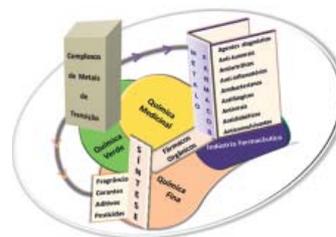


<b>EDITORIAL</b>	2
<b>ORIENTAÇÕES EDITORIAIS</b>	3
<b>NOTICIÁRIO SPQ</b>	
Medalhas e Menção Honrosa na XV Olimpíada Ibero-Americana de Química	5
Grupo de Químicos Jovens - Actividades para 2011	5
Prémio Ferreira da Silva 2010 e Medalha Vicente de Seabra 2010	6
Evolução do Número de Alunos Matriculados em Cursos de Química, 1997-2010	6
3º Congresso Europeu de Química da EuCheMS	8
2 <sup>nd</sup> Young Investigator's Workshop	9
The European Sustainable Chemistry Award	12
O Indicador	12
Concessão de Diplomas de Mestrado Europeu em Ciência da Medição em Química a Alunos da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa	13
Prémio Nobel da Química 2010: Reacções de Acoplamento Catalisadas pelo Paládio "Arte num Tubo de Ensaio"	13
A Molécula Gigante de Linus Pauling Tornada Realidade: O Prémio Nobel da Física de 2010	15
Ulrich Schubert Eleito Novo Presidente da EuCheMS	17
Medições na Ciência e na Tecnologia	17
<b>LIVROS &amp; MULTIMÉDIA</b>	
Principles of Molecular Photochemistry - An Introduction	19
<b>ENTREVISTA</b>	
Nicholas J. Turro - Co-autor do livro "Principles of Molecular Photochemistry - An Introduction"	
Entrevista conduzida por José Paulo da Silva	21
<b>ARTIGOS</b>	
Metais do Grupo da Platina: História, Propriedades e Aplicações	27
<i>Fabrizio Eugénio Alves, Priscila Pereira Silva e Wendell Guerra</i>	
Complexos de Metais de Transição em Química Fina e Medicinal	35
<i>Aplicações na Indústria Farmacêutica</i>	
<i>Mariette M. Pereira e Maria José S. M. Moreno</i>	
<b>QUESTÕES DE NOMENCLATURA</b>	
Os Nomes dos Elementos Químicos	43
<i>Adélio A. S. C. M. Machado, Bernardo J. Herold, João Cardoso, Joaquim Marçalo, José Alberto L. Costa, Maria Clara Magalhães, Maria Helena Garcia, Olivier Pellegrino, Osvaldo Serra, Roberto B. Faria e Rui Teives Henriques</i>	
<b>QUÍMICA E ENSINO</b>	
A Química Orgânica no Ensino Secundário: A Percepção dos Professores	49
<i>Sérgio C. Leal, João Paulo Leal, Maria A. F. Faustino e Artur M. S. Silva</i>	
<b>WEBQUEST</b>	
WebQuests: Incremento Pedagógico da Internet no Ensino da Química	55
<i>Carla Moraes e João Paiva</i>	
No Encalço dos Novos Materiais	59
<i>João Vale</i>	
<b>DESTAQUES</b>	61
<b>AGENDA</b>	64

## Artigo

35

Os complexos de metais de transição actuam como fármacos e catalisadores nos domínios da Química Fina e Medicinal.



## QUESTÕES DE NOMENCLATURA 43

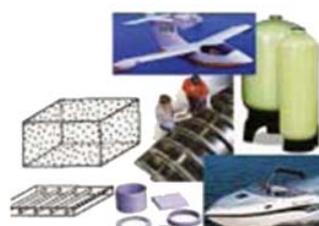
O Quadro Periódico dos Elementos Químicos com os nomes dos elementos escritos na vertente europeia do português.

Quadro Periódico dos Elementos Químicos

## WebQuest

55

Uma estratégia de trabalho para ajudar alunos e professores a tirarem partido da riqueza de informação disponível na Web.





Helder Gomes  
bquimica@ipb.pt  
www.spq.pt

O ano 2010 chega ao fim, é por isso tempo de balanços e de previsões para o novo ano que se aproxima. Se pudermos caracterizar 2010 com uma só palavra, a maioria dos portugueses optarão por “crise”. Foi um ano em que a crise económica e financeira mundial fez sentir os seus efeitos mais duros em Portugal, com medidas de austeridade que terão repercussões fortes em 2011 e nos anos vindouros. No que concerne à Química em Portugal, 2010 foi um ano excelente, depois do período de acentuado declínio do número de alunos que se verificou no início da década parece confirmar-se a tendência dos últimos anos da recuperação de alunos a ingressar em cursos superiores relacionados com a Química. Os jovens parecem mostrar um interesse renovado pela Química, os resultados das participações nas várias competições das Olimpíadas de Química coordenadas pela SPQ assim o confirmam. Pela primeira vez na história das Olimpíadas Internacionais, Portugal obteve um Menção Honrosa, na brilhante participação na prova que se realizou no Japão. Aproxima-se o Ano Internacional da Química 2011 (AIQ2011), com a sua cerimónia oficial de abertura internacional agendada para os dias 27 e 28 de Janeiro em Paris. Será uma oportunidade única, em tempos de crise, para mostrar a grandeza da Química à Sociedade Civil e provar que só por via do desenvolvimento desta ciência se podem ultrapassar os problemas que ameaçam a sustentabilidade do nosso planeta ao nível da alimentação, da saúde, dos recursos energéticos e do ambiente. O próximo ano será também memorável para a SPQ pela comemoração do Centenário da sua fundação. Pela coincidência desta efeméride com o AIQ2011, as comemorações do Centenário da SPQ serão associadas às comemorações do AIQ2011. Entrou em funcionamento no passado mês de Outubro a página oficial portuguesa do AIQ2011 (<http://www.spq.pt/quimica2011>) onde serão divulgados todos os projectos e actividades relacionadas com as comemorações em Portugal, que terão uma cerimónia oficial de abertura no início do ano e uma cerimónia oficial de encerramento no final do ano. O ponto alto das comemorações será o Encontro Nacional da SPQ, entre 3 e 6 de Julho em Braga. Prepara-se um grande evento, que se espera, o mais participado de sempre.

Neste número do QUÍMICA destacamos os metais do grupo da platina e os complexos de metais de transição com a publicação de dois artigos sobre a história, as propriedades, as aplicações e a importância destes metais para a Sociedade. Surge também uma nova proposta de actividades para o ensino da química, as webquests, recursos potenciadores de pesquisa de informação na Web baseados na resolução de problemas. Com a publicação deste recurso, completamos um ciclo de ferramentas interactivas iniciado no QUÍMICA 117 com os “Roteiros de Exploração” e continuado no QUÍMICA 118 com as “Actividades com os Pais no Computador”. Pretende-se continuar este ciclo nos próximos números, desejando-se e incentivando-se contribuições dos nossos leitores nesta área.

Não quisemos deixar passar esta quadra festiva sem oferecer uma prenda ao nossos leitores, o quadro periódico dos elementos químicos com os nomes dos elementos escritos na vertente europeia do português, resultantes do trabalho de uniformização da nomenclatura dos elementos químicos levado a cabo pela comissão composta por portugueses, brasileiros e cabo-verdianos que está a traduzir e adaptar para português, nas vertentes europeia e brasileira, as Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica. Um quadro periódico que apresenta as massas atómicas dos elementos com todos os algarismos significativos que são conhecidos até à data, tornando-o de certeza de grande utilidade para todas as pessoas que necessitam desta ferramenta na sua actividade profissional.

Resta-me desejar a continuação de Boas Festas e que 2011 fique registado na nossa memória, não pelas razões com que iniciei este editorial, mas por muitos sucessos da Química e por uma grande comemoração conjunta do AIQ2011 e do Centenário da SPQ.

Boa leitura!

## BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

**Propriedade de**  
Sociedade Portuguesa de Química  
ISSN 0870 – 1180  
Registo na ERC n.º 125 525  
Depósito Legal n.º 51 420/91  
Publicação Trimestral  
N.º 119, Outubro – Dezembro 2010

**Redacção e Administração**  
Av. da República, 45 – 3.º Esq.  
1050-187 LISBOA  
Tel.: 217 934 637  
Fax: 217 952 349  
bquimica@ipb.pt  
www.spq.pt

**Editor**  
Helder Gomes

**Editores-Adjuntos**  
Carlos Baleizão, Carlos Folhadela,  
Joana Amaral, João Paiva

**Comissão Editorial**  
Jorge Morgado, Hugh Burrows,  
Joaquim L. Faria, Ana Lobo,  
M. N. Berberan e Santos,  
A. Nunes dos Santos

**Colaboram neste número**  
Hugo M. Oliveira (HMO), Isabel Vieira (IV),  
Maria Filomena Camões (MFC),  
Maria Clara Magalhães (MCM), Maria Manuel  
Marques (MMM), Mariana Sardo (MS),  
Paulo Brito (PB), Paulo Ribeiro Claro (PRC),  
Sérgio Santos (SS), Vânia Calisto (VC)

**Publicidade**  
Leonardo Mendes  
Tel.: 217 934 637  
Fax: 217 952 349  
leonardo.mendes@spq.pt

**Design Gráfico e Paginação**  
Paula Martins

**Impressão e Acabamento**  
Tipografia Lousanense  
Rua Júlio Ribeiro dos Santos - Apartado 6  
3200-901 Lousã - Portugal  
Tel.: 239 990 260  
Fax: 239 990 279  
geral@tipografialousanense.pt

**Tiragem**  
1800 exemplares

**Preço avulso**  
€ 5,00  
Assinatura anual – quatro números  
€ 18,00  
(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 no fascículo Outubro-Dezembro de cada ano e no sítio web da SPQ.

**Publicação subsidiada pela**  
**FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia**  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR  
Apoio do Programa Operacional Ciência,  
Tecnologia, Inovação do Quadro Comunitário de  
Apoio III

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

QUÍMICA publica entrevistas, reportagens, artigos solicitados e propostos, noticiário, recensões de livros e outras publicações e correspondência dos leitores. É incentivada a submissão voluntária de artigos de carácter relativamente geral e escritos de modo a despertar interesse a um vasto leque de leitores.

QUÍMICA, não sendo especializado na história e filosofia da química, está aberto e pretende encorajar a publicação de contribuições nesta área. O QUÍMICA pode também incluir artigos de autores especialmente convidados para publicarem sobre temas específicos da história e da filosofia da química.

## NORMAS DE COLABORAÇÃO E INSTRUÇÕES PARA OS AUTORES

- Os artigos devem ser enviados por correio electrónico, para o endereço [bquimica@ipb.pt](mailto:bquimica@ipb.pt) dirigidos ao Editor do QUÍMICA. O material submetido deverá conter o seguinte:
  - Um arquivo MS Word ou PDF com as figuras e tabelas incorporadas. O texto deve ser escrito com espaçamento duplo. Tabelas, gráficos e ilustrações devem ser numerados e incorporados com as respectivas legendas descrevendo sumariamente o seu conteúdo. As citações longas devem ficar destacadas no texto; as curtas devem ser colocadas entre aspas.
  - Um arquivo adicional devidamente identificado, por cada gráfico ou ilustração, em formato JPG, com a resolução adequada a uma boa reprodução gráfica no tamanho original.
- Os artigos devem conter um resumo de 50 a 200 palavras com a descrição do respectivo conteúdo. Salvo casos excepcionais, os textos não devem exceder cerca de 30 000 caracteres (5 a 6 páginas da revista, incluindo as figuras). As figuras deverão ter a qualidade indispensável.
- Os artigos devem seguir, tanto quanto possível, as recomendações da IUPAC quanto à nomenclatura e unidades.
- As referências devem ser numeradas consecutivamente à medida que forem citadas ao longo do texto e indicadas por um número colocado entre parênteses rectos (exemplos: [1] ou [2, 3] ou [4-8]). As referências devem ser reunidas no fim do texto, obedecendo aos seguintes formatos:

### LIVROS:

- S.J. Formosinho, *Fundamentos de Cinética Química*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1982.
- R.S. Turner, 'University Reformers and Professional Scholarship in Germany, 1760-1806', in L. Stone (ed.), *The University in Society*, Princeton: Princeton University Press (1974) 495-531.
- R.S. Turner, op. cit. 'University', 496-497.

### PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS:

- G. Krager, *Nachrichten aus der Chemie* **53** (2005) 136-138.
- A.N.L. Lopes, J.G. Ferreira, *Analytical Biochemistry* **342** (2005) 195-197.

### FONTES MANUSCRITAS:

As fontes manuscritas devem conter todas as informações necessárias que permitam a localização da fonte; referências posteriores devem citar nome, data e abreviatura da fonte, caixa, número da página ou fólio:

- Carta de Adolphe Wurtz a Jean-Baptiste Dumas, 15 de Fevereiro de 1864, Paris, Archives de l'Académie des Sciences, Dossier Wurtz.

### ENDEREÇOS ELECTRÓNICOS:

A utilização de endereços electrónicos deve ser evitada e limitada a fontes institucionais fidedignas; deve conter o endereço completo de modo a permitir a localização da fonte e a data de acesso.

- SDBS Web: <http://www.aist.go.jp/RIODDB/SDBS> (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, acedido em 01-01-2006).
- Os agradecimentos devem ser colocados no fim dos artigos, antes das referências.
- O corpo editorial acusará a recepção das colaborações propostas e os textos serão apreciados por um ou mais avaliadores. Com base nas apreciações obtidas, será decidida a aceitação, recusa das colaborações propostas, ou eventualmente a revisão dos textos pelos autores antes de tomar uma decisão definitiva.
- Em casos especiais, sujeitos à concordância da Comissão Editorial do QUÍMICA, as contribuições poderão ser publicadas em inglês, ou noutra língua estrangeira, devendo então conter um resumo suplementar em português.

8. Os artigos submetidos para publicação no QUÍMICA não podem ser submetidos a outras revistas. A reprodução de figuras já publicadas carece da devida autorização pelo detentor dos direitos. A autorização para reproduzir imagens é inteiramente da responsabilidade do autor, o que deverá ser referido nos casos em que se aplique.
9. Os direitos de autor dos artigos publicados são propriedade da Sociedade Portuguesa de Química, não se autorizando a sua reprodução total ou parcial, mesmo sob a forma de tradução numa língua diferente, salvo com autorização escrita da Comissão Editorial.
10. No caso dos autores desejarem corrigir as provas dos textos aceites para publicação, deverão indicá-lo expressamente aquando da submissão do manuscrito.
11. As provas tipográficas dos artigos em co-autoria bem como as separatas serão enviadas para o

autor responsável, a menos que o Editor seja informado do contrário.

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

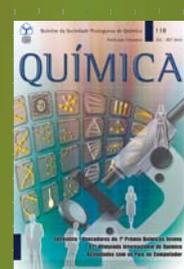
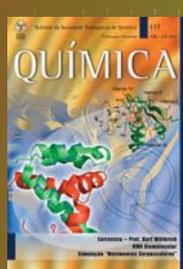
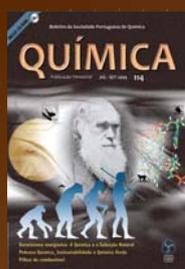
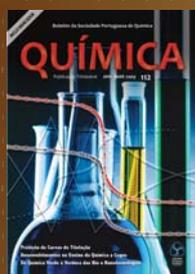
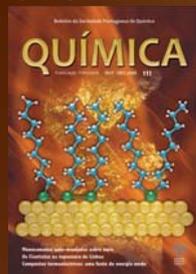
#### CONTACTOS:

Editor do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química:

**HELDER TEIXEIRA GOMES**

Departamento de Tecnologia Química e Biológica  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão  
Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Santa Apolónia - 5301-857 Bragança  
Tel.: 273 303 110  
e-mail: bquimica@ipb.pt

*A Química sempre consigo ...*



*QUÍMICA - O Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*

## MEDALHAS E MENÇÃO HONROSA NA XV OLIMPIÁDA IBERO-AMERICANA DE QUÍMICA

Mais uma vez, os estudantes de química portugueses viram o seu desempenho na Olimpíada Ibero-americana de Química recompensado com medalhas e menção honrosa. Assim, a delegação portuguesa regressou a Portugal com uma Medalha de Prata, uma Medalha de Bronze e uma Menção Honrosa na bagagem.

