão admirável como repentina architectura, Castelllos e Palácios com arcos magníficos e colunas equidistantes, e estas em tão grande numero, (...) mais de dez mil, todas belíssimas, com proporção e cor admirável, e pouco a pouco desvanecendo os primeiros objectos, succedem, como em diferentes scenas e aparências, bosques amenísimos, ciprestes e arvores mayores em fileiras, e campos abertos, cheyos de homens, e gados de muitas castas”.<sup>12</sup>

Mercê da sobreposição de diferentes camadas de ar com diferente grau de rarefacção e, conseqüentemente, diferente índice de refracção, os raios luminosos provenientes de um mesmo ponto de qualquer objecto dão origem a uma distribuição de pontos-imagem numa longa linha vertical. Formam-se assim uma infinidade de imagens virtuais de um mesmo objecto. Nas costas do estreito de Messina, as condições atmosféricas são propicias à ocorrência deste fenómeno. Homero na Odisseia, Virgilio na Eneida, Ovídio nas Metamorfoses e Dante na Divina Comédia o haviam constatado. Hoje a Física explica-o com naturalidade com as suas explicações dos fenómenos ópticos, como explica a infinidade de imagens virtuais de um objecto posto entre dois espelhos para-

lelos. Mas antes de se ter encontrado esta explicação, outras foram as explicações. Num mundo de duendes e fadas, ele tornou-se um fenómeno lendário. Por ali andara a Fada Morgana, essa figura lendária dos celtas, irmã do rei Artur que com ele casou e de quem teve filhos, e que o protegeu quando caiu morto. Ligada pois ao grande arauto da busca do Santo Graal. Não surpreende por isso, que o fenómeno fosse particularmente objecto de especulações para os Adeptos da Alquimia, tido como um fenómeno de luz e sombra da *Arte Magna*.

O padre Atanásio Kircher a quem Anselmo Munhós de Abreu tem sempre presente ao longo de toda a *Ennoea*, pois é seu objectivo refutar todos os argumentos por ele aduzidos contra a existência do “grande mysterio da *Arte Magna*”, servindo-se deles para provar a mesma, designa o fenómeno em causa de “maravilhoso aparato”. E no seu propósito de impugnar os mistérios da *Arte Magna*, com toda a clareza afirma que ele se explica por “razões naturaes, fundadas na Catóptrica, pela proporcionada mistura de luzes e sombras, formando-se no meyo dos vapores mais crassos, oppostos ao monte, huma opacidade, com vários ângulos de incidência e reflexão, da qual resulta um perfeito espelho polyedro, que de um só objecto, v. g. de huma so columna, que acaso estará na praya, se reflecte huma prodigiosa multidão de columnas”. Assim, “de huma árvore se faz um bosque, de hum homem se faz um exército”.<sup>13</sup> Falando do seu sonho, Enodato sabe desta explicação, mas sente-se melhor com o maravilhoso. A noção de espelho presente na explicação avançada por Kircher poder-lhe-ia ter servido para referir a simetria entre o mundo que habitamos e o mundo donde a alma se eleva, na axiomática do grande princípio da Tábua de Esmeralda de que o que está em cima é como o que está em baixo, o microcosmos, a imagem múltipla da reflexão do macrocosmo.

Como está no deserto, Enodato sente-se bem com uma explosão de energia que caracteriza este primeiro estado da sua caminhada rumo ao reino onde mora o grande Artífice da *Arte Magna*. Situado ainda do lado de cá do espelho, sente-se confortado com a multiplicação maravilhosa de si mesmo num vislumbre

que lhe dá a força necessária para caminhar no meio de tanta aridez.

O deserto onde as coisas são miragem de luz e sombra é o lugar próprio para o Adepto iniciar a sua iniciação. No princípio, no seu gérmen, a Obra é *nigro*; é na confusão primordial dos elementos, na corrupção da semente, no húmido e cáldo útero materno, que o Adepto deve iniciar a sua obra de síntese. É no deserto, no Caos tenebroso tornado miragem e abismo, que a dissolução das matérias seminais da Obra se dá para que se torne possível a resolução dos elementos em Mãe-Água.

Mas, iniciada a caminhada, rapidamente começa a fazer-se luz, com o sol a raiar à sua frente. Da miragem rapidamente se passa para um mundo onde as coisas são reais, palpáveis e sedutoras; às trevas segue-se o belo do colorido, onde se realça o verde da esperança que dá alento ao caminhar do viandante.

Rapidamente, Enodato se encontra num vale que ficava entre dois montes muito altos, cheio de plantas pequenas de muitas e diversas cores e figuras, porque não só eram verdes, mas brancas, amarelas, azuis, pardas e negras. Todas elas muito viçosas, embora ali não houvesse água, nem ninguém que as regasse ou cultivasse. No termo do vale, umas serras muito altas, cobertas com um admirável e delicioso bosque em que as árvores tinham troncos, ramos e folhas cobertos de cinzas e frutos. E no fim das serras, num outeiro mais baixo, uma árvore singular, a árvore do conhecimento que os textos sagrados colocam no centro do Paraíso, essa árvore de cujo fruto Adão comeu infringindo a ordem do seu criador. Junto dela, um venerável Ancião que lhe iria servir de guia no resto da caminhada.<sup>14</sup>

É aqui, em pleno bosque, que começa a iniciação do Adepto no seu encontro com o Ancião, em estrita consonância com aquilo que Enodato já antes afirmara a Enódio, repetindo o que S. Bernardo escrevera a um amigo: mais se aprende nos bosques do que nos livros, porque nos bosques acha-se Deus que é a verdadeira fonte da sabedoria, e nos livros acha-se muita ignorância dos homens.<sup>15</sup>

O venerável Ancião era um velho na idade, mas um renovado Mancebo

na plenitude das suas faculdades físicas, cheio de força e saúde e com as mais perfeitas cores, e, sobretudo, na plenitude das suas faculdades mentais. Era um Filósofo e como tal passa a ser designado por Enodato no resto da narração do seu sonho. Um Filósofo que servia como primeiro-Ministro da poderosíssima Imperatriz que reinava naquela terra em que se encontrava e servia de guia a todos os peregrinos que a essa terra chegassem.

Sabendo que os Monarcas do mundo inteiro são vassalos e feudatários dessa toda poderosa Imperatriz a quem o Ancião servia como primeiro-ministro, logo Enodato pensou tratar-se da Santíssima Trindade porque só “Deus Trino e Uno he verdadeiro Rey dos Reys e Senhor dos que dominam o Mundo”. Mas estava enganado no seu pensamento. Embora Soberana Senhora, a Imperatriz não é Deus, mas criatura sua, com mais de natural que de divina.<sup>16</sup> O Ancião logo ali lhe atalhou esse seu engano: a Imperatriz a quem servia como primeiro-Ministro era a Natureza. Ele era seu guia no caminho que o conduziria a seu trono porque é a Filosofia que leva ao verdadeiro conhecimento da Natureza e permite explicar os mistérios da prodigiosa quinta que é seu reino.

Este encontro onírico com o Ancião e nesta primeira revelação que ele lhe fez sobre quem era e sobre quem era a Imperatriz a quem servia como primeiro-ministro, Enodato via consagradas aquelas qualidades do verdadeiro Adepto que referira já a seu discípulo Enódio quando lhe dissera: “há-de ser homem de claro entendimento, profundo juízo, subtil discurso, grande compreensão e bom engenho”; e, sobretudo, “consumado na Filosofia”. Porque “consumado na Filosofia”, o verdadeiro Adepto deveria ser também “perito na língua latina, inteligente da Mathematica, versado na lição dos livros Chymicos, para que o estudo aperfeiçoe o entendimento, e o entendimento illustrado alcance grandes segredos com a subtileza do juízo, e os reduza a pratica com o bom engenho”. Para tanto, “além de todas estas qualidades há de ter industria, constância, riqueza, prudência, socego, paciência e segredo”.<sup>17</sup>

Nele temos o retrato quase perfeito do verdadeiro estudioso da Natureza, o fi-

lósofo natural, na certeza de que a Filosofia é a alma de todos os conhecimentos humanos; sem ela não será possível conhecer-se devidamente a Natureza. E sem a conhecer não é possível fazer como ela faz. Ela é a ciência da Razão e a contemplação da Natureza. Não se pode pois ter acesso à soberana Imperatriz que domina sobre todas as coisas se não se for verdadeiro filósofo: um iniciado na Filosofia Racional que dirige as operações do entendimento e prepara os primeiros princípios de todas as ciências; e um iniciado na filosofia natural que transpondo as duas grandes portas do conhecimento da Natureza, a observação e a experiência, leve ao conhecimento dos Princípios que a regem e das Leis em que é possível traduzi-los.

Para bem operar, o Adepto tem de se mover continuamente nos meandros da Nova Ciência, essa Ciência que N. Tartaglia, em 1537, na sua figuração do encontro das disciplinas matemáticas com a Filosofia apresenta a ocupar a parte mais interior e altaneira duma fortaleza, onde, na entrada imediata, a entrada interior, Aristóteles e Platão recebem o estudante que a ela se dirige; e no exterior, dirigindo-se ao seu encontro, o estudante se encontra com Euclides que o entrega às disciplinas matemáticas (a Aritmética, a Geometria, a Astronomia, a Astrologia), na presença do próprio Tartaglia, dirigindo-se, então, todos juntos para o local da Filosofia.<sup>18</sup> Ela é a Razão que uns anos antes, em 1532, o nosso João de Barros, na sua *Ropicapneuma*, a Mercadoria Espiritual do Tempo, do Entendimento e da Vontade, localizava na “melhor e mais forte torre do castelo em que habita”, reafirmando a doutrina de Platão, reforçada, nesses anos por Erasmo no seu *Enchiridion*: a Razão tem sede e assento na parte mais alta de todo o corpo, o cérebro, a mais próxima do céu, a torre mais alta da cidade humana, onde lhe é devida homenagem como a rei que a tudo preside e medeia; a sua excelência advém-lhe duma lei eterna que Deus nela imprimiu, mercê da qual sempre se inclina para o bem, resistindo tenazmente a todas as seduções.<sup>19-20</sup>

Consumado na Filosofia, o Adepto não pode ser nunca um divorciado da ciência natural por mais que venha a concluir, num discurso de verdadeiro

misticismo, que a “verdadeira Pedra Filosofal he a graça de Deos que comunica à alma a virtude de purificar os Metaes dos cinco sentidos, e converter em Prata e Ouro para a coroa da gloria as nossas obras” onde “o húmido supérfluo que os *Chymicos* devem tirar he o luxo; o sulphureo ardor he o fogo da luxúria; a negridão corrompente he a mácula do pecado; as fezes terrestres que estorvão os progressos da obra, são o amor aos bens da terra que contamina a pureza do espirito”. É que de facto, “nesta obra concorrem também as operações *Chymicas*, a saber, *Sublimação*, quando se levanta a alma ao conhecimento do Altíssimo; *Precipitação*, quando conhece a sua baixaza; *Calcinação*, com o pensamento nas cinzas da morte; *Solução*, *liquação* e *distilação*, nas lágrimas da penitência; *Coagulação* e *Fixação*, na constância da Fé e firmeza no amor de Deos”.<sup>2</sup> E só o bom cientista conhece bem todas estas operações e está preparado para as realizar com a perfeição desejada.

A verdadeira Pedra Filosofal está escondida no seio da Natureza. É lá que o Adepto a pode encontrar; e só o conseguirá conhecendo profundamente essa mesma Natureza, nos seus mais recônditos meandros, e sabendo manipular todas as artes e técnicas que o possam levar até ao seu âmago. Ser um bom cientista é pois, requisito necessário para vir a ser um bom Adepto. Aquele que não for um verdadeiro sábio, não espere encontrar-se nunca com a Pedra Filosofal porque não é possível explicar os segredos da Natureza a quem não tiver percebido os mistérios da Filosofia.

No pressuposto de que para se ser um verdadeiro Adepto é necessário ser um “consumado Filósofo”, Enodato, nas suas conversas com Enódio, salientou, em particular a necessidade de ser “perito na língua latina, inteligente da *Mathematica*, e versado na lição dos livros *Chymicos*”. O latim era ao tempo de Anselmo Caetano de Munhós, a matriz linguística da cultura científica. O verdadeiro filósofo, no seu estudo da Natureza não pode deixar de estar em diálogo contínuo com todos aqueles que por esse mundo fora, estão empenhados na mesma tarefa; com eles deve

trocar os seus conhecimentos e deles deve saber receber os conhecimentos de que eles são senhores. Esse diálogo torna-se difícil e pouco eficaz fora da necessária matriz linguística. Hoje, Anselmo Caetano diria, possivelmente, aos seus discípulos que para se ser um bom cientista é preciso ser perito na língua inglesa! O inglês ou uma outra qualquer língua que sirva adequadamente de matriz à fácil comunicação científica é cada vez mais um imperativo para se ser um bom cultor de qualquer ciência.

E não surpreende a referência específica à necessidade que o Filósofo da Natureza tem de ser “inteligente da *Mathematica* e versado na lição dos livros *Chymicos*”. Focando a necessidade da matemática, ele poder-se-ia ter reportado a Galileu que na questão 6 do seu tratado *O Ensaizador*, escrito em 1623, afirmara com toda a convicção: “a filosofia do Universo esse grandíssimo livro que continuamente está aberto em frente de nossos olhos, não se pode entender sem primeiro se conhecer a linguagem e os caracteres em que está escrita. A sua linguagem é uma linguagem matemática em que os caracteres são os triângulos, os círculos e demais figuras geométricas, sem o conhecimento dos quais é impossível entender uma só das suas palavras”.<sup>22</sup> E sobre a necessidade de ser versado nos livros químicos bastará referir que é pela química que a Natureza é dissecada, num processo de análise e síntese, para bem se compreender a sua composição e os mecanismos de sua acção.

A “industria (como diligência de acção intelectual), constância, riqueza, prudência, sossego, paciência e segredo” são qualidades universalmente reconhecidas e se espera sejam apanágio de toda a actividade científica, sem as quais ela rapidamente degenera e se torna fogo fátuo.

#### Notas

- 1 Estatutos Pombalinos da Universidade de Coimbra, 1772, Liv.III, Pt.III, Tit.III,Cp.IV, n.2
- 2 J. N. Wilford, Transforming the Alchemists in *New York Times*, August 1, 2006
- 3 J.R.Partington, A History of Chemistry, vol.I (MacMillan & Co Ltd.Londres 1970) pp.XI-XVIII.

- 4 A.M.Amorim da Costa, Alquimia, um Discurso Religioso, Lisboa, Pub.Vega,1999, pp.18-23.
- 5 Anselmo Caetano Munhós de Abreu Gusmão e Castelo Branco, Ennaea [sic], ou applicação do entendimento sobre a Pedra philosophal provada, e defendida com os mesmos argumentos com que os Reverendíssimos Padres Athanasio Kircher no seu Mundo Subterraneo, e Fr. Bento Hieronymo Feyjoo no seu Theatro Crítico, concedendo a possibilidade, negão, e impugnação a existencia deste raro e grande mysterio da Arte Magna, – (Parte I: Lisboa Occidental, Officina de Mauricio Vicente de Almeida, 1732; Parte II: Lisboa Occidental, Nova Officina de Mauricio Vicente de Almeida, 1733). Edições facsimiladas: (a) – Y.Centeno, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1987; (b) – MM, Mafra, 1987.
- 6 M. J. Gandra in *Nota Preambular à Edição fac-similada de Ennoea ou Aplicação do Entendimento sobre a Pedra Filosofal* (Mafra, Rolo & Filhos, 1987), pp.28-29.
- 7 A.M. Amorim da Costa, Alquimia, um Discurso Religioso, Lisboa, Pub .Vega, 1999, pp.121-132; *Idem*, *O Sonho Alquímico de Enodato e o Perfil do Filósofo Natural* in VI Encontro Internacional “Discursos e Práticas Alquímicas, Guimarães, 22-24 de Junho de 2006. [http://triplov.com/coloquio\\_06/](http://triplov.com/coloquio_06/) amorim da costa
- 8 Anselmo Caetano Munhós de Abreu Gusmão e Castelo Branco, o. Cit., Prologo Galeato, p.161.
- 9 *Idem*, Dialogo II, cp.unico, §2, pp.9-10.
- 10 *Idem*, Dialogo III, cp.unico, §8, p.67-80.
- 11 *Idem*, Dialogo III, cp.unico, §8, p.67.
- 12 *Idem*, Dialogo III, cp.unico, §8, p.67.
- 13 *Idem*, p.68-69..
- 14 *Idem*, pp.69-70.
- 15 *Idem*, Dialogo II, cp.unico, §3, p.29.
- 16 *Idem*, Dialogo III, cp.unico, §8, p.72.
- 17 *Idem*, Dialogo II, cp.unico, §2, p.9-10.
- 18 N. Tartaglia, Nova Scientia. Veneza, 1537, vol.1, p.2).
- 19 João de Barros, Ropica Pnema, Lisboa, Lisboa Galharde, 1532.
- 20 A.M.Amorim da Costa, O Mundo Epistemológico de Ropicapnema (1532) de João de Barros in História da Ciência: o Mapa do conhecimento, Edusp, S.Paulo, 1995, vol.2, pp-217-235.
- 21 Anselmo Caetano Munhós de Abreu Gusmão e Castelo Branco, o. Cit., Dialogo III, cp. unico, §10, p.94.
- 22 Galileo-Galilei, Il Saggiatore, Roma, 1623, in Opere XVIII, p.293.

## Novos Espectrofotômetros da Série V-600 para UV-Vis/NIR



A Jasco, líder mundial em espectrofotometria com mais de quarenta anos de experiência no desenho deste tipo de equipamentos, tem a satisfação de introduzir no mercado uma nova linha de espectrofotômetros para UV-Vis/NIR. A série V-600 consiste de cinco modelos distintos desenhados para ir de encontro às necessidades de milhares de clientes em todo o mundo. Uma disposição óptica inovadora e um software de controle e análise de dados de fácil utilização garantem a exactidão, o desempenho e a fiabilidade requeridas para este tipo de aparelhos. A JASCO orgulha-se do desenvolvimento com sucesso de equipamentos analíticos rompendo com tradições estabelecidas e tem fundadas esperanças no sucesso desta poderosa linha de produtos. A JASCO juntamente com a Elnor, garantem inteiramente a fiabilidade e o desempenho destes equipamentos, fornecendo adicionalmente uma gama completa de serviços de apoio ao cliente.

Para mais informações:

Rua D. Frei Jerónimo de Brito e Melo,  
nº 835 4465 – 642 Leça do Balio

Telefone: 22 905 04 00

Fax: 22 905 04 99

e-mail: [info@elnor.com](mailto:info@elnor.com)

Web: [www.elnor.pt](http://www.elnor.pt)



### Desenho compacto

O desenho óptico compacto da série V-600 reduz exigências de espaço no laboratório moderno.

### Excelente desempenho óptico

A luz difusa reduzida permite medidas altamente precisas sobre uma escala fotométrica larga.

### Varrimento a alta velocidade

A elevada saída do sistema óptico e detectores rápidos permitem varrimentos a alta velocidade sem erros ao longo do comprimento de onda seleccionado.

### Correcção de fundo

A redução da luz difusa permite medidas de elevada exactidão em amostras de absorvância elevada.

### Varrimento passo a passo do monocromador

A função de varrimento passo a passo permite a atribuição fiável do pico de absorção em amostras com os picos afiados ou estreitos.

### Interfaces Gráficas de fácil acesso

Novo módulo iRM remoto inteligente Software Manager™ II e Spectra Manager CFR

### Acessório de IQ

Acessório de automático reconhecimento de acessórios.

### Arranque de IQ

Para arranque automático de qualquer programa registado por pressão simples da tecla "Arranque".



### Gama completa de acessórios

Mais de cinquenta suportes diferentes para análise de amostras gasosas, líquidas e sólidas com características específicas.

### Exactidão e fiabilidade

O equipamento é fornecido em conformidade com as normas USP, EP e JP. Como opção pode ser fornecido com rotinas de IQ/OQ.



### V-630

UV-Vis para aplicações gerais



### V-630 Bio

Aplicação na área das ciências da Vida

### V-650

UV-Vis de alta resolução

### V-660

Elevada rejeição de luz difusa

### V-670

Extensão para NIR



**V-600 Series**  
UV-Vis/NIR Spectrophotometer



# História breve dos pigmentos:

## 4 – das Artes da Idade Média (1.<sup>a</sup> parte)

JOÃO M. PEIXOTO CABRAL

Descrevem-se os pigmentos usados na pintura europeia da Idade Média, focando a atenção sobretudo naqueles que foram descobertos durante esse período. Devido a limitações de espaço, o trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira, que agora se publica, referem-se as princi-

pais obras medievais escritas sobre os materiais empregados pelos artistas e os respectivos métodos de preparação, e discutem-se os pigmentos vermelhos. Na segunda, que se publicará no próximo número do Boletim, examinam-se os pigmentos de outras cores.

### Introdução

A Idade Média corresponde tradicionalmente ao período decorrido entre a queda do Império Romano do Ocidente em 476 e o Renascimento, que no tocante às Belas-Artes alvoreceu em Florença e nos Países Baixos por volta de 1420. Foi um período de quase mil anos, durante o qual no mundo cristão a Igreja, que crescera rapidamente depois de 313, data em que Constantino concedeu liberdade de culto aos Cristãos, concentrou em si toda a autoridade em questões de natureza espiritual, moral e intelectual.

Assim, durante este período, os objectivos principais no domínio da arte cristã consistiram na criação de espaços arquitectónicos destinados ao culto religioso, no embelezamento das superfícies murais contidas nesses espaços – sobretudo com pinturas e mosaicos – e no ensino e difusão das ideias e valores do cristianismo para o que contribuiu significativamente a produção de manuscritos iluminados.

Por outro lado, no mundo muçulmano, que começou a formar-se na Arábia após a morte de Maomé em 632 e se expandiu com extraordinária rapidez através do Próximo Oriente, Norte de África e Península Ibérica, o Islão, embora não tenha utilizado a arte como meio de difusão das suas ideias em

virtude da interdição de Maomé contra a idolatria, exerceu também uma influência muito considerável no seu desenvolvimento sobretudo na área da arquitectura.

Pode dizer-se, portanto, que a arte da Idade Média se caracteriza essencialmente pela constância de temas próprios daquelas religiões, aliada a uma grande variedade de estilos causada pela amplidão do tempo e dos territórios abrangidos. Dependendo do estilo, é costume dividi-la em diversas classes nomeadamente, paleocristã, bizantina, muçulmana, da Europa bárbara, carolíngia, otoniana, românica e gótica [1].

Convém salientar que a partir do séc. VI os principais centros da actividade religiosa e intelectual na Europa cristã foram os mosteiros, alguns dos quais desempenharam um papel muito importante dos pontos de vista económico e cultural como, por exemplo, a exploração de grandes propriedades agrícolas, o ensino, a cópia e criação de manuscritos, e a feitura de obras de arte entre as quais pinturas e iluminuras. As escolas monásticas foram depois substituídas pouco a pouco por escolas episcopais, também chamadas catedrais por serem escolas urbanas adstritas às sés. Além disso, no séc. XII, devido ao crescimento rápido do número de estudantes e à propagação do espírito corporativo que se instalara

por todo o lado, começaram a surgir as universidades, primeiro em Bolonha, Paris e Oxford, e nos séculos seguintes noutras cidades da Europa. Contudo, as Belas-Artes ficaram delas arredadas – apenas uma *ars mechanica* (medicina) foi incluída nos seus programas de ensino – o que não surpreende atendendo ao desprezo que nessa época se tinha pelo trabalho manual relativamente ao intelectual. Deste modo, a escassez de obras escritas na Idade Média acerca das artes resultou em grande medida desse facto.

É de salientar ainda que, durante este período, sobretudo entre os séculos IX e XV, se estabeleceu na Europa o feudalismo – regime político-social caracterizado pela multiplicação dos laços de dependência pessoal (vassalagem) como condição para a posse de terras – o qual levou ao enfraquecimento do poder central, ao fortalecimento do poder da nobreza senhorial e ao aumento da pobreza. A estrutura da sociedade passou então a caracterizar-se por um excessivo contraste entre o número restrito de riquíssimos senhores e a enorme massa de gente paupérrima. Alguns desses senhores, à semelhança dos seus soberanos e da Igreja, foram patrocinadores das artes contribuindo também de modo significativo para o seu desenvolvimento.

## Fontes escritas

Embora a quantidade de obras escritas na Idade Média sobre os materiais e respectivos métodos de preparação usados pelos artistas na pintura e iluminura dessa época seja escassa (c. 400), ela é muito superior à verificada em épocas anteriores. Tais obras foram recentemente catalogadas por Clarke [2], que examinou ainda a história e o conteúdo das principais.

A mais antiga parece ser o manuscrito *Compositiones variae*, também conhecido por *Compositiones ad tingenda musiva* ou manuscrito de *Lucca*, o qual teria sido redigido a partir de textos gregos por volta de 600, provavelmente em Alexandria, e traduzido para latim durante a segunda metade do séc. VIII na Itália. Foi estudado por vários investigadores, considerando-se que o melhor estudo até agora publicado é o de Johnson [3]. Contém 157 receitas de uma grande variedade de práticas artesanais, entre as quais algumas relativas à pintura incluindo a preparação de pigmentos.

Quase contemporâneo, mas redigido em França ou na Alemanha, é o manuscrito *Mappae Clavicula* de que há três exemplares: o mais antigo, datando do séc. IX, foi achado em Klosterneuburg e está incompleto; os outros dois estão completos, sendo um (de *Sélestat*) do séc. X, e o outro (de *Phillips*) do séc. XII, mais extenso que o anterior. Note-se que o exemplar de *Sélestat* inclui todas as receitas contidas no manuscrito de *Lucca* e ainda algumas receitas novas; inclui também o bem conhecido livro *De Architectura* de Vitruvius. Por seu turno, o exemplar de *Phillips* possui cerca do dobro da informação contida no de *Sélestat*. O *Mappae Clavicula* foi traduzido para inglês e comentado por Smith e Hawthorne [4], tomando por base os dois exemplares completos. Conforme os tradutores fizeram notar, o facto de ele incluir tudo o que está no manuscrito de *Lucca* e não vice-versa sugere que seja um manuscrito posterior ao de *Lucca*.

Mais ou menos da mesma época conhece-se um outro manuscrito – *De clarea* – de autor desconhecido, citado

geralmente como *Anonymus Bernensis*, o qual foi traduzido para inglês por Thompson [5] com alguns comentários. De acordo com este investigador, seria um extracto inacabado de um trabalho perdido da segunda metade do séc. XI que, embora incompleto, “constitui, devido ao seu meticuloso tratamento de pormenores da prática do iluminador, um dos mais preciosos registos da tecnologia da arte medieval”.

Do séc. XII, quiçá da primeira metade, conhece-se ainda o manuscrito *De diversis artibus*, da autoria do monge beneditino Theophilus, que muitos julgam ser o metalurgista alemão Rogério de Halmarshausen, o qual é formado por três livros sendo o primeiro dedicado à pintura e iluminura. Neste livro o autor descreve várias técnicas de manufatura de diversos materiais, entre os quais alguns pigmentos. Do manuscrito completo, que ganhou grande celebridade, foram já feitas várias traduções sendo uma das mais divulgadas a tradução inglesa de Hawthorne e Smith [6].

Relacionado com a iluminura, conhece-se um manuscrito português – *Livro de como se fazem as cores* – redigido em caracteres hebraicos pelo rabi Abraão b. Judah ibn Hayyim, o qual contém receitas para preparar pigmentos. Segundo De Rossi teria sido terminado em Loulé em 1262, mas de acordo com outros autores seria mais tardio. Este texto foi publicado por Blondheim, em 1928, juntamente com uma tradução inglesa [7]. Dois anos depois, o mesmo autor publicou-o em caracteres vulgares, versão esta que Moreira de Sá [8] achou por bem reproduzir com pequenas alterações em 1960.

Possivelmente posterior (séc. XIII-XIV) é o manuscrito *De coloribus faciendis*, do monge Petrus de S. Audemar, o qual se tornou conhecido por meio de uma cópia incluída nos manuscritos de Jehan le Begue, datados de 1431, que foram vertidos para inglês por Merrifield [9a] em 1849. Contém uma série de receitas de práticas artesanais, quase todas relacionadas com a iluminura e relativas a diversos materiais entre os quais pigmentos. Julga-se, no entanto, que tais receitas não são originais mas sim copiadas de manuscritos antecede-

ntes como o *Mappae Clavicula* e o *De diversis artibus*.

Do séc. XIV é o manuscrito *Liber de coloribus illuminatorum siue pictorum*, proveniente talvez de França, que inclui também um grande número de receitas para preparar pigmentos bem como várias indicações sobre incompatibilidades entre alguns deles. Muitas dessas receitas são, contudo, semelhantes às contidas noutros documentos. Foi traduzido para inglês por Thompson [10].

Do séc. XIV é também um manuscrito muito importante – *De arte illuminandi* – de autor anónimo, que trata apenas de iluminura. Foi descoberto na Biblioteca de Nápoles, em 1872, e publicado pela primeira vez por Salazar em 1877, que o fez acompanhar de uma dupla tradução para italiano e francês. A este trabalho seguiram-se alguns estudos críticos efectuados por Lecoy de La Marche e, já nos primeiros anos do séc. XX, outros estudos realizados por Guareschi, historiador da Química, que o publicou de novo com uma tradução italiana feita por Zucchi e várias notas técnicas por si elaboradas. Uma segunda tradução francesa foi editada por Dimier, em 1927, e a primeira tradução inglesa só surgiu em 1933 sendo seus autores Thompson e Hamilton [11a]. Por outro lado, Brunello [11b] editou-o de novo em 1975, juntamente com a tradução italiana de Zucchi mas retocada, edição esta que contém ainda um interessante estudo sobre a técnica da miniatura medieval e um dicionário das cores que eram usadas.

É interessante notar que nos manuscritos de Jehan le Begue, atrás referidos, se encontram também cópias de dois manuscritos – *De coloribus diversis modis tractatur* e *De diversis coloribus* – de Jehan Alcherius ou Alcerius, ambos do final do séc. XIV, os quais estão relacionados sobretudo com a iluminura [9b].

Do final do séc. XIV é ainda o célebre e importantíssimo manuscrito *Il Libro dell'Arte*, do pintor toscano Cennino Cennini, redigido em italiano, que constitui um verdadeiro tratado sobre a arte de pintar, bem ilustrativo da prática da pintura italiana do séc. XIV. Dele conhe-

cem-se três cópias, a mais antiga das quais, datada de 31 de Julho de 1437, está depositada na Biblioteca Laurenziana em Florença. O manuscrito foi editado pela primeira vez por Giuseppe Tambroni, em 1821, mas fragmentário e com erros. A primeira edição completa e corrigida só veio a ser publicada em 1859, pelos irmãos Milanesi. Meio século depois foi revista por Renzo Simi, que a reeditou em 1913. Em 1982 Brunello [12a] publicou uma nova edição, baseada na de Simi, a que acrescentou numerosos comentários e anotações. A edição italiana mais recente data de 2003 e deve-se a Fabio Frezzato [12b]. Efectuaram-se já várias versões para outras línguas, sendo a mais divulgada a tradução inglesa da autoria de Thompson [12c]. É interessante notar que *Il Libro dell'Arte* inclui a opinião de Cennini sobre quais os pigmentos mais adequados para certos fins e a melhor maneira de os aplicar. Não contém, todavia, nenhuma informação sobre os processos de fabrico de pigmentos artificiais.

Do séc. XIV-XV conhece-se ainda um manuscrito alemão – o chamado manuscrito de Estrasburgo – dedicado apenas à iluminura, cujo original foi destruído mas do qual se publicou em 1966 uma transcrição acompanhada de uma tradução em inglês efectuada por Borradaile e Borradaile [13]. Contém um conjunto de instruções sobre a preparação de pigmentos.

Há que referir, por fim, um importante manuscrito anónimo do segundo quartel do séc. XV, intitulado *Segreti per Colori*, o qual, por estar depositado no Convento de S. Salvador em Bolonha, se conhece também pelo nome de Manuscrito Bolonhês. É formado por oito livros, escritos umas vezes em latim italianizado, outras vezes em italiano com uma mistura de palavras latinas, dos quais os seis primeiros contêm numerosas receitas para preparar e manufacturar pigmentos de várias cores. Foi publicado por Merrifield [9c], em 1849, juntamente com uma tradução inglesa, e por Guerrini-Ricci, em 1887, com um título diferente – *Il libro dei colori: segreti del secolo XV* – e uma tradução italiana [14].