A Medalha de Prata foi conquistada por Gonçalo Vitorino Bonifácio, da ES José Saramago (Mafra), enquanto Jorge Pedro Martins Nogueiro, finalista da Escola Secundária Emídio Garcia, de Bragança, obteve a Medalha de Bronze. Marta Aguiar, da ES Homem Cristo em Aveiro, não atingiu as medalhas, mas o seu desempenho meritório foi reconhecido pelo Júri com a atribuição de uma das Menções Honrosas desta competição.

De referir que Jorge Pedro Martins Nogueiro já tinha obtido uma menção honrosa na 42ª Olimpíada Internacional de Química, que se realizou em Tóquio, no final do passado mês de Julho, tal como foi noticiado no número anterior deste Boletim.

A preparação dos participantes das Olimpíadas Internacionais e nas Olimpíadas Ibero-Americanas de Química

está sediada no Departamento de Química da Universidade de Aveiro desde 2002 e conta com a colaboração de uma equipa alargada.

Neste ano lectivo, a preparação – que se estendeu de Outubro de 2009 a Setembro de 2010 – teve a participação dos docentes do Departamento de Química Maria Clara Magalhães, Diana Pinto, Amparo Faustino, Graça Marques e Rita Ferreira. Esta equipa contou ainda com a colaboração de Ana Seca (docente da Universidade dos Açores) e de Alzira Rebelo (docente do Colégio dos Carvalhos). A colaboração da Prof. Alzira Rebelo e do Colégio dos Carvalhos – que acolheu os alunos nos seus laboratórios – foi particularmente relevante na preparação dos alunos em técnicas laboratoriais básicas.

De acordo com os docentes que acompanharam a equipa (mentores), Maria Clara Magalhães e Diana Pinto, da Universidade de Aveiro, “é evidente que a experiência adquirida nos anos anteriores torna possível otimizar o tempo de preparação dos alunos”, mas essa vantagem foi particularmente potenciada pelas “muitas horas de estudo e de entrega desta equipa”.

Esta 15ª edição da Olimpíada Ibero-Americana de Química decorreu na Cidade do México, México, de 22 a 29 de Outubro e juntou 52 finalistas do ensino secundário de 13 países ibero-americanos: Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Cuba, Espanha, Guatemala, México, Perú, Portugal, Uruguai e Venezuela. Portugal foi o país organizador da competição em 2006 (na Universidade de Aveiro) e poderá voltar a sê-lo em 2013.

As Olimpíadas de Química são uma actividade promovida pela Sociedade Portuguesa de Química ([www.spq.pt](http://www.spq.pt)) com o patrocínio do Ministério da Educação e que visa:

- I - dinamizar o estudo e ensino da Química nas Escolas Básicas e Secundárias,
- II - proporcionar a aproximação entre as Escolas Básicas e Secundárias e as Universidades, e
- III - despertar o interesse pela Química, cativando vocações para carreiras científico-tecnológicas entre os estudantes.

**PRC, MCM**

## GRUPO DE QUÍMICOS JOVENS - ACTIVIDADES PARA 2011

Durante o ano de 2010, o Grupo de Químicos Jovens (GQJ) esteve envolvido em várias actividades que muito contribuíram para dinamizar e aproximar a comunidade de jovens químicos portugueses. Destas actividades, salientamos o 2nd Portuguese Young Chemists Meeting (**2PYChem**) que se realizou em Abril de 2010, na Universidade de Aveiro, e contou com a presença de aproximadamente 240 Químicos Portugueses e a atribuição do *Prémio Químicos Jovens/Gradiva 2010 (PYCA)* a Joana Barata e David Marçal, premiando assim a excelência do trabalho desenvolvido ao longo dos seus doutoramentos.

Em 2011, o **GQJ** irá apostar na dinamização de actividades que decorrerão exclusivamente online, dando primazia às secções, anteriormente divulgadas neste Boletim, **JobChem** e **ChemRUS**.



**JobChem** - Este espaço está dividido em duas componentes:

- 1) Compilação de motores de busca Nacionais e Internacionais de ofertas de emprego na área da Química;
- 2) Anúncios com oferta directa de bolsas ou empregos por parte de entidades públicas ou privadas.

Em especial, e relativamente à segunda componente, o balanço do primeiro ano de funcionamento é bastante positivo. No entanto, gostaríamos que no próximo ano a adesão fosse ainda maior, permitindo que esta secção se estabeleça como uma compilação de bolsas e empregos que possa ser representativa das ofertas existentes a nível Nacional (tendo-se também já

recebido várias ofertas de instituições estrangeiras). Neste sentido, deixamos aqui o nosso convite a todos os responsáveis por projectos de investigação e aos gabinetes de recursos humanos de todas as Universidades e empresas privadas para nos enviarem toda a informação acerca da bolsa ou emprego que pretendam publicitar. Contamos com a vossa adesão para o crescimento desta plataforma!

**ChemRUS** - Este espaço pretende afirmar-se como uma biblioteca on-line de experiências de Química, compostas por um vídeo com a execução experimental e uma ficha científica contendo uma breve descrição dos conceitos químicos, protocolo experimental detalhado e procedimentos de segurança tidos

em conta durante a sua realização. Para a dinamização desta secção, o **GQJ** propõe o envolvimento activo das Escolas de Ensino Secundário, através da participação na primeira edição do concurso **ChemRUS**.

Durante o ano lectivo 2010/2011 lançamos o desafio a todos os alunos e professores de Química do Ensino Secundário a participarem, enviando um vídeo e respectiva ficha científica acerca da realização de uma experiência Química escolhida por cada grupo. As Escolas Secundárias interessadas em participar deverão inscrever-se por e-mail até 31 de Março de 2011; o prazo para o envio dos vídeos termina a 31 de Maio de 2011. A Escola vencedora será anunciada durante o mês de Junho de 2011, e será premia-

da com material didáctico/laboratorial que certamente ajudará ao ensino da Química.

Para mais informações acerca das actividades aqui descritas e de outras actividades do **GQJ**, poderá ser consultada a página web do Grupo: [www.spq.pt/gqj](http://www.spq.pt/gqj). Teremos também todo o prazer em responder a qualquer comentário, dúvida ou sugestão, que poderão ser enviados para o e-mail geral [gqjovens@spq.pt](mailto:gqjovens@spq.pt).

Contamos com a vossa participação e desejamos a todos um óptimo Ano Internacional da Química!!

**VC, SS, MS**  
(GQJ)

## PRÉMIO FERREIRA DA SILVA 2010 E MEDALHA VICENTE DE SEABRA 2010

Presidido e nomeado pelo Presidente da SPQ, de acordo com o Regulamento, o júri constituído para a avaliação das candidaturas reuniu em Lisboa, na sede, em 27 de Outubro, tendo decidido por unanimidade atribuir o Prémio Ferreira da Silva 2010 ao Prof. Fernando Jorge da Silva Pina, Professor

Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Campus de Monte de Caparica). Decidiu ainda atribuir ex-aequo a Medalha Vicente de Seabra ao Prof. Eurico José da Silva Cabrita, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova

de Lisboa (Campus de Monte de Caparica) e ao Dr. José Richard Baptista Gomes, Investigador Auxiliar do CI-CECO da Universidade de Aveiro. Os premiados preferirão conferências no próximo Encontro Nacional da SPQ, a realizar em Braga em 2011.

**MNBS**

## EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ALUNOS MATRICULADOS EM CURSOS DE QUÍMICA, 1997-2010

Na 1ª fase de acesso ao ensino superior de 2010, os cursos de licenciatura e mestrado com a designação de “Química” (Ensino de Física e Química, Bioquímica, Engenharia Química e Química (inclui Química Aplicada, Química Industrial e Química Tecnológica)) preencheram 1224 vagas das 1400 disponíveis, o que representa um aumento de cerca de 3.8% no número de alunos relativamente ao ano anterior.

A Figura 1 ilustra a evolução do número de candidatos colocados em 1ª fase e do número de matriculados pela primeira vez no 1º ano a 31 de Dezembro de cada ano, desde 1997, em cursos com designação de “Química”: Ensino de Física e Química, Bioquímica, Engenharia Química e Química (inclui Química Aplicada, Química Industrial, Química Tecnológica, etc). Depois do

período de acentuado declínio do número de alunos que se verificou no início da década, os últimos 5 anos representam um período de recuperação sustentada, que aponta para a estabilização do número de alunos próximo dos 1500 a nível nacional.

Embora o conjunto de explicações possíveis para esta recuperação do número de alunos nos cursos de Química seja vasto, não pode deixar de ser aqui salientado que o período de recuperação coincide com o Programa “Atracção Química”, lançado em 2004 pela SPQ – em colaboração com os Departamentos de Química das Universidades Portuguesas –, “com o objectivo de despertar o interesse pela Química entre os jovens e cativar vocações para carreiras no âmbito da Química”. Se outro mérito não teve – e não foi possível efectuar

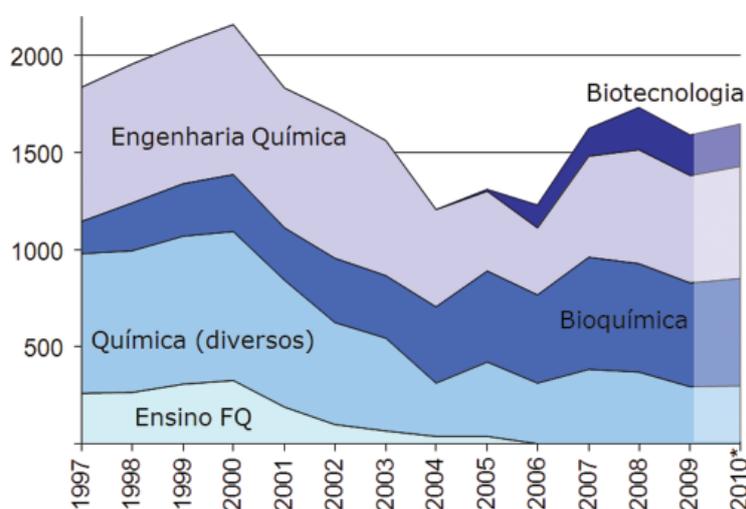
uma avaliação detalhada dos efeitos deste programa – o “Atracção Química” terá tido o mérito de alertar os Departamentos de Química para a possibilidade/necessidade de se promoverem junto dos futuros alunos e da sociedade em geral, valorizando o esforço daqueles que se dedicavam às chamadas “actividades de divulgação”.

Mais significativa é a análise da evolução do número de alunos matriculados nos diferentes cursos, apresentada graficamente na Figura 2. Os valores para 2010 foram obtidos por estimativa, com base no número de candidatos colocados em 1ª fase.

Nesta figura é evidente o decréscimo acentuado do número de alunos inscritos em Engenharia Química até 2006 – o que foi acompanhado do



Evolução do número de candidatos colocados em 1ª fase e do número de matriculados pela primeira vez no 1º ano em cursos com designação de "Química": Ensino de Física e Química, Bioquímica, Engenharia Química e Química (inclui Química Aplicada, Química Industrial, Química Tecnológica, etc). [\* Estimativa baseada no número de colocados em 1ª fase]



Evolução do número de matriculados pela primeira vez no 1º ano em cursos com designação de "Química" (Ensino de Física e Química, Bioquímica, Engenharia Química e Química) e de Biotecnologia. [\* Estimativa]

encerramento de diversos cursos em Institutos Politécnicos – e a sua estabilização actual confortavelmente acima dos 500 alunos/ano. Do mesmo modo, e em idêntico período, os cursos de Química (diversos) perderam mais de metade dos seus alunos, atingindo um patamar estável em torno dos actuais cerca de 300 alunos/ano.

O decréscimo nestes dois cursos foi parcialmente compensado pelo crescimento contínuo do número de alunos em cursos de Bioquímica, de 166 em 1997 para 576 em 2007. No entanto, vale a pena referir que nos últimos dois anos a "Bioquímica" registou uma diminuição de cerca de 20 alunos/ano, acompanhada pelo recuo marginal das médias dos últimos colocados em 1ª fase. São sinais que

merecem a atenção dos departamentos/universidades, na medida em que podem ser indício de alguma perda de capacidade de atracção dos respectivos cursos.

A Figura 2 mostra também a importância actual dos cursos de Biotecnologia. A licenciatura em Biotecnologia, embora não seja um curso tradicionalmente reconhecido como "de Química" está incluída na área CNAEF "Tecnologia dos Processos Químicos", tal como Engenharia Química (e representa já uma parte significativa da oferta de alguns Departamentos de Química).

A evolução mais preocupante evidenciada pelo gráfico da Figura 2 é sem qualquer dúvida o declínio – até à qua-

se extinção – dos cursos de "Ensino da Física e da Química", responsáveis pela formação dos docentes do ensino básico e secundário. Este declínio está associado à imagem muito negativa a que foi sujeita a profissão de "professor" nos últimos anos (nos últimos anos, por motivos diversos, tem sido associada à profissão a imagem de desemprego, falta de condições de trabalho, instabilidade contratual, perda de autoridade, perda de prestígio social, etc...). Nos anos de 2006/07, o Processo de Bolonha, durante o qual a formação de professores foi colocada em 2º Ciclo (mestrado), mascarou a falta de candidatos: como o curso deixou de constar na lista dos cursos de "acesso ao ensino superior", passou de alguma forma despercebido o facto de a formação de novos professores

de química estar abaixo das necessidades do sistema de ensino nacional. No ano lectivo de 2009/10 encontram-se a funcionar 7 cursos de mestrado em “Ensino de Física e Química no 3º

Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário” com um total de apenas 57 alunos, 26 dos quais nas universidades de Lisboa (UL e UNL) e 13 na universidade do Porto.

(Fonte: GPEARI – Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais, do Ministério da Ciência e Ensino Superior, [www.gpeari.mctes.pt](http://www.gpeari.mctes.pt))

**PRC**

### 3º CONGRESSO EUROPEU DE QUÍMICA DA EUChEMS

O 3º Congresso Europeu de Química, organizado pela *European Association for Chemical and Molecular Sciences* (EuCheMS), decorreu no centro de congressos de Nuremberga entre os dias 29 de Agosto e 2 de Setembro e foi um sucesso em toda a linha. Junto 2500 químicos oriundos de mais de 60 países com um formato, já enraizado na comunidade científica, que se iniciou em Budapeste 2006 e Turim 2008. A organização do programa científico esteve a cargo de François Diederich e Andreas Hirsch, e contou com um programa variado e ambicioso, incluindo 7 conferências plenárias, 180 conferências convidadas e 370 conferências orais, em mais de 180 horas de ciência e outros assuntos relacionados, tais como financiamento, empregabilidade e ética.

#### DOS SISTEMAS BIOLÓGICOS À FUSÃO NUCLEAR

As 7 conferências plenárias foram muito diversificadas, tendo sido bem acolhidas pela audiência. Após a cerimónia de abertura, a primeira plenária

foi proferida por Barbara Imperiali (Cambridge, EUA) que mostrou como sondas moleculares aumentam o conhecimento sobre sistemas biológicos.

De seguida, Klaus Müllen (Mainz, Alemanha) apresentou sistemas químicos na interface com os materiais e destacou a procura constante de novos compostos com funções controladas. A “EuCheMS Lecture 2010” esteve a cargo de Michael Grätzel (Lausanne, Suíça), que partilhou a sua visão da conversão de energia solar utilizando sistemas inspirados na fotossíntese. Bert Meijer (Eindhoven, Holanda) apresentou exemplos de obtenção de quiralidade através de arquitecturas moleculares de polímeros e dendrímeros. Hans-Joachim Freund (Berlim, Alemanha) mostrou como a catálise pode ser visualizada e Lechoslaw Latos-Grazynski (Cracóvia, Polónia) apresentou novos conceitos de aromaticidade. A última plenária do encontro foi proferida por Joshua Jortner (Tel Aviv, Israel), para quem a fusão nuclear é a “verdadeira” alternativa energética.