## Estudos recentes

Deve-se a Thompson [15] a realização, em 1936, de uma síntese das informações contidas em muito dos referidos manuscritos, todas elas alusivas à pintura europeia, as quais procurou interpretar recorrendo também a resultados de exames científicos de certas obras que haviam sido feitos antes da referida data. De então para cá, muitos outros exames têm sido efectuados a pinturas medievais, dos quais alguns resultados poderão ser encontrados em revistas da especialidade e catálogos de exposições como, por exemplo, aquela que a *National Gallery* de Londres fez em 1989/90 sobre a pintura italiana anterior a 1400 [16].

Uma conclusão imediata que se pode extrair da leitura do livro de Thompson e do catálogo da citada exposição na National Gallery é a de que os pigmentos usados pelos artistas europeus da Idade Média foram, em grande parte, os mesmos que os empregados por artistas da Antiguidade Clássica, de que nos ocupámos num anterior número deste boletim [17]. Verificou-se, contudo, particularmente em relação a alguns dos pigmentos naturais, uma melhoria substancial nas respectivas técnicas de preparação, melhoria essa que se torna evidente so-

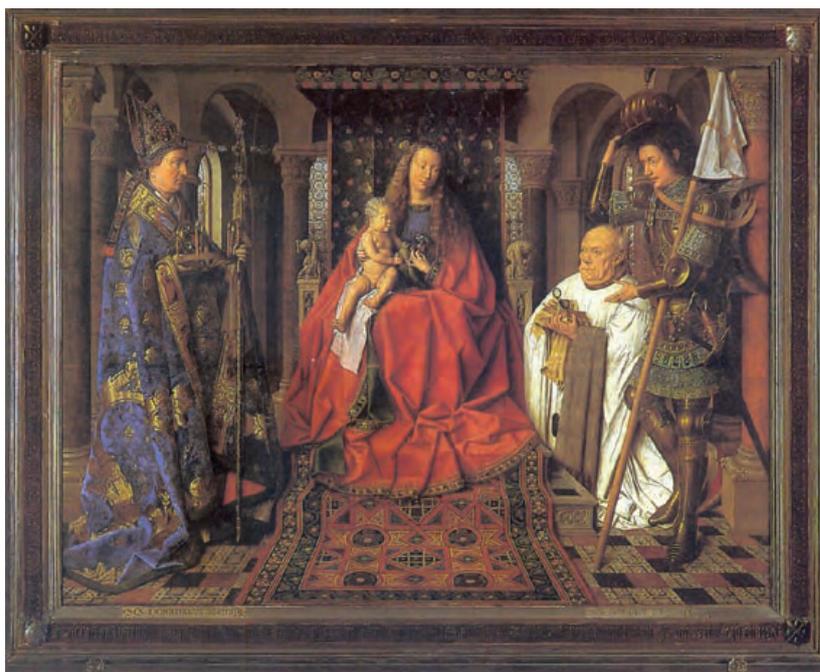
bretudo no azul ultramarino produzido a partir do lápis-lazúli, o qual aparece na pintura da Baixa Idade Média e do Renascimento nomeadamente na pintura dos *primitivos flamengos* (fig. 1) com um resplendor admirável.

Tal não significa que não se tivessem usado novos pigmentos artificiais, dos quais o mais importante é talvez o vermelhão – sucedâneo do cinábrio – cuja descoberta foi considerada por Thompson como a que maior e mais duradouro efeito teve na prática da pintura.

Outros pigmentos novos merecedores de destaque foram também as lacas, constituídas em regra por uma substância colorante fixada num material inorgânico que é geralmente o hidróxido de alumínio. Obtinham-se quase sempre juntando alúmen a um extracto de uma dada substância orgânica colorida, de origem vegetal ou animal, o qual precipita o referido hidróxido arrastando consigo a dita substância.

Não deve esquecer-se, no entanto, que durante o período correspondente à Idade Média outros artistas, noutras partes do mundo, produziram pintura, tendo alguns deles recorrido a pigmentos que não chegaram ao conhecimento dos seus contemporâneos europeus.

**Figura 1** Jean Van Eyck (1390-1441), A Virgem e o cónego Geoges Van der Paele, 1,22 m x 1,58 m. Museu Groeninge, Bruges. Pintado em 1434-1436.



No presente artigo trataremos dos pigmentos usados na pintura europeia medieval, ou seja, entre os séculos V e XV, focando a atenção principalmente nos novos pigmentos. Ocupar-nos-emos ainda do azul-maia, inventado pelos Maias durante o mesmo período, dadas as suas características especiais sobretudo a sua fraca susceptibilidade de alteração, a qual permitiu que ainda hoje possamos vê-lo com a sua tonalidade própria em murais do séc. VIII, como as célebres e magníficas pinturas de Bonampak, apesar das péssimas condições ambientais da região onde se encontram.

### Pigmentos vermelhos

Alguns dos pigmentos vermelhos naturais usados na pintura europeia medieval, designadamente o *minium* e a *sinopia*, eram já conhecidos dos artistas da Antiguidade Clássica. Com efeito, o primeiro é o cinábrio ( $\alpha$ -HgS) e o segundo é um ocre rico em hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Note-se que Plínio, nos seus escritos, embora se referisse a várias espécies de ocres vermelhos diferindo consoante a origem e qualidade, só a uma delas – a oriunda de Sinope – chamou *sinopis* [17]. Todavia, na Idade Média, a palavra *sinopia* generalizou-se, passando a designar qualquer variedade de ocre vermelho mesmo quando não provinha de Sinope. Muitos destes ocres foram usados na pintura mural e alguns dos mais brilhantes também na pintura de cavalete e na iluminura, sendo nesta com menor frequência a partir do séc. XIV [15].

Já conhecido antes era igualmente o pigmento artificial vermelho-de-chumbo (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) ao qual, na Antiguidade Clássica, davam os nomes de *sandaraca* artificial, *secundarium minium* e *cerussa usta*, e ainda hoje muita gente chama incorrectamente minio. Na Idade Média, este pigmento foi usado sobretudo na iluminura – sozinho ou juntamente com o vermelhão – conhecendo-se também exemplos da sua aplicação em policromias escultóricas e painéis dos séculos XII, XIII e XV e, mais raramente, em pinturas murais. Tinha a vantagem de ser barato, fácil de produzir [17] e possuir uma cor bonita e viva – flamejante se-

gundo Plínio –, qualidades estas que levaram a que fosse empregado em substituição do cinábrio antes do aparecimento do vermelhão.

O vermelhão não foi porém, como se disse, o único pigmento vermelho a ser descoberto na Idade Média: outros o foram também nomeadamente certas lacas produzidas a partir de extractos de substâncias colorantes de origem animal ou vegetal, como a laca indiana, a laca de quermes, a laca de brasil, a laca de garança, o sangue-de-dragão, o *folium* e a laca de hera.

### Vermelhão

O vermelhão é um sulfureto de mercúrio produzido sinteticamente –  $\alpha$ -HgS – que, como o correspondente sulfureto natural (o mineral cinábrio), cristaliza no sistema hexagonal, não se verificando nenhuma diferença estrutural entre eles na análise por difracção de raios-X. Convém lembrar, no entanto, que nas condições normais de pressão e temperatura o sulfureto de mercúrio pode existir sob duas formas principais distintas: a forma vermelha ( $\alpha$ -HgS), chamada ci-

nábrio, que sublima a 580°C e, como se disse, cristaliza no sistema hexagonal; e a forma negra –  $\alpha'$ -HgS – denominada metacinábrio, que é estável acima de 345°C e cristaliza no sistema cúbico. Conhece-se ainda uma outra forma vermelha de sulfureto de mercúrio –  $\beta$ -HgS – a qual não existe na natureza e é instável transformando-se em  $\alpha$ -HgS.

Segundo Gettens e cols. [18], o primeiro processo de sintetizar o vermelhão – processo seco – teria sido inventado pelos chineses e trazido para o Ocidente provavelmente pelos árabes. No manuscrito de *Lucca* já vem uma receita para o preparar, e no *Mappae Clavicula* vêm duas sendo a mais pormenorizada a que está descrita no capítulo 221-C da edição inglesa de 1974. Por outro lado, no *De diversis artibus* e no *Livro de como se fazem as cores* encontra-se também uma. O processo consistia resumidamente em aquecer uma mistura de mercúrio e enxofre numa retorta e, em seguida, sublimar o sulfureto de mercúrio produzido (forma negra) a fim de obter a forma vermelha.

**Figura 2** Giotto (1266/7-1337), O Pentecoste. National Gallery, Londres. Os vermelhos do mosaico da arquitectura e da veste de um dos discípulos, foram pintados com vermelhão.



Note-se que, segundo Kopp, em 1687 descobriu-se na Alemanha que a transformação da forma negra na vermelha podia ser realizada aquecendo o sulfureto negro numa solução de sulfureto de amónio ou de potássio. Esta descoberta levou a que, no séc. XVIII, fosse desenvolvido um segundo processo de sintetizar o vermelhão – processo húmido – mais simples e menos dispendioso, o qual é ainda hoje com alguns aperfeiçoamentos o processo usado no Ocidente [18].

Importa notar, além disso, que embora seja possível por vezes distinguir o vermelhão do cinábrio natural quando ele é produzido pelo processo húmido – as partículas de vermelhão vistas ao microscópio electrónico de varrimento apresentam-se geralmente pequenas e uniformes, com tendência para formar agregados, enquanto as de cinábrio se mostram maiores e com um aspecto fracturado – tal não é possível quando o vermelhão é obtido pelo processo seco.

Na fig. 2, que reproduz um pequeno painel atribuído a Giotto, apresenta-se um exemplo de aplicação do vermelhão.

Este pigmento, do mesmo modo que o mineral cinábrio, absorve luz de comprimento de onda entre 400 e 570 nm, resultando daí o seu enegrecimento que é em parte reversível na obscuridade. De acordo com Plesters [19], tal alteração de cor ocorre sobretudo em têmperas (pinturas onde se usa como aglutinante uma emulsão cuja fase dispersante é o ovo). Parece, contudo, que o mesmo fenómeno também já foi observado em óleos.

#### Laca indiana

Como Thompson [15] fez notar, conhece-se muito pouca informação sobre o significado original da palavra *lacca*. Admite-se, no entanto, que esta palavra teria começado a ser usada pelos povos latinos para designar o material a que os ingleses chamam *lac* – uma substância resinosa vermelho-escura deixada em certas espécies de árvores e arbustos do Oriente por insectos da espécie *Kerria lacca* (Kerr, 1782) –, material esse que é empregado para produzir a *shellac* ou goma-laca. Só mais tarde é que te-

ríamos passado a usar a mesma palavra para designar os pigmentos que, como se disse atrás, eram produzidos mediante a fixação química de certas substâncias colorantes num material inorgânico, ao contrário dos povos de língua inglesa que para estes adoptaram a palavra *lake*.

Segundo Brunello [11b], porém, nos tratados medievais a palavra *laca* estaria relacionada sobretudo com o quermes e ainda com outros produtos, em particular derivados de extractos de plantas como por exemplo a hera.

A fêmea adulta dos insectos *Kerria lacca* tem o corpo cheio de um líquido viscoso vermelho-escuro e revestido totalmente de resina. É ovípara, com ovos de um vermelho vivo, libertando após a morte larvas da mesma cor que se espalham pelos galhos da árvore hospedeira e aí se fixam até ao fim da sua evolução. Nasceram duas gerações de machos por ano, com características bastante diferentes, mas tanto uns como os outros, à semelhança das fêmeas, vão-se cobrindo de resina no decorrer do seu

desenvolvimento. Vivem em colónias, mais ou menos densas, formando uma incrustação contínua de resina ao longo dos galhos [20].

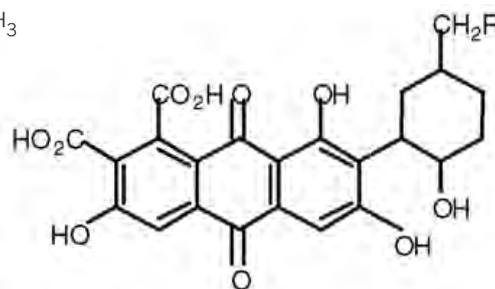
Quando esta resina é moída e depois aquecida em água com um pouco de soda, a matéria colorante dissolve-se podendo ser extraída posteriormente por evaporação do solvente. Ao produto obtido chamam os ingleses *lac dye*.

A laca indiana, que em inglês se denomina *lac lake* ou *Indian lake* e em francês *laque-laque*, é o pigmento que se prepara a partir desse corante dissolvendo-o num solvente apropriado e juntando à solução alúmen a fim de precipitar o hidróxido de alumínio e arrastar com ele as substâncias colorantes.

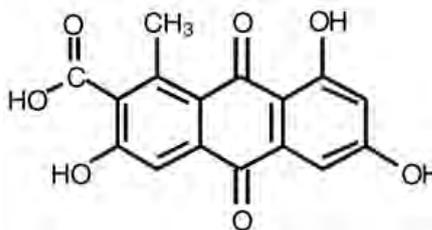
Os primeiros estudos para determinar a natureza química de tal corante foram efectuados por investigadores alemães em 1887 e 1913. Mas só na década de 1960 é que alguns químicos ingleses e indianos conseguiram provar que ele é constituído pelo menos por seis derivados da antraquinona aos quais deram o nome de ácidos lacáicos A-F (fig. 3).

Figura 3 Estruturas dos ácidos lacáicos A-F.

ácido lacáico A	R=CH <sub>2</sub> NHCOCH <sub>3</sub>
B	R=CH <sub>2</sub> OH
C	R=CH(NH <sub>2</sub> )COOH
E	R=CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
F	R=CH <sub>2</sub> OCOCH <sub>3</sub>



ácidos lacáicos A, B, C, E e F



ácido lacáico D

Duas décadas depois, Vouters e Verhecken [21] verificaram que o ácido lacáico D se identifica com o ácido flavo-queremésico. Verificaram ainda [22], ao analisar diversos extractos por HPLC, a presença de pequenas quantidades de um novo constituinte – ácido queremésico – que, como veremos adiante, é o principal componente da matéria colorante extraída do quermes.

É interessante notar que Cennini, no cap. XLIV do seu *Libro dell'Arte* [12], fez referência a uma cor vermelha artificial, que designou por *lacca*, para a qual tinha várias receitas. Mas aconselhou o leitor a comprá-la feita tendo o cuidado em seleccionar, de entre os vários tipos existentes, a de boa qualidade – *Ma tolli lacca la qual si lavora di gomma, ed è asciutta, magra, granellosa che quasi par terra, e tien color sanguíneo*.<sup>1</sup> Estas características sugerem que essa laca seria a laca indiana. Cennini referiu ainda, no que respeita à sua aplicação, que *è buona in tavola. Ed anche s'adopera in muro com tempera, ma l'aria è sua nimica*.<sup>2</sup>

De acordo com Thompson [15], esta laca não deveria empregar-se na iluminação por ter uma cor demasiado escura e baça.

#### Laca de quermes

Segundo Brunello [11b], a laca de quermes é um pigmento que se preparava a partir do corante extraído da *grana* – um conjunto de pequenos corpos arredondados de insectos fêmea *Kermes vermilio* (Planchon, 1864), secos ao sol, que vivem apenas em carvalhos da espécie *Quercus coccifera* – fazendo uso do método habitual, i.e., juntando alúmen ao extracto e separando depois o precipitado de hidróxido de alumínio onde ficam retidas as substâncias colorantes. Por sua vez, a extracção do corante efectuava-se tratando a *grana* com urina putrificada que, devido à sua alcalinidade, conferia ao líquido uma cor vermelho-purpúreo.

Existem provas arqueológicas de que tal corante já seria conhecido por alguns povos pré-históricos e certos habitantes ribeirinhos mediterrâneos, tanto ocidentais como orientais. Sabe-se ainda, através de alguns autores como Teofrasto,

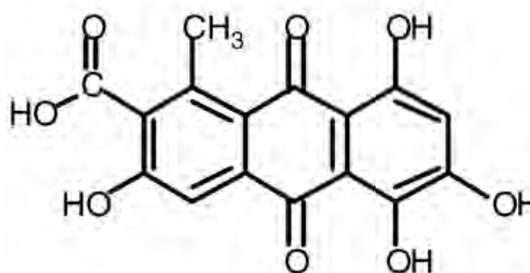


Figura 4 Estrutura do ácido queremésico.

Pausânias, Dioscóride e Plínio, que na Antiguidade Clássica era um produto a que se atribuía grande importância – os gregos chamaram-lhe *kókkos baphikos* e os latinos *cocum*, *granum* e, na época tardo-romana, *vermiculum* – o qual se aplicava no tingimento de lã e seda da mais alta qualidade, de que eram feitos tecidos cujo uso acabou por se tornar um sinal de poder e de riqueza. Isto foi comprovado por exemplo em Palmira, ao efectuar-se a análise de corantes em têxteis achados nas torres sepulcrais que as elites dessa opulenta cidade do deserto sírio mandaram construir. Foi, porém, na Idade Média que o corante extraído do *Kermes* atingiu o seu apogeu. As oficinas de púrpura tinham já desaparecido do Ocidente e, por isso, a cor vermelha mais prestigante – aquela com a qual se tingiam as vestimentas mais preciosas dos reis – passou a ser a do quermes adquirindo o nome especial de escarlata. A sua importância cresceu de tal modo que aos tecidos de lã da mais alta qualidade, i.e., merecedores de serem tingidos dessa cor, se deu o nome de escarlates, o que explica o uso da expressão “escarlates brancos” aparentemente paradoxal [20].

Convém notar que o nome quermes só passou a ser adoptado nos países do sul do Mediterrâneo e da Península Ibérica após a conquista destes países pelos árabes. Ele deriva do termo persa *kirmiz*, usado para designar a cochiniha da Arménia a qual, sendo também um insecto vermelho parasita de certos carvalhos do Maghreb e do Al-Andalus, não é classificada pelos entomologistas

no género *Kermes* mas sim *Porphyrophora*.

A principal substância colorante que compõe o quermes é o ácido queremésico (fig. 4) – um composto vermelho-alaranjado do grupo das antraquinonas – o qual foi isolado pela primeira vez por Heise no fim do séc. XIX, mas cuja estrutura só foi esclarecida por Dimroth e cols. à roda de 1910-1916 e definitivamente elucidada por Overeem e van der Kerk em 1964.

Um segundo componente, presente em pequena quantidade (3g por 5kg de insectos), é o ácido flavo-queremésico que, como se disse na alínea anterior, se identifica com o ácido lacáico D. Vouters e Verhecken [21] verificaram ainda que o quermes contém mais oito substâncias colorantes vermelhas e amarelas, mas não conseguiram identificá-las.

#### Laca de felpa de tecidos ou de trapos

Referida por Cennini no cap. XLIV d’*Il Libro dell’Arte* [12], esta laca obtinha-se a partir de resíduos resultantes do corte de tecidos ou de trapos de lã que haviam sido tingidos com quermes, começando por fervê-los num pote com lixívia de cinzas de plantas ou urina humana, filtrando depois a solução e, por fim, juntando alúmen ao filtrado para precipitar o hidróxido de alumínio e com ele as substâncias colorantes.

Cennini considerava-a muito bela. Não deixou, no entanto, de alertar o leitor para alguns dos seus defeitos. *Di questa ti guarda, però ch’ella ritiene sempre in sé grassezza, per cagion dell’allume,*

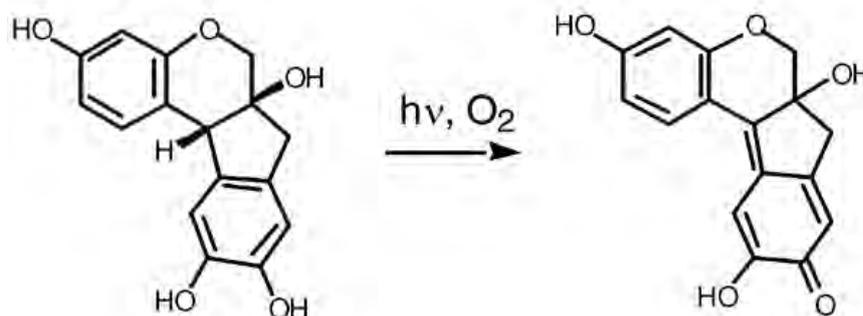


Figura 5 Estruturas da brasilina e da brasileína.

*e non dura niente né com tempere né sanza tempere, e di súbito perde suo colore.*<sup>3</sup>

#### Laca de brasil

A laca de brasil é um pigmento que na Idade Média se obtinha a partir do corante extraído da madeira de brasil – um arbusto da espécie *Caesalpinia sappan* L. oriundo sobretudo da Ásia meridional e do Sudeste. Conheciam-se várias receitas para a confeccionar, as quais consistiam essencialmente no seguinte [23, 24]: primeiro, da madeira reduzida a pó extraía-se o corante com lixívia de cinzas ou urina fermentada, quer por maceração a frio, quer por aquecimento da mistura até à ebulição; em segundo lugar, precipitava-se o corante com alúmen. De acordo com Thompson [15], a cor do extracto variava em função do produto utilizado na extracção: vermelho-purpúreo no caso da lixívia e vermelho-alaranjado no caso do alúmen. As receitas divergiam, todavia, em certos pormenores consoante o tom e uso desejados: quando se queria um vermelho transparente para velatura, diluía-se o precipitado em clara de ovo; se o objectivo era a preparação de lacas cor-de-rosa opacas, ditas *rosa* ou *rosecta*, juntava-se ao precipitado branco-de-chumbo ou calcário branco (cré, pó de mármore ou pó de casca de ovo) e secava-se a mistura. No manuscrito *De arte illuminandi* [11], por exemplo, encontram-se nas rubricas XI e XII duas receitas para preparar cores róseas, usadas geralmente na pintura sobre papel: a primeira para fazer *rosecta* densa, destinada a revestir

Figura 6 Pormenores de iluminuras atribuídas aos Mestres de (a) Bedford, (b) Orose e (c) Boucicaut, onde (a) o manto de Cristo à direita, (b) o vestido do prisioneiro dos diabos e (c) os muros da cidade foram pintados com lacas rosa de brasil [24].



páginas de códices e pintar folhagem e corpos de letras; e a segunda para fazê-la líquida, reservada aos sombreados.

Parece que o corante extraído do brasil, apesar de apresentar tons muito bonitos, manteve durante muito tempo má reputação, pelo menos no que diz respeito ao tingimento de tecidos, em virtude da fugacidade das suas cores. Esta fragilidade à luz foi aliás confirmada recentemente em ensaios laboratoriais [25].

O referido corante contém diversas substâncias tintoriais, a principal das quais é a brasilina que foi isolada por Chevreul em 1808. No entanto, a sua estrutura só veio a ser determinada em 1908, por Perkin e Robinson, e a sua estereoquímica apenas recentemente. Note-se que esta substância é quase incolor mas, por oxidação, transforma-se em brasileína (fig. 5) de cor vermelha intensa.

Segundo Thompson [15], o consumo de madeira de brasil destinada ao tingimento de tecidos e à pintura, durante a Idade Média, teria sido enorme. No que se refere à pintura, porém, tal afirmação deve ser encarada com prudência atendendo a que, conforme notou Philip Ball [26], a laca de brasil não tinha sido até 2001 – data da publicação do seu livro sobre “a arte e a invenção da cor” – identificada com rigor em nenhuma pintura medieval. Note-se, contudo, que isso foi conseguido recentemente em iluminuras de manuscritos dos dois primeiros decénios do séc. XV (fig. 6) por meio da análise espectrofotométrica [24, 27].

É interessante notar ainda que o consumo de madeira de brasil parece ter caído rapidamente a partir do início do séc. XVI, pouco depois da descoberta do Brasil, em consequência de aí se terem encontrado outras plantas de madeira vermelha como o pernambuco ou pau-do-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lamark) e o brasileto (*Haematoxylum brasiletto* Karsten), a primeira das quais passou a substituir o brasil [20].

### Laca de garança

Esta laca é produzida a partir da garança-dos-tintureiros, conhecida também pelos nomes de granza e ruiva – uma planta herbácea da espécie *Rubia tinctorum* L. – cuja raiz, chamada nos países mediterrâneos *alizari* (do árabe *al-usara*), contém um grande número

tratados medievais a laca de garança fazendo parte de misturas de pigmentos, não se conhecem indícios seguros de que esta planta tenha sido usada na época medieval para produzir uma laca própria. Julga-se que a laca de garança, sem aditivos, só teria começado a ser produzida em quantidades significativas a partir do séc. XVII.

No entanto foi usada, como se disse, juntamente com outras substâncias colorantes para preparar pigmentos complexos – *pandius* – como, por exemplo, o *pandius* produzido a partir da receita nº 188 do *Mappae Clavicula* [4], segundo a qual se misturavam uma onça de cinábrio, uma onça de púrpura, uma onça de decocto de garança e outro tanto de forragem. Ou ainda o *sinopsis*, mencio-

Segundo Thompson [15], o sangue-de-dragão teria sido muito usado na Alta Idade Média para colorir metais, seja para imitar ouro seja para alterar a sua cor, procedimento este que leva a crer que nessa época o ouro preferido tivesse sido o de tom avermelhado. Foi usado também na iluminura, sendo referido por Cennini no capítulo XLIII do seu *Libro dell'Arte* [12]. No entanto, este autor dava-lhe pouco merecimento: “*Lasciallo pur star, e non te ne curar troppo, ché non è di condizioni da farti molto onore*”.<sup>4</sup> Assim, não é de estranhar que nos séculos XIV e XV tenha caído em desuso, embora não fosse completamente posto de parte.

Ainda segundo Thompson, o sangue-de-dragão assemelhava-se no tocante

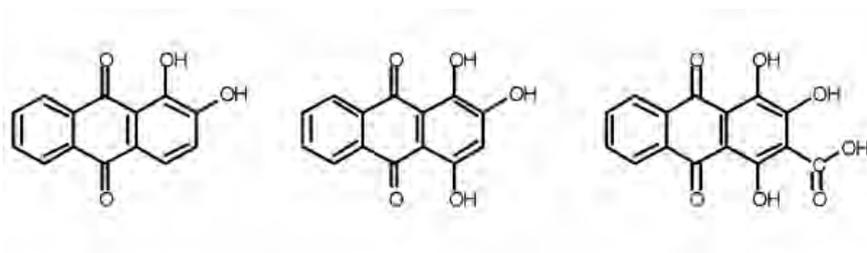


Figura 7 Estruturas da alizarina, pseudopurpurina e purpurina.

de substâncias colorantes as principais das quais são a alizarina e a pseudopurpurina (fig. 7). Na garança vendida actualmente no comércio encontra-se ainda uma proporção relativamente grande de purpurina, mas parece que isso se deve ao facto de ela se formar durante o processo de manufactura em resultado da descarboxilação da pseudopurpurina. Informações pormenorizadas sobre a natureza das várias substâncias colorantes que acompanham a alizarina e a pseudopurpurina nas raízes da garança poderão ser encontradas no artigo de revisão da autoria de Schweppe e Winter [28].

Importa notar que, embora a garança tenha vindo a ser utilizada na indústria de tinturaria desde pelo menos a época de Amarna (séc. XIV a.C.) e o seu consumo tenha aumentado muitíssimo na Idade Média, sobretudo a partir do séc. X, e existam referências em

nado na lista de sinónimos incluída nos manuscritos de Jehan le Begue [9a, p. 35], que seria um pigmento constituído por diversos produtos entre os quais a garança.

### Sangue-de-dragão

O sangue-de-dragão é uma substância resinosa de cor vermelho-vivo, que pode extrair-se de diversas plantas como, por exemplo, a *Dracaena cinnabari* e a *Dracaena draco*, da família das liliáceas, ou a *Daemonorops propinquus* e a *Croton*, da família das euforbiáceas. Na Antiguidade Clássica tinha o nome de *cinnabaris indicus*, revelando a sua proveniência da Índia. Todavia, ainda nessa época passou a chamar-se *sanguis draconis* em virtude de se ter divulgado a ideia de que era uma mistura de sangue de dragão e sangue de elefante que haviam sido derramados numa luta travada entre esses dois animais.

à transparência um pouco às lacas, e a sua cor vermelho-castanho-alaranjado-vivo fazia dele um suplemento tentador aos tons purpúreos característicos das lacas vermelhas medievais geralmente usadas.

Os primeiros estudos sobre a natureza química das substâncias que dão cor vermelha ao sangue-de-dragão foram efectuados por Brockman, Robertson e respectivos colaboradores nas décadas de 1930-50, os quais isolaram e identificaram duas das principais – dracorodina e dracorubina – concluindo que a segunda era um sal de flavílio que devia pertencer à família das antocianinas. Estudos posteriores, realizados por Cardillo e cols. [29], permitiram identificar mais duas – nordracorodina e nordracorubina – as quais se distinguem das anteriores por não terem na posição 6 o grupo metilo. Nas décadas de 1980-2000 mais substâncias foram identificadas, mas nenhuma delas pôde ser responsabi-

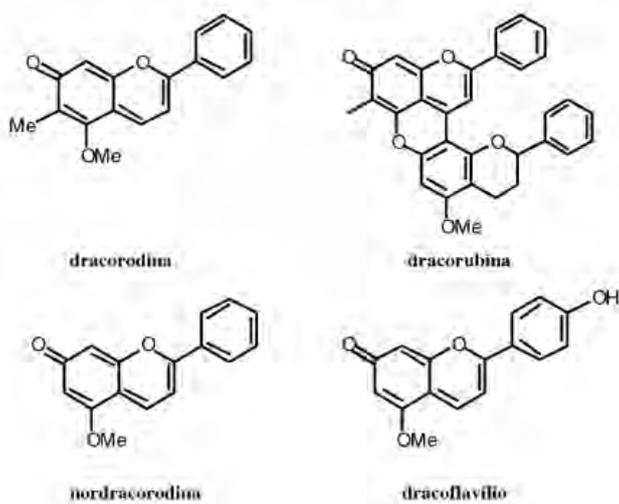


Figura 8 Estruturas da dracorodina, nordracorodina, dracorubina e dracoflavílio.

lizada por tal cor. Muito recentemente Melo e cols. [30], partindo de amostras de sangue-de-dragão extraído de uma árvore da espécie *Dracaena draco*, descobriram uma nova substância – dracoflavílio – concluindo que ela é a mais importante causadora do vermelho (fig. 8).

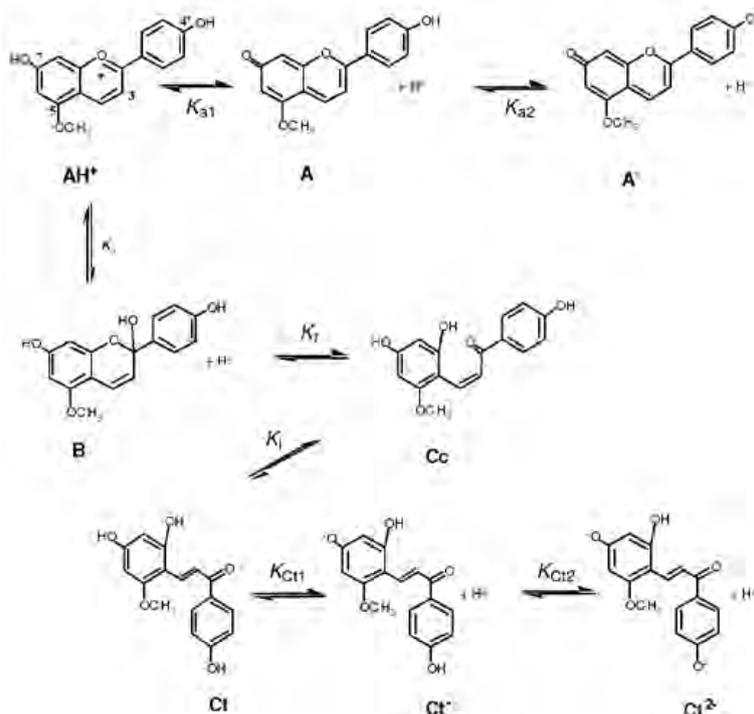
De acordo com estes últimos investigadores, tanto a dracoflavílio como as outras substâncias cujas estruturas estão representadas na fig. 8 são as bases quinoidais (**A**) dos respectivos cátions flavílios (**AH<sup>+</sup>**), com um comportamento químico semelhante ao dos chamados

sais de flavílio sintéticos. Em soluções muito ácidas, todas essas substâncias se encontram predominantemente na forma catiônica **AH<sup>+</sup>** conferindo ao sangue-de-dragão uma cor amarela. Em soluções moderadamente ácidas, formam-se as respectivas bases quinoidais **A** mediante reacções de transferência de prótons e o sangue-de-dragão adquire a sua cor vermelha característica (fig. 9).