Michael Grätzel durante a *EuCheMS Lecture 2010*

#### POSTERS, “CAREER DAYS” E EVENTOS SOCIAIS

Ao longo do encontro estiveram em exibição mais de 1400 posters, com a sessão de poster a decorrer ao final da tarde/noite e acompanhada de “beer and pretzel”. Em paralelo às sessões científicas, decorreram os seminários das empresas patrocinadoras, bem como a exibição das editoras, companhias químicas e organizações científicas (38 no total).

O “Career Days” foi uma excelente oportunidade para quem queria aprender a elaborar um curriculum apelativo, esclarecer dúvidas sobre uma carreira académica ou na indústria ou ainda conhecer melhor o mundo fora da Universidade com a feira de emprego. Esta feira de emprego contou com a presença de 14 companhias, agências de financiamento e organizações civis e privadas.

A parte social do congresso decorreu em dois momentos distintos: um concerto na igreja de St. Sebalds, num registo mais sério e contemplativo, e uma festa no estádio de futebol com actividades desportivas, construção de moléculas no relvado e fogo-de-artifício.



Cerimónia de abertura do 3º Congresso Europeu de Química

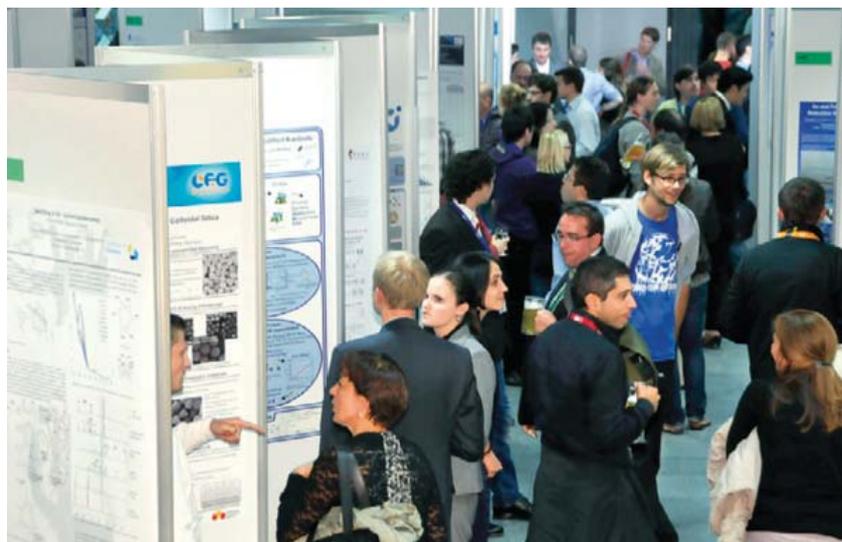
## PRÉMIOS

A EuCheMS atribuiu o *European Sustainable Chemistry Award* a Matthias Beller (Leibniz-Institute for Catalysis, Rostock, Alemanha) pela sua excepcional contribuição à catálise homogénea e sua aplicação a processos eco-compatíveis. C. N. R. Rao (Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Bangalore, Índia) foi o primeiro cientista asiático a receber o *August Wilhelm von Hofmann Denkmünze*, atribuído pela Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Luisa Torsi (University of Bari "Aldo Moro", Itália) foi galardoada com o *Heinrich Emanuel Merck Award* para ciências analíticas, pelo seu trabalho em sensores químicos de semicondutores orgânicos baseados em transístores de efeito de campo em filme fino. O *European Young Chemist Award* foi atribuído a Nicolai Cramer (ETH Zurique, Suíça) e Sophie Carencó (CNRS, Palaiseau, França).

## PRAGA 2012

A cerimónia de encerramento contou com a presença de Michael Dröscher, presidente da Sociedade Alemã de Química, e Luis Oro, presidente da EuCheMS, que agradeceram aos organizadores o excelente trabalho realizado e aos participantes a sua presença. A finalizar a cerimónia de encerramento, o organizador do 4º Congresso Europeu de Química, Pavel Drasar, convidou todos os participantes a estarem presentes em 2012 em Praga (<http://www.euchems-prague2012.cz/>).

(fonte: Newsletter da EuCheMS, Novembro de 2010)



Sessão de Posters



Concerto na Igreja de St. Sebalds



Vencedores, finalistas e júri do *European Young Chemist Award*. O prémio foi patrocinado pela Sociedade Italiana de Química

CB

## 2<sup>ND</sup> YOUNG INVESTIGATOR'S WORKSHOP

No passado mês de Agosto decorreu em Regensburg (Alemanha), no Instituto de Química Orgânica, o *2nd Young Investigator's Workshop*.

A rede europeia de químicos orgânicos jovens foi a motivação para reunir 27 cientistas de 17 países europeus,

num encontro que foi apoiado pela Divisão de Química Orgânica da EuCheMS e no qual a Sociedade Portuguesa de Química se fez representar. Esta iniciativa, apadrinhada pela EuCheMS, contou com a participação de jovens investigadores e professores de países como a Áustria, Alemanha,

Bélgica, Chipre, Espanha, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Israel, Itália, Noruega, Portugal, Reino Unido, Republica Checa, Suécia e Suíça. Os participantes tinham todas idades compreendidas entre os 30 e 40 anos, sendo que a maioria apresentava idade inferior a 35 anos. Ambos os sexos

se fizeram representar, tendo havido nalguns casos dois participantes por país. Os participantes foram eleitos pelas Divisões de Química Orgânica dos respectivos países, que estabeleceram os critérios de selecção. Os requisitos para participação neste encontro tiveram em conta a idade do investigador (inferior a 40 anos), bem como o percurso e independência científica do candidato.

O *Workshop* foi organizado em oito sessões que focaram diferentes tópicos e abrangeram diversas áreas da química orgânica, tais como bioorgânica e química medicinal, catálise, produtos naturais, oxidação e aspectos de química verde, química supramolecular e *design* de ligandos.

A escolha de Regensburg, a cidade medieval mais bem preservada da Alemanha e eleita pela UNESCO património da Humanidade, para acolher este encontro, permitiu aliar uma componente cultural à intensa componente científica. O convívio entre investigadores foi intenso, tendo-se proporcionado uma oportunidade excepcional para os jovens investigadores interagirem uns com os outros, que excedeu todas as expectativas.

Este evento pretendeu contribuir para a promoção de colaborações internacionais e divulgação do estado da arte da investigação na área da química orgânica, entre os diversos membros dos países europeus. O *Workshop* constitui uma excelente ocasião para trocar ideias e debater temas da química orgânica moderna, não deixando dúvidas quanto à aplicabilidade das recentes descobertas científicas bem como quanto à preocupação com a sustentabilidade da investigação que é desenvolvida na Europa.

A abertura do encontro e as boas-vindas aos participantes foram realizadas pelos responsáveis da organização local, o Prof. Burkhard König, a Dr<sup>a</sup> Kristen Zeitler e a Dr<sup>a</sup> Sabine Amslinger. O *Workshop* contou ainda com a presença de investigadores sénior, o Prof. Stefan Bräse, a Dr<sup>a</sup> Véronique Gouverneur, o Prof. Jay Siegel e o Prof. Burkhard König que moderaram e contribuíram com entusiasmo para as discussões científicas que se proporcionaram durante o encontro.

A participação portuguesa foi representada pela Dr<sup>a</sup> Isabel Santos Vieira (Universidade de Aveiro) – *Oxidation of Organic Compounds with Hydrogen Peroxide*, e pela Dr<sup>a</sup> Maria Manuel Marques (Requimte – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa) – *Rational Drug Design, Synthesis and Screening of Novel COX-2 Selective Inhibitors*.

O *Workshop* iniciou-se com uma sessão sobre bioorgânica e química medicinal, cuja abertura foi efectuada pela Dr<sup>a</sup> Sabine Amslinger (Universidade de Regensburg) –  *$\alpha,\beta$ -Unsaturated Carbonyl Compounds as Tool to Fine Tune Biological Activity*. Decorreram duas sessões relativas a este tópico, no total de seis comunicações orais, onde foram apresentados resultados de projectos que envolveram desde a síntese total de compostos com actividade anticancerígena, a aplicações de proteómica química para estudar sistemas biológicos complexos, passando pela estratégia de *design* racional de pequenas moléculas, tanto para a descoberta de novos compostos anti-inflamatórios como para a obtenção de oligómeros para mimetizar o modelo da hélice.

Ainda nesta sessão, tivemos oportunidade de ver a interacção da química orgânica com outras áreas, tais como a combinação da espectroscopia de RMN com simulações de dinâmica molecular para investigar a conformação de glicopéptidos, bem como o conhecimento do modo como a conformação influencia o processo de reconhecimento molecular.

No decurso deste *Workshop* foram apresentadas diversas comunicações orais sobre o tema de síntese de produtos naturais. Tivemos oportunidade de ouvir o Dr. Uwe Rinner (Universidade de Viena) falar sobre as estratégias sintéticas desenvolvidas para a síntese total de Euphosalicin – um diterpeno bicíclico com *MRD-reversal effect*. Ainda no âmbito dos produtos naturais, o Dr. Alexandro Zografos (Universidade de Thessaloniki) demonstrou-nos como os produtos naturais podem ser uma fonte de inspiração, tendo apresentado as vias sintéticas desenvolvidas para a obtenção de diversos produtos natu-

rais com elevada complexidade estrutural. O Dr. Jérôme Wasser (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) encerrou esta sessão – *Cyclization of Aminocyclopropanes: Total Synthesis and Bioactivity of Goniomitine*.

Houve duas sessões dedicadas à catálise, com um total de oito apresentações orais, em que a primeira sessão deu ênfase à química de paládio. Ficou bem patente a importância do desenvolvimento de processos catalíticos no enquadramento de uma química sustentável, e as vantagens destes processos na activação de ligações C(sp<sup>3</sup>)-H, que foram abordadas pelo Dr. Rubén Martín (Institut Català d'Investigació Química, Tarragona), e pelo Dr. Olivier Baudoin (Universidade de Lyon), que focou a activação intramolecular de ligações sp<sup>3</sup> C-H em reacções de arilação catalisadas por paládio. A catálise com ferro e cálcio também foi referida pelo Dr. Michael Schnürch (Universidade Técnica de Viena), e pela Dr<sup>a</sup> Meike Niggemann (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen), respectivamente. A apresentação da Dr<sup>a</sup> Meike Niggemann constituiu a única apresentação sobre catálise com cálcio, tendo focado a aplicação nas reacções de substituição nucleófila de álcoois activados. Outra comunicação interessante foi a do Dr. Paul Davies (Universidade de Birmingham) que estudou a produção de iletos de enxofre – *Diazo free Reaction Development with  $\pi$ -Acid Catalysis*.

A segunda sessão dedicada à catálise deu especial importância à aplicação de processos catalíticos na síntese de compostos heterocíclicos e de produtos naturais. Não poderíamos terminar esta sessão sem referir a organocatálise. A comunicação da Dr<sup>a</sup> Kristen Zeitler (Universidade de Regensburg) foi excepcional, tendo apresentado as vantagens dos poderosos organocatalisadores - carbenos *N*-heterocíclicos – para a formação de ligações C-C, C-O e C-N.

No seguimento da sessão dedicada à catálise, houve também uma sessão sobre *design* de ligandos e de complexos metálicos, para a qual contribuíram os investigadores Dr. Mark Gandelman (Technion-Israel Institute

of Technology, Haifa) – *New ligands and Reactivities in Synthetic Chemistry*, o Dr. Enda Bergin (Trinity College, Dublin) – *Combinatorial Catalysis* e o Dr. Dimitri Gelman (The Hebrew University of Jerusalem) – *Novel C(sp<sup>2</sup>)-Metalated Transition Metal Complexes: Synthesis and Catalysis*.

A sustentabilidade em química e a preocupação dos investigadores europeus em tornar os processos químicos mais verdes ficou bem clara na sessão sobre oxidação e aspectos da química verde. A utilização de peróxido de hidrogénio como agente oxidante foi demonstrada pela Dr<sup>a</sup> Isabel Vieira (Universidade de Aveiro), que focou a utilização de peróxido de hidrogénio como agente oxidante e mostrou os últimos desenvolvimentos, e também pela contribuição do Dr. Radek Cibulka (Institute of Chemical Technology, Praga) que demonstrou que o peróxido de hidrogénio pode ser utilizado para catálise de reacções de sulfoxidação enantioselectiva através de sais de flavílio quirais planares.

Ainda no âmbito da sustentabilidade o Dr. Luigi Vaccaro (Universidade de Perugia) focou a sua apresentação nos meios reaccionais alternativos – *Alter-*

*native Reaction Media for Developing an Efficient Organic Synthesis*. O Dr. Luigi Vaccaro mostrou exemplos de aplicação de protocolos experimentais amigos do ambiente, incluindo o uso de água como solvente e reacções sem solvente, reacções catalisadas por organocatalisadores imobilizados em suporte sólido, entre outros.

O alcance da aplicabilidade da química orgânica moderna ficou explícita na sessão dedicada à química supramolecular, que também esteve representada neste *Workshop* pelas contribuições do Dr. Davide Bonifazi (Faculté Notre Dame de la Paix, Namur e Universidade de Trieste) – *Theming Organic Synthesis for Supramolecular Flatlands*, e pelo Dr. Rienk Eelkema (Universidade Técnica de Delft) – *Control over Dynamics in Supramolecular Architectures*. O Dr. Davide Bonifazi focou o *design* e produção de nanoestruturas multicomponentes e multidimensionais para aplicação em sensores catalíticos, células solares, sistema biomiméticos e em optoelectrónica, enquanto que o Dr. Rienk Eelkema nos mostrou o enorme desafio que representa o controlo da dinâmica de materiais com arquitectura supramolecular.

Durante este *Workshop* tornou-se evidente que, para os jovens químicos europeus, a química orgânica é uma área de investigação fascinante e em contínuo desenvolvimento. As comunicações proferidas demonstraram claramente que a química orgânica pode alcançar um papel fundamental na interacção com a química teórica e computacional, a biologia e a ciência dos materiais.

O balanço final foi muito positivo! Todos os participantes agradecem o apoio financeiro da divisão de Química Orgânica da EuCheMS, da *Gesellschaft Deutscher Chemiker* (GDCh, Liebig Vereinigung), e à organização local pela excelente coordenação e apoio que deram aos participantes, em particular à Dr<sup>a</sup> Kristen Zeitler e à Dr<sup>a</sup> Sabine Amslinger.

Para terminar não poderíamos deixar de agradecer à Sociedade Portuguesa de Química e à Divisão de Química Orgânica, por apoiar estas iniciativas e nos proporcionar uma experiência única que certamente dará origem a futuras colaborações.

MMM, IV



Fotografia de Grupo



O recém criado prémio Europeu “The European Sustainable Chemistry Award”, uma iniciativa da EuCheMS, foi atribuído ao Professor

Doutor Matthias Beller, Director do Leibniz Institute for Catalysis (LIKAT) situado em Rostock, Alemanha, pelo seu trabalho excepcional na área da catálise homogénea. O prémio, no valor de 10 000 €, foi entregue durante a Cerimónia de Abertura do 3º Congresso de Química da EuCheMS, no passado dia 29 de Agosto em Nuremberga, Alemanha.