É de notar que as referidas reacções são acompanhadas por outras, designadamente reacções de hidratação com formação do hemiacetal **B**, incolor, reacções de tautomerização dando origem à Z-chalcona **C<sub>z</sub>**, amarelo-pálida, e reacções de isomerização *cis-trans* com formação da E-chalcona **C<sub>t</sub>**, igualmente amarelo-pálida. Estes compostos não exercem, porém, grande influência na cor das soluções.

Segundo Edwards e cols. [31], a composição do sangue-de-dragão varia consoante a espécie de planta donde provém. Verificou-se, no entanto, que é possível discriminar convenientemente os extractos procedentes dos géneros *Dracaena*, *Daemonorops* e *Croton* fazendo uso da espectroscopia Raman.

Figura 9 Reacções químicas do dracoflavílio em solução aquosa



## Folium

O *folium*, também conhecido por *morella*, é um colorante contido no suco que se extrai do fruto da planta *Chrozophora tinctoria* A. Juss., ou *Croton tinctorius* L., pertencente à família das *Euphorbiaceae* e originária do Oriente. Na sua preparação usavam-se pedaços de tela de linho (trapinhos), que eram primeiro embebidos no suco extraído e depois secos, sendo as operações de impregnação e secagem repetidas várias vezes até se fixar em cada pedaço uma quantidade substancial de colorante. Estes trapinhos repletos de colorante chamavam-se em latim *petia* e em italiano *pezza*, *pezzeta* ou *pezzuole*.

Segundo Theophilus [6], havia três espécies de *folium*: uma vermelha, outra púrpura e uma terceira azul. A espécie vermelha era a que se obtinha da maneira indicada. A espécie violeta preparava-se embebendo primeiro os trapinhos em água de cal e procedendo depois como se mencionou. A espécie azul era produzida começando por pre-

parar a espécie violeta e, em seguida, expondo os trapinhos com esta espécie a vapores amoniacais provenientes de urina putrificada.

Convém notar que a planta *Chrozophora tinctoria* é hoje conhecida pelo nome de tornassol, o que tem criado alguma confusão com certas espécies de líquenes produtores de uma tintura vermelho-violácea, designadas em França pelo nome genérico de *orseille* (que se aplica também às respectivas preparações tintoriais), algumas das quais – como por exemplo a *Rocella tinctoria* DC e outras semelhantes – se usavam e usam ainda para fabricar o tornesol empregado como indicador ácido-base.

De acordo com Cardon [20], a coloração do *folium*, tal como a das tinturas dos referidos líquenes, é devida aos derivados orceicos que o constituem, designadamente aos representados nas figuras 10 e 11.

No entanto, o *folium* pode distinguir-se de tais tinturas mediante análise quí-

mica, dado que contém um colorante alifático que não existe naquelas. Esta circunstância tem permitido identificá-lo nalguns manuscritos em “pergaminho purpúreo” da Alta Idade Média (fig. 12) bem como em manuscritos iluminados datados dos séculos IX-XI.

É interessante notar que, em meio ácido (pH 2,5), os cromóforos do *folium* e do tornesol formam um catião vermelho vivo por adição de um protão e que, em meio alcalino, formam um anião azul-violeta por subtração de um protão (fig. 13).

De acordo com Thompson [18] conhecem-se poucos indícios, quer achados em fontes literárias quer obtidos em análises de obras de arte, de que o *folium* vermelho tivesse desempenhado um papel importante na pintura medieval.

#### Laca de hera

Na receita nº 184 contida no tratado *De coloribus faciendis* do monge Petrus de

S. Audemar [9a] fala-se de um líquido extraído de ramos de hera o qual, uma vez fervido com urina, adquire a cor de sangue e é designado igualmente por laca. Do mesmo líquido e da mesma laca se fala também na *Tabula de vocabulis sinonimis et equivocis colorum ecc.* que, tal como uma cópia daquele tratado, faz parte dos manuscritos de Jehan le Begue [9a, p. 18].

Curiosamente, porém, apesar de Thompson [15] e Roosen-Runge [32] terem efectuado várias tentativas para preparar uma laca com base em tal receita, nunca foram capazes de obtê-la. É possível, portanto, que a laca referida nos citados manuscritos não fosse produzida a partir da hera mas sim a partir de uma outra planta que não se conseguiu ainda identificar.

#### Agradecimentos

Agradece-se à Doutora Maria João Melo a amabilidade de ler criticamente o ori-

Figura 10 Estruturas da  $\alpha$ -amino-orceína, R = NH<sub>2</sub>; e  $\alpha$ -hidroxiorceína, R = OH.

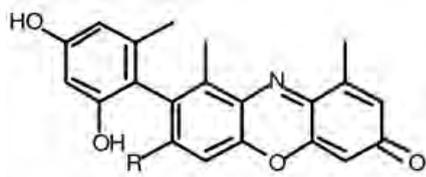


Figura 11 Estruturas da  $\beta$ - e  $\gamma$ -amino-orceínas, R = NH<sub>2</sub>;  $\beta$ - e  $\gamma$ -hidroxiorceínas, R = OH; e  $\beta$ - e  $\gamma$ -amino-orceíminas, R = NH<sub>2</sub>-O-NH<sub>2</sub><sup>+</sup>.

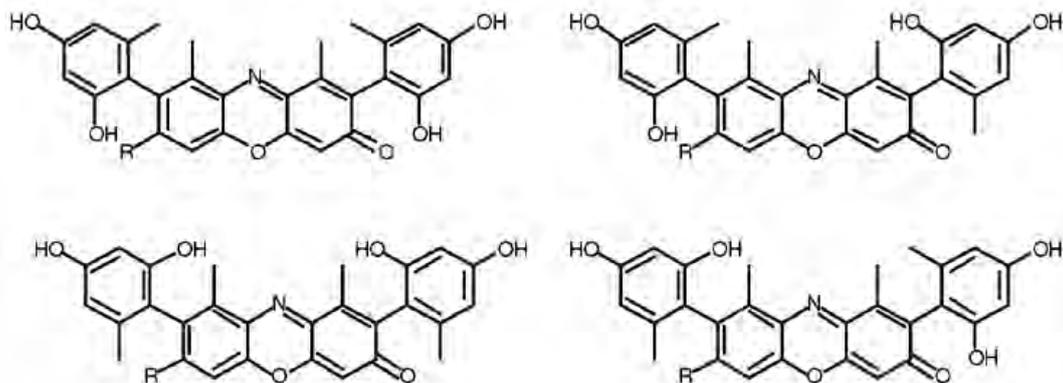




Figura 12 Páginas do manuscrito Evangelho de Sinope, da segunda metade do séc. VI, em pergaminho púrpureo tingido com folium.

ginal e algumas sugestões destinadas à clarificação do texto, em particular no que se refere ao sangue-de-dragão. Agradece-se ainda o auxílio prestado na elaboração das figuras representativas das estruturas das substâncias colorantes.

#### Notas

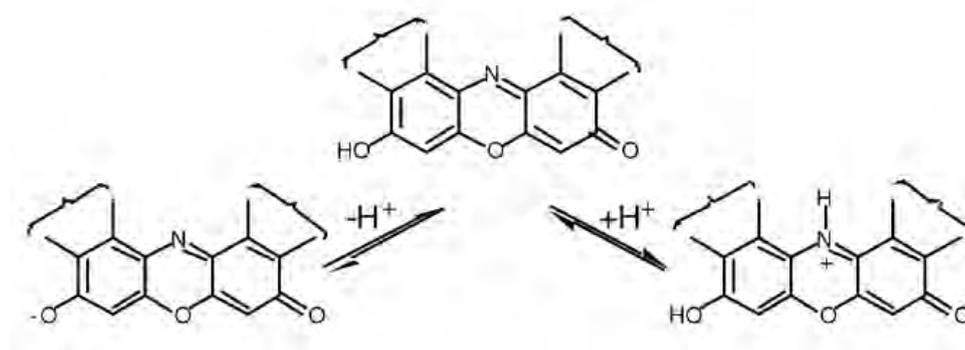
- 1 Mas escolhe a laca que é feita de goma, e é seca, magra, granulosa, que quase parece terra, e tem cor sanguínea.
- 2 é boa em painel. E também se usa em muro com têmpera, mas o ar é seu inimigo.
- 3 Tem cuidado com ela, visto que retém sempre consigo gordura por causa do alumínio, e não dura nada, nem com têmpera nem sem têmpera, e depressa perde a sua cor.

- 4 Mas deixa-o estar, e não lhe liguês, pois não é de condição para te honrar muito.

#### Referências

1. H. W. Janson, *História da Arte*, Fundação Calouste Gulbenkian, 7.ª Ed, Lisboa, 2005.
2. M. Clarke, *The Art of All Colours: Medieval Recipe Books for Painters and Illuminators*, Archetype Publications Ltd., London, 2001.
3. R. P. Johnson, The 'Compositiones variae' from Codex 490, Biblioteca Capitolare, Lucca, Italy, *Illinois Studies in Language and Literature*, XXIII(3) (1939).
4. C. S. Smith, J. G. Hawthorne, *Mappae Clavicula: A little key to the world of Medieval techniques*, *Trans. Amer. Phil. Soc.* (n.s.) **64**, 4 (1974) 3.
5. D. V. Thompson, Jr., The *De Clarea* of the so-called 'Anonymus Bernensis', *Technical Studies in the Field of the Fine Arts I* **1-2** (1932) 8-19 e 70-81.
6. Theophilus, *De diversis artibus (On Divers Arts: The foremost medieval treatise on painting, glassmaking and metalwork)*. Translated from the Latin with introduction and notes by J. G. Hawthorne and C. S. Smith, Chicago, 1963 (Dover reprint, New York and London, 1979).
7. D. S. Blondheim, An old Portuguese work on manuscript illumination, *The Jewish Quarterly Review* **19** (1928) 97.
8. A. b. J. ibn Hayyim, Livro de como se fazem as cores, com introdução de A. Moreira de Sá, *Revista da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa* III Série, **4** (1960) 210.
9. a) M. P. Merrifield, *Medieval and Renaissance Treatises on the Arts of Painting*, John Murray, London 1849 (Dover edition, New York and London, 1999) 112-65; b) *Ibid.*, 259-321; c) 325-600.

Figura 13 Reações ácido-base do cromóforo do folium e do tornesol.



10. D. V. Thompson, Jr., *Liber de coloribus illuminatorium siue pictorum* from Sloane Manuscript n.º. 1754, *Speculum I* (1926) 280-307 & corrigenda em 448-50.
11. a) D. V. Thompson, Jr., G. H. Hamilton, *An Anonymus Fourteenth-Century Treatise De Arte Illuminandi: The Technique of Manuscript Illumination*, Yale University Press, New Haven, 1933; b) F. Brunello, *De Arte Illuminandi e Altri Trattati Sulla Tecnica della Miniatura Medievale*, Neri Pozza Editore, Vicenza, 1975 (Ristampa della prima edizione, 1992).
12. a) C. Cennini, *Il Libro dell'Arte, commentato e annotato da Franco Brunello con una introduzione di Licisco Magagnato*, Neri Pozza Editore, Vicenza, 1982; b) C. Cennini, *Il Libro dell'Arte, a cura de Fabio Frezzato*, Neri Pozza Editore, Vicenza, 2003; c) C. Cennini, *Il Libro dell'Arte (The Craftsman's Handbook)*, translated by D. V. Thompson, Jr., Yale University Press, 1933 (Dover reprint, New York, 1954).
13. V. Borradaile, R. Borradaile, *The Strassburg Manuscript: A Medieval Painter's Handbook*, Alec Tiranti, London, 1966.
14. Guerrini-Ricci, *Il libro dei colori: segreti del secolo XV*, Bologna, 1887.
15. D. V. Thompson, *The Materials and Techniques of Medieval Painting*, London, 1936 (Dover reprint, New York and London, 1956).
16. D. Bomford, J. Dunkerton, D. Gordon, A. Roy, *Art in the Making: Italian Painting before 1400*, National Gallery Publications Ltd, London, 1989.
17. J. M. P. Cabral, *Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, **82** (2001) 57.
18. R. J. Gettens, R. L. Feller, W. T. Chase, em A. R. Roy (Editor), *Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics*, **2** (1993) 159-182.
19. J. Plesters, Comunicação privada, ver ref. 18.
20. D. Cardon, *Le monde des Teintures Naturelles*, Éditions Belin, 2003.
21. J. Wouters, A. Verhecken, *Tetrahedron Letters*, **28** (1987) 1199.
22. J. Wouters, A. Verhecken, *Studies in Conservation*, **34** (1989) 189.
23. I. Villela-Petit, *Technè*, **4** (1996) 68-73.
24. P. Roger, I. Villela-Petit, S. Vandroy, *Studies in Conservation*, **48** (2003) 155-170.
25. D. Saunders, J. Kirby, *National Gallery Technical Bulletin*, **15** (1994) 79-94.
26. P. Ball, *Bright Earth: Art and the Invention of Colour*, Farrar, Straus and Giroux, New York, 2001.
27. B. Guineau, I. Villela-Petit, *Revue de l'Art*, **135** (2002) 23-42.
28. H. Schweppe, J. Winter, em E. W. FitzHugh (Editor), *Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics*, vol. 3, 1997, 109.
29. G. Cardillo, L. Merlini, G. Nasini, *J. Chem. Soc. (C)* (1971) 3967-71.
30. M. J. Melo, M. Sousa, A. J. Parola, J. S. S. de Melo, F. Catarino, J. Marçalo, F. Pina, *Eur. J. Chem.*, no prelo.
31. H. G. M. Edwards, L. F. C. de Oliveira, H. D. V. Prendergast, *The Analyst*, **129** (2004) 134.
32. H. Roosen-Runge, *Farbgebung und Maltechnik frühmittelalterlicher Buchmalerei*, 2 voll., München, 1967.



Equipamentos de Laboratório

VISITE-NOS EM

[www.gravimeta.pt](http://www.gravimeta.pt)

... E DESCUBRA O QUE PODE GANHAR!

# Alfred Nobel

– O “primeiro químico verde”?

ADÉLIO A.S.C. MACHADO\*

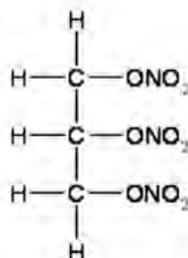
Analisa-se a contribuição de Alfred Nobel (AN), no Sec. XIX, para a emersão do fabrico industrial da nitroglicerina (NG) e de variados explosivos baseados neste composto, e a sua evolução posterior, com vista a mostrar que a resolução dos problemas surgidos no desenvolvimento do processo de síntese industrial dos explosivos de NG envolveu a emergência precoce, com avanço da ordem de um século, de algumas atitudes preconizadas actualmente pela Química Verde (QV) para compatibilizar a prática da Química Industrial com o Desenvolvimento Sustentá-

vel. Paralelamente, aproveitando o ensejo para divulgar a personalidade polifacetada de AN (químico, inventor, empreendedor e industrialista), acrescenta-se-lhe mais uma faceta: a de precursor da QV. Finalmente, faz-se uma análise da actividade de AN sob o ponto de vista dos Doze Princípios da QV, que evidencia que esta envolve duas componentes – uma científica, outra tecnológica – sendo preciso “esverdear” conjuntamente a Química Laboratorial e a Engenharia Química para se praticar Química Industrial Verde.

## A Nitroglicerina – o primeiro explosivo molecular

Em meados do séc. XIX, quando a Química Industrial iniciou o seu desenvolvimento, começou a ser investigada a preparação de explosivos alternativos à pólvora,<sup>1</sup> que tinha vindo a ser usada na Europa desde o séc. XIII para fins militares, mas tinha limitações quando utilizada em desmontes (pedreiras, minas, perfuração de túneis para construção de linhas-férreas, abertura de canais, etc.). Estas aplicações civis da pólvora estavam em forte expansão devido ao crescimento da actividade industrial e ao progresso da engenharia civil decorrentes da Revolução Industrial, mas este explosivo mostrava-se pouco poderoso, o que incentivou a procura de sucedâneos. Esta pressão fez emergir um novo campo da química, os chamados *explosivos de elevada potência*, que foi despoletado (palavra adequada ao tema!) pela nitroglicerina (NG, Esquema 1), ou trinitrato de propano-1,2,3- triolilo – o primeiro composto orgânico explosivo obtido por síntese total<sup>2</sup>, cujo lança-

mento e aceitação pelo mercado, após muitas vicissitudes, correspondeu à abertura do que é presentemente uma área importante, e em crescimento,<sup>3</sup> da Química Industrial [1].



**Esquema 1 Nitroglicerina, aliás trinitrato de propano-1,2,3- triolilo**

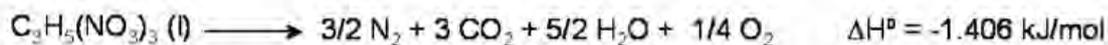
A superioridade como explosivo da NG sobre a pólvora resulta de a sua molécula (ver figura) conter simultaneamente o combustível (a cadeia orgânica) e o oxidante (o oxigénio nos grupos nitro), justapostos de modo a proporcionar contacto perfeito – como a justaposição é feita no interior da molécula, a reacção exotérmica *intramolecular* (Esquema 2) produz uma explosão muito violenta. Pressupondo que a reacção é completa, a NG líquida produz um vo-

lume de gases 12.000 vezes superior ao seu, e a temperatura e pressão atingem momentaneamente, em microsegundos, valores da ordem de 10.000°C e 275.000 atmosferas, respectivamente [2,3].<sup>4</sup>

Embora a NG tivesse sido preparada pela primeira vez por A. Sobrero<sup>5</sup> [4], o desenvolvimento quer do processo do seu fabrico industrial, quer da sua incorporação em produtos de utilização segura, deve muito ao químico sueco Alfred Nobel (1833-1896, AN). Este químico é conhecido sobretudo por ter legado a sua imensa fortuna, em grande parte resultante dos seus inventos no campo dos explosivos, para constituir a Fundação Nobel, que financia os famosos prémios científicos. No entanto, AN foi um químico e inventor com uma personalidade rica, polifacetada e fascinante [5-9], que merece ser recordada e divulgada aos químicos e engenheiros químicos em formação, particularmente quando, como agora, o desenvolvimento da Química Industrial exige inovação profunda para evoluir para Química Verde (QV).

O *primeiro objectivo* deste artigo é apresentar uma análise global das ca-

\*LAQUIPAI, Faculdade de Ciências, R. do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto (amachado@fc.up.pt)



Esquema 2 A superioridade explosiva da NG

racterísticas do trabalho de AN sobre a NG do ponto de vista actual da QV, que mostra que muitas das soluções que ele adoptou para ultrapassar os problemas resultantes da perigosidade do composto, embora tivessem surgido por via empírica, individualmente e separadas no tempo, sem qualquer estratégia sistemática, ilustram a emersão de ideias presentemente encorpadas na QV – são exemplos de medidas de QV implementadas muito antes do seu tempo, que ilustram a génese empírica desta. Um *segundo objectivo* é a divulgação da actividade criativa de AN como químico inventor, inovador e empreendedor, alguém com a mentalidade que o ensino deve propagandear como exemplo, para produzir profissionais que possam ultrapassar as dificuldades actuais da química a nível societário. A discussão a propósito do primeiro objectivo permite atribuir a AN mais uma faceta criativa, que ainda não parece ter-lhe sido reconhecida: a de “primeiro químico verde” – um dos percursos da QV.

A análise da actividade de AN e do desenvolvimento posterior da indústria da NG constitui também um primeiro exemplo de que a contribuição tecnológica foi tanto ou mais importante que a da química de base para a emersão formal da QV – esta teve como origem a prática da tecnologia industrial, muito mais que a da química pura de laboratório. Este é um *terceiro objectivo* deste artigo: fazer notar que a exigência de a QV englobar conjuntamente tanto a Química Laboratorial Verde como a Engenharia Química Verde se manifestou logo no séc. XIX, quando a Engenharia Química ainda nem sequer se tinha individualizado como ramo de saber – e que a QV tem uma dupla natureza que exige simultaneamente Química Académica Verde e Engenharia Química Verde, o que, por vezes, os químicos parecem ignorar.

### A descoberta da NG

A NG foi descoberta em 1847 por A. Sobrero, que a sintetizou ingenuamente

(Esquema 3), sem intenção de obter um composto explosivo, por reacção de glicerina (propano-1,2,3-triol ou glicerol) com uma mistura de ácidos nítrico e sulfúrico concentrados (mistura sulfonítrica) [4].

Sobrero relatou que, além de ser explosivo, a NG tinha efeitos fisiológicos interessantes e contraditórios (ver adiante). Tendo verificado que o composto, um líquido oleoso, era muito difícil de manejar por explodir descontroladamente, Sobrero descontinuou a sua pesquisa sobre aplicações da NG, alegadamente porque defendia que “a ciência não devia proporcionar empreendimentos nocivos” [6] – uma *primeira medida* que se enquadra na actual postura da QV, que preconiza a eliminação do fabrico e uso, tanto quanto possível, de substâncias perigosas (na Tabela 1, adiante, foram listadas as medidas precoces de QV que emergiram com a utilização da NG). Mais tarde, já no fim da sua vida, Sobrero descaiu desta posição: aceitou ser consultor de uma fábrica de NG montada em Itália por AN. A esta mudança de atitude também se pode atribuir significado em termos de QV: mostra que, como em muitos casos a utilidade das substâncias químicas está intimamente associada às suas propriedades nocivas, é inevitável, por vezes, a preparação e o uso de substâncias perigosas<sup>6</sup> – então, a QV preconiza a adopção de medidas de segurança adequadas.

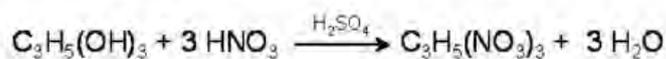
### Os contributos de AN para domar a NG

**Uso de NG líquida como explosivo.** As dificuldades de manipulação da NG resultavam de esta ter um comportamento imprevisível, com facetas contraditórias: por vezes explodia inesperadamente quando em repouso, outras vezes,

quando se pretendia utilizá-lo, custava a fazer explodir. Mais tarde, descobriu-se que quer a presença de bolhas de ar dispersas no óleo quer resíduos de matéria orgânica provenientes de impurezas da glicerina potenciavam as explosões súbitas, pelo que se passou a exigir maior qualidade desta (> 99,9% de pureza).

Apesar da “personalidade caprichosa” da NG, as suas propriedades como explosivo eram tão atraentes, e as pressões societárias para se conseguirem novos explosivos tão fortes, que Immanuel Nobel<sup>7</sup>, pai de AN, resolveu desenvolver o seu fabrico industrial. Em 1863, conjuntamente com o seu filho, montou em Helenburgo, próximo de Estocolmo, uma oficina onde desenvolveu os primeiros processos de produção industrial da NG. Aparentemente, foi AN quem “apresentou” a NG ao seu pai: em S. Petersburgo tinha sido aluno de um professor de química interessado no composto, N. Zinin, e tinha-se encontrado em Paris com Sobrero, cerca de 1851, quando ambos trabalharam no laboratório do Prof. Belouze [5].

Na referida fábrica incipiente, a NG era preparada inicialmente por um processo artesanal: a glicerina era misturada e agitada manualmente com uma mistura sulfonítrica arrefecida, em recipientes de pedra; no fim da reacção, a mistura era adicionada a água arrefecida com gelo. Num processo posterior para realizar a reacção, já tecnicamente mais evoluído, usava-se um reactor de chumbo com a forma de tronco de cone invertido, perfurado na base (uma espécie de funil), a partir do qual a NG formada era recolhida em água arrefecida com gelo. Em ambos os processos, o óleo obtido (NG) era lavado com água morna e com uma solução alcalina (de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), para remover os ácidos.



Esquema 3 A síntese da NG por Sobrero

A utilização da NG líquida era muito perigosa, mas AN concebeu e desenvolveu uma série de inventos que possibilitaram o seu manejo e utilização com segurança acrescida. A *primeira grande invenção* de AN foi o detonador (patenteado em 1863) [5,7]: este dispositivo utilizava a explosão de uma pequena quantidade de pólvora, introduzida num recipiente de vidro ou madeira imerso nos vasos de NG, para provocar a detonação mais fiável e segura desta.<sup>8</sup> A invenção do detonador, muito simples, baseada na observação de que a NG explodia por efeito de um choque (a pólvora requeria uma chama), iniciou uma nova era no uso da NG – revolucionou a tecnologia de utilização desta e dos explosivos posteriormente inventados. Com esta invenção, a mais importante no campo depois da invenção da pólvora, o uso da NG líquida desenvolveu-se muito, porque se mostrava muito eficaz em obras públicas, nomeadamente na perfuração de túneis. Por exemplo, o túnel de linha férrea de Hoosac, Massachusetts, EUA, andava a ser perfurado lentamente pelo método clássico (pólvora, pá e picareta) desde 1848, até que em 1868 começou a ser usada NG – o aumento da eficiência foi brutal e o túnel foi concluído em 1876 [6]. A NG era manufacturada no local (foram preparados 500 toneladas) e aplicada em latas de estanho ou directamente em orifícios perfurados na rocha. O armazenamento e transporte local da NG era feito na forma sólida, após arrefecimento com gelo, o que diminuía a frequência de explosões acidentais e permitia limitar a insegurança. Este caso mostra a emergência precoce de uma *segunda medida* hoje preconizada pela QV: quando há necessidade de utilizar substâncias perigosas deve-se realizar a sua preparação no local e momento de uso, para evitar o transporte a longas distâncias. Claro que no caso da NG líquida, no séc. XIX, este procedimento foi naturalmente ditado por razões de ordem prática – como o transporte da substância era tão perigoso que se tornava quase impossível, AN licenciou o fabrico da NG a empresas mineiras e de construção civil para que pudesse ser fabricada nos locais em que ia ser utilizada. Mesmo

assim, casos houve em que ocorreram explosões com efeitos brutais.

**Vicissitudes do desenvolvimento do fabrico industrial da NG.** Na realidade, mesmo com todas as precauções e quando feito por pessoal treinado, o manuseamento da NG líquida continuava a ser perigoso. A fábrica de Helenburgo foi destruída por uma explosão em 1864, que matou cinco pessoas, incluindo o irmão mais novo de AN, Emil, e inutilizou o pai Immanuel (teve um ataque cardíaco). AN assumiu então o comando da empresa – melhor, dos seus despojos, a partir dos quais realizou a respectiva recuperação. O fabrico da NG foi proibido em Estocolmo e seu termo, por acção dos ambientalistas da época (tão precoces como as medidas de QV aqui em discussão!) [6], mas como o explosivo já tinha mostrado a sua extraordinária eficácia na construção de linhas de caminho de ferro suecas, foi retomado em barcaças, no meio do Lago Malaren – e, pouco tempo depois, em 1865, quando AN conseguiu obter financiamento (capital de risco industrial, também precoce!) foi instalada nova fábrica num local remoto, em Winterwiken, onde se manteve durante cinco décadas. Paralelamente, AN montou outra fábrica de NG na Alemanha, em Krummel, um vale deserto perto de Hamburgo, que também foi destruída por uma explosão, em 1866. Estes e outros desastres na utilização da NG contribuíram para que a preparação, importação e uso de NG em Inglaterra fosse proibido por uma lei específica do parlamento inglês (Nitroglycerine Act, 1869) [6]. No entanto, em 1871 AN montou uma fábrica na Escócia, não abrangida pela lei inglesa, em Ardeer, um local inóspito perto de Glasgow, ainda hoje em operação. A atitude de “empurrar” as fábricas de NG para locais remotos para diminuir os efeitos nefastos de eventuais explosões, ditada pelo bom senso, é uma *terceira medida* que também se enquadra na actual QV – praticar a química com exposição mínima das populações humanas a compostos nefastos. A este respeito, porém, a QV tem objectivos mais amplos – procura eliminar proactivamente, na maior extensão possível, o fabrico e utilização de substâncias problemáticas, principalmente para não criar oportunidades

de as dispersar no ambiente e provocar riscos de exposição dos humanos e da biosfera a elas.

**Invenção da Dinamite.** Um *segundo grande invento* de AN, também muito simples e que muito contribuiu para conseguir uma utilização mais segura da NG, foi o da Dinamite (Dinamite N.º1, ver adiante), patenteada em 1867 [5,7]. Após intenso trabalho de laboratório, Nobel descobriu que os problemas de insegurança da NG podiam ser resolvidos por dispersão do óleo num material inerte, a chamada diatomite.<sup>9</sup> A mistura de NG e diatomite, na proporção de 3:1, originava um explosivo que, embora de potência inferior à NG líquida, era de manuseamento mais fácil e permitia detonações mais suaves e previsíveis – com segurança bastante superior à da NG.<sup>10</sup>

A descoberta da Dinamite impôs definitivamente a NG como o *explosivo* que veio eliminar completamente a pólvora da construção civil e minas – em dez anos, Nobel construiu mais catorze fábricas em doze países diferentes e a produção anual de NG passou de 11 para 5.000 toneladas [6]. No fundo, a invenção da Dinamite teve muito sucesso porque, em conjunto com o detonador, proporcionou uma técnica científica para o uso dos explosivos – realizar a detonação com segurança e quando era requerido, com previsibilidade (obter determinismo científico!). O conjunto das duas invenções permitiu domar o uso da energia dos explosivos, impondo-os definitivamente como um factor importante de progresso da civilização graças à sua utilização civil. A invenção da dinamite introduziu, afinal, uma *quarta medida* hoje preconizada pela QV: quando o uso de uma substância perigosa é inevitável, devem-se procurar condições de utilização que minimizem os riscos – por exemplo, diluí-la numa substância inerte.

**Invenção da Nitrogelatina.** Posteriormente, foram fabricados centenas de outros explosivos à base de NG, com o nome genérico de dinamites, com variadas bases inertes e com inclusão de diferentes aditivos. A inclusão nas dinamites de substâncias combustíveis ou explosivas, patenteada por AN em 1869,

permitia melhorar a eficiência do explosivo sem afectar a segurança do manuseamento. Por exemplo, a Dinamite N.º 2, que continha nitrato de potássio, carvão, NG (na proporção 72/10/18 em massa) e um pouco de parafina, era especialmente adequada ao uso em desmontes de minas, porque a sua explosão era mais suave que a da Dinamite N.º 1; em contraste, a inclusão de nitrato de amónio permitia aumentar o poder explosivo da dinamite (nas chamadas “extradinamites”) [6]. No entanto, com todos estes explosivos, ocorria por vezes, após longo tempo de armazenagem ou na presença de humidade, separação de NG líquida da mistura, que se concentrava no fundo das embalagens e provocava explosões acidentais. Por isso, AN procurou substituir a base porosa que absorvia a NG por uma substância que a dissolvesse, proporcionando uma mistura estável. Tentou, por exemplo, a nitrocelulose, mas sem êxito – não ocorria mistura adequada.

Anos mais tarde, já em Paris, onde tinha estabelecido residência para estar mais perto das numerosas fábricas que montara em vários países europeus, AN encontrou a solução do problema. Tendo cortado um dedo e aplicado colódio para proteger o golpe, como as dores o mantiveram acordado durante a noite, veio-lhe à mente a ideia de que o colódio podia ser um bom solvente para o efeito.<sup>11</sup> Foi imediatamente ao laboratório testar esta possibilidade e aí, às quatro da manhã, emergiu a sua *terceira grande invenção*, a da Nitrogelatina, patenteada em 1876 [5,6]: a incorporação de 7-8% de colódio em NG forma um material gelatinoso, com maior poder explosivo que a dinamite, porque aquele aditivo contribui para a explosão, mas insensível ao choque e à humidade (pode mesmo ser usado debaixo de água) – enfim um explosivo superior às dinamites e que, tal como estas, foi depois modulado por incorporação de outros aditivos. A Nitrogelatina era muito eficaz para desmontar rochas duras e, devido à sua consistência gelatinosa, podia ser aplicada directamente em orifícios perfurados na rocha, pelo que ganhou rapidamente aceitação para aquele fim [6]. Na preparação da Nitrogelatina, AN começou por usar um

solvente (acetona, por exemplo) para facilitar a mistura dos componentes, mas posteriormente verificou que a operação podia ser concretizada eficazmente sem solvente, por adição directa do colódio a NG amornada. Esta foi uma *quinta medida* precoce de QV usada inadvertidamente por AN – hoje a QV preconiza a eliminação de solventes dos processos químicos sempre que possível, já que muitos dos solventes usados na indústria, como meios de reacção ou em separações e purificações, são tóxicos e/ou inflamáveis (além de custarem dinheiro).

**Invenção da Balestite.** A Balestite foi a *quarta grande invenção* de AN, realizada em Sevran, em 1887 [5,7], nos arredores de Paris, então a capital francesa (e mundial)<sup>12</sup> da pólvora e explosivos, onde entretanto ele tinha estabelecido um laboratório. A Balestite, ou pólvora Nobel, é uma mistura de NG, nitrocelulose, benzeno e cânfora, cuja combustão não produz partículas sólidas, mas apenas gases – uma “pólvora sem fumo”, a chamada pólvora Nobel. Este novo tipo de explosivo permitiu a eliminação dos inconvenientes do fumo da pólvora clássica, quer para a gestão das operações militares,<sup>13</sup> quer para a saúde dos artilheiros. Os problemas de saúde profissional dos militares decorrentes do fumo da pólvora eram variados: embora este tivesse efeitos a nível do sistema respiratório, olhos, etc., o problema ocupacional crítico dos artilheiros era muito mais importante do que a simples manutenção da saúde, consistia no próprio risco de vida – o fumo dos canhões indicava ao inimigo a posição das baterias e tornava-as um alvo mais fácil!<sup>14</sup> A arte da guerra consistia então<sup>15</sup> em matar o inimigo sem se deixar matar pelo inimigo, daí o interesse dos militares pela pólvora sem fumo – a Balestite não foi o primeiro explosivo deste tipo,<sup>16</sup> mas mostrou-se mais eficaz que os anteriores.

Mais importante no presente contexto, porém, é referir que o invento da Balestite, embora tal possa parecer insólito em face das funções a que destinava, envolveu uma *sexta medida* dirigida a algo que hoje é um princípio fulcral da QV: as substâncias químicas devem ser inócuas para a saúde humana em todo

o seu ciclo de vida – e, nomeadamente, para quem tem de as utilizar e lidar de perto com elas.

## AN: o inventor da multinacional e dos prémios Nobel

As dinamites e quejandos tornaram possíveis as grandes obras de construção civil realizadas nos fins do séc. XIX e princípios do séc. XX.<sup>17</sup> Permitiram, também, um tremendo desenvolvimento das explorações mineiras, quer de profundidade quer a céu aberto. Por outro lado, a Balestite e explosivos similares, revolucionaram as munições militares e a tecnologia das armas de fogo.

A boa aceitação dos explosivos baseados na NG pelo mercado potenciou o desenvolvimento do seu fabrico, mas este também deve muito ao espírito empresarial de AN, que conseguiu desenvolver um conglomerado multinacional de empresas que se estendeu a quase todo o mundo. Excluía-se os EUA, mercado que AN abandonou em 1885, porque não conseguiu fazer valer os direitos das suas patentes.<sup>18</sup> Os problemas de AN com as patentes resultaram de o conteúdo de novidade científica na sua base, quer no caso do detonador quer no dos explosivos à base de NG, ser limitado – AN limitou-se apenas a ver o que muitos outros poderiam ter visto mas não viram, o que sucede frequentemente com os bons inventos. Estas patentes de AN eram muito simples, mas continham invenções que ganharam facilmente aceitação no mercado porque os produtos eram *inovadores* e tinham elevado valor para os clientes<sup>19</sup> – em termos legais, porém, a simplicidade defendia mal as patentes.

Apesar do seu fracasso industrial no Novo Mundo, quando AN faleceu, em 1896, a sua “multinacional” (possivelmente outro invento de AN, não patenteado) era constituída por 93 fábricas que produziam anualmente 67.500 toneladas de NG formulada em explosivos [6].<sup>20</sup> Já no Sec. XX, depois da Primeira Grande Guerra (1914-1918), as suas empresas, amalgamadas com outras, serviram de base à constituição de grandes empresas da Indústria Química inglesa (ICI) e alemã (I. G. Farbenindustrie A/

G) [6]. As suas actividades industriais incluíam também outros ramos, nomeadamente metalurgia e fabrico de armamento (a célebre empresa de armas sueca Bofors), e a exploração de petróleo em Baku, ao longo do Mar Cáspio, no Azerbaijão, então russo (em sociedade com os irmãos) [7].

Foi esta imensa fortuna que permitiu a AN estabelecer, por testamento, a Fundação Nobel, que financia os Prémios Nobel da Química, Física, Fisiologia ou Medicina, Literatura e Paz. Este último testemunha a sua mentalidade pacifista, apesar da actividade das suas empresas ter por base o fabrico de armamento e explosivos para munições – essa mentalidade é bem expressa numa frase escrita por AN: “As armas e munições deviam ser mandadas para o inferno, o lugar adequado para o seu uso” [6].<sup>21</sup>

### **Evolução tecnológica posterior no fabrico da NG**

**Controlo do processo industrial.** Posteriormente, com a emergência da tecnologia química resultante do desenvolvimento da Indústria Química nos fins do séc. XIX, a reacção de preparação da NG passou a ser realizada em grandes tanques (reactores cilíndricos com diâmetro da ordem de 1-2 m), arrefecidos com misturas refrigerantes (água arrefecida por mistura com sal), que circulava em serpentinas interiores. O caudal de água era ajustado por um operário que, ao logo das várias horas que demorava a reacção, tinha de ler continuamente a temperatura da mistura e manipular as válvulas de admissão do refrigerante para a não deixar subir acima de 10°C. Como medida proactiva de conseguir segurança nas operações, adoptou-se uma solução interessante [10]: o operador, se quisesse sentar-se, só podia usar um banco de pé único, não enterrado no solo – se se deixasse adormecer, caía!<sup>22</sup> A utilização do sistema operador/banco de pé único na indústria da NG introduziu uma *sétima medida* hoje preconizada pela QV, dirigida ao processo industrial: as reacções químicas e demais operações incluídas nos processos químicos devem ser continuamente monitorizadas e controladas para se conse-

guir a sua optimização com vista à segurança, à minimização de resíduos, etc.

Claro que o bárbaro processo de manter o operador desperto só lhe disponibilizando um pé no assento, embora eficaz, era intrinsecamente inseguro – o sono podia magoar o operário. O uso do risco de estatelamento para impedir o risco do adormecimento (e da explosão do reactor), constitui um exemplo do valor da competição – o mundo real é tão complexo que, frequentemente, para atingir um objectivo tem de se actuar também sobre outro complementar (o objectivo é multidimensional). Esta é uma *oitava ideia* também hoje usada pela QV: um dos objectivos desta é a eliminação dos resíduos – os resíduos que se *deixa de obter* colateralmente são tão importantes no design de uma via de síntese como o composto principal *que se quer obter*, ou seja, o objectivo da QV é duplo: *obter* o composto desejado e *não obter* resíduos. Para isso, procura-se hoje estabelecer métodos de síntese em que a produtividade atómica [11,12] seja elevada – em que os átomos dos reagentes sejam incorporados no produto desejado na maior extensão possível. A QV usa métricas que medem a extensão desta incorporação, por exemplo, a *economia atómica* [13]. A *síntese ideal* terá economia atómica igual a 100%: neste caso, todos os átomos dos reagentes são englobados na molécula do produto desejado – não “sobram” átomos para produtos colaterais ou resíduos.

**O fabrico moderno da NG.** Ao longo da primeira metade do séc. XX, em consequência dos progressos na tecnologia química, o fabrico industrial da NG em tanques aperfeiçoou-se muito, por exemplo, introduziu-se a reciclagem dos ácidos não consumidos na reacção e melhoraram-se as condições de segurança. No entanto, os riscos do fabrico continuaram elevados até que, nos anos cinquenta, os reactores de tanque foram substituídos por pequenos reactores de fluxo concebidos especialmente para os atenuar [14, 15]. Estes reactores funcionam de modo semelhante a uma trompa de água: a injeção de mistura sulfonítrica num tubo de forma adequada suga glicerina por um tubo lateral e permite uma mistura eficaz dos rea-

gentes e a ocorrência rápida da reacção (o tempo de residência do material no reactor é da ordem de 2 min). O inventário de NG no reactor é da ordem do kg e o total na linha de fabrico, que inclui uma unidade de arrefecimento e um separador centrífugo onde se realiza também a lavagem do produto, não excede 5 kg. Como as quantidades manejadas são baixas, os danos de potenciais explosões diminuem muito; além disso, como as dimensões do equipamento são pequenas, o processo pode ser isolado com uma parede de protecção eficaz para os limitar, sendo controlado do exterior [10].

Estas medidas para aumentar a segurança foram conseguidas à custa do que hoje se chama a *intensificação do processo* – produzir o mesmo (ou mais) em instalações de menores dimensões, à custa de melhorias de eficiência, por exemplo, das operações de transferência de massa e de calor. Aparentemente, a intensificação do processo na Química Industrial foi feita pela primeira vez na indústria da NG, em meados do séc. XX – e constitui, portanto, uma *nona medida* de QV antes do tempo. Presentemente, a QV preconiza o chamado *design de processos químicos inerentemente seguros* e, no âmbito desta atitude, a intensificação do processo é um dos objectivos perseguidos com intenção [15].

### **O uso da NG como fármaco e a sua toxicidade**

Para além dos explosivos, há um outro campo em que a NG também mostrou propriedades interessantes – o da saúde. Embora a NG seja tóxica, dilata os vasos sanguíneos – é um vasodilatador com aplicações terapêuticas. Logo após a descoberta desta característica por Sobrero, a substância começou a ser investigada e usada como fármaco, quer pelos médicos tradicionais quer pelos homeopatas [16]. No campo da medicina tradicional, o médico Brunton<sup>23</sup> estabeleceu, em 1867, que a NG proporcionava um tratamento tão eficaz para a angina de peito como o nitrato de amilo – e esta aplicação pacífica tem-se mantido até aos nossos dias. Um dos primeiros processos de tratamento com NG consistia em aplicar o remédio

ao doente a partir de um penso adesivo que se colava à pele e proporcionava a sua difusão para a corrente sanguínea.<sup>24</sup> Hoje, o composto continua a ser usada como fármaco, mas em pastilhas que se colocam debaixo da língua ou em pulverizadores para inalação. No entanto, só mais de cem anos depois da descoberta da utilidade médica da NG, é que se identificou o modo como actua como vasodilatador – é devido à libertação do óxido nítrico (monóxido de azoto), por acção de uma ou mais enzimas ainda não identificadas (a descoberta valeu aos seus autores, Furchgott, Ignarro e Murad, o Nobel da Medicina de 1998) [17].<sup>25</sup>

Estes factos mostram que se deve procurar sempre realizar a exploração cabal das múltiplas aplicações das substâncias químicas em campos diversos para obstar à proliferação de novas substâncias sintéticas, cuja dispersão no ambiente tantos danos tem provocado. Esta atitude poderia ser apresentada como uma *décima medida* de QV sugerida precocemente pelo uso da NG, mas não é algo que os químicos possam aceitar facilmente – afinal de contas, põe em causa a actividade mais nobre da química moderna, conceber e preparar novas moléculas (e, claro, poderia contribuir para o desemprego profissional da classe).

Em 1881, na sequência de conflitos comerciais com o governo francês por causa da Balestite, cujo fabrico acabou por ser proibido em França, AN estabeleceu-se em Sanremo (Itália). A sua saúde, sempre precária, vinha-se deteriorando cada vez mais. Foi-lhe diagnosticada angina de peito e receitadas pastilhas de Trinitrin (“NG rebaptizada, para não assustar o boticário e o doente”, segundo o próprio [5]) mas o tratamento não surtiu efeito – faleceu prematuramente com 63 anos [18].

Os efeitos da NG sobre a saúde humana são complexos. Segundo hoje se sabe, a exposição ao composto causa intoxicação, que pode provocar sintomas variados [18,19]. Por exemplo, quando a exposição à substância é elevada e ocorre absorção pela pele, a NG provoca dores de cabeça.<sup>26</sup> A NG não causa danos agudos e irreversíveis à saúde humana

mas, embora pouco se saiba quanto aos efeitos de exposição prolongada, provavelmente a tolerância adquirida limita o efeito dos tratamentos da angina de peito com a droga. A história clínica da crescente debilidade da saúde de AN, segundo os conhecimentos toxicológicos actuais sobre a NG, sugere que uma intoxicação crónica devida à exposição praticamente diária ao composto, quer no laboratório quer em experiências de detonação, durante mais de 30 anos (a partir de 1864), tenha sido um factor importante para os seus crescentes problemas de saúde e a sua morte prematura [18]. O próprio AN considerou uma ironia do destino ser tratado com NG [5] – mas afinal a ironia foi ainda maior: o perigoso composto, cuja utilização AN tinha conseguido “domesticar” e que lhe proporcionara uma imensa fortuna, não o curou porque tinha vindo a intoxicá-lo lentamente!

### Intensificação a nível molecular da produtividade funcional química

Quando a NG explode produz um enorme volume de gases quentes, que provocam um grande aumento de pressão, tal como sucede com a pólvora, mas a escala dos acontecimentos da detonação é muito maior.<sup>27</sup> A superioridade como explosivo da NG sobre a pólvora resulta de a sua molécula conter simultaneamente o combustível e oxidante, justapostos intramolecularmente de modo a tornar eficaz a reacção de explosão, ao proporcionar a libertação praticamente instantânea de uma grande quantidade de energia num volume mínimo (o próprio volume molecular!). Embora esta propriedade tivesse sido obtida sem intenção, o acaso proporcionou na NG um *design molecular* perfeito para um explosivo!

A síntese da NG abriu um novo campo aplicado da química, o dos modernos *explosivos e propelantes* [1],<sup>28</sup> de potência muito mais elevada que a clássica pólvora. Todos estes compostos possuem nas respectivas moléculas, além de elementos combustíveis (carbono, hidrogénio, etc., em estados de oxidação oxidáveis), o oxigénio necessário à combustão – a “mistura” de combustí-

vel com oxidante é feita no interior da molécula,<sup>29</sup> o que torna possível uma *intensificação de funções da química*,<sup>30</sup> neste caso a produção de energia concentrada para provocar a explosão. Esta intensificação, por ser embutida num produto químico a nível intramolecular, permite aumentar *a sua produtividade funcional* – obter melhores efeitos quanto aos objectivos desejados, com menos átomos.

Esta foi uma *décima primeira ideia* também assumida pela QV: o design molecular é a base quer do já referido conceito de economia atómica, que diz respeito apenas à *produtividade atómica* das reacções de síntese, quer da *produtividade funcional*, de alcance mais lato – visa conceber as moléculas para que cumpram eficazmente as funções desejadas, sem danos colaterais no ambiente e com um mínimo de átomos [12].

### Discussão

A análise do desenvolvimento do fabrico e modos de utilização da NG realizado por AN mostra que a prática empírica da química dos explosivos moleculares, logo que esta começou a ser realizada à escala industrial, fez emergir ideias e conduziu a atitudes inovadoras quanto ao fabrico e manipulação das substâncias perigosas. O avanço de conhecimento operado por AN constitui um germe da atitude que presentemente, cerca de 150 anos depois da descoberta da NG, está a ser encorpada na QV: a procura da realização da química com uma mentalidade sistemática de precaução quanto a segurança e efeitos no ambiente, tanto quanto possível embutida nas próprias moléculas, de modo a minimizar os variados riscos (físicos, toxicológicos, etc.) das numerosas substâncias químicas fabricadas pela Química Industrial – que a sociedade requer e usa liberalmente, e de que uma parte significativa acaba dispersa no ambiente.

Na Tabela 1 inclui-se uma tentativa de sistematização das medidas implementadas pela indústria da NG descritas atrás em termos dos Doze Princípios da QV [20,21]. A tabela mostra que todas as onze atitudes, com a excepção da décima, se “encaixam”,

**Tabela 1** Medidas precoces de QV no fabrico e uso de nitroglicerina (NG)

Medida	Princípio da QV*
A. SOBRERO 1 ► 1846: Sobrero sintetiza a NG mas abandona a sua investigação por ser demasiado perigosa <i>Evitar o fabrico e utilização de substâncias perigosas</i>	1. Prevenção proactiva
A. NOBEL 2 ► 1863-...: Nobel licencia o fabrico de NG a empresas de construção civil e mineiras <i>Preparar as substâncias perigosas no local de utilização</i>	12. Prevenção de acidentes
3 ► 1864-...: Proibições de fabrico da NG “empurram” as fábricas para locais remotos <i>Praticar a química de modo a provocar exposição mínima dos humanos a compostos perigosos</i>	12. Prevenção de acidentes
4 ► 1867: Nobel inventa a Dynamite (dispersão da NG em diatomite) <i>Procurar condições de utilização das substâncias perigosas que minimizem os riscos</i>	12. Prevenção de acidentes
5 ► 1875: Nobel inventa a Nitrogelatina (mistura directa de colódio em NG sem solvente) <i>Evitar o uso de solventes desnecessários</i>	5. Evitar o uso de reagentes auxiliares
6 ► 1887: Nobel inventa a Balestite (“pólvora sem fumo”) Usar substâncias inócuas para a saúde humana em todo o seu ciclo de vida	1. Prevenção proactiva
7 ► Fins do Sec. XIX-...: Fabrico em tanques com operador sentado em banco de um só pé <i>Monitorizar as reacções químicas continuamente para otimizar a sua realização quanto a segurança</i>	11. Análise para a prevenção
8 ► Idem (multidimensionalidade do objectivo) <i>Preparar compostos sem obter colateralmente resíduos (aumentar a economia atómica)</i>	2. Economia atómica
DESENVOLVIMENTOS POSTERIORES E OUTROS	
9 ► 1950-...: Fabrico industrial de NG em pequenos reactores de fluxo <i>Intensificar o processo químico industrial (praticar o design de processos químicos inerentemente seguros)</i>	12. Prevenção de acidentes
10 ► 1867-...: Uso de NG como fármaco <i>Explorar cabalmente as possibilidades de utilização das substâncias conhecidas</i>	?
11 ► A molécula de NG justapõe átomos de oxigénio e de elementos combustíveis (C e H) <i>Praticar o design molecular para obter as funções desejadas</i>	4. Planificação a nível molecular

\* ) A numeração dos Princípios é a da sua ordenação habitual [20,21]. Os Princípios foram designados por títulos curtos que descrevem o seu conteúdo.

melhor ou pior, quer nos dois princípios fundamentais que definem a postura da QV (1 e 2), quer em três dos seus princípios operacionais (4, 5 e 12). Quatro das medidas dirigem-se ao Princípio 12, que postula uma prática da química inerentemente segura

quanto à prevenção de acidentes. Este objectivo sempre foi muito importante na Engenharia Química, já que os acidentes começaram a ocorrer logo que se montaram instalações industriais de grande escala<sup>31</sup> e foram-se diversificando à medida que a Indústria Quí-

mica cresceu. A partir de meados do séc. XX,<sup>32</sup> a prevenção ganhou importância crescente e começou a condicionar cada vez mais a concepção dos processos industriais logo a partir da fase de desenvolvimento de processo [15].

Estes factos (e outros) mostram que muito antes de se começar a falar de QV, já se praticava a Engenharia Química Verde. E evidenciam que a QV tem de englobar simultaneamente tanto a Química Verde como a Engenharia Química Verde, em aliança contínua que as potencie mutuamente e permita acrescentar “valor verde” à Química Industrial. Uma boa química de base, que proporcione uma síntese verde de um composto, pode ser “amarelecida” pela Engenharia Química se o desenvolvimento de processo “não for verde”; em contraste, se não é possível conceber uma química de base tão verde quanto desejável, a Engenharia Química pode atenuar a deficiência de “verdura” da síntese mediante um desenvolvimento do processo que controle os problemas críticos.

## Conclusões

Em suma, as invenções de AN e outras subsequentes sobre o desenvolvimento, fabrico industrial e aplicações tecnológicas da NG, quando analisadas em sequência, definem uma via de descoberta da QV – embora não planificado, o itinerário percorrido por AN dirigia-se implicitamente a uma meta, a segurança na implementação e uso da química, hoje o objectivo fundamental da QV. Por isso se pode dizer que AN, além de inventor (registou 355 patentes), empreendedor, industrialista da química e filantropo, foi também, inadvertidamente (sem postura intencional nem sequer consciente), um dos precursores da QV – pode ser considerado o “primeiro químico verde”! E um químico verde versátil, que praticou simultaneamente a QV de laboratório (procura de formulações adequadas a obter produtos seguros) e a Engenharia Química Verde (dirigida à prevenção de acidentes no fabrico e manipulação do produto).<sup>33</sup> Pensando melhor, este facto é natural: afinal a QV visa rever a Química Industrial no que concerne à perigosidade dos produtos que prepara e AN foi um químico que passou a vida a trabalhar com produtos perigosos – o bom senso empurrou-o para a QV!

Claro que a designação de AN como químico verde é metafórica – na altura, a química era uma ciência macroscópica,

totalmente empírica,<sup>34</sup> e o conhecimento dos efeitos da sua prática na saúde humana era limitado. Por exemplo, as nitrações envolviam uma atmosfera ocupacional muito perigosa, devido aos vapores ácidos de ácido sulfúrico, ácido nítrico e óxidos derivados, e a esperança de vida dos respectivos operários era muito mais baixa que a da população em geral (por sua vez muito mais baixa que a actual), como então sucedia, aliás, em quase todas as fábricas de química e metalurgia. No entanto, embora ainda com muitas lacunas quanta à “verdura” da química praticada, a actividade desenvolvida por AN contém já numerosas facetas que prenunciavam a QV.

A personalidade multifacetada de AN compara-se à de Edison,<sup>35</sup> que tinha características semelhantes quanto a capacidade inventiva e de empreendedorismo, e é apresentado frequentemente pelos físicos e engenheiros como o grande primeiro inventor – *o inventor da invenção* [22]. AN não lhe fica atrás neste campo – é uma figura que os químicos e engenheiros químicos podem usar para contrapor a Edison, tanto mais que o precedeu.<sup>36</sup>

A actividade de AN englobou simultaneamente tanto Química Verde como Engenharia Química Verde e, por isso, evidenciou desde logo a necessidade de conjugar eficaz e continuamente os dois ramos da química numa aliança contínua para praticar a Química Industrial Verde. Esta ideia encontra suporte no chamado Relatório Breslow, publicado recentemente pela *National Academy of Sciences* dos EUA [23], onde se discute conjuntamente o futuro da Química e da Engenharia Química, quando em relatórios anteriores com o mesmo fito se abordava só um dos ramos (por exemplo, respectivamente, nos Relatórios Pimentel [24] e Amundson [25]).

Para concluir, três observações. Primeiro, deve-se referir, em abono da verdade, que os russos afirmam que a dinamite foi uma invenção russa, feita pelo Coronel Petrushevskii, colaborador do Prof. Zinin, que não a patenteou por razões de segredo militar (mas recebeu em paga um prémio pecuniário e uma pensão vitalícia do Exército) [6]. Estes factos mostram quanto a História é, por

vezes, aleatória – se a História fosse justa e tivesse havido patente russa, possivelmente não haveria hoje Prémios Nobel.

Segundo, o tema desenvolvido neste artigo é um bom exemplo de quanto uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (STS)<sup>37</sup>, ou melhor, presentemente, Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (STSE) [26,27] permite obter uma visão holística e rica da Química Industrial, que desde a emersão como tal, no séc. XIX, foi um aglomerado íntimo de ciência e tecnologia, pela sua própria natureza integrada num contexto humano, societário e, conforme só mais tarde se veio a tomar consciência, ambiental.

Finalmente, poderá ainda perguntar-se: se os germes da QV surgiram no Sec. XIX, porque é que o Homem demorou tanto tempo a tomar consciência dos efeitos nefastos da Química Industrial e da necessidade de mudar a sua trajectória de desenvolvimento para a QV? Uma possível resposta é que o conhecimento humano, que incluiu os conhecimentos científico e técnico como casos particulares, é como a culinária – em ambos os casos a concretização é complexa e os produtos demoram tempo a apurar! Estes factos implicam que, no ensino da ciência e tecnologia, seja premente acrescentar à visão tradicional do racionalismo cartesiano, dirigido ao reducionismo, a visão holística do pensamento sistémico, que permita atender à complexidade.

## Notas

- 1 A pólvora, o explosivo clássico inventado na China no Sec. III a. C. [2] é uma mistura de carvão vegetal e enxofre (combustíveis, redutores), com nitrato de potássio,  $\text{KNO}_3$  (oxidante), previamente moídos – em que a granulometria dos pós limita a interpenetração mútua das substâncias e afecta as características da explosão.
- 2 Na mesma altura foi preparado outro explosivo molecular orgânico, a nitrocelulose (trinitrocelulose), por nitração de algodão (síntese parcial, realizada por Schenbein, 1846), cujo uso em minas foi quase logo descontinuado porque incontrolável. Mais tarde, este material foi recuperado como

- componente de explosivos (na sequência de trabalho de Brown, 1868) [2].
- 3 Por exemplo, em 2000, nos EUA, o consumo virtual *per capita* de explosivos foi quase 10 ton [1].
  - 4 Em contraste, na pólvora, uma mistura, a explosão resulta de uma reacção *intermolecular*,  $8 C(s) + 3 S(s) + 10 KNO_3(s) \rightarrow 2 K_2CO_3(s) + 3 K_2SO_4(s) + 6 CO_2(g) + 5 N_2(g)$  e a temperatura não excede 2.700°C e a pressão 6.000 atmosferas, obtidas em milisegundos[3]. A equação anterior é simplista, porque a combustão dá origem a numerosos produtos, mas evidencia a formação de fumos (formados por  $K_2CO_3$ ,  $K_2SO_4$  e outros componentes).
  - 5 A. Sobrero (1812-1888) foi um médico italiano (de Turim), que se converteu em químico (uma conversão então frequente) [28].
  - 6 Em ciência e tecnologia, a benignidade e o perigo ocorrem frequentemente juntos (tal como na vida real) – o chamado *paradoxo do Bem e do Mal* ou *natureza dual da ciência*, de que só se tomou plena consciência em meados do séc. XX, depois da Segunda Grande Guerra Mundial [29]. Por isso, as implicações éticas da ciência e tecnologia são difíceis de gerir: há necessidade de se estabelecer compromissos equilibrados entre o Bem e o Mal, o que pode ser uma actividade mais diabólica do que angélica! A QV tem como objectivo fulcral eliminar ou atenuar os riscos da Química – adopta uma atitude humanamente positiva: embora não resolva o paradoxo do Bem e do Mal, procura “desequilibrá-lo” a favor do Bem.
  - 7 Immanuel Nobel (1801-1872) foi um inventor e fabricante de armas sueco, interessado em explosivos [28]. Tendo emigrado para a Rússia (S. Petersburgo) em 1837, tinha concebido, desenvolvido e manufacturado minas de pólvora para uso em terra e no mar [6], então um tipo de equipamento militar tão inovador que teve inicialmente dificuldades em o fazer aceitar pelos militares, que demoraram muito tempo a decidir quem deveria ser armado com ele – o exército ou a marinha [7]. A decisão só foi tomada quando a estava iminente a Guerra da Crimeia (1853-1856) com a Turquia, durante a qual a família Nobel prosperou; perda da guerra, porém, o novo governo russo mudou de fornecedor de armas, a empresa falhou e Nobel regressou à Suécia, em 1859. Os acontecimentos referidos no texto ocorreram depois.
  - 8 Pouco depois, a pólvora foi substituída no detonador por fulminato de mercúrio,  $Hg(CNO)_2$ , mais fácil de fazer explodir [7].
  - 9 A diatomite é um material natural, proveniente das conchas de microorganismos chamados diatomáceas, formado por sílica hidratada, porosa, com capacidade de absorver líquidos. O material constituía o solo de Krummel, o que naturalmente proporcionou a AN inspiração para o usar.
  - 10 O nome escolhido para o material, Dinamite (com origem na palavra grega *dynamis*, que significa força), revela outra faceta de Nobel, o seu sentido comercial [6]: é atractivo e sugere bem a forte potência explosiva do produto – uma moderna agência de marketing não teria feito melhor!
  - 11 O colódio (por vezes designado dinitrocelulose) é constituído por celulose parcialmente nitrada, na (tri)nitrocelulose a nitração é completa.
  - 12 O desenvolvimento da indústria da pólvora francesa deve-se, em grande parte, a Lavoisier (1743-1794), que foi comissário da *Régie des Poudres* (Administração da Pólvora) de 1775 a 1792 e empreendeu profundas reformas na respectiva indústria [30].
  - 13 O fumo dificultava a inspecção dos movimentos do inimigo e a transmissão de ordens a distância, então feita por técnicas visuais – bandeiras, etc.
  - 14 A artilharia tinha já assimilado a cinemática o suficiente para aperfeiçoar a balística – aumentar a precisão de tiro: a guerra tinha evoluído de artesanal para científica e tecnológica, com aumento da escala da morte. Este facto observou-se já nitidamente na Guerra da Secessão (1861-1865) dos EUA, tendo depois havido um novo escalamento nas duas Grandes Guerras Mundiais do Sec. XX (1914-1918 e 1939-45) [31].
  - 15 Presentemente, procura-se desenvolver a Guerra Verde – a introdução das pólvoras sem fumo foi uma primeira medida, precoce, dirigida a esta.
  - 16 O primeiro foi a chamada Pólvora B, ou *pirocelulose*, constituída por nitrocelulose gelatinizada por mistura com éter e álcool, que depois era prensada e cortada em flocos (inventada pelo francês P. Vieille, 1886) [3]. Em Inglaterra, foi quase logo introduzida uma variante, a Cordite [7].
  - 17 Por exemplo, a passagem sob os Alpes em S. Gotardo, com 80 túneis (1872-82); e os canais de Corinto (1881-93) e do Panamá (1904-14) [6].
  - 18 Nos EUA, companhias rivais fabricavam produtos similares às dinamites, mas variando os suportes inertes e os aditivos, a que davam outros nomes e que legalmente conseguiam fazer cair fora das patentes (muitos dos nomes eram tão sugestivos da potência explosiva como o de dinamite, por exemplo, “Pó de Hércules”, “Pó de Atlas”, “Vigorite”, etc.) [6].
  - 19 A inovação é a invenção que penetra sustentadamente no mercado porque os utentes lucram com ela e sentem o seu valor – caso tal não suceda, a invenção, embora tecnicamente interessante, não traz embutida inovação tecnológica adequada (é “uma engenhoca meramente artística”). A inovação é sempre disruptora [32], por exemplo, a aceitação da NG pelo mercado levou praticamente ao desaparecimento da indústria da pólvora.
  - 20 No arranque do fabrico industrial, trinta anos antes, a produção foi de 11 toneladas/ano, o que corresponde a uma taxa média de crescimento anual de 34% (na primeira década, esta foi de 84%). Estes valores causarão inveja a qualquer empreendedor actual!
  - 21 Para a consolidação da decisão de AN de instituir os Prémios Nobel parece ter contribuído um obituário precoce, publicado por engano em 1888 num jornal francês, aquando do morte de um seu irmão, intitulado “Morreu o mercador da morte”, em que ele surgia descrito como “o homem que enriqueceu ao tornar possível matar mais pessoas mais rapidamente do que nunca antes” [9] – o teor do artigo teria levado AN a pensar na necessidade de melhorar a sua reputação póstuma. Outro factor que o teria influenciado foi uma longa amizade com a escritora austríaca, e pacifista de renome, Bertha von Suttner (pseudónimo Bertha Oulot), com quem se correspondeu intensamente nos últimos anos de vida [7] – e que ganhou o Nobel da Paz em 1905 [33].
  - 22 É interessante referir que após os enormes progressos no domínio da segurança ao longo do Sec. XX, umas das ideias básicas da moderna Segurança de Sistemas continua a ser ter em atenção as “capacidades e limitações das pessoas e a sua tendência para comportamentos imprevisíveis” [34], afinal a motivação para o banco de pé único.
  - 23 T. L. Brunton (1844-1916) foi um prestigiado médico e investigador em Edimburgo.
  - 24 Há mesmo registo de um caso em que ocorreu explosão do remédio quando o paciente foi sujeito simultaneamente a choques eléctricos (felizmente sem outros

- efeitos nocivos que não o susto, dada a baixa dose de NG) [6].
- 25 O monóxido de azoto tem variados papéis fisiológicos no corpo humano como mensageiro celular, apesar de ser um perigoso poluente, por exemplo, é expelido pelos escapes dos automóveis em quantidades significativas, embora mitigadas após estes terem sido munidos com conversores catalíticos, sendo um dos agentes precursores da neblina fotoquímica.
- 26 Nos tempos em que se não tomavam precauções dirigidas à segurança no trabalho, as dores de cabeça constituam uma doença profissional sentida pelos operários das fábricas de NG (conhecida pelo nome de “cabeça de NG”). As dores diminuíam quando a exposição se prolongava por umas semanas, o que levava os operários que se tinham de afastar temporariamente do trabalho a munirem-se de uma pequena amostra de NG para usar na banda do chapéu e se manterem “aclimatados” à substância, apesar de este tratamento ser perigoso e proibido [6].
- 27 A palavra *detonação* foi introduzida para designar a explosão da NG e outros explosivos de elevada potência (vem do latim, de *tonare*, a mesma raiz de trovão!) [6].
- 28 Propelantes são combustíveis para propulsão. A diferença entre explosivos e propelantes é que nestes últimos a combustão é mais suave, previsível e sem detonação (produção de onda de choque), o que permite a sua utilização na propulsão de veículos, foguetões, etc. [1].
- 29 Daí a designação *explosivos moleculares* usada como alternativa a *explosivos de elevada potência*.
- 30 Não confundir com a *intensificação do processo químico* referida atrás.
- 31 O primeiro grande acidente da Indústria Química ocorreu em 1921, em Oppau (Alemanha), numa fábrica onde se realizava o processo de Haber-Bosch para a síntese do amoníaco, pouco depois da sua concepção (1910) – uma explosão no armazém de fertilizantes, ao manipular uma mistura de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , destruiu a fábrica e uma grande parte da povoação e provocou 500 vítimas mortais e cerca de 1.000 feridos [35].
- 32 Um outro grande acidente industrial, também com  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , funcionou como uma das forças motrizes de desenvolvimento da prevenção de acidentes na Indústria Química. Aconteceu em 1947, na cidade portuária de Texas City, no Texas, EUA, uma pequena cidade (18.000 habitantes) onde existiam variadas fábricas de química (refinarias, fertilizantes, etc.). Uma explosão num barco que estava a carregar o fertilizante provocou efeitos em cadeia e o maior acidente da história da Indústria Química dos EUA – 581 mortos, mais de 3500 feridos, destruição de um terço da cidade e de muitas das instalações industriais, e prejuízos de muitos milhões de dólares (da época) [36].
- 33 Como a Engenharia Química só surgiu como ramo específico do conhecimento nos princípios do Sec. XX, também se pode dizer que AN foi um dos seus precursores.
- 34 Na altura, o conhecimento sobre equilíbrio, cinética e termodinâmica química mal começava a emergir – e a estrutura atómica e ligação química (química quântica) demorariam mais algumas décadas, até ao Sec. XX [37].
- 35 Thomas A. Edison (1847-1931) foi um inventor norte-americano, autodidacta, que inventou o fonógrafo e aperfeiçoou o telégrafo e a lâmpada de incandescência, etc. (registou 1180 patentes) [28].
- 36 É interessante notar que ambos inovaram numa área global muito importante para a civilização (inovaram também noutras) – a energia: Edison, no campo da energia eléctrica (lâmpada de incandescência, produção e distribuição ao domicílio de electricidade, diversos equipamentos para o seu uso, etc.); AN, no campo da produção de energia química concentrada – os explosivos. E que, presentemente, a situação energética mundial evidencia a necessidade premente de se continuar a inovar na mesma área!
- 37 Usam-se aqui as siglas habituais em língua inglesa.