De entre as 21 nomeações avaliadas por um painel de especialistas, a escolha recaiu neste investigador, autor ou co-autor de mais de 420 artigos científicos e detentor de cerca de 90 patentes. O Prof. Dr. Matthias Beller e o seu grupo de investigação têm desenvolvido trabalho no campo da conversão de pequenas moléculas em materiais recicláveis ou reutilizáveis, de uma forma ambientalmente sustentável. O LIKAT, o maior Instituto de investigação Europeu dedicado à catálise aplicada, incide o seu trabalho na transferência de investigação

fundamental para o campo das aplicações práticas. Na última década, o Prof. Dr. Matthias Beller e os seus colaboradores desenvolveram três sistemas de catálise actualmente utilizados pela indústria, os quais permitem a produção em larga escala (toneladas) de diferentes produtos químicos. A sua investigação tem incidido sobretudo nos seguintes aspectos: reacções de acoplamento de halogenetos de arilo catalisadas por paládio, catálise oxidativa enantioselectiva, aplicações catalíticas para a obtenção de princípios activos para utilização farmacêutica e carbonilações catalíticas. Vários dos seus projectos de investigação focam o desenvolvimento de reacções de oxidação catalítica com oxigénio ou peróxido de hidrogénio.

No âmbito da exploração de reacções catalíticas para a síntese de novas substâncias com aplicação farmacêutica, têm investigado de forma intensiva, e em particular, a adição regioselectiva de aminas a ligações duplas e reacções de carbonilação. Este trabalho, desenvolvido em cooperação com empresas farmacêuticas, tem como objectivo o desenvolvimento de novos analgésicos, de fármacos anti-Alzheimer e de inibidores de proteíνας-cinase.

O prémio “The European Sustainable Chemistry Award”, uma iniciativa da EuCheMS, com o encorajamento da Agência Europeia do Ambiente e o apoio da SusChem (Plataforma Europeia para a Química Sustentável) e do CEFIC (Associação Europeia da Indústria Química), surgiu com o intuito de aumentar a visibilidade da química sustentável e de incentivar a inovação e competitividade. O prémio destina-se a:

- × reconhecer indivíduos ou pequenos grupos de investigação que contribuam de forma significativa para o desenvolvimento sustentável mediante a aplicação da química verde e sustentável;
- × promover inovações no campo da química que se traduzam em melhorias claras na produção e utilização sustentável de produtos químicos;
- × demonstrar que a química e os produtos químicos podem desempenhar um papel central na concretização das necessidades da sociedade e, simultaneamente, minimizar e/ou resolver problemas ambientais.

(fonte: EuCheMS)

JA



### O INDICADOR

#### Básico

Atribui-se ao físico Rutherford, Prémio Nobel para a Química em 1908, a seguinte frase, em resposta a quem comparava as condições de trabalho no seu laboratório com as de outros mais ricos: “Gentlemen, we haven’t got the money, so we’ve got to think.”

#### Ácido

O Joint Research Centre da União

Europeia abriu há pouco tempo concurso para investigadores, com o título “Europe needs researchers”. Uma das áreas contempladas é a Química. Entre diversos benefícios, oferece-se contrato permanente, aquilo que entre nós continua a ser uma miragem para centenas de investigadores de qualidade comprovada, e que vão vivendo de sucessivas bolsas e

contratos de duração fixa. O Indicador interroga-se, perplexo: mas afinal o tempo dos empregos para toda a vida não acabou, como afirmam certos senhores omniscientes que dão o exemplo, saltando - sempre com rede - de job em job? Será isto a “Europa a duas velocidades”?

PH

## CONCESSÃO DE DIPLOMAS DE MESTRADO EUROPEU EM CIÊNCIA DA MEDIÇÃO EM QUÍMICA A ALUNOS DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA



Fotografia de Grupo

A Universidade de Lisboa é membro de um consórcio de nove universidades europeias que coordenam entre si o Mestrado Europeu em Ciência da Medição em Química (MSC) – <http://www.msc-euromaster.eu> – sendo a participação portuguesa coordenada pela Prof. Associada com Agregação em Química, da FCUL, Doutora Filomena Camões. A missão deste consórcio é contribuir para uma melhoria radical no ensino da Química Analítica através da excelência do ensino em Ciência da Medição em Química. Um dos parceiros e forte promotor do consórcio é o JRC-IRMM, centro de referência da Comissão Europeia, cuja missão é proporcionar apoio científico e técnico à concepção, desenvolvimento, implementação e monitorização das políticas da União Europeia, servindo os interesses dos Estados Membros. Neste caso concreto o objectivo é a promoção de

um sistema de medições comum e credível. O ano lectivo de 2009/2010 foi já o 3º ano de funcionamento do Mestrado Europeu, estando estes últimos alunos em fase de Projecto de Tese. Dos alunos dos dois anos anteriores, concluíram o seu Mestrado em Química Analítica da Universidade de Lisboa com o Suplemento de Mestrado Europeu em Ciência da Medição em Química, seis alunos: Anabela Costa, Bárbara Anes, Ivânia Cabrita, Paula Gonçalves, Rute Sequeiros e Sara Sousa, que se destacaram pelos seus bons resultados e que, a convite da Comissão Europeia, participaram na cerimónia de entrega dos respectivos Diplomas no passado dia 26 de Outubro, no Joint Research Center da Comissão Europeia, em Geel, na Bélgica, em cerimónia integrada nas celebrações dos 50 anos do IRMM. A aluna Bárbara Anes, em representação dos alunos europeus do Mes-

trado, fez uma intervenção intitulada “O Impacto do Mestrado Europeu em Ciência da Medição em Química na minha Vida”.

Os alunos portugueses foram acompanhados pela Coordenadora, Professora Doutora Filomena Camões e pelo Director da FCUL, Professor Doutor José Pinto Paixão. A presença de representações análogas das restantes universidades participantes proporcionou a organização de um proveitoso debate sobre estratégias para promoção do ensino e da investigação em Química, designadamente em Química Analítica, a única sub-área da Química em que, de acordo com um estudo de 2008 elaborado pela SusChem - European Technology Platform For Sustainable Chemistry, a existência de emprego ultrapassa o número de graduados.

MFC

### PRÉMIO NOBEL DA QUÍMICA 2010: REACÇÕES DE ACOPLAMENTO CATALISADAS PELO PALÁDIO “ARTE NUM TUBO DE ENSAIO”



O Prémio Nobel da Química 2010 foi atribuído a três investigadores, nomeadamente aos Professores

**Richard F. Heck** (Universidade de Delaware, Newark, USA), **Ei-ichi Negishi** (Universidade de Purdue, Indiana, USA) e **Ahira Suzuki** (Professor jubilado, Universidade de Hokkaido, Sapporo, Japão), pela investigação

realizada na área da síntese orgânica, mais concretamente no que respeita a “Reacções de acoplamento catalisadas pelo paládio utilizadas em síntese orgânica”. Os seus trabalhos culminaram em novas formas, mais eficientes,

de formar ligações carbono-carbono, permitindo a construção de moléculas complexas, úteis no desenvolvimento de novos materiais, fármacos e outras moléculas biologicamente activas.

A química dos compostos de carbono (compostos orgânicos) é a base de toda a vida na terra, sendo igualmente responsável por vários fenómenos naturais fascinantes. A química orgânica permitiu ao ser humano a criação de novas moléculas de base carbono, tão complexas quanto as criadas pela natureza. Para tal, os químicos necessitam de estabelecer ligações entre átomos de carbono. No entanto, devido à estabilidade do carbono, os átomos de carbono não reagem facilmente uns com os outros. Os primeiros métodos utilizados com este objectivo eram baseados em técnicas que tornavam o carbono mais reactivo, contudo, estes métodos permitiram apenas a síntese de moléculas simples, gerando demasiados produtos secundários indesejados aquando da síntese de moléculas mais com-

plexas. As reacções de acoplamento catalisadas pelo paládio permitiram a resolução deste problema, consistindo numa "ferramenta" mais precisa e eficiente que pode ser utilizada pelos químicos em síntese orgânica.