#### Bibliografia

Sugestões para leituras adicionais: *Sobre explosivos* – Ref. 2: uma excelente introdução à química dos modernos explosivos, de leitura fácil. Refs. 1 e 27: capítulos sobre o fabrico industrial da NG, dinamites e outros explosivos, em livros sobre a Indústria Química de leitura profissional. *Sobre AN* – Ref. 5: versão oficial da biografia e actividades de AN. Ref. 6: versão mais saborosa da biografia de AN, com o sal que os bons historiadores põem na História. Ref. 7: artigo de origem sueca, esclarecedor quanto à personalidade multifacetada de AN. Ref. 8: artigo curto de homenagem a AN no centenário da sua morte

(1896), mas incisivo quanto ao contexto histórico e significado da sua actividade (adequado para alunos do secundário). Ref. 9: biografia curta, com a sobriedade típica da Enciclopédia Britânica. *Sobre o uso da NG (e outros compostos nitro) como fármaco* – Ref. 11: livro de leitura fácil mas ilustrativa sobre o papel biológico do monóxido de azoto. *Sobre a química moderna* – Ref. 37: história dos conceitos. Ref. 23: futuro.

- 1 B. Hansen, F. F. Chen e M. D. McPherson, Chemical Explosives and Rockets Propellants, em J.A. Kent (ed), *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*, 10.ª ed., Kluwer (2003) Cap.31, 1317-1363.
- 2 J. Akhavan, The Chemistry of Explosives, 2.ª ed., RSC (2004).
- 3 C. Baker, The Development of Explosives, Educ. Chem. 41 (2004) 159-161.
- 4 A. Sobrero, Sur plusieurs composés detonants produit avec l'acide nitrique et le sucre, la dextrine, la lacticine, la mannite et la glycerine, Compt. Rend. Acad. Sci. 24(1847) 247-248.
- 5 Nobel Foundation, Nobel e-Museum, <http://www.nobel.se> (acesso em 2006/07/17).
- 6 G. I. Brown, The Big Bang – A History of Explosives, Sutton (1999), Cap.8 e 9, 92-121.
- 7 J. E. Jorpes, Alfred Nobel, J. Chem. Ed. 37(1960) 328-334.
- 8 J. Hudson, Alfred Nobel – A Centennial Tribute, Educ. Chem. 33 (1996) 150-151.
- 9 Nobel, Alfred Bernhard, *Encyclopedia Britannica 2005 – Deluxe Edition CD* (2005).
- 10 J. E. Dolan, Molecular Energy – The Development of Explosives, Chem.Brit. 21 (1985) 732-737.
- 11 A. Steinbach e R. Winkenbach, Choose Processes for Their Productivity, Chem. Eng. 107(4) (2000) 94-104
- 12 S. L. Y. Tang, R. L. Smith e M. Poliakoff, Principles of Green Chemistry: Productively, Green Chem. 7 (2005) 761-762.
- 13 B. M. Trost, The Atom Economy – A Search for Synthetic Efficiency, Science 254 (1991) 1471-1474.
- 14 G. T. Austin, *Shreve's Chemical Process Industries*, 5.ª ed, McGraw-Hill (1984) Cap.22, 389-408.
- 15 T. Kletz, Process Plants: A Handbook for Inherently Safer Design, Taylor & Francis (1998) 26-30.

- 16 N. I. Foster e N. D. Heindel, *The Discovery of Nitroglycerine: Its Preparation and Therapeutic Utility*, *J. Chem. Ed.* **58** (1981) 364-5.
- 17 A. Butler e R. Nicholson, *Life, Death and Nitric Oxide*, RSC (2003).
- 18 S. S. Kantha, *Medical Hypotheses*, **49** (1997) 303-306.
- 19 E. Bingham, B. Cohnsen e C. H. Powell, *Patty's Toxicology*, 5.<sup>a</sup> ed., Wiley (2001)
- 20 P. T. Anastas e J. C. Warner, *Green Chemistry – Theory and Practice*, Oxford (1998) 30.
- 21 A. A. S. C. Machado, Química e Desenvolvimento Sustentável – QV, QUIVES, QUISUS, Química – Boletim da SPQ. 95 (2004) 59-67.
- 22 R. Uhlig (ed.), *James Dyson's History of Great Inventions*, Robinson (2002) 100, 117-118.
- 23 R. Breslow e M. V. Tirrell, *Beyond the Molecular Frontier – Challenges for Chemistry and Chemical Engineering*, NAP (2003).
- 24 G. C. Pimentel, *Opportunities in Chemistry*, NAP (1985).
- 25 N. R. Amudson, *Frontiers in Chemical Engineering: Research Needs and Opportunities*, NAP (1988).
- 26 J. Solomon e G. Aikenhead (eds.), *STS Education – International Perspectives on Reform*, TC Press (1994).
- 27 D. Hodson, *Time for Action: Science Education for an Alternative Future*, *Int. J. Sci. Educ.* **25**(6) (2003) 645-670.
- 28 L. Day e I. McNeil (eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, Routledge (1996), [8a] 522-523 (AN); [8b] 523-524 (I. Nobel); [8c] 655-656. (A. Sobrero). [8d] 231-233 (T. A. Edison).
- 29 B. Appleyard, *Understanding the Present – An Alternative History of Science*, Taurisparke (2004)126.
- 30 J. P. Poirier, *Lavoisier – Chemist, Biologist, Economist*, Penn (1998) 89-94.
- 31 B. Hayes, *Statistics of Deadly Quarrels*, *Am. Sci.* **90**(1)(2002) 10-15.
- 32 J. M. Utterback, *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard BSP (1994).
- 33 Suttner, Bertha, Freifau von, *Encyclopedia Britannica 2005 – Deluxe Edition CD*.
- 34 F. A. Manuele, *On The Practice of Safety*, 3.<sup>a</sup> ed, Wiley-Interscience (2003) 329.
- 35 T. Ketz, *Dispelling Chemical Engineering Myths*, 3.<sup>a</sup> ed, Taylor & Francis (1966) 88.
- 36 H. W. Stephens, *The Texas City Disaster*, University of Texas Press (1997).
- 37 K. J. Laidler, *The World of Physical Chemistry*, Oxford (1995)

## Actualidades Científicas

### Anunciada a descoberta do elemento 118

Cientistas do Chemistry, Materials and Life Sciences Directorate do Lawrence Livermore National Laboratory, em colaboração com investigadores de Dubna, Joint Institute for Nuclear Research (JINR) na Rússia, anunciaram a descoberta de um novo elemento superpesado, o elemento 118. Através de experiências realizadas no ciclotrão JINR U400, entre Fevereiro e Junho de 2005, os investigadores observaram cadeias de decaimento que demonstram a existência do elemento 118. Nestas cadeias de decaimento, o já previamente observado elemento 116 é obtido através de decaimento alfa do elemento 118. Os resultados foram publicados na edição de Outubro de 2006 da revista *Physical Review C*. A experiência produziu três átomos do elemento 118 através do bombardeamento de um alvo de califór-

nio por íons de cálcio. Assim, a equipa constatou os decaimentos sucessivos do elemento 118 a elemento 116 e posteriormente deste ao elemento 114. Prevê-se que o elemento 118 seja um gás nobre e que se situe imediatamente abaixo do rádon na tabela periódica de elementos.

Ken Moody, o responsável da equipa de Livermore afirma “As propriedades de decaimento de todos os isótopos que produzimos até agora indiciam a existência de uma ilha de estabilidade, o que pressupõe que talvez tenhamos sorte se tentarmos produzir elementos ainda mais pesados”. A ilha de estabilidade é um termo da física nuclear que descreve a possibilidade da existência de elementos pesados, desde que estes possuam um número mágico particularmente estável de prótons (114) e de neutrões (186). Tal permitiria que certos isótopos de alguns elementos transurâ-

nicos (com número atómico superior a 92) fossem muito mais estáveis do que outros, e assim decaíssem muito mais lentamente.

O grupo de Livermore tem colaborado nas descobertas de vários elementos novos ao longo dos anos. Em 1999 e 2001, o Laboratório anunciou a descoberta dos elementos 114 e 116, respectivamente. Em 2004, a equipa Livermore-Dubna observou a existência dos elementos 113 e 115. No futuro, a equipa pretende continuar a mapear a região adjacente à ilha de estabilidade. Para isso, planeia em 2007, a tentativa de produção do elemento 120 através do bombardeamento de um alvo de plutónio por isótopos de ferro.

(adaptado do comunicado para a imprensa do Lawrence Livermore National Laboratory – [www.llnl.gov/pao/news/news\\_releases/2006/NR-06-10-03.html](http://www.llnl.gov/pao/news/news_releases/2006/NR-06-10-03.html)).

Paulo Brito

# O fenómeno da quiralidade

– bases de estereoquímica

ANA PAULA PAIVA\*

A quiralidade é uma designação associada à Química mas simultaneamente é um fenómeno que se manifesta principalmente em tudo o que é vivo. A questão base para a qual os cientistas ainda não encontraram uma resposta é a origem de tal ocorrência, ou seja, se a quiralidade é típica dos compostos químicos associados à Vida, ela deverá ter acontecido antes da própria Vida, de modo a condicioná-la e a construí-la tal como hoje a conhecemos. No entanto, pelo menos à luz dos conhecimentos científicos actuais,

a quiralidade nunca surge de modo espontâneo. Após uma explicação básica do fenómeno em termos gerais e sob o ponto de vista da Química, são fornecidos exemplos relevantes que permitirão reflectir um pouco acerca da essência da quiralidade – será uma manifestação casual, existirá quiralidade nos compostos químicos constituintes dos seres vivos terrestres por acaso? Ou a quiralidade será antes uma predestinação nascida nos confins do Universo?

## O que é a quiralidade?

Acontece por vezes que a imagem no espelho de um dado objecto não é sobreponível com ele próprio. Por exemplo, suponhamos que uma dada pessoa tem um sinal na face, do lado direito. Quando se olha ao espelho, esse sinal irá aparecer colocado igualmente do lado direito da cara. No entanto, se a imagem saísse do espelho e se se viesse colocar ao lado da pessoa, o que aconteceria? Essa pessoa teria o sinal do lado esquerdo. Assim, o rosto da pessoa e a sua imagem não são sobreponíveis, o fenómeno da quiralidade manifesta-se macroscopicamente.

Com base no mesmo procedimento, poderá verificar-se que, na Natureza, muitos objectos não são sobreponíveis com a sua imagem especular. O que se passa é que é necessário haver assimetria para tal propriedade se manifestar. Por exemplo, uma colher tem plano de simetria, logo há sobreposição com a sua imagem no espelho, mas o mesmo não acontece com as nossas mãos: a mão esquerda é a imagem no espelho

da mão direita mas, quando tentamos sobrepor-las (a palma da mão esquerda sobre as costas da mão direita) é óbvio que não há sobreposição. Não é possível, para as duas mãos, a ocupação exacta dos mesmos pontos no espaço, e é este o motivo pelo qual não se consegue calçar uma luva da mão direita na mão esquerda e vice-versa.

Curiosamente, a palavra “quiral” deriva do grego “khéir”, que significa “mão”. A quiromância, que consiste na leitura dos sinais das mãos, provém da junção de “khéir” e de “mantéia”, que significa adivinha.

## Compostos químicos quirais

Alguns compostos orgânicos são excelentes exemplos de manifestação de quiralidade, devido a serem constituídos de modo determinante por átomos de carbono. O carbono é o elemento da Vida, e um dos motivos poderá ficar a dever-se às suas características únicas de poder formar quatro ligações covalentes simples de modo equivalente. As teorias da ligação química explicam que as quatro ligações que o carbono estabelece se situam segundo os vértices de um tetraedro, sendo os ângulos de ligação característicos de cerca de 109°.

Na Figura 1 apresentam-se as fórmulas estereoquímicas de dois aminoácidos constituintes de proteínas, a glicina – *A* – e a alanina – *B*.

A imagem especular da glicina é sobreponível com a molécula inicial, a glicina é só uma molécula [(1) = (2)], enquanto que a imagem no espelho da molécula de alanina (3), como se pode observar na Figura 1B, não é sobreponível com a mesma – [(4) é diferente de (3)], logo a alanina pode aparecer sob a forma de dois compostos diferentes. Há uma relação de isomeria muito estreita entre as duas moléculas de alanina, pois apesar de ambas apresentarem as mesmas ligações químicas, a relação espacial entre os respectivos átomos ou grupos de átomos constituintes é que varia – observa-se um tipo especial de **estereoisomeria**. Quaisquer dois compostos com a relação objecto – imagem no espelho (não sobreponível) chamam-se **enantiómeros**.

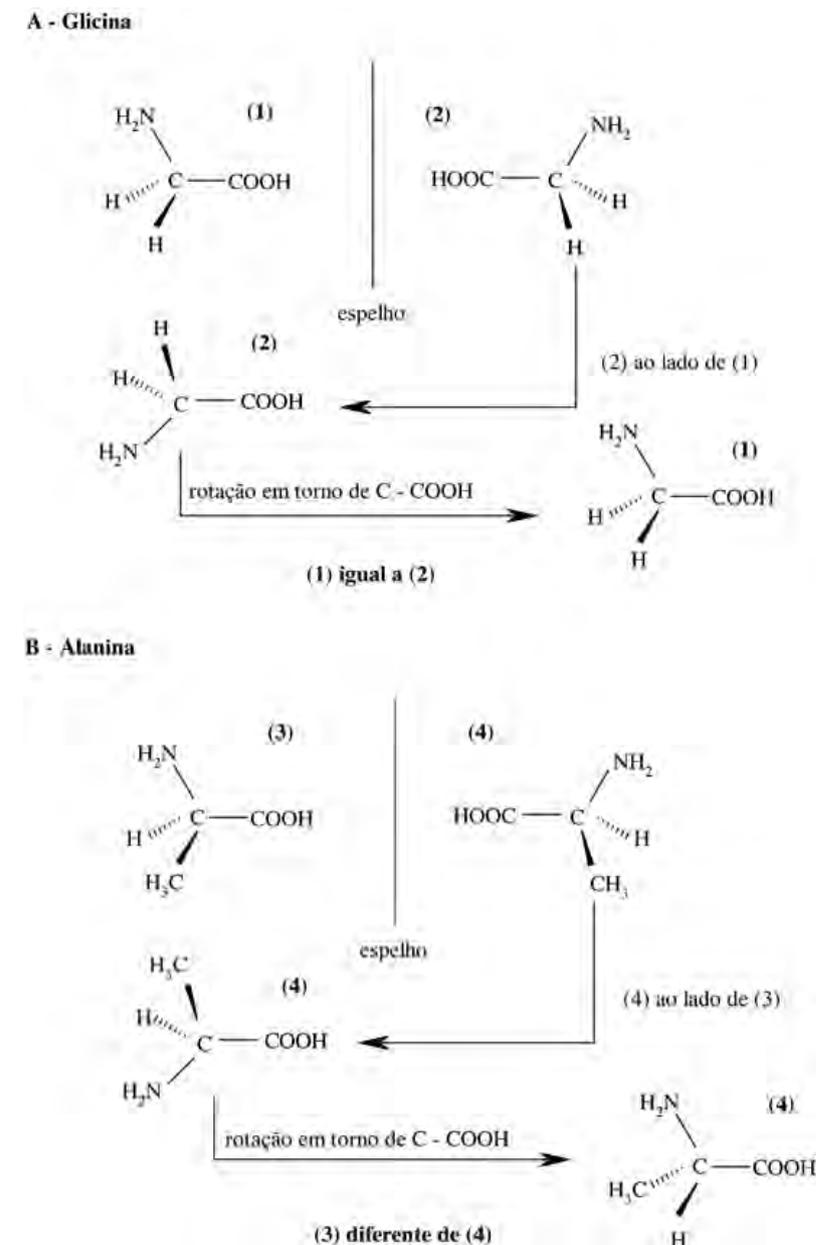
Conclui-se também que, para um composto orgânico ser quiral, é necessário que tenha pelo menos um átomo de carbono com quatro substituintes diferentes, pois só assim há possibilidade de assimetria na molécula; no entanto, o facto de ter dois ou mais átomos de carbono com quatro substituintes di-

\* Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (DQB-FCUL), Rua Ernesto de Vasconcelos, C8 Campo Grande, 1749-016 Lisboa (E-mail: appaiva@fc.ul.pt)

ferentes não implica necessariamente que o composto seja quiral. Veja-se, por exemplo, o caso do ácido tartárico, Figura 2. O composto com plano de simetria é denominado **composto meso** e este é um **diastereoisómero** do par de enantiómeros, pois é um estereoisómero desse mesmo par mas não é a imagem no espelho de nenhum dos outros compostos.

Sendo os enantiómeros de um par dois compostos químicos diferentes, esperar-se-á então que exibam propriedades físico-químicas diferentes. De facto, a grande maioria dessas propriedades são iguais, à excepção de duas, uma física e outra química. A primeira tem a ver com o efeito que cada enantiómero de um par provoca no plano da luz polarizada: um dos compostos roda o plano da luz polarizada no sentido dos ponteiros do relógio, segundo um dado valor angular, enquanto que o outro enantiómero roda o plano da luz polarizada segundo o mesmo valor angular absoluto mas no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio. Diz-se então que cada um dos enantiómeros exibe **actividade óptica**. No entanto, é fácil de perceber que, se os dois enantiómeros estiverem presentes em igual quantidade numa dada amostra, ao realizarem-se determinações de actividade óptica, o plano da luz polarizada não vai rodar, pois o efeito provocado por um enantiómero anula o efeito do outro – a mistura em quantidades equimolares de dois enantiómeros não tem actividade óptica e chama-se **mistura racémica ou racemato**. Sendo aquiral, um composto meso também não roda o plano da luz polarizada, pelo que também não exibe actividade óptica.

A propriedade química que diferencia dois enantiómeros é a sua distinta reactividade perante substâncias que sejam, elas próprias, também quirais. É pois fácil de perceber que, quando se pretende separar os enantiómeros de uma mistura racémica, a reacção da mistura com um dado composto quiral vá originar dois compostos que, esses sim, já deverão ter propriedades diferentes que permitam a sua mais fácil separação – vão ter uma relação diastereoisomérica entre si. A partir de cada um dos dias-



**Figura 1** A: Fórmula estereoquímica da glicina. B: Fórmulas estereoquímicas dos dois enantiómeros da alanina.

tereisómeros poderão ser obtidos novamente os enantiómeros de partida. O processo de separar os enantiómeros de uma mistura racémica é denominado **resolução** e o procedimento acabado de descrever acima é um dos mais usuais. Há inúmeros compostos quirais que podem ser usados para resolver misturas racémicas e que, muitas vezes, são isolados de produtos naturais. Um exemplo ilustrativo da resolução da mistura racémica do 2-aminobut-3-ino com

um estereoisómero específico do ácido tartárico pode ser visualizado na Figura 3. Outra técnica actualmente muito utilizada para a resolução de misturas racémicas é a cromatografia quiral, em que o enchimento de uma coluna cromatográfica é feito com um dado composto quiral cuja afinidade para interagir com os dois enantiómeros será diferente, retendo cada um deles com uma extensão distinta e permitindo, desse modo, a desejada resolução.

### Ácido tartárico - 3 estereoisómeros

(1) e (2) enantiómeros

(3) ou (4) diastereoisómero de (1) e de (2)

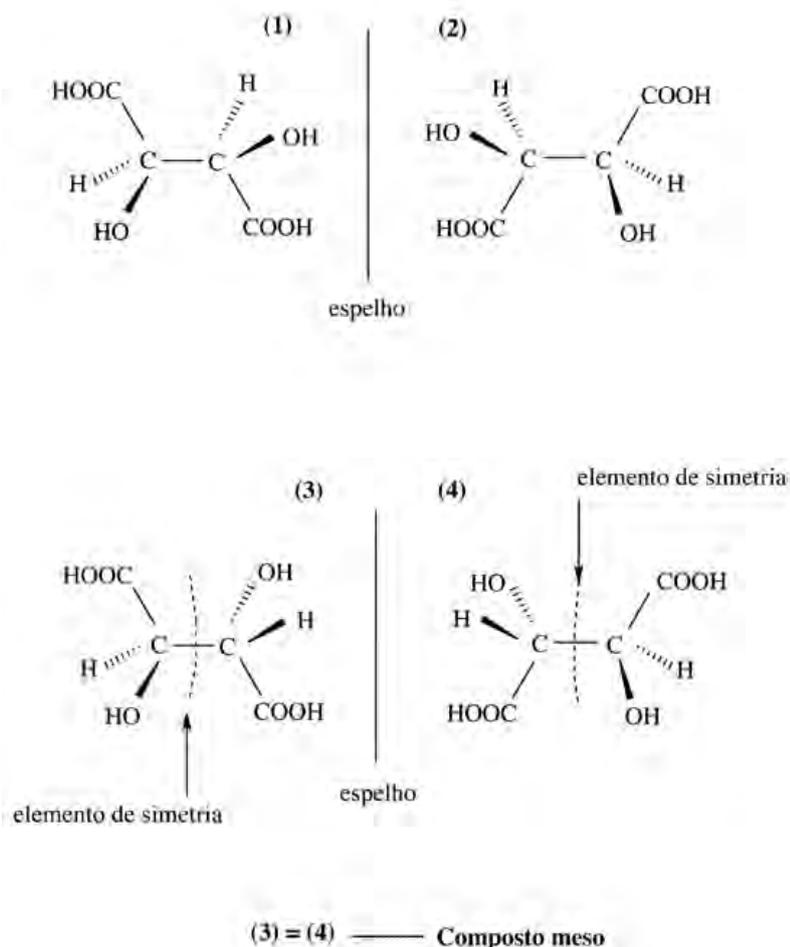


Figura 2 Fórmulas estereoquímicas dos três estereoisómeros do ácido tartárico.

#### Exemplos de síntese e de reactividade de compostos quirais

É frequente acontecer que, no decurso de uma dada reacção química, se formem moléculas quirais a partir de reagentes que sejam aquirais. No entanto, se não houver no meio reaccional qualquer influência do tipo quiral (em termos de catalisador ou de solvente), o resultado da reacção será sempre a formação de uma mistura racémica,

ou seja, formam-se quantidades iguais dos dois enantiómeros do produto. Apresenta-se em seguida o exemplo da reacção de uma cetona com hidrogénio gasoso em presença de pó de níquel (catalisador) para originar um álcool – Figura 4A. Repare-se pois que a molécula de álcool tem 1 átomo de carbono com quatro substituintes diferentes, logo o álcool formado é quiral. Assim, formam-se iguais quantidades dos dois enantiómeros possíveis para

o produto. Diz-se que a reacção não é **enantioselectiva**, pois não conduz à formação preferencial de um enantiómero sobre outro.

Se um dos compostos de partida de uma dada reacção é quiral e se só um dos enantiómeros é utilizado, a reacção já pode ser **estereoespecífica**, ou seja, poderá só originar um produto com uma configuração quiral específica. É o que acontece, por exemplo, na reacção de substituição nucleofílica bimolecular de um enantiómero de um bromoalcano com ião hidróxido para dar um álcool, Figura 4B. Neste caso, um enantiómero específico do reagente origina um enantiómero do álcool resultante com a configuração contrária à da do reagente inicial, pois o  $\text{OH}^-$  ataca a molécula do lado contrário ao da saída do ião  $\text{Br}^-$ . Partindo do outro enantiómero do bromoalcano, Figura 4C, formar-se-á o outro enantiómero do álcool. É pois fácil de se entender que, se se partir da mistura racémica do reagente, obter-se-á a mistura racémica do álcool como produto da reacção.

Assim, a enantioselectividade no laboratório só é conseguida com recurso a reagentes, solventes ou catalisadores quirais. No entanto, a grande maioria das reacções químicas que ocorrem na Natureza são enantioselectivas, e isto deve-se às propriedades ímpares de proteínas especiais denominadas **enzimas**. As enzimas são catalisadores biológicos com uma eficiência extraordinária, pois não só aceleram as reacções em que intervêm como também exercem uma influência quiral no seu decurso. Com efeito, as enzimas possuem sítios activos quirais onde os reagentes se ligam momentaneamente, e isso faz com que só um enantiómero do substracto se “fixe” na enzima e, portanto, só esse sofre reacção apreciável. O exemplo apresentado é o da acção da enzima denominada *dopamina  $\beta$ -monooxigenase* sobre a dopamina (importante regulador cerebral) em presença de oxigénio, para originar especificamente um dos enantiómeros da norepinefrina, Figura 5.

## Compostos quirais na Natureza

Como referido anteriormente, muitos compostos extraídos de matérias-primas naturais são quirais, podendo aparecer isoladamente (só um enantiómero) ou sob a forma de misturas racémicas. Por exemplo, o limoneno é constituído por dois enantiómeros, em que um deles tem odor a terebentina e pode ser isolado a partir dos frutos do abeto e o outro é o responsável pela fragrância característica das laranjas. A carvona é também utilizada como essência de perfumes e cada um dos enantiómeros constituintes tem diferente odor: um cheira a hortelã verde e o outro a cariz. É óbvio que as respectivas misturas racémicas terão ainda um cheiro diferente do dos dois enantiómeros constituintes – Figura 6.

Como é que através do sentido do olfacto nós somos capazes de distinguir cheiros diferentes num par de enantiómeros, dado estes terem estruturas tão semelhantes? Pensa-se que é devido ao facto de os sensores olfactivos existentes no nariz também serem quirais, pelo que um dado enantiómero só se adapta a um receptor, tendo o outro que se adaptar a um receptor diferente. Sendo assim, a informação referente às interacções químicas, que é transferida pelo sistema nervoso até ao cérebro por cada um dos sistemas, é obviamente distinta.

No Homem existem vinte e dois aminoácidos que constituem as proteínas e as enzimas. Um dos aminoácidos não é quiral – a glicina, veja-se a Figura 1 –, mas os restantes vinte e um são-no e cada um deles só existe no Homem sob a forma de um enantiómero. Verifica-se que vinte têm todos a mesma configuração (equivalente à da estrutura (4) da alanina – Figura 1), e só a cisteína (o único aminoácido contendo enxofre) é que tem a configuração inversa. O que terá determinado toda esta preferência quiral?

## A importância dos compostos quirais

Uma vez que nos seres vivos existem tantos compostos químicos quirais, não é de todo de estranhar que os fármacos

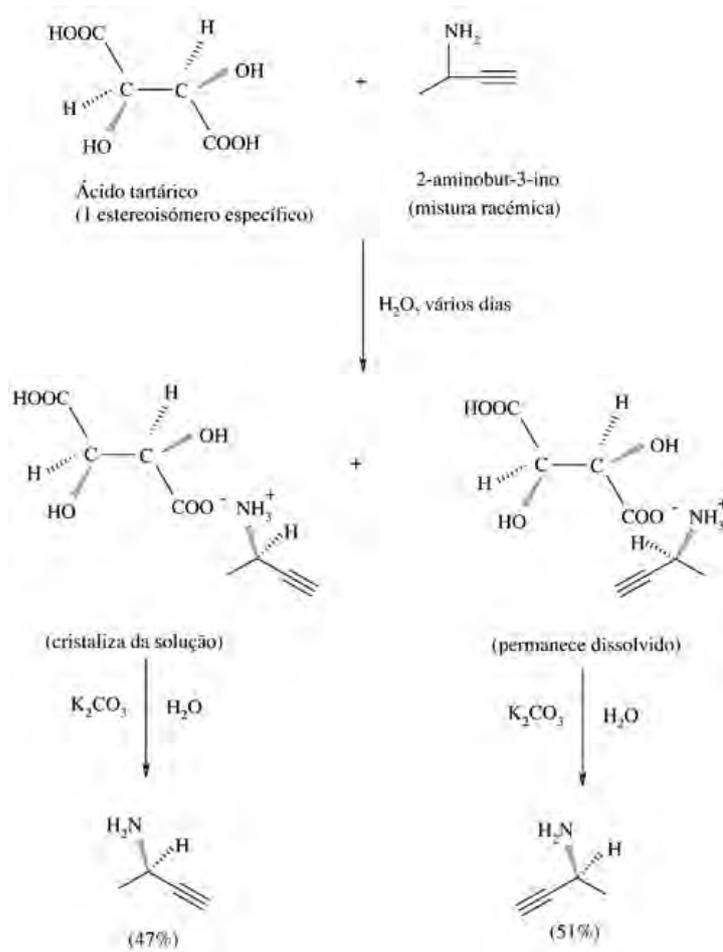


Figura 3 Resolução da mistura racémica de 2-aminobut-3-ino com um estereoisómero específico do ácido tartárico.

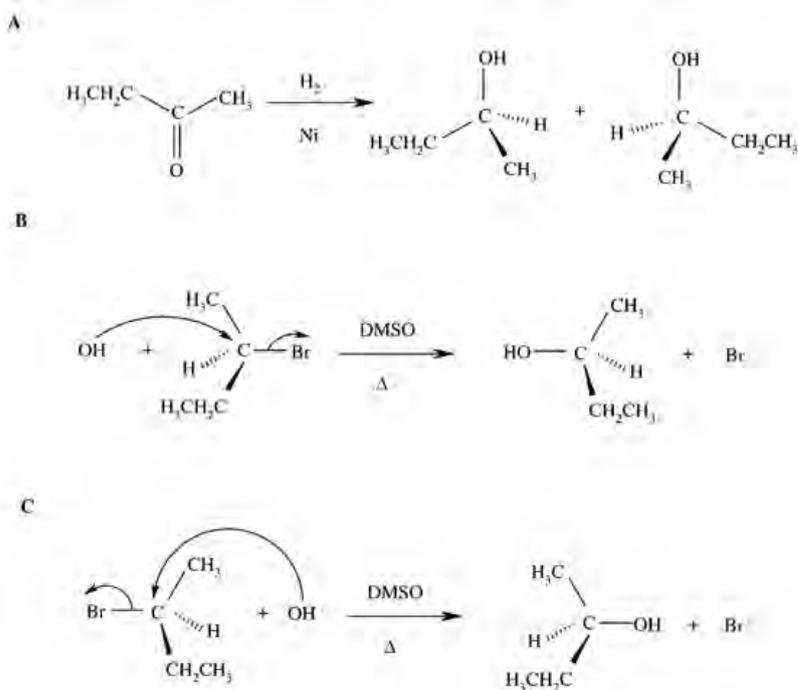
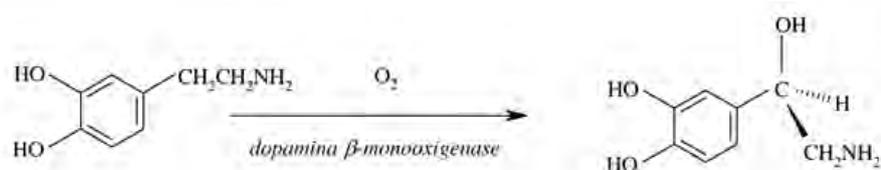


Figura 4 A: Reacção de hidrogenação de uma cetona origina uma mistura racémica de álcoois. B e C: Um enantiómero específico de um bromoalcano origina um enantiómero específico de um álcool por reacção de substituição nucleofílica bimolecular (DMSO: dimetilsulfóxido;  $\Delta$ : aquecimento).

**Figura 5** Reacção estereoselectiva de conversão da dopamina em norepinefrina em presença de enzima adequada.



que se tomam para aliviar ou curar sintomas de doença também o devam ser, para exercerem o seu efeito curativo de forma mais eficaz. O que aconteceu com a *talidomida* é um exemplo de excelência para ilustrar este ponto. A *talidomida* foi uma droga usada nos anos 60 do século passado, sob a forma de mistura racémica, para aliviar sintomas de enxaqueca. No entanto, quando mulheres grávidas tomaram a droga, os recém-nascidos revelaram deficiências graves. Veio depois a descobrir-se que só um dos enantiómeros tem efeito analgésico, sendo o outro o responsável pelas deformações encontradas nos bebés – Figura 7. Na mesma Figura aparece também a estrutura do *ibuprofeno*, que é um princípio activo muito utilizado como analgésico e anti-inflamatório. O que acontece é que também só um dos enantiómeros é fisiologicamente activo, sendo o outro inactivo. Se o medicamento for tomado sob a forma de mistura racémica, a quantidade a ingerir terá que ser aumentada para surtir o efeito desejado.

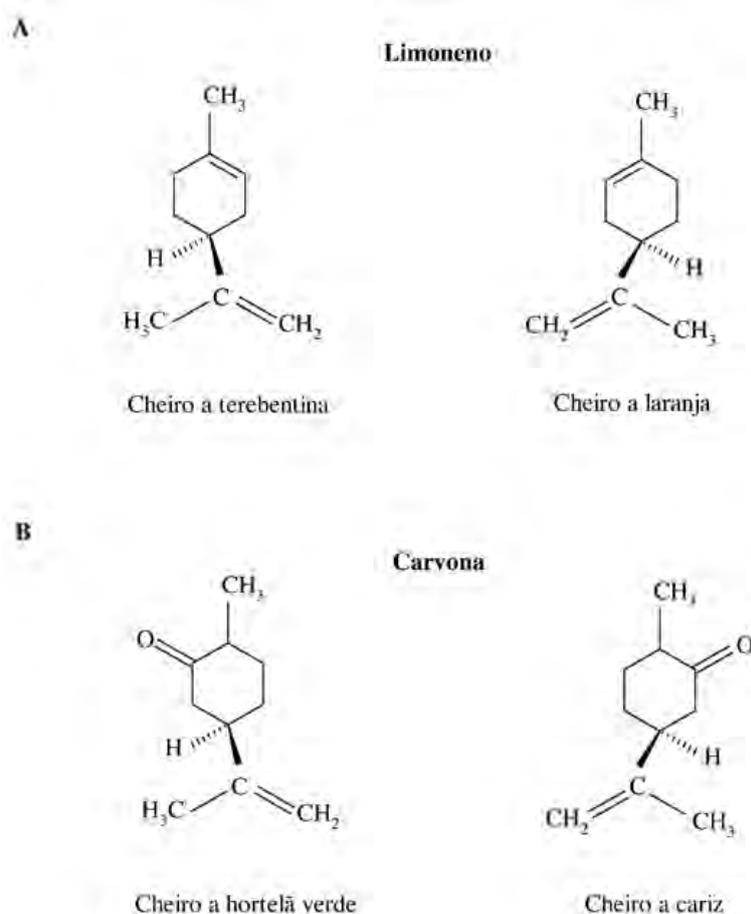
### Reflexão final

Depois de tudo o que se disse, é difícil acreditar que a quiralidade típica dos compostos químicos constituintes dos seres vivos se tenha desenvolvido por acaso. Assim, como se poderá justificar este fenómeno insólito?

Em 1970 foi descoberto um meteorito ao qual chamaram *Murchison*. Análises efectuadas ao meteorito revelaram que este apresentava na sua constituição aminoácidos e outras moléculas complexas associadas à Vida, pelo que se pensa que a Vida poderá eventualmente existir em ambientes extra-terrestres. Técnicas mais sofisticadas revelaram

recentemente que quatro aminoácidos presentes no meteorito apresentavam um excesso enantiomérico, pois exibem uma predominância de 7 a 9% da configuração enantiomérica igual à existente nos organismos vivos terrestres. Uma hipótese avançada pelos astrofísicos para tentar explicar o fenómeno refere que as estrelas de neutrões, quando giram

sobre si próprias, emitem radiação electromagnética dos seus pólos que roda num sentido específico (nomeadamente, como o de um saca-rolhas a retirar a rolha de uma garrafa), e esta ocorrência poderá então levar à predominância de um enantiómero sobre outro quando se dá a formação de moléculas no espaço interestelar.



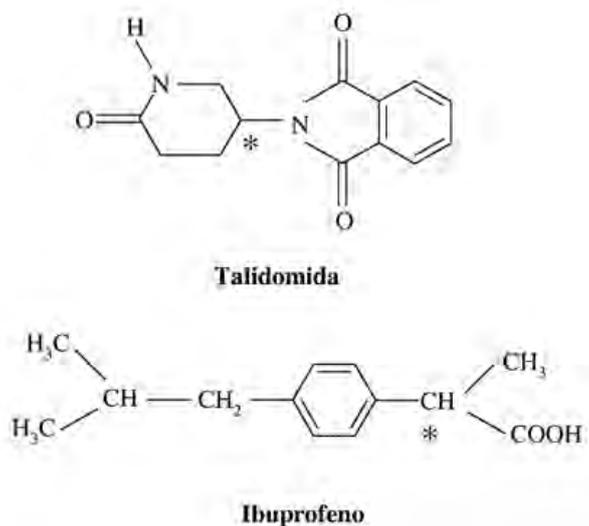
**Figura 6** Fórmulas estereoquímicas e cheiros característicos dos pares de enantiómeros do limoneno e da carvona.

Assim, a hipótese da quiralidade poder ser ditada por fenómenos do Universo parece ganhar alguma consistência. Aguardemos, pois, pelos progressos vindouros do conhecimento científico...

#### Bibliografia

G. Solomons, C. Fryhle, *Organic Chemistry*, John Wiley and Sons, 7.ª edição, Nova Iorque, 2000.

K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, *Organic Chemistry – Structure and Function*, W. H. Freeman and Company, 4.ª edição, Nova Iorque, 2003.



**Figura 7** Estruturas da talidomida e do ibuprofeno (os asteriscos indicam os átomos de carbono com quatro substituintes diferentes).

Ganhe com a **Retsch**  
Moinhos e Análise Granulométrica

**Primeiro Prémio: 1 KG DE OURO**

Condições de participação:

[www.gravimeta.pt](http://www.gravimeta.pt)

Rubrica «Notícias»



**GRAVIMETA, LDA**

**Instrumentação para Controlo de Qualidade e Investigação**

Lisboa - Tel. 219 577 440

Porto - Tel. 226 184 232

Garantimos: 1) Soluções dedicadas

2) Assistência técnica



# Everyone is using Gemini HPLC Columns. Here's why:

"...I was looking for a column that would give good, consistent results...every time. I was extremely happy with the Gemini results and will recommend its use..."

Patricia Boston, Senior Scientist  
Major Pharmaceutical Company

"[Gemini is] now my column of choice on all our LC/MS systems"

Darren Medland  
EISAI London Research Labs Ltd.

"We are very satisfied with the Gemini column! One example is the analysis of Apomorphin and Nipagin - directly compared to a competitor column Gemini convinced by optimal separation, peak shape and column lifetime (as different as night and day).

Dr. Mark Roffe,  
SoluPharm GmbH

"Gemini C18 is one of the best columns that I have used ever... I found it is a robust and reliable column when doing method validation."

Yong Deng,  
Major Animal Health Organization

"Gemini has proved its versatility... good peak shape and reproducibility. A highly aqueous mobile phase at pH 11.5 was used. Column performance has remained stable over 50 hours..."

Ian Dawson  
Major Pharmaceutical Company

"[With Gemini] it was possible to detect extremely low analyte concentrations in very difficult samples"

Dr. Manuela Perlegrini  
Ist. Superiore Santa

"I found the best developing method of Sodium Benzoate. The resolution and separation...looks very good..."

Charles Y. Deng, Senior Scientist  
NovaDel Pharma

"Gemini columns have high efficiencies and long column lifetimes"

Ren Yiping  
Zhejiang Center for Disease Prevention and Control

"[Gemini] columns have maintained integrity through thousands of purification runs... even the synthetic chemists have noticed the better data from their analytical runs, and have voiced their support of the Gemini columns"

Cynthia Jefferies  
Chembridge Research Laboratories

"Gemini has finally solved the 'High pH purification' problem...enabling us to work at nearly any pH. Gemini has fantastic selectivity, very high loading capacity and it lasts for ages..."

Cesare Granata  
Astex Therapeutics Ltd.

"Increased resolution due to excellent peak symmetry."

Jan Triska  
Ist. Landscape Ecology

"In our LC/MS studies, separation [using a Gemini 5µm column] was superior than those of other columns packed with smaller particles, thus allowing for a smoother transition for subsequent scale-up."

Takahiro Takeuchi  
Teijin Pharma Limited

"...Now, over 5000 runs and 10 liters of pH 3 solvent later, I notice no decline in column performance..."

John Thaden, PhD  
University of Arkansas for Medical Sciences

"The extraordinary column, Gemini... reduced dramatically [the] runtime in vitamin analysis"

Edmilson F. Calcilari  
Major Nutritional Company



**Gemini**  
Mystery Solved

- **pH Method Flexibility (pH stable 1-12)**
- **Higher Efficiency with NEW Gemini™ 3µm C18 & C6-Phenyl**
- **Aromatic & Hydrophobic Retention with NEW Gemini™ C6-Phenyl**
- **Increase Purification Throughput with NEW Axia™ Packed Gemini™ Prep Columns**

**Try Gemini in your lab risk free!**

Visit

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



[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)

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

USA  
tel: (310) 212-0555  
info@phenomenex.com

Puerto Rico  
(800) 541-HPLC  
info@phenomenex.com

Canada  
(800) 543-3681  
info@phenomenex.com

France  
01 30 09 21 10  
franceinfo@phenomenex.com

United Kingdom  
01625-501367  
ukinfo@phenomenex.com

Ireland  
01 247 5405  
eireinfo@phenomenex.com

Germany  
06021-58830-0  
anfrage@phenomenex.com

New Zealand  
09-4780951  
info@phenomenex.co.nz

Australia  
02-9428-6444  
info@phenomenex.com.au

The opinions stated herein are solely those of the speaker and not necessarily those of any company or organization. © 2006 Phenomenex Inc. All rights reserved.

# A propósito do Laboratório Chimico

do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa:  
algumas reflexões sobre o património científico em Portugal

MARTA C. LOURENÇO\*, ANA CARNEIRO\*\*

Este artigo pretende lançar as bases para uma reflexão sobre o património científico em Portugal, analisando algumas das razões que contribuem para a vulnerabilidade

em que geralmente se encontra, e apontar um conjunto de medidas a tomar no curto prazo de forma a inverter a situação.

*What is education? Properly speaking, there is no such thing as education.*

*Education is simply the soul of a society as it passes from one generation to another. Whatever the soul is like, it will have to be passed on somehow, consciously or unconsciously, and that transition may be called education. (...)*

*What we need is to have a culture before we hand it down. In other words, it is a truth, however sad and strange, that we cannot give what we have not got, and cannot teach to other people what we do not know ourselves.*

G. K. Chesterton, 1924

## Introdução

Se é verdade que é geralmente aceite que a Torre dos Clérigos ou um quadro de Grão Vasco são elementos do património português, sendo facilmente reconhecida não só a obrigação moral e legal de salvaguardá-los, mas também de torná-los acessíveis a especialistas e a leigos, o mesmo não se aplica a uma colecção de balanças do século XVIII, ou de fósseis do século XIX. Se é também verdade que poucos, nem que seja por pudor, se atreverão a questionar da utilidade de um soneto de Camões ou de uma sinfonia de Beethoven, não é certo que a mesma atitude seja assumida perante 'velharias', tais como uma colecção de reagentes químicos usados num

liceu no tempo dos nossos avós, ou 'papéis poeirentos' como as fichas dos sócios de há cem anos de uma sociedade científica. Este estado de coisas não é novo, nem exclusivamente português. As razões são complexas e merecedoras da nossa análise e reflexão. Enquanto em outras áreas o estatuto de património é um dado internacionalmente adquirido – caso dos patrimónios artístico, natural, arqueológico, arquitectónico e, mais recentemente, do património industrial – o conceito de património da ciência é mais difícil de delimitar e identificar, tornando a protecção desse património ainda mais complexa. O objectivo deste artigo é aproveitar a inauguração de dois importantes laboratórios históricos de Química portugueses para traçar um panorama breve do nosso património científico, em particular dos principais desafios e dilemas que enfrenta. Apresenta-se igualmente, no final, uma proposta de trabalho destinada a promover o património científico a nível nacional e internacional.

Não há dúvida que o ano de 2006 tem sido, sob muitos aspectos, um ano feliz para o património científico português. Com efeito, após anos de intenso e minucioso trabalho de restauro e estudo, abrem quase simultaneamente ao público o Laboratório Chimico da Universidade de Coimbra (século XVIII, fig. 1) e o Laboratório Chimico da Escola Politécnica (século XIX), este último integrado no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa. No panorama europeu, Portugal é um país privilegiado no que respeita a laboratórios históricos. Por razões que merecem certamente ser aprofundadas, e apesar de se terem degradado naturalmente com o uso e as adaptações que foram sofrendo ao longo do tempo, o nosso país possui um exemplar de um laboratório químico setecentista (Coimbra), outro de um grande laboratório oitocentista (o de Lisboa, que sobreviveu quase intacto) e, ainda, um exemplar do princípio do século XX, o laboratório de Ferreira da Silva, no Porto (actualmente integrado

\*Museu de Ciência da Universidade de Lisboa  
mclourenco@fc.ul.pt

\*\*Centro de História e Filosofia da Ciência e da Tecnologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Grupo de História da Química da SPQ  
amoc@spq.pt

**Figura 1** Fachada do Laboratório Químico da Universidade de Coimbra (Foto: P. Casaleiro).



no Museu de Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto). Não há dúvida que esta circunstância notável confere a Portugal um lugar único no panorama europeu – onde dos grandes laboratórios universitários não restam mais do que meros vestígios, como uma chaminé na Universidade de Oxford, um anfiteatro e uma bancada na Universidade de Helsínquia, fotografias na Universidade de Cambridge, para dar apenas três exemplos – e constitui uma oportunidade excepcional para a interpretação e divulgação de quase toda a Química, bem como uma fonte inestimável para a investigação.<sup>1</sup>

A recuperação e musealização dos Laboratórios de Coimbra e Lisboa têm gerado nos últimos anos uma enorme expectativa na comunidade científica internacional. A recuperação traz responsabilidades acrescidas para as Universidades de Coimbra e de Lisboa e para o estado português, sendo necessário que, a longo prazo, estejam à altura do compromisso assumido. À excepção da recuperação da cúpula do Observatório Astronómico de Lisboa pela Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais no final da década de 1990, é a primeira vez que se intervém em tão grande escala na preservação do património científico português. Acresce que, no caso do Laboratório de Lisboa, o investimento foi em grande parte financiado por privados.<sup>2</sup> É sabido que o sector privado apoia significativamente, e desde há muito, o património artístico e arqueológico, bem como a recuperação de monumentos e casas históricas. Porém, o *Laboratório Químico da Escola Politécnica* representa a primeira con-

tribuição significativa do sector privado para a preservação do património da ciência em Portugal. As portas estão, assim, abertas a uma colaboração mais estreita e duradoura entre os sectores público e privado em defesa da memória material e imaterial da ciência portuguesa. O *Laboratório Químico* de Coimbra, por seu turno, constitui uma peça fundamental da candidatura da Universidade a Património Mundial da UNESCO, a par do restante património científico, artístico e arquitectónico, que, no seu todo, é singular no panorama do património universitário europeu.

2006 foi igualmente o ano em que o Ministério da Educação tornou pública, a 18 de Maio, Dia Internacional dos Museus, a base de dados do património das escolas secundárias.<sup>3</sup> Apesar da abrangência ser ainda muito limitada e da adopção de um *software* claramente desadequado ao inventário de equipamento científico, esta base de dados sugere um interesse crescente, por parte do Ministério da Educação, pelo património que se encontra sob a sua tutela. No sector privado, assistimos ainda durante este ano à continuação do levantamento nacional do património da Portugal Telecom, um trabalho de grande fôlego a cargo da Fundação PT, e, ainda, à renovação do Museu da Electricidade, pertença da EDP. No seu conjunto, estamos perante alguns sinais de que o património científico e tecnológico português começa a ter alguma da atenção que merece.

Porém, muito há ainda por fazer. Em 2006, por razões de ordem política, económica e outras, prosseguiu a indefinição institucional relativamente

a dois importantes museus científicos portugueses – o Museu de Geologia do ex-Instituto Geológico e Mineiro, em Lisboa, e o Museu Nacional da Ciência e da Técnica Dr. Mário Silva, em Coimbra.

Outros museus continuam encerrados ao público por razões orçamentais, de conservação ou de falta de recursos, como por exemplo o Museu de Ciência e o Museu de Zoologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, bem como o Museu de Física da Universidade de Coimbra. Quase todos sem excepção vivem diariamente situações precárias, com grandes dificuldades, escassíssimos recursos e apenas a dedicação do pessoal (quando este existe) lhes permite continuar em funcionamento. Poucos têm condições para manter as colecções acessíveis. Neste aspecto, pouco ou nada tem mudado ao longo de décadas, senão mesmo séculos. Os males do património científico português vêm de muito longe.

### Os museus de ciência em Portugal: as origens

Tradicionalmente, cabe aos museus a preservação e interpretação do património a vastos sectores do público. O ICOM – Conselho Internacional dos Museus – divide os museus científicos em dois grandes grupos: os museus de ciência e técnica e os museus de história natural. Os primeiros museus de ciência estiveram tradicionalmente associados às ‘glórias’ de um determinado país. Fruto da Revolução, o primeiro grande museu de ciência do mundo, o *Conservatoire National des Arts et Métiers*, criado em Paris em 1794, tinha, à semelhança

do Muséum National d'Histoire Naturelle, por principal objectivo reunir sob o mesmo tecto exemplares do progresso científico e técnico francês.<sup>4</sup>

Mais tarde, essa ideia-base foi retomada pelo engenheiro Oskar von Miller quando criou, em 1925, o *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik*<sup>5</sup>, mais conhecido pelo nome abreviado de *Deutsches Museum*, que abriu ao público em edifício próprio na ilha do rio Isar, em Munique.<sup>6</sup> O *Deutsches Museum* foi criado com o propósito de ser uma 'instituição educacional para todas as classes sociais' e de apresentar a ciência através das suas obras-primas.<sup>7</sup> A mesma filosofia de base esteve subjacente à criação

do *Tekniska Museet*, de Estocolmo, em 1924.

A ideia oitocentista de progresso técnico e de ciência como empreendimento de incontáveis sucessos levou a que a ciência e a tecnologia tivessem um papel primordial a desempenhar nas grandes exposições mundiais e universais, as 'filhas directas dos caminhos-de-ferro', como lhes chamou Kenneth Hudson. Delas nasceram outros museus, sendo de destacar o *South Kensington Museum of Industrial Arts*, com origem na Exposição Universal de Londres de 1851. Em 1909, as colecções científicas e técnicas separaram-se das colecções de artes decorativas, dando origem, respectivamente, ao *Science Museum* e ao *Victoria and Albert Museum*. Um outro

museu de ciência e técnica importante que foi fruto de uma grande exposição foi o *Museum of Science and Industry*, de Chicago, cuja colecção principal – nomeadamente a recriação de uma mina de carvão – foi apresentada na Exposição Universal de Chicago de 1932.<sup>8</sup>

No plano nacional, a falta de interesse pelo património científico resulta evidente se olharmos para a história, aliás ainda em grande parte por fazer, dos museus e colecções científicas portuguesas.

Apenas conhecemos razoavelmente bem as origens dos museus de história natural, dos museus de arqueologia e etnologia<sup>9</sup> e, menos bem, os gabinetes setecentistas de física.<sup>10</sup>



**Figura 2** Um dos armários do Museu de Física da Universidade de Coimbra (Foto: G. Pereira, cortesia UC).

Porém, a história que emerge das fontes existentes permite afirmar que a existência dos museus de ciência portugueses é extremamente irregular, precária, marcada pela instabilidade (e mesmo por catástrofes) e parece ser resultado do esforço de indivíduos que, ironicamente, muitas vezes tiveram de lutar contra as próprias instituições cujo património pretendiam proteger. Até à década de 70 do século passado, Portugal nunca teve, por exemplo, um museu nacional da ciência – de resto, continuamos sem ter, a não ser no papel. Se exceptuarmos os museus de história natural, a primeira iniciativa portuguesa de criar um museu de ciência foi a criação do Conservatório das Artes e Offícios (1836) e do Conservatório Português das Artes e Offícios (1837). Repare-se no texto do decreto que cria o Conservatório de Lisboa, em tudo semelhante ao do Conservatoire des arts et métiers:

*“Formar-se-ha em Lisboa um deposito geral de maquinas, modelos, utensilios, desenhos, descrições, e livros relativos ás diferentes Artes, e Offícios (...). Haverá no Conservatorio o numero de Salas necessario para a exposição de todos os artefactos, que fôr possível, e conveniente conservar (...).”*<sup>11</sup>

Os *Conservatorios* acabaram por ter existência curta, tendo as suas colecções sido integradas em outras instituições, como a Escola Politécnica e, depois, o Instituto Industrial. Hoje, o que resta – se é que resta alguma coisa – está muito possivelmente nas instituições que lhes herdaram o património (o Museu de Ciência da Universidade de

Lisboa, herdeiro das colecções da Escola Politécnica, o Museu de Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, herdeiro da Academia Politécnica do Porto, no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, ou no Instituto Superior Técnico).

Porém, os primeiros museus de ciência no sentido moderno do termo surgem em Portugal já em meados do século XX. Apesar de um funcionamento irregular e de um historial igualmente atribulado, o Museu de Física da Universidade de Coimbra foi criado por Mário Silva, em 1938, a partir do que conseguiu recuperar do acervo pombalino que foi transferido do Colégio dos Nobres para a Universidade Coimbra, em 1772.<sup>12</sup> O Museu Nacional da Ciência e da Técnica foi criado em 1976<sup>13</sup>, o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, em 1985,<sup>14</sup> e o Museu de Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em 1992.<sup>15</sup> Estes quatro museus constituem os mais importantes museus de ciência portugueses da actualidade, apesar de nem todos se encontrarem abertos ao público regularmente. Existem ainda os museus de história natural, em particular os das universidades de Coimbra, Lisboa e Porto, todos eles com jardins botânicos e herbários muito significativos.<sup>16</sup>

### O património científico português na actualidade

Em Portugal, tal como na esmagadora maioria dos países europeus, uma percentagem considerável do património científico encontra-se sob tutela das

universidades – seja sob a forma de museus e bibliotecas, de arquivos e colecções não-institucionalizadas, ou ainda sob a forma de património edificado (laboratórios, observatórios astronómicos, anfiteatros). Com raríssimas excepções, todo o património universitário é científico, na medida em que materializa – nos objectos, documentos, livros e na organização dos espaços – a história do ensino e da investigação.<sup>17</sup> Na maior parte das vezes, o todo é maior que a soma das partes. Dois exemplos claros desta articulação são a colecção pombalina de Física (uma das colecções universitárias mais importantes na Europa)<sup>18</sup>, os armários originais onde esta se encontra (fig. 2) e o *Index Instrumentorum* redigido por Dalla Bella (1788). Um outro exemplo é o conjunto formado pelo acima referido *Laboratorio Chimico da Escola Politécnica*, a sua colecção de cerca de três mil peças e o arquivo documental relativo às disciplinas de química ali leccionadas. Quer num caso, quer noutra, é impossível dissociar os objectos do espaço e dos documentos escritos; é precisamente o todo que vale e confere coerência às partes. Infelizmente, nem sempre este aspecto é suficientemente compreendido.

Para além dos museus de ciência e de história natural acima referidos, existem importantes colecções não institucionalizadas nas instituições de ensino superior portuguesas. As três principais universidades portuguesas possuem importantes colecções de astronomia. A Universidade de Lisboa tutela dois observatórios astronómicos oitocentistas – o da Escola Politécnica (actualmente



**Figuras 3 e 4** Pormenores da colecção do Museu de Física do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (foto: M. Lourenço, cortesia Área Científica de Física/ISEL).

integrado no Museu de Ciência e a necessitar de urgentes obras de recuperação) e o Observatório Astronómico da Ajuda. O Instituto Superior de Agronomia (ISA) possui várias colecções, entre as quais o Herbário 'Prof. João de Carvalho e Vasconcellos' e a tutela científica do Jardim Botânico da Ajuda. A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto bem como o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) possuem colecções de instrumentos de Física, tendo sido a do último recentemente catalogada (fig. 3-4.).

O Instituto Superior Técnico possui uma colecção de física conhecida internacionalmente, bem como uma importante colecção de geologia e de modelos de mecânica e de arquitectura. Existem colecções de medicina, anatomia e anatomia patológica pelo menos nas universidades de Lisboa, Porto e Coimbra. A Universidade da Beira Interior tutela o Museu dos Lanifícios da Covilhã e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro possui um importante património geológico, paleontológico e botânico. Este património encontra-se em risco – mesmo aquele organizado sob a forma de museus e arquivos – porque o papel que pode desempenhar, quer no ensino superior, quer na sociedade portuguesa contemporânea não se encontra nem claramente formulado, nem compreendido. A grande maioria das universidades possui uma visão limitada do potencial extraordinário que representam, para si mesmas e para a sociedade portuguesa, os seus museus, bibliotecas, arquivos e colecções. O resultado encontra-se à vista de todos: décadas de estagnação, de indefinição, de falta de recursos, pessoal qualificado, de autonomia e de acessibilidade, bem como de *standards* e de condições de preservação minimamente adequadas, imperando a arbitrariedade e a instabilidade, as reorganizações sucessivas e mesmo o abandono, a negligência e as perdas irreversíveis. A situação dos arquivos universitários é, no geral, ainda mais dramática e impossível de avaliar porque não se sabe o que existe, onde se encontram, nem o estado actual dos documentos.

Aproximando-se o centenário da reforma do ensino superior português de



**Figura 5** Primeira edição cromolitografada do mapa geológico de Portugal na escala de 1:500 000, da autoria de Carlos Ribeiro e Nery Delgado, da qual foram feitas duas tiragens, uma limitada para ser exposta na Exposição de Filadélfia, em 1876, e outra com pequenas correcções à anterior, publicada em 1877 (Cortesia do Instituto Geológico e Mineiro/INETI, Digitalização do Instituto Geográfico Português).

1911, espera-se que esta efeméride constitua um catalisador para a consciencialização da importância do património por parte das instituições envolvidas. Evidentemente, o património científico português transcende os museus, bibliotecas, colecções e arquivos das universidades. Tal como em outros países europeus, habitualmente estas colecções encontram-se em instituições cuja história está igualmente relacionada com o ensino e a investigação científica, tais como os laboratórios nacionais, os institutos públicos, as escolas secundárias, as escolas militares e os hospitais, entre outros. Aqui, porém, entramos em território ainda mais desconhecido. No seu todo, ninguém sabe exactamente o que existe, onde está, a sua importância e o seu estado de conservação. Desconhecemos igualmente se as colecções se encontram inventariadas, mas suspeitamos que, em muitos casos, não estarão ou, pelo menos, não estarão de acordo com as normas internacionalmente estabelecidas. Sabemos, por exemplo, que o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), o Instituto

Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge e o INETI possuem colecções científicas, este último, nomeadamente, as referentes à geologia provenientes da anexação do ex-Instituto Geológico e Mineiro, por sua vez herdeiro do espólio das Comissões e Serviços Geológicos, com origem em meados do século XIX.<sup>19</sup> Deste importante acervo fazem parte o Arquivo Histórico do Instituto Geológico e Mineiro – composto de cerca de 60 000 manuscritos, desenhos e fotografias e de uma vasta colecção de mapas geológicos nacionais e estrangeiros<sup>20</sup> da maior relevância – e o Museu Geológico, que além das colecções mineralógicas, paleontológicas e arqueológicas iniciadas no século XIX,<sup>21</sup> comporta colecções de referência indispensáveis ao estudo actual da geologia do território nacional (fig. 5). O Instituto de Investigação Científica Tropical possui magníficas colecções de história natural e antropologia. Os Hospitais de Santa Maria, em Lisboa, de São José no Porto e os Hospitais da Universidade de Coimbra possuem colecções – e até museus – de importância considerável para o património das ciências da saúde.

A esmagadora maioria das escolas secundárias portuguesas, em especial, os antigos liceus e escolas técnicas, detêm colecções de geologia, mineralogia, física, química, sendo de destacar pela sua importância as colecções do Colégio Militar, da Academia de Odivelas, das Escolas Secundárias de Pedro Nunes, Passos Manuel, Patrício Prazeres, Carolina Michaelis, no Porto, e de Portalegre, entre tantas outras. Quase todas estas instituições possuem, a par das colecções, arquivos e bibliotecas científicas. Em quase todas elas, as colecções encontram-se por inventariar e estudar, não dispondo do indispensável acompanhamento e monitorização de pessoal especializado, nem das condições necessárias de segurança e de conservação. Em diversas instituições, o património científico está espalhado em corredores, em armários abertos, literalmente a saque, já que a maior parte desconhece o significado do património que se encontra à sua guarda. A que se deve este triste panorama nacional? Porque é que conhecemos tão mal o nosso património científico? Será que o

património científico português é menos importante do que o dos outros países? Certamente que não. O património científico constitui a evidência material da ciência que se praticou e se ensinou em Portugal, do mesmo modo que o património científico sueco e italiano constituem exactamente o mesmo para a história e identidade da Suécia e da Itália. O património não é estático nem se mede em termos absolutos, mas sim em função da história que permite contar às gerações futuras.

Uma história que não se pretende gloriosa – raramente foi – mas uma história que explique como a ciência se fez e se faz em Portugal, que estimule a curiosidade e desperte os jovens para o mundo que os rodeia. É precisamente esta história que importa julgar hoje se é importante contar. Se for, como acreditamos que é, o património tem de ser estudado, preservado, interpretado e posto ao serviço da sociedade portuguesa.

### **Medidas para o estudo e preservação do património científico português**

O que está por fazer constitui uma tarefa hercúlea e seria irrealista esperar uma mudança substantiva de um dia para o outro. No entanto, seguindo exemplos semelhantes aos de outros países europeus, é possível iniciar o processo por um conjunto de iniciativas que passaremos a enunciar, agrupadas em cinco eixos: a) sensibilização; b) levantamento nacional; c) plano de salvaguarda; d) inventário nacional; e) acompanhamento. A montante destas medidas, está uma mudança de atitude muito importante: é indispensável que as instituições portuguesas detentoras de património científico comecem por assumir, claramente, a responsabilidade legal e moral por esse património.

#### **A. Sensibilização e debate**

A importância do património científico português carece de um debate profundo alargado a todos os intervenientes, envolvendo as tutelas ministeriais, nomeadamente os dois ministérios que possuem a maior parte do património científico – Ministério da Educação e Ministério da Ciência e Ensino Superior

– o Ministério da Cultura, o Instituto Português de Museus, a Rede Portuguesa de Museus, o Instituto Português do Património Arquitectónico, o Instituto Português de Conservação e Restauro, o Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas, os presidentes, directores e reitores das universidades, institutos, hospitais e laboratórios que detêm museus, colecções e arquivos científicos, representantes das escolas secundárias e a comunicação social. É urgente debater as políticas e linhas de orientação para a preservação continuada e promoção do património científico português.

No dia 4 de Fevereiro de 2007, o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa pretende dar o contributo para o início desta reflexão, através de uma Sessão Pública intitulada ‘Que Políticas para o Património Científico Português?’. A Sessão, apesar de integrada na Conferência Internacional “19th Century Chemistry: Spaces and Collections”, é de entrada livre e gratuita e terá início pelas 10 h.

#### **B. Levantamento nacional**

Nunca foi feito um levantamento do património científico em Portugal, nem sequer existem listas elementares dos museus e colecções sob tutela dos Ministérios da Educação e da Ciência e Ensino Superior. É impossível proteger ou definir políticas a longo prazo sem conhecer o que existe e a sua importância. O primeiro passo nesse sentido consiste na realização de um levantamento sistemático, o mais exaustivo possível do nosso património científico. Um levantamento desta natureza constitui um trabalho de fôlego – são centenas de instituições, de norte a sul do país, continente e ilhas – que deve ser credível e científico, baseado em definições e critérios homogêneos, a implementar por equipas interdisciplinares e com a formação adequada, estabelecendo metas com base em prioridades claras e previamente estabelecidas e, ainda, sustentado por metodologias consistentes. No que se refere especificamente ao património universitário, a Grã-Bretanha levou 12 anos a efectuar o respectivo levantamento, mas a Grã-Bretanha tem 90 universidades públicas e Portugal tem 16. É possível fazê-lo!

São variáveis importantes deste levantamento a identificação dos núcleos patrimoniais (ao nível de edifício, elemento arquitectónico, colecção ou sub-colecção), a sua dimensão e importância, a localização, situação legal, tutela directa e estado de conservação, bem como um plano de intervenção urgente, se for o caso. O levantamento permitirá obter uma cartografia pormenorizada do património científico português na actualidade – essencial ao estabelecimento de políticas sérias – e os dados colhidos constituirão uma base de dados nacional do património científico, a partir da qual se construirá, posteriormente, um inventário nacional ao nível do objecto.

#### **C. Plano de salvaguarda**

Após o levantamento nacional, pode falar-se em plano de salvaguarda. A execução e elaboração do plano necessitam da colaboração estreita entre as diferentes instituições, os ministérios de tutela e os organismos do ministério da cultura. O plano de salvaguarda envolve o estudo de cada núcleo patrimonial no contexto nacional, avaliação da sua situação institucional e implementação a médio prazo de mecanismos de conservação e acessibilidade, designadamente estatuto legal, eventual selecção e redefinição das tutelas, formação de pessoal *in loco*, programa faseado de restauros, armazenamento adequado a longo termo e recursos financeiros a afectar. Julgamos que o objectivo de um Plano de Salvaguarda não será criar museus aqui e ali em todas as instituições – a criação de um museu envolve compromissos que muitas instituições não estão preparadas para assumir, nem por vezes têm consciência das implicações subjacentes a tal iniciativa – mas sim de estabelecer medidas de preservação e acessibilidade do património, quer para a comunidade científica nacional e internacional, quer para o grande público (acompanhado do Inventário Nacional, cf. ponto seguinte). Tal necessitará da colaboração de todas as instituições envolvidas e, possivelmente, passará pelo estabelecimento de redes e de parcerias com vista ao armazenamento das colecções nas melhores condições ambientais e de segurança.

#### D. Inventário nacional do património científico português

O Inventário Nacional do Património Científico Português, a tornar acessível on-line, envolve a catalogação, de acordo com normas internacionalmente aceites, dos objectos considerados relevantes para a história da ciência e do ensino da ciência em Portugal. O património à guarda de museus já se encontra, em parte, inventariado, pelo que se torna necessário coordenar o inventário nacional com os inventários existentes. Um modelo particularmente interessante é o do ISIN (International Scientific Instrument Number), que atribui um número de inventário único internacional para cada instrumento científico<sup>22</sup>, remetendo igualmente para as bases de dados individuais dos museus. O Inventário Nacional do Património Científico obriga, igualmente, à constituição de um *thesaurus* – de preferência acompanhado de glossário.<sup>23</sup>

Progressivamente, o Inventário Nacional permitirá a acessibilidade e divulgação do património científico português à comunidade científica e ao público, mediante a sua inclusão em exposições temporárias, publicações e outros eventos. Permitirá ainda a referência a núcleos patrimoniais em roteiros turísticos, guias de cidades ou regiões.

#### E. Acompanhamento e monitorização

O acompanhamento e monitorização do Plano de Salvaguarda e do Inventário Nacional deverão ser garantidos por um modelo a definir, em colaboração com os ministérios directamente envolvidos e o Ministério da Cultura, no quadro de um projecto nacional. Existem vários tipos de modelos que podem ser adoptados. Por exemplo, em França, foi escolhida uma instituição nacional de referência a quem foram atribuídas essas funções (*Musée des Arts et Métiers*, Paris); em Itália, foi criado um Observatório Nacional.

#### Conclusões

Como ressalta deste texto, o património científico inclui *naturalia* e *artificialia*, isto é património natural e património concebido e construído pelo homem.

O património científico não é apenas histórico, abrange desde os milhares de milhões de anos no caso dos geomonumentos, até aos actuais bancos de genes e de DNA recolhidos nos departamentos universitários, laboratórios, jardins botânicos e museus de história natural contemporâneos. Finalmente, o património científico não é só material, também é imaterial.<sup>24</sup>

Há décadas que o património científico português necessita de ser divulgado e promovido. Na sua esmagadora maioria fora da tutela do Ministério da Cultura, os museus, colecções, bibliotecas e arquivos científicos carecem muitas vezes de recursos humanos e materiais, autonomia e enquadramento legal e institucional indispensáveis à sua valorização, preservação e acessibilidade. Esta situação conduz igualmente à noção generalizada de que o património científico português não é significativo no contexto europeu, o que não é de todo verdade. Urge repensar o papel do património científico na sociedade portuguesa contemporânea e tomar as medidas necessárias à sua preservação, acessibilidade, estudo e valorização a médio e longo prazo.

#### Notas

1 Dos três laboratórios, talvez o de Lisboa tenha sido objecto de um maior número de estudos. Destacamos aqui apenas alguns dos estudos mais recentes sobre os três laboratórios portugueses. Em primeiro lugar, C.M.M. Alegre, 2006. *O Papel do Laboratório Chimico do Porto e de Ferreira da Silva na Implementação do Ensino da Química no século XIX*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A dissertação de mestrado *Laboratorio Chimico da Universidade de Coimbra. Interpretação histórica de um espaço de ensino e divulgação da ciência*, por Catarina Pires, será brevemente defendida na Universidade de Aveiro. Patrícia Pombo Medeiros vai iniciar este ano lectivo um doutoramento sobre a colecção do Laboratório Chimico de Lisboa (ver artigo neste número).

2 Um consórcio constituído por um conjunto de indústrias farmacêuticas portuguesas e estrangeiras, lideradas pela APIFARMA (Associação Portuguesa da Indústria Farmacêutica).

3 Cf. *Património Museológico da Educação*, <http://edumuseu.sg.minedu.pt/escolas/MWBINT/MWBINT02.asp>, consultada em 24 de Setembro de 2006.

4 Cf. A. Mercier, 1989. *L'Abbé Grégoire et la création du Conservatoire national des Arts et Métiers*. CNAM, Paris. Para saber mais sobre a história dos museus de ciência e técnica, cf. Gil, F.B., 1988. *Museus de ciência – preparação do futuro, memória do passado*. *Colóquio/Ciências*, 3: 72-89 e Gil, F.B., 1998. *Museums of science and science centers: Two opposite realities?* In M. A. A. Ferreira e J. F. Rodrigues (coords.) *Museums of Science and Technology*, pp. 21-39. Museu de Ciência da Universidade de Lisboa/Fundação Oriente, Lisboa.

5 *Museu alemão das obras-primas das ciências naturais e da técnica*.

6 Apesar de aberto ao público desde 1906 no edifício do Museu Nacional da Baviera.

7 G. Knerr, 1994. *New functions and working methods in museums of science and technology*. In: R. Cialdea & D. Cialdea (eds.) *The Future for Museums of Science and Technology* (Actas do Encontro Anual do CIMUSET, Roma, 8 a 15 de Setembro de 1991), pp. 111-121. Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma. Citação da p. 111.

8 J. Pridemore, 1997. *Museum of Science and Industry*. Chicago. Harry N. Abrams, Inc., New York.

9 Cf. H.C. Gouveia, 1997. *Museologia e etnologia em Portugal, instituições e personalidades*. Dissertação de doutoramento em Antropologia/Museologia, Universidade Nova de Lisboa; J.C.P. Brigola, 2000, *Colecções, gabinetes e museus em Portugal no século XVIII*. Dissertação de doutoramento em História, Universidade de Évora.

10 Rómulo de Carvalho afirma que já em 1780 existia um museu de "instrumentos físicos" e de "couzas raras e de História Natural" no Convento de Jesus, baseando-se num documento redigido pelo padre José Mayne (R. de Carvalho, 1993. *O material didáctico dos séculos XVIII e XIX do Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa*. Publicações do II Centenário, Academia das Ciências de Lisboa, citações da p. 10). Essa colecção, resultado de uma oferta do próprio Mayne, posteriormente enriquecida, foi legada à Academia das Ciências e uma pequena parte dela ainda sobrevive, constituindo o acervo principal do Museu Maynense.

- 11 Respectivamente artigos 1.º e 8.º do Decreto de 18 de Novembro de 1836, assinado por Manoel da Silva Passos. O decreto que cria o Conservatoire de Paris afirma: "Serão aí [*Ino Conservatoire national des arts et métiers*] explicados a construção e o emprego das ferramentas e das máquinas úteis para as artes e os ofícios".
- 12 M. A. da Silva, 1939. Um novo museu em Coimbra: o Museu pombalino de Física da Faculdade de Ciências da Universidade. *Publications du Laboratoire de Physique de l'Université de Coimbra*, **3**: 131-153 e M. A. da Silva, 1963. O Museu Pombalino de Física da Faculdade de Ciências de Coimbra. *Seara Nova*, **1414**: 199-201.
- 13 Decreto-Lei n.º 347/76 de 12 de Maio. Entretanto, em 1999 este Museu saiu da tutela do Ministério da Cultura e passou para a do Ministério da Ciência e Tecnologia (Decreto-Lei n.º 379/99 de 21 de Setembro), hoje Ministério da Ciência e Ensino Superior.
- 14 Decreto-Lei n.º 146/85 de 8 de Maio. Cf. F.B. Gil, 2003. *Museu de Ciência da Universidade de Lisboa. Das origens ao pleno reconhecimento oficial*. MCUL, Lisboa.
- 15 J.M. Araújo, 1998. A Science Museum at the University of Oporto. In M. A. A. Ferreira e J. F. Rodrigues (coords.) *Museums of Science and Technology*, pp. 141-145. Museu de Ciência da Universidade de Lisboa/Fundação Oriente, Lisboa.
- 16 Note-se que, apesar de uma parte muito considerável das colecções do Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa terem ardo no terrível incêndio de 1979, o Jardim Botânico e o Herbário sobreviveram, felizmente.
- 17 M.C. Lourenço 2005. *Between two worlds: The distinct nature and contemporary significance of university museums and collections in Europe*. Dissertação de doutoramento, Conservatoire National des Arts et Métier, Paris [<http://correio.cc.fc.ul.pt/~martal>] e M.C. Lourenço 2006. Nota breve sobre os museus e colecções das universidades europeias. *Boletim da Rede Portuguesa de Museus* **19** [Março]: 13-18.
- 18 P. Brenni, com. pessoal, 12 Março 2003.
- 19 A. Carneiro, 2005. Outside Government Science, 'Not a Single Tiny Bone to Cheer Us Up!' The Geological Survey of Portugal (1857-1908), the Involvement of Common Men, and the Reaction of Civil Society to Geological Research, *Annals of Science*, **62**: 141-204; V. Leitão, 2005. Assentar a Primeira Pedra: A Investigação Geológica em Portugal, no âmbito da Comissão Geológica (1848-1868). Dissertação de Doutoramento, Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- 20 Foi feita a conservação preventiva e a catalogação de 6 000 destes documentos, no âmbito do Projecto de investigação Assen-
- tar a Primeira Pedra: a Geologia no século XIX, no contexto da Intendência Geral de Minas e Metais do Reino e das Comissões Geológicas, Fundação para Ciência e a Tecnologia, POCTI/HCT/37703/2001, estando o catálogo disponível on-line em <http://www.igm.ineti.pt/docbweb2/psqsimp.asp>, AHGEOL.
- 21 A. Carneiro, 2005. The Museum of the Geological Survey of Portugal: The Role of the 'Bilobites' Collection in a 19th-century Palaeoichnological Controversy. In M. Beretta, ed., *From Private to Public, Natural Collections and Museums*, New York, Science History Publications/USA, pp. 189-234.
- 22 Cf. *Online Register of Scientific Instruments*, <http://www.isin.org/>, consultado a 24 de Setembro de 2006.
- 23 O Museu de Ciência da Universidade de Lisboa encontra-se actualmente a desenvolver um *thesaurus* para instrumentos científicos em língua portuguesa, em parceria com o Museu de Astronomia do Rio de Janeiro e uma rede de cerca de oito museus de ciência portugueses e brasileiros.
- 24 M. Van-Praët, 2004. Heritage and scientific culture: The intangible in science museums in France. *Museum International*, **56** (1-2): 113-121.

## Actualidades Científicas

### Uma solução doce para o problema energético

Um novo processo de conversão de açúcar em combustível, ou em matérias-primas para a produção de plásticos e outros produtos pode ajudar a indústria a ultrapassar o problema da subida dos preços do petróleo e do gás natural.

James Dumesic, da Universidade de Wisconsin-Madison demonstrou como sintetizar hidroximetilfurfural (HMF) a partir da frutose de frutos, através de um processo simples de desidratação em meio ácido. O processo apresenta rendimentos de 80% para o HMF com uma conversão de 90% da frutose. O produto HMF pode ser utilizado como intermediário na produção de polímeros,

como um aditivo para combustíveis, ou mesmo como um biodiesel. No entanto, o seu elevado custo tem impedido uma generalização do seu uso. Dumesic explica "A tentativa de compreender a forma de usar processos catalíticos para a produção de químicos e de combustíveis a partir de biomassa é uma área em expansão. Em vez de se usar a energia solar aprisionada nos combustíveis fósseis, tenta-se tirar vantagem da energia solar fixada pelos vegetais". Dumesic pensa que o HMF produzido a partir de açúcar poderá proporcionar vantagens ambientais comparáveis às do biodiesel produzido a partir de óleos, com a vantagem de poder igualmente ser aplicado como matéria-prima para processos de síntese. Como salienta o membro da equipa Yuriy Roman-Leshkov: "Outra

vantagem do uso da biomassa como um substituto de derivados do petróleo consiste no facto de não introduzir dióxido de carbono adicional na atmosfera, sendo, por isso, neutra do ponto de vista do efeito de estufa". Por outro lado, o investigador associado Juben Chheda afirma que o trabalho surge do elevado interesse na procura de fontes alternativas aos derivados de petróleo e que o HMF especificamente, pode substituir produtos como o polietileno tereftalato, constituindo-se como um primeiro passo para o desenvolvimento de uma vasta gama de produtos que podem ser obtidos a partir de recursos de biomassa. (adaptado de webzine Reactive Reports 57, 2006).

Paulo Brito

# A colecção do Laboratório Chimico

da Escola Politécnica de Lisboa. Novas perspectivas

PATRÍCIA POMBO MEDEIROS\*

A colecção do antigo *Laboratório Chimico* da Escola Politécnica, hoje armazenada nas reservas do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa (MCUL), goza, em termos museológicos, de características únicas. Neste texto,

pretende-se brevemente explicar as razões de tal singularidade, mostrando, ao mesmo tempo, os desafios, oportunidades e responsabilidades que esta circunstância nos coloca.

O espaço físico originário da colecção, também hoje património do MCUL, é um admirável Laboratório Químico do século XIX – o antigo *Laboratório Chimico da Escola Polytechnica*. Juntamente com o *Amphiteatro* anexo, representa, muito provavelmente, um dos únicos exemplares que restam dos grandes laboratórios químicos de ensino e de investigação oitocentistas na Europa. Na verdade, ao contrário do que aconteceu noutros países, que foram progressivamente modernizando os seus laboratórios e equipamentos, este *Laboratório* permaneceu quase sempre em funcionamento, sem alterações espaciais significativas, até aos anos noventa do século XX, primeiro no contexto da Escola Politécnica (1837-1911), depois no contexto da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (1911- c.1998).<sup>1</sup> Apesar do intenso uso que sofreu ao longo de mais de 150 anos, a sua traça manteve-se inalterada e ainda hoje possui grande parte do equipamento e mobiliário originais<sup>2</sup> (hotes, forno, bancadas, armários, quadro de lousa, etc.).

O *Laboratório* e o *Amphiteatro* funcionaram em pleno até 1998 mas, desde 2003, têm sido objecto de uma importante intervenção de conservação e restauro tendo em vista a sua integração

museológica.<sup>3</sup> O objectivo é apresentá-los ao público na sua configuração oitocentista conjuntamente com uma parte da colecção de Química correspondente ao seu funcionamento na época.

É esta colecção que, em grande medida, se encontra por estudar, quer em termos históricos, quer museológicos. Ela é constituída por um conjunto de objectos – reagentes, frascos mostruário com produtos naturais, colecções de minerais, material de laboratório em vidro, instrumentos científicos, modelos, painéis didácticos, entre outros – característicos do ensino e da investigação química no século XIX naquele espaço. Grande parte destes objectos foram recolhidos dos arrumos e áreas envolventes ao *Laboratório* aquando da sua integração no MCUL. Deve realçar-se que, contrariamente às ciências naturais (botânica, zoologia, geologia, etc.), as práticas da física e química não determinam a constituição de colecções no sentido museológico do termo, sendo os objectos utilizados e re-utilizados em aparatos experimentais de ensino ou de investigação e depois progressivamente postos de lado, muitos deitados fora, à medida que se vão tornando ineficazes e obsoletos. No caso do *Laboratório Chimico*, uma parte considerável dos objectos foi remetida ao longo de décadas para a cave do Anfiteatro, sótãos do edifício, armários e gabinetes de antigos professores. Aquando da integração do *Laboratório* no MCUL, esses objectos

foram incorporados pelo seu valor patrimonial e documental. É neste preciso momento da incorporação que o conjunto de objectos se torna numa colecção *strictu sensu* (Figuras de 1 a 5)



**Figura 1** Piano de reagentes, recolhido em 2001 aquando dos trabalhos preparatórios para a recuperação do Laboratório, número de inventário MCUL 1186 (foto: Marta Lourenço, cortesia MCUL)



**Figura 2** Frascos com a mesma tipologia de rótulo e com inscrição 'ESCOLA POLYTECHNICA 6.ª CADEIRA / LABORATORIO CHIMICO' contendo folha de ouro e óleo de resina (respectivamente números de inventário MCUL 1836 e MCUL 1842) (foto: Patrícia Medeiros, cortesia MCUL)

\* Bolseira de Doutoramento em História da Ciência da Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, Rua da Escola Politécnica, 56, 1250-102 Lisboa (patpombo@yahoo.com)

Além do espaço de proveniência da coleção ser raro, autêntico e com elevados atributos estéticos, que foram, de resto, reconhecidas na própria época,<sup>4</sup> um outro aspecto que amplia significativamente o seu valor é a existência, no arquivo do Museu, de um importante acervo gráfico que o documenta. Assim, antigos inventários, facturas, correspondência, fotografias, catálogos de fabricantes, registos de laboratório, ofícios, relatórios, manuais da época, entre muitos outros documentos, testemunham a vida do *Laboratorio* desde a fundação da Escola Politécnica, conferindo unicidade aos objectos da coleção e contribuindo, assim, para a determinação do seu significado histórico, científico e museológico (Figuras 6 e 7).

É este conjunto de aspectos que estabelecem um quadro histórico e museológico único para a coleção do *Laboratorio Chimico*, cuja singularidade importa aprofundar. Estão reunidos um conjunto de circunstâncias que criam um “terreno” museológico extremamente fértil e interessante para o seu estudo. Tomando como referência as “rupturas” de função e significado que a coleção sofreu quando passou do *Laboratorio* para a reserva do Museu e quando, num futuro breve, passar da reserva do Museu novamente para o *Laboratorio* musealizado, podemos considerar três estádios fundamentais na vida desta coleção: 1) a coleção no contexto de uso no *Laboratorio*; 2) a coleção na reserva do MCUL; 3) a coleção em (futuro) contexto expositivo, de regresso ao *Laboratorio*, entretanto restaurado. Para cada um desses três estádios importa compreender a evolução dos significados que o conjunto coleção-espaço-contextos adquiriu, isto é, estudar a coleção e os objectos que a compõem na sua dupla articulação com o espaço e com os contextos (incluindo usos e pessoas) em que esteve, ou está, integrada. Significa isto que importa traçar o “percurso” histórico e museológico desta coleção procurando, em particular, compreender: 1) de que modo a coleção existente no antigo *Laboratorio* se articulava com as práticas de investigação e ensino aí desenvolvidas e com as concepções da Química da época, 2) de que modo esta coleção perdeu

**Figura 3** Funil, número de inventário MCUL 2410 (foto: M. C. Elvas, cortesia MCUL). Repare-se na inscrição no vidro – ‘6.ª. Cad.ª’. – relativa ao nome dado à disciplina de Química – a 6.ª Cadeira – desde a fundação da Escola Politécnica



**Figura 4** Forno de incineração, número de inventário MCUL 3425 (foto: M. C. Elvas, cortesia MCUL)



**Figura 5** Aparelho de Carré, número de inventário MCUL 2035 (foto: Sara Carvalho, cortesia MCUL)



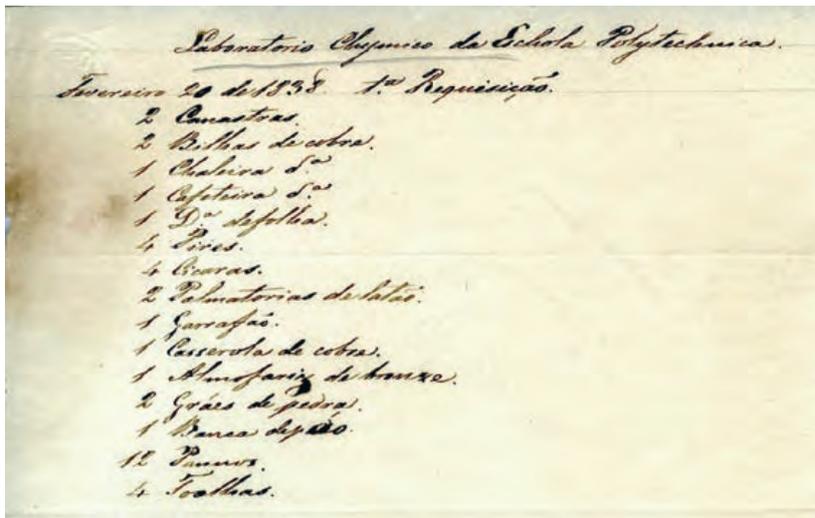


Figura 6 '1.ª Requisição' feita para o 'Laboratorio Chymico da Escola Polytechnica' datada de 20 de Fevereiro de 1838 (Digitalização: Filipe Ferreira, cortesia do Serviço de Biblioteca e Documentação, MCUL)

a sua função original, foi descontextualizada, e integrada pelo museu (que procedimentos de incorporação, documentação, inventariação, classificação, conservação e estudo foram adoptados), 3) de que modo esta colecção (ou parte dela) vai ser recontextualizada e de novo

reintegrada no *Laboratorio*<sup>5</sup>, tendo em conta que essa reintegração será feita não exactamente no *Laboratorio* original, mas num espaço que, entretanto, também sofreu ruptura de função e descontextualização por via do restauro e musealização em curso. Qual o papel do

*Laboratorio* e da sua colecção na compreensão pública da ciência e imagens que veicula em termos de comunicação científica?

O significado desta colecção e dos objectos que a compõem não resulta apenas da sua materialidade ou qualidades intrínsecas como pode acontecer, por exemplo, no caso das obras de arte. Ao contrário destas, cuja singularidade é incontornável, o significado dos objectos desta colecção é em grande parte determinado pela sua trajectória, pela sua "biografia", como refere Alberti (2005)<sup>6</sup>. Sem ela, o seu significado será apenas ilustrativo ou arquetípico, o que traz limitações, por exemplo, a nível da interpretação pública destes objectos e da investigação. Fazer uma biografia desta colecção, aplicando as metodologias da cultura material que conferem uma atenção especial aos objectos e à gramática informativa da colecção (na linha de investigação que se designa usualmente como *collection-based research*), constitui, por isso, um desafio.

Para cada um dos estádios fundamentais da vida desta colecção, será necessário estudar a rede de relações que os seus objectos mantinham ou mantêm entre si, que mantinham ou mantêm com outros objectos, com o espaço, com as pessoas e com as práticas envolvidas. Em cada um desses momentos, dever-se-á procurar determinar a especificidade dessas relações. Assim, por exemplo, em contexto de uso no *Laboratorio*, os objectos mantinham relações dinâmicas sobretudo associados à funcionalidade (por exemplo, práticas de manipulação, aparatos experimentais) e estabeleciam relações com os utilizadores iniciais do *Laboratorio* (Lentes de Química, preparadores, alunos). Na reserva do MCUL, estabelecem relações com o pessoal do Museu (conservadores, investigadores, arquivistas, etc.) e encontram-se sobretudo reorganizados em função de critérios patrimoniais e de preservação material. Por último, em contexto expositivo, eles vão ser recontextualizados tendo por critério dominante o seu significado histórico, o qual será interpretado e comunicado a diferentes públicos (geral, escolar e especializado).

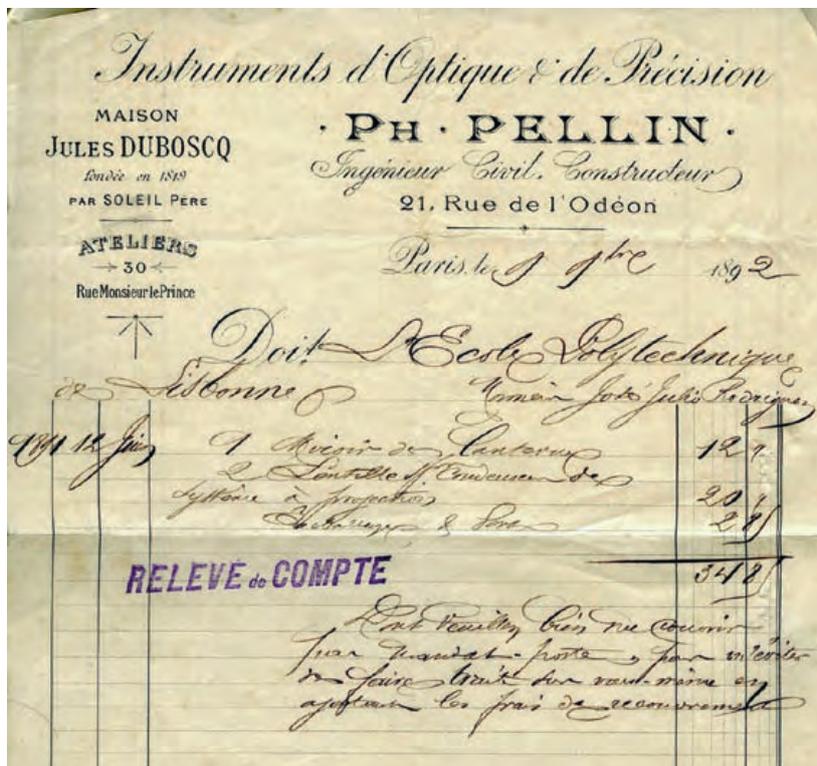


Figura 7 Factura de material dirigida ao cuidado do lente José Júlio Rodrigues, em 1892 (Digitalização: Filipe Ferreira, cortesia do Serviço de Biblioteca e Documentação, MCUL)

Para além dos seus atributos imanentes (materiais de que são feitos, propriedades de natureza físico-química, características formais, etc.), estes objectos merecem ser interrogados nas suas múltiplas camadas de significação, nos diferentes níveis de informação que transportam consigo, questionados nas relações espácio-temporais que estabelecem entre si, investigados na sua cartografia relacional, olhados nas interferências directas e imediatas que mantêm com diversas esferas de fenómenos.

As mãos por onde passaram, a especificidade do saber-fazer neles envolvido, os traços e os sinais de uso, os estigmas funcionais que carregam consigo, os papéis que desempenharam, os lugares que habitaram e um sem número de outras particularidades relacionais, espaciais e de uso, constituem outras tantas marcas da sua "vida". Elas estão aí para serem lidas como instâncias concretas de memória, integradas numa "biografia", interpretadas no seu significado museológico, histórico e científico e descobertas, portanto, enquanto testemunhos relevantes para a Museologia, a História das Coleções e a História da Ciência, em particular para a História da Química em Portugal, tanto a nível de investigação como de ensino.

#### Notas

1 Em 22 de Abril de 1843, o funcionamento do Laboratório foi abruptamente interrompido pelo grande incêndio que destruiu quase por completo o antigo edifício do Colégio dos Nobres, local onde havia sido criada a *Escola Polytechnica de Lisboa*. O ensino da Química foi então transferido para a Casa da Moeda de Lisboa. De

acordo com documentação existente no arquivo do MCUL, pensa-se que só em 1854 o Laboratório da Escola Politécnica voltou a funcionar, após as obras de (re)construção do edifício.

2 Refiro-me ao Laboratório já em finais do século XIX. Na verdade, entre 1888 e 1891, o *Laboratorio Chimico* sofre uma importante obra de reforma orientada pelo lente José Júlio Bettencourt Rodrigues (1845-1893). O laboratório é então dotado, entre outras coisas, de electricidade, água e gás canalizados, novos armários e bancadas de trabalho. Sobre este assunto consultar RAMALHO (2001).

3 Sobre o projecto de restauro e integração museológica consultar o recente artigo de LEITÃO & RAMALHO (2006), publicado no número anterior da revista QUÍMICA, bem como o trabalho de RAMALHO (2001) que, em grande medida serviu de base às obras de restauro efectuadas.

4 A qualidade funcional e estética atingida pelo laboratório nessa altura é então reconhecida pelo eminente químico August W. Hofmann (1818-1892) – que o classifica como um dos melhores estabelecimentos científicos da Europa – após a sua visita ao laboratório em carta dirigida a Júlio Rodrigues de 17 de Agosto de 1890. Ver RAMALHO (2001).

5 Outro aspecto interessante a estudar será a especificidade desta dupla-descontextualização relativamente a outros tipos museológicos, em que se verificam estes dois movimentos (caso, por exemplo, das casas-museu, fábricas musealizadas e dos sítios arqueológicos 'in situ')

6 Em termos metodológicos, a linha mestra desta investigação deverá ser construída com base nos estudos de cultura material, em especial nos trabalhos fundacionais de KOPYTOFF (1986), LUBAR & KINGERY (1993) e KINGERY (1996), centrados na utilização de objectos como fonte primária de in-

vestigação histórica. Estes estudos foram recentemente desenvolvidos por DASTON (2000, 2004) e ALBERTI (2005), que exploraram o conceito de 'biografia' aplicado a instrumentos científicos e a colecções, respectivamente.

#### Bibliografia

- [1]. Caixa 26, "Cadeiras 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> e Secção Mineralógica", Serviço de Biblioteca e Documentação, Museu de Ciência da Universidade de Lisboa.
- [2]. D. Kingery (ed.) *Learning from Things. Method and Theory of Material Culture Studies*, Washington/London: Smithsonian Institution Press, 1996.
- [3]. I. Kopytoff, "The Cultural Biography of Thing", in A. Appadurai (ed.) *The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective*, Cambridge: Cambridge University Press, 1986, 64-91.
- [4]. L. Daston (ed.) *Biographies of Scientific Objects*, Chicago: Chicago University Press, 2000.
- [5]. L. Daston (ed.) *Things That Talk: Objects Lessons from Art and Science*, New York: Zone, 2004.
- [6]. M.G.Santa-Bárbara *Contributo para a Recuperação e Integração Museológica do Laboratório e Amphitheatro de Chimica da Escola Politécnica de Lisboa*, Departamento de Antropologia da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa (Dissertação de Mestrado em Museologia), 2001.
- [7]. S. Alberti "Objects and the Museum", *ISIS* **96** (2001) 559-571.
- [8]. S. Lubar, D.W. Kingery (eds.) *History from Things. Essays on Material Culture*, Washington/London: Smithsonian Institution Press, 1993.
- [9]. V. Leitão, M.G.Santa-Bárbara *QUÍMICA* **102**(2006) 45-54.

## 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 [bquimica@ist.utl.pt](mailto:bquimica@ist.utl.pt). Todas as contribuições serão bem vindas!

# Com os pés na terra e a cabeça no ar

MARIA FILOMENA CAMÕES\*

*Apenas levou uns segundos a tirarem-lhe a cabeça, e, talvez, um século não seja o tempo suficiente para aparecer outra cabeça como a dele (A. Lavoisier).*

Joseph-Louis Lagrange, 1736-1813

O filósofo grego Anaximenes (500 a.C.) considerou o ar como um dos quatro elementos a partir dos quais toda a matéria seria feita, e foram necessários muitos séculos até que o cientista irlandês R. Boyle (1627-1691) o descreveu não como um elemento, mas como um material multi-elementar, “Um agregado confuso de eflúvios”.

A descoberta da composição elementar do ar atmosférico, deve-se a A. Lavoisier (1743-1794), que assim pôs fim à Teoria do Flogisto, de Sthal, marcando o princípio da era da Química e atribuindo aos dois compostos maioritários do ar os nomes por que ficaram e continuam conhecidos, **Oxigénio** e **Azoto** ou **Nitrogénio**. Além de Lavoisier, outros investigadores, aproximadamente na mesma altura (1777), realizaram trabalhos semelhantes.

Em 1773, os ingleses H. Cavendish (1731-1810) e J. Priestley (1733-1804) comunicaram à Royal Society, que ar que tenha atravessado carvão vegetal em combustão, vê alterada a sua natureza, sendo o **Ar Residual**, mais leve que o ar comum e apagando a chama de uma vela. Este **Ar Queimado** é tam-

bém nocivo para os animais. A justificação adiantada é a de que este **Ar Viciado** estaria saturado de flogisto, sendo o **Ar Flogisticado**. De forma independente, D. Rutherford (1749-1819) observando propriedades análogas, defendeu na sua Tese de Doutoramento, com o título “O **Ar Fixo** ou **Mefítico**”, em 12 de Novembro de 1772, fruto do seu trabalho com J. Black (1728-1799), na Universidade de Edimburgo, que o ar fixo, resultante da combustão de carvão, teria composição igual à do **Ar Viciado** ou **Ar Nocivo** (*noxious*, no termo original anglo-saxão) produzido pela respiração. O ar mefítico foi reportado como produzindo um precipitado por reacção com água de cal. Qualquer destes investigadores isolou componentes do ar atmosférico (oxigénio por um lado e mistura de azoto e dióxido de carbono por outro), mantendo-se no entanto adeptos da teoria do flogisto. Entretanto e apesar da evidência, H. Davy (1778-1829) defendia que o ar era um composto e não uma mistura de compostos. O grande argumento era a densidade, pois se fossem substâncias diferentes, estariam dispostas por camadas, com a mais pesada a formar uma camada inferior e não era esse o caso, já que a Atmosfera apresentava grande homogeneidade. Cometeu o

erro de não tomar em consideração o poder de mistura do vento!

Na Suécia, C. Scheele (1742-1786) que exerceu actividade de farmacêutico em Malmö, Estocolmo, Uppsala e Köping, descobriu, por volta de 1773, o **Ar de Fogo** (*Fire Air*, oxigénio), que produziu de mais que uma maneira, nomeadamente por forte aquecimento de óxido de mercúrio e óxido de manganês. Ao ar residual chamou **Ar Sujo** ou **Ar Podre**, por ser também produzido pelos corpos em putrefacção. Foi só em 1777, quando as descobertas de Priestley e de Lavoisier já eram conhecidas pela Europa, que Scheele publicou o seu livro “Tratado Químico do Ar e do Fogo” e foi só um século mais tarde, em 1892, que manuscritos de Scheele na posse da Real Academia Sueca das Ciências foram descobertos, trazendo para a luz do dia outras descobertas científicas de Scheele, designadamente de outros gases, extremamente avançadas para a época.

Também o cientista sueco T. Bergmann, (1735-1784), se referiu a um ar que é absolutamente necessário ao fogo e à vida animal, o **Ar Puro**, cerca de 1/4 do **Ar Comum**, e ao **Ácido Nocivo** ou **Ácido Viciado** que não serve para as combustões nem para a respiração, e conteria **Ácido Livre** (dióxido

\* CECUL – Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (fcamoes@fc.ul.pt)

de carbono), em pequena quantidade, que mudava a cor da tintura de tornesol.

O cuidado posto por Lavoisier nas experiências em que usou a balança para fazer medições quantitativas sobre ar atmosférico em contacto com mercúrio aquecido, num recipiente fechado, permitiu-lhe verificar que, ao fim de um algum tempo, 1/5 do ar disponível tinha sido consumido, transformando o mercúrio em “cal mercúrica vermelha” (óxido de mercúrio, HgO). Ao ar mais leve que restava começou por chamar **Gás Alcalígeno** ou **Princípio Nitrígeno**. As experiências de Lavoisier foram também a base da descoberta do fenómeno da respiração dos seres vivos. Ratos colocados dentro do recipiente da experiência, inspirando-o, morriam e, uma vela acesa, posta em contacto com esse ar, apagava-se. Concluiu que o mercúrio tinha absorvido a parte respirável do ar, a que chamou **Oxigénio**, (do grego *oxys* + *gignomai*, que significa “gerador de ácidos”, pois pensou que todos os ácidos continham oxigénio (Apesar de a conclusão, por precipitada, estar errada, esta descoberta representa a primeira associação do comportamento dos “ácidos” com a sua composição química). A contra-prova foi feita aquecendo a cal mercúrica, recolhendo o gás libertado, respirável, e juntando-o à porção de ar irrespirável para obter de novo ar normal. Aos 4/5 residuais do ar atmosférico, gás passivo que entra nos pulmões e dele sai sem sofrer alterações, Lavoisier chamou **Mofeta**<sup>1</sup> (ou Mofeta Residual). Sendo impróprio para a respiração, e por sugestão do seu amigo e colaborador Guyton de Morveau, chamou-lhe **Azoe**, **Gas Azotique**, ou **Azote**, com símbolo **Az**, palavra de origem grega (do grego *a* + *zoo*, que significa “sem vida”), nome pelo qual é conhecido em França e nos países de cultura francófona. Curiosamente, sabe-se hoje que a composição média nos organismos vivos é de 16% em Azoto, fundamen-

talmente na constituição das proteínas, enquanto que a sua abundância global é de 0,3%.

Noutra experiência, Lavoisier colocou um pássaro num recipiente com ar atmosférico; ao fim de alguns minutos o pássaro morreu. O ar residual não continha gás respirável, mas tinha adquirido a propriedade de turvar a água de cal; teria portanto **Ácido Cretoso Aeriforme** (anidrido carbónico ou dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>). Para reconstituir o ar atmosférico normal, haveria que retirar o dióxido de carbono e adicionar oxigénio em quantidade igual à perda.

O nome **Nitrogène**, com o símbolo **N**, (do latim *nitru*, e do grego *nitron* + *gignomai* no sentido de produtor de “nitro”, ou “salitre” substância essencial para o fabrico da pólvora), foi proposto, 1790, por Juan Antonio Chaptal, responsável pelo fabrico da pólvora para os exércitos revolucionários franceses. No mesmo ano, Antonio Porcel propôs o nome **Nitrígeno** baseado na sua presença no ácido nítrico (ou azótico) e posteriormente **Amoniágeno**, por formar amoníaco. A designação que se propagou internacionalmente foi, de forma geral, a de “Nitrogène” com as correspondentes traduções em várias línguas. Em algumas, poucas, línguas permaneceu o original “Azote” ou as traduções como o mesmo significado intrínseco, ou são usadas ambas: Inglês e Irlandês: **Nitrogen**; Português- **Azoto** e **Nitrogénio**; Espanhol: **Azoe**, **Gas Azoe** ou **Gas Azotique** e **Nitrógeno**; Grego: **Azoton**; Italiano: **Azoto**; Alemão: **Stickstoff** (que sufoca+ matéria de ar que não serve para a respiração); Holandês: **Stikstof**; Japonês: **Chin Su** ou **Tan Ch'i** (Gás Irrespirável) e **Hsiao Ch'i**; Polaco: **Duśik** (Irrespirável); Russo: **Azot**; Serrocroata- **Dusik**.

No final do século XVIII estavam identificados os gases maioritários, **Azoto** ou **Nitrogénio**, **N<sub>2</sub>**, (78%), **Oxigénio**, **O<sub>2</sub>**, (21%) e **Anidrido Carbónico**, **CO<sub>2</sub>**, (0,035%) e outros gases minoritários,

de menor estabilidade química e tempo de residência, tais como amoníaco e óxidos de azoto e de enxofre (ÁRGON, do grego *argon*, inativo, constituindo aproximadamente 0,9% do ar, foi descoberto em 1894 pelos ingleses W. Ramsey e W. Rayleigh).

O ar atmosférico foi o grande veículo para o desenvolvimento das primeiras leis químicas, período que se iniciou com a Lei da Conservação da Massa de Lavoisier “*Nada se perde, nada se ganha, tudo se transforma*” e se propagou pelo século XIX. Posteriormente, na 1.ª metade do século XX o interesse centrou-se na Química e na Física da Alta Atmosfera, com importantes descobertas no domínio da aeronáutica e das ciências aeroespaciais. A 2.ª metade viu o renovar do interesse nas propriedades das camadas inferiores da Atmosfera, na origem da moderna área científica da Química Atmosférica, evidenciando a importância dos gases vestigiais, dos aerossóis e da precipitação húmida, e que é hoje um dos focos do interesse público dada a sua interface entre a Química e as Ciências do Ambiente, importante *Metaciência*<sup>2</sup> da actualidade. (*Beyond Classical Chemistry – Subfields and Metafields of the Molecular Sciences*).

#### Notas

[1] Mofeta: nome vulgar de mamífero carnívoro (doninha) de cerca de 40 cm de comprimento, mais 20 cm de cauda, de cabeça pequena e focinho pontiagudo, de patas curtas, pêlo comprido e eriçado de cor parda com uma faixa branca ao longo da cauda e que se caracteriza por ter umas glândulas que, como defesa, produzem um cheiro fétido.

[2] Para mais detalhes consultar o artigo “Beyond Classical Chemistry – Subfields and Metafields of the Molecular Sciences”, J. Sjöström, *Chemistry International*, **28** (2006) 9-15.

## Destaques

### Conferência Internacional – A Química no Século XIX: Espaços e Coleções

1-4 Fevereiro 2007 em Lisboa

O Museu de Ciência da Universidade de Lisboa vai aproveitar a abertura ao público do magnífico Laboratório Químico da Escola Politécnica, actualmente em fase de restauro, para organizar, em conjunto com a Sociedade Portuguesa de Química, a Conferência Internacional “19th Century Chemistry: Spaces and Collections”.

A Conferência pretende contribuir para a reflexão de questões relevantes para a história da química e para a preservação do seu património, bem como fortalecer os laços entre historiadores e conservadores, e promover a cultura material da química junto de professores, estudantes e público em geral.

Contará com a presença de especialistas nacionais e internacionais, ligados à história da química, aos museus de ciência e ao património científico. Inclui ainda um Workshop, cuja inscrição (€30,00) não obriga à inscrição no congresso, e uma Sessão Pública, com entrada livre, sobre o património científico português.

O Workshop visa dar aos participantes conhecimentos práticos sobre como lidar com coleções, nomeadamente, no que se refere à documentação e interpretação de instrumentos científicos. É especialmente destinado a professores do ensino secundário e pessoas que têm a seu cargo coleções de instrumentos científicos em outro tipo de instituições.

Habitualmente, o património científico português tem sido excluído da legislação e das políticas de conservação do património histórico e cultural. Geralmente, a maior parte destes espaços, coleções e arquivos estão numa situação vulnerável, sujeitos à arbitrariedade e em risco de danos irreversíveis, ou mesmo de perda irremediável. Durante a Sessão Pública, será distribuído um Documento, enumerando prioridades e orientações com vista à preservação

do Património Científico Português que servirá de base à discussão.

E: [19chem2007@fc.ul.pt](mailto:19chem2007@fc.ul.pt)

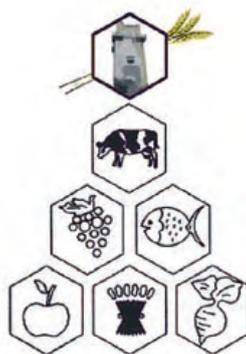
URL: [19chem2007.museus.ul.pt](http://19chem2007.museus.ul.pt)



Laboratório Químico da Escola Politécnica, Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, em fase de restauro (Foto: Carlos Cunha)

### 8.º Encontro de Química dos Alimentos: Alimentos Tradicionais, Alimentos Saudáveis e Rastreabilidade

4-7 Março 2007 em Beja



A Área Departamental de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja, em colaboração com a Divisão de Química dos Alimentos da Sociedade Portuguesa de Química, e na sequência de outros Encontros que tiveram lugar em Santarém, Aveiro, Faro, Coimbra, Porto, Lisboa e Viseu, vai organizar, em Beja, o 8.º Encontro de Química dos Ali-

mentos. Estes Encontros, que têm como principal objectivo reunir os profissionais do meio académico e industrial e da sociedade em geral, bem como estimular a investigação e o debate em áreas de interesse comum, constituem já uma referência no domínio da Química e da Ciência dos Alimentos em Portugal.

O programa científico incluirá sessões plenárias, comunicações orais e em painel, em torno das seguintes áreas temáticas: (i) Inovação e alimentos tradicionais, (ii) Alimentos funcionais, (iii) Rastreabilidade, (iv) Segurança, toxicologia e valor nutricional e (v) Processamento, conservação, vida útil e circuitos de distribuição.

E: [ibereo@esab.ipbeja.pt](mailto:ibereo@esab.ipbeja.pt)

URL: [www.esab.ipbeja.pt/8eqa2007](http://www.esab.ipbeja.pt/8eqa2007)

### 6.º Encontro da Divisão de Química Analítica (SPQ-ANALITICA'07)

29-30 Março 2007 em Lisboa

O encontro bianual da Divisão de Química Analítica da SPQ: SPQ Analítica'07 terá lugar em Lisboa no Centro de Congressos do Instituto Superior Técnico, nos dias 29 e 30 de Março de 2007. Como habitualmente, constará de lições plenárias convidadas, comunicações orais e na forma de painel, sobre todos os temas da química analítica moderna. Nas lições plenárias serão tratados desafios e tendências actuais em Química Analítica, nomeadamente, novos materiais para sensores e detectores e novas técnicas de análise de dados complexos: “Internet-scale sensing: A Fundamental Challenge to Materials Science and Analytical Devices” por Dermot Diamond, Dublin City University, Irlanda e “Beyond the limits of Analytical Chemistry using Chemometric Methods” por Romà Tauler, IQAB, Chemical and Environmental Research Institute of Barcelona, Espanha.

Serão aceites contribuições em todas as áreas da Química Analítica. Todos os interessados são convidados a submeter os seus trabalhos até 31 de Janeiro de 2007.

E: [analitica07@spq.pt](mailto:analitica07@spq.pt)

URL: [www.spq.pt/congressos/analitica07](http://www.spq.pt/congressos/analitica07)

### 13.º Encontro da Sociedade Portuguesa de Materiais (SPM)

**IV Simpósio Internacional de Materiais**  
1-4 Abril 2007 no Porto

O 13.º Encontro da Sociedade Portuguesa de Materiais e IV Simpósio Internacional de Materiais vai realizar-se na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, entre 1 e 4 de Abril de 2007. O evento, dedicado aos "Materiais Globais para o Século XXI – Desafios à Investigação e à Indústria", conta com o apoio da Sociedade Portuguesa de Química na sua divulgação.

As comunicações distribuem-se pelo seguinte conjunto de tópicos: (i) materiais para a produção, transporte e armazenamento de energia, (ii) metais e ligas, (iii) polímeros cerâmicos, (iv) materiais compósitos, (v) biomateriais, (vi) materiais inteligentes, (vii) materiais para aplicações em engenharia civil, (viii) materiais electrónicos, magnéticos e fónicos, (ix) materiais para aplicações em transportes e engenharia mecânica, (x) superfícies, interfaces e membranas, (xi) modelação de materiais e processos, (xii) reciclagem, (xiii) progressos na caracterização de materiais, (xiv) materiais nano e microestruturados, (xv) os materiais e a arte, (xvi) materiais do futuro (xvii) madeira e cortiça e (xviii) papel e têxteis.

Para mais informações consultar a página web do evento.

E: [materiais2007@fe.up.pt](mailto:materiais2007@fe.up.pt)

URL: [www.fe.up.pt/materiais2007](http://www.fe.up.pt/materiais2007)

### 2nd workshop on Biophysics of membrane-active peptides

1-4 Abril 2007 em Lisboa

O encontro "2nd workshop on Biophysics of membrane-active peptides" decorrerá entre 1 e 4 de Abril de 2007 no Museu da Ciência, em Lisboa. O objectivo principal é colocar em contacto a comunidade científica dedicada ao design e síntese de péptidos e a comunidade de bioquímicos e biofísicos dedicados a estudos estruturais e funcionais desses mesmos péptidos. O programa incluirá três sessões principais e oito comunicações tópicas, incluídas nos quatro simpósios do encontro.

Mais informação sobre o evento pode ser obtida na respectiva página web.

E: [biophysicsmap@fc.ul.pt](mailto:biophysicsmap@fc.ul.pt)

URL: [www.biophysicsmap.com](http://www.biophysicsmap.com)

### XIV Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica

#### X Encontro Ibérico de Electroquímica

12-14 Abril 2007 em Coimbra

O XIV Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica e o X Encontro Ibérico de Electroquímica realizar-se-á entre 12 e 14 de Abril de 2007 no Departamento de Química da Universidade de Coimbra.

Os principais tópicos a abordar neste Encontro são: Estrutura de Soluções e Meios Condutores Iónicos, Electroquímica Molecular (Orgânica e de Compostos de Coordenação), Electroanálise, Processos de Interface e Cinética Electroquímica, Corrosão, Electrodeposição e Tratamento de Superfícies, Electroquímica Aplicada e Espectro e Fotoelectroquímica.

O Programa Científico constará de 5 lições plenárias, comunicações orais e em poster.

A data limite para o envio de resumos é 12 de Fevereiro de 2007.

E: [electro07@qui.uc.pt](mailto:electro07@qui.uc.pt)

URL: [www.electro07.who.uc.pt](http://www.electro07.who.uc.pt)

### 9.ª Conferência Nacional do Ambiente (CNA)

18-20 Abril 2007 em Aveiro

A 9.ª edição da Conferência Nacional do Ambiente decorrerá na Universidade de Aveiro entre os dias 18 e 20 de Abril de 2007 e tem como tema global: Um Futuro Sustentável – Ambiente, Sociedade e Desenvolvimento. O tema da conferência procura associar-se à celebração da década das Nações Unidas sobre Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), assumido exactamente o principal objectivo desta iniciativa, ou seja, a construção de um mundo onde todos tenham a oportunidade de beneficiar de uma educação de qualidade, permitindo a aprendizagem da cidadania com base em valores, comportamentos e estilos de vida que possibilitem um futuro sustentável e uma transformação social positiva.

Mais informações, consultar a respectiva página web.

E: [9cna@dao.ua.pt](mailto:9cna@dao.ua.pt)

URL: [www.dao.ua.pt/9CNA](http://www.dao.ua.pt/9CNA)

### 15th Nitrogen Workshop

28-30 Maio 2007 em Lleida, Espanha

O Grupo Espanhol do Azoto e o Departamento de Ciências Ambientais e do Solo da Universidade de Lleida vão organizar o "15th Nitrogen Workshop" a realizar em Lleida entre 28 e 30 de Maio de 2007. Os temas de discussão envolvem abordagens à gestão de agentes azotados para melhorar a eficiência e o impacto ambiental do seu uso como fertilizantes, o fluxo de azoto em sistemas agrícolas e florestais e as restrições externas da fertilização. Mais informações podem ser obtidas através do endereço electrónico associado ao evento.

E: [15th-N-workshop@nitrogen15workshop.udl.es](mailto:15th-N-workshop@nitrogen15workshop.udl.es)

### I Congresso Iberoamericano de Água, Agricultura e Meio Ambiente

5-8 Junho 2007 em Cuenca, Espanha

O I Congresso Iberoamericano de Água, Agricultura e Meio Ambiente irá decorrer entre 5 e 8 de Junho de 2007 em Cuenca, Espanha, abordando a problemática da disponibilidade de água. Considerando que a maior parte do consumo é destinado ao uso agrícola, é fácil perceber que os problemas de abastecimento para consumo urbano, industrial ou o uso agrícola não são independentes. Por isso, urge reconhecer que a agricultura é o sector onde existe maior possibilidade de melhorar a produtividade da água e aceitar que a água de qualquer procedência (pluvial, água de superfície, lençóis freáticos e águas residuais) é importante para alcançar a garantia de cultivo de alimentos nas regiões onde existe escassez. Tendo como objectivo dedicar a máxima atenção à importância do ordenamento do uso da água nas zonas rurais, surge o I Congresso Iberoamericano sobre Água: Agricultura e Meio Ambiente.

E: [belapa@ceu.es](mailto:belapa@ceu.es)

URL: [tierra.rediris.es/hidrored/noticias/concuenca/concuenca.html](http://tierra.rediris.es/hidrored/noticias/concuenca/concuenca.html)

**3rd Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IBPRIA 2007)**

6-8 Junho 2007 em Girona, Espanha

IBPRIA 2007 é a terceira edição da Conferência Ibérica de Reconhecimento de Padrões e Análise de Imagem e decorrerá em Girona, Espanha, entre 6 e 8 de Junho de 2007. A série de conferências IBPRIA pretende promover a apresentação de artigos originais de elevada qualidade, oralmente, ou em poster, estando a edição de 2007 organizada em várias áreas temáticas, como reconhecimento de padrões, análise de imagem, análise de forma e textura e aplicações industriais do reconhecimento de padrões, entre outras. Para mais informações, consultar a respectiva página web.  
E: [ibpria07@ibpria2007.udg.cat](mailto:ibpria07@ibpria2007.udg.cat)  
URL: [ibpria2007.udg.cat](http://ibpria2007.udg.cat)

**2nd International Congress of Energy and Environment Engineering and Management (IICIIEM2007)**

6-8 Junho 2007 em Badajoz, Espanha

O II Congresso Internacional de Engenharia e Gestão da Energia e do Meio Ambiente (IICIIEM2007), organizado pelo Instituto Politécnico de Portalegre (Portugal) e pela Escola de Engenharias Industriais da Universidade da Extremadura (Espanha), tem como principal objectivo juntar académicos, cientistas, engenheiros, consultores e empresas dos sectores energético e ambiental, com a finalidade de trocar experiências, através da apresentação de trabalhos de investigação e desenvolvimento relacionados com a energia e o meio ambiente.  
E: [ciiem@estgp.pt](mailto:ciiem@estgp.pt)  
URL: [www.ciiem.com](http://www.ciiem.com)

**3rd International Energy, Exergy and Environment Symposium (IEEES-3)**

1-5 Julho 2007 em Évora

O “3rd International Energy, Exergy and Environment Symposium” (IEEES-3) irá decorrer na Universidade de Évora, entre 1 e 5 de Julho de 2007, contando com o apoio da Sociedade Portuguesa de Química. Todos os trabalhos aceites serão publicados nas actas do encontro. Os trabalhos de maior qualidade serão

considerados para publicação em várias revistas de prestígio internacional (International Journal of Exergy, International Journal of Energy Research, International Journal of Thermal Sciences, Energy Sources e International Journal of Green Energy). Para mais informação consultar a página web do evento.

E: [ieees3@uevora.pt](mailto:ieees3@uevora.pt)

URL: [www.eventos.uevora.pt/ieees](http://www.eventos.uevora.pt/ieees)



**3rd International Conference on Diffusion in Solid and Liquids (DSL-2007)**

4-6 Julho 2007 em Alvor

Depois do sucesso da “2nd International Conference on Diffusion in Solid and Liquids” (DSL-2006), que registou 270 inscrições de investigadores de todo o mundo (Portugal, EUA, Alemanha, França, Espanha, Finlândia, Brasil, México, Japão, China, Coreia, Tailândia, Vietname, Irão, Argélia, Nigéria, entre outros), realiza-se entre 4 e 6 de Julho de 2007 em Alvor, a “3rd International Conference on Diffusion in Solid and Liquids” (DSL-2007), contando novamente com a Sociedade Portuguesa de Química como entidade de apoio. A Sociedade de Nanociência e Nanotecnologia participa na DSL-2007 como entidade organizadora, havendo por isso novos tópicos (nanocompósitos, nanodifusão e materiais nanoestruturados) para além dos habituais nas edições anteriores. Os sócios da SPQ beneficiam de 30% de desconto no preço da inscrição. Para mais informações, consultar a página web do evento.

E: [info@dsl2007-algarve.com](mailto:info@dsl2007-algarve.com)

URL: [www.dsl2007-algarve.de](http://www.dsl2007-algarve.de)

**International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NanoSMat07)**

9-11 Julho 2007 em Alvor

A conferência internacional de superfícies, revestimentos e materiais nanoestruturados (NanoSMat) é um evento bienal que tem como objectivo promover permuta de conhecimento e servir de plataforma de reunião de investigadores e profissionais da indústria, laboratórios

de investigação e meios académicos, a desenvolver trabalho na área. A NanoSMat07 é o segundo evento desta série. Após o sucesso da NanoSMat-2005, a NanoSMat07 pretende divulgar os desenvolvimentos mais recentes sobre todos os aspectos relacionados com o processamento, a caracterização e aplicações de superfícies, revestimentos e novos materiais nanoestruturados. A conferência oferecerá uma grande oportunidade aos participantes para estabelecerem contactos num ambiente amigável e cientificamente propício.

Os sócios da Sociedade Portuguesa de Química beneficiam de um desconto de 30% no preço da inscrição. No âmbito da NanoSMat07 irá também decorrer uma exibição e três pequenos cursos relacionados com os materiais nanoestruturados, a nanociência e a nanotecnologia. Para mais detalhes consultar a página web do evento.

E: [contact@nanosmat.org](mailto:contact@nanosmat.org)

URL: [www.nanosmat.org](http://www.nanosmat.org)

**International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting (ACE-X 2007)**

12-13 Julho 2007 em Alvor

A “International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting” (ACE-X 2007) é uma oportunidade única para partilhar informação, apresentar os resultados mais recentes e avaliar as áreas mais relevantes na investigação computacional e experimental. Os jovens cientistas são particularmente encorajados a participar na conferência e a estabelecer redes internacionais com cientistas de renome. A conferência irá decorrer nos dias 12 e 13 de Julho de 2007, estando a Sociedade Portuguesa de Química associada como entidade de apoio, beneficiando os sócios de um desconto de 30% na inscrição. A complementar o programa do evento serão organizados dois pequenos cursos leccionados por especialistas na área da computação e experimentação. Mais informações, consultar a respectiva página web.

E: [aoechsner@mec.ua.pt](mailto:aoechsner@mec.ua.pt)

URL: [www.ace-x.de](http://www.ace-x.de)

## Agenda

---

### 1-4 Fevereiro 2007 em Lisboa

*Conferência Internacional – A Química no Século XIX: Espaços e Coleções*  
E: 19chem2007@fc.ul.pt  
URL: 19chem2007.museus.ul.pt

### 1-4 Fevereiro 2007 em Dehli, Índia

*9th National Symposium in Chemistry (NSC-9)*  
E: virparmar@gmail.com  
URL: www.nsc9.chemdu.com

### 4-7 Março 2007 em Beja

*8.º Encontro de Química dos Alimentos Alimentos Tradicionais, Alimentos Saudáveis e Rastreabilidade*  
E: ibereo@esab.ipbeja.pt  
URL: www.esab.ipbeja.pt/8eqa2007

### 9-11 Março 2007 em Tessalónica, Grécia

*5th International Congress on Food Technology*  
E: thes@petet.org.gr  
URL: congress5.petet.org.gr

### 29-30 Março 2007 em Lisboa

*6.º Encontro da Divisão de Química Analítica (SPQ-ANALITICA'07)*  
E: analitica07@spq.pt  
URL: www.spq.pt/congressos/analitica07

### 1-4 Abril 2007 no Porto

*13.º Encontro da Sociedade Portuguesa de Materiais (SPM) IV Simpósio Internacional de Materiais*  
E: materiais2007@fe.up.pt  
URL: www.fe.up.pt/materiais2007

### 1-4 Abril 2007 em Lisboa

*2nd workshop on Biophysics of membrane-active peptides*  
E: biophysicsmap@fc.ul.pt  
URL: www.biophysicsmap.com

### 12-14 Abril 2007 em Coimbra

*XIV Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica X Encontro Ibérico de Electroquímica*  
E: electro07@qui.uc.pt  
URL: www.electro07.qui.uc.pt

### 18-20 Abril 2007 em Aveiro

*9.ª Conferência Nacional do Ambiente*  
E: 9cna@dao.ua.pt  
URL: www.dao.ua.pt/9CNA

### 28-30 Maio 2007 em Lleida, Espanha

*15th Nitrogen Workshop*  
E: 15th-N-workshop@nitrogen15worksop.udl.es

### 4-8 Junho 2007 em Óbidos

*3rd Marie Curie Cutting Edge Conference: Biomineralisation of polymeric materials, bioactive biomaterials and biomimetic methodologies*  
E: inventscience@dep.uminho.pt  
URL: www.inventscience.org

### 5-8 Junho 2007 em Cuenca, Espanha

*I Congresso Iberoamericano de Água, Agricultura e Meio Ambiente*  
E: belapa@ceu.es  
URL: tierra.redir.es/hidrored/noticias/concuencia/concuencapt.html

### 6-8 Junho 2007 em Girona, Espanha

*3rd Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis (IbPRIA 2007)*  
E: ibpria07@ibpria2007.udg.cat  
URL: ibpria2007.udg.cat

### 6-8 Junho 2007 em Badajoz, Espanha

*2nd International Congress of Energy and Environment Engineering and Management (IICIIEM2007)*  
E: ciem@estgp.pt  
URL: www.ciem.com

### 1-5 Julho 2007 em Évora

*3rd International Energy, Exergy and Environment Symposium (IEEES-3)*  
E: ieees3@uevora.pt  
URL: www.eventos.uevora.pt/ieees

### 4-6 Julho 2007 em Alvor

*3rd International Conference on Diffusion in Solid and Liquids (DSL-2007)*  
E: info@dsl2007-algarve.com  
URL: www.dsl2007-algarve.de

### 9-11 Julho 2007 em Alvor

*International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NanoSMat07)*  
E: contact@nanosmat.org  
URL: www.nanosmat.org

### 12-13 Julho 2007 em Alvor

*International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting (ACE-X 2007)*  
E: aoechsner@mec.ua.pt  
URL: www.ace-x.de

### 5-11 Agosto 2007 em Turim, Itália

*The 41st IUPAC World Chemistry Congress*  
E: iupac-2007.exhibition@unito.it  
URL: www.iupac2007.org

### 3-7 Setembro 2007 em Coimbra

*International Conference on Engineering Education (ICEE 2007)*  
E: icee2007@dei.uc.pt  
URL: icee2007.dei.uc.pt

### 8-12 Outubro 2007 no Algarve

*4th Marie Curie Cutting Edge Conference: Biocompatibility evaluation and biological behaviour of polymeric biomaterials*  
E: inventscience@dep.uminho.pt  
URL: www.inventscience.org

### 11-13 Novembro 2007 no Porto

*IV Congresso Ibérico de Ciências e Técnicas do Frio II Congresso Iberoamericano de Ciências e Técnicas do Frio*  
E: cytef07@fe.up.pt  
URL: www.fe.up.pt/~CYTEF07

Secção compilada por Helder Gomes