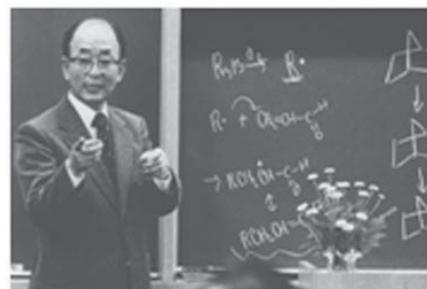
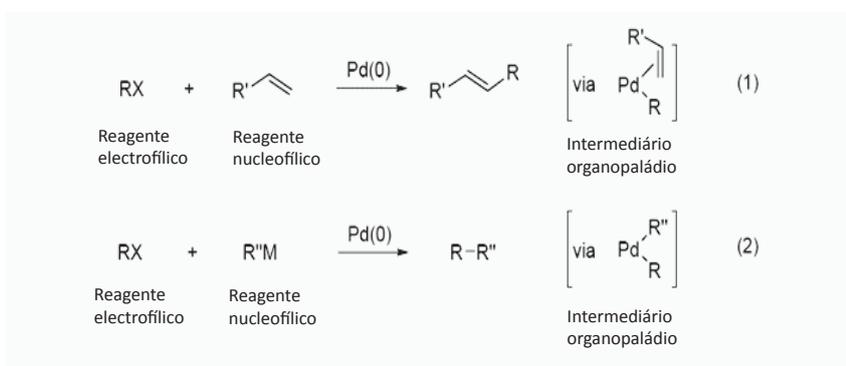
A importância da formação de novas ligações carbono-carbono reflecte-se no facto de vários prémios Nobel terem já sido atribuídos nesta área de trabalho, nomeadamente contemplando a reacção de Grignard (1912), a reacção de Diels-Alder (1950), a reacção de Wittig (1979) e a mais recente atribuição em 2005 devido às reacções catalisadas por metais para a formação de ligações duplas carbono-carbono. Este ano, o prémio Nobel da Química contemplou a formação de ligações simples carbono-carbono, nomeadamente a reacção de Heck, reacção de Negishi e reacção de Suzuki, todas elas catalisadas por paládio. O princípio das reacções de acoplamento catalisadas pelo paládio consiste na agregação de duas moléculas no metal através da forma-

ção de ligações metal-carbono. Desta forma, é muito elevada a proximidade dos átomos de carbono ligados ao paládio, permitindo que ocorra o seu acoplamento através da formação de uma nova ligação simples carbono-carbono. Existem dois tipos de reacções de acoplamento de acordo com este princípio que se tornaram muito importantes no âmbito da síntese orgânica, as quais se encontram representadas nas equações (1) e (2). Ambas as reacções decorrem em condições bastante suaves uma vez que utilizam haletos orgânicos (ou compostos análogos) e olefinas ou compostos organometálicos de baixa reactividade ( $R^*M$ , em que M é tipicamente zinco, boro ou estanho).

O trabalho dos laureados é considerado como muito significativo no campo da investigação académica e da indústria, permitindo a produção de produtos de química fina incluindo fármacos e outras moléculas biologicamente activas, produtos químicos utilizados nas agro-indústrias e novos materiais, os quais trouxeram grandes benefícios à sociedade em geral. As reacções de acoplamento catalisadas pelo paládio foram revolucionárias na área da síntese orgânica, sendo que poucas reacções contribuíram tanto quanto estas para o aumento da eficiência em síntese orgânica.

(Fonte: "Press release" e "Scientific background" da Real Academia Sueca de Ciências)

JA



Da esquerda para a direita: Professor Richard F. Heck enquanto leccionava uma aula na Universidade de Delaware; Professor Ei-ichi Negishi a leccionar uma aula na universidade de Purdue após a atribuição dos prémios Nobel 2010; Professor Akira Suzuki a leccionar uma aula na Universidade de Hokkaido em Outubro de 1979 (Fonte: "Photo Gallery", Nobelprize.org, 4 Nov 2010)

## A MOLÉCULA GIGANTE DE LINUS PAULING TORNADA REALIDADE: O PRÉMIO NOBEL DA FÍSICA DE 2010

Linus Pauling, químico americano laureado com os Prémios Nobel da Química (1954) e da Paz (1962), desenhou na página 235 do seu livro *The Nature of the Chemical Bond* um único plano de grafite, chamando-lhe uma molécula gigante. O que muito provavelmente não ocorreu a Pauling é que um dia seria possível ter entre mãos uma tal molécula. É precisamente porque tal se tornou realidade que a Real Academia Sueca das Ciências distinguiu com o Prémio Nobel da Física de 2010 um mundo bidimensional povoado apenas por hexágonos e em cujos vértices residem átomos de Carbono, isto é, um único plano de grafite.

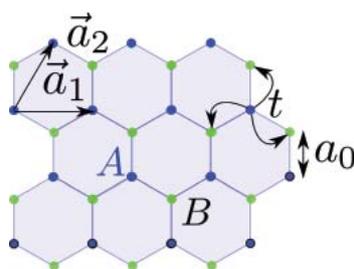
Os Laureados com o Prémio Nobel da Física de 2010 são os Professores André Geim e Kostantin Novoselov (ver Figura 1), da Universidade de Manchester, no Reino Unido. A citação relativa à atribuição do prémio é:

*“For groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene”*

O que é, então, o grafeno? Esta nova forma de Carbono puro consiste num único plano de grafite e, portanto, da espessura de um único átomo, como se ilustra na Figura 2.

A distribuição electrónica do Carbono é  $[C] = 1s^2 2s^2 2p^2$ . As orbitais atómicas  $2s$ ,  $2p_x$  e  $2p_y$  hibridizam entre si

formando três orbitais planares  $sp^2$ , as quais fazem ângulos de  $120^\circ$  entre elas; as ligações covalentes que se estabelecem entre essas orbitais determinam a estrutura hexagonal da rede. A hibridização entre as orbitais  $p_z$  dá origem às bandas de valência e condução do grafeno,  $\pi$  e  $\pi^*$ , onde pode ocorrer o transporte de carga. Esta *molécula macroscópica*, para usar os termos de Pauling, é na verdade o sólido mais fino que alguma vez a Natureza produzirá. Na verdade, antes de Geim e Novoselov terem, em 2004, isolado e medido um cristal de grafeno, os físicos não acreditavam que um cristal a duas dimensões pudesse existir. Felizmente, a Natureza não pára de surpreender os seus mais sábios inquiridores.

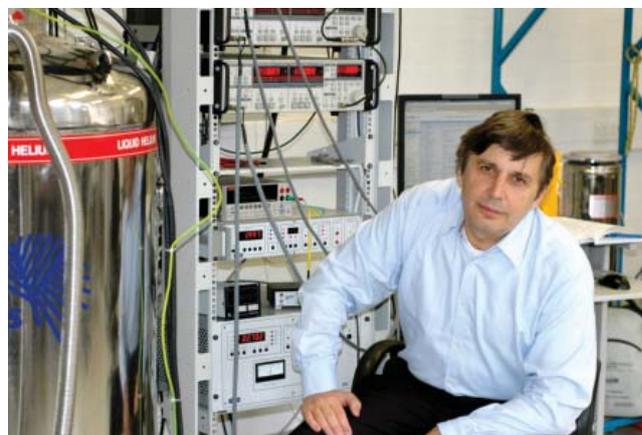


**Figura 2** – Rede hexagonal do grafeno. Em cada vértice de um hexágono existe um átomo de Carbono. Do ponto de vista das translações que deixam a rede invariante, os átomos de Carbono etiquetados com as letras **A** e **B** não são equivalentes. Os electrões podem mover-se de Carbono em Carbono, dentro das orbitais  $\pi$ , com uma energia cinética de  $t = 2.7$  eV. A distância entre dois átomos de Carbono vizinhos é  $a_0 = 1.4$  angstrom

O método original de produção de grafeno é tão simples que chega a parecer ingénuo (na verdade é engenhoso). A grafite é um material que consiste no empilhamento de um número gigantesco destes planos de hexágonos, ou seja, de grafeno. A ideia da equipa liderada por André Geim foi a de conseguir remover de um cristal de grafite um único desses planos. Como? Simplesmente usando fita-cola para esfoliar a superfície da grafite. Após a esfoliação pressiona-se a fita-cola num vidro, com pedacinhos de grafite a ela aderidos, deixando no vidro resíduos de grafite, entre os quais se poderá encontrar um único plano de grafeno. O grande avanço do grupo de Andre Geim foi demonstrar que é possível identificar visualmente um desses planos com um simples microscópio óptico.

Vejamos, agora, os motivos que levaram a Real Academia Sueca das Ciências a distinguir com o Prémio Nobel da Física de 2010 Andre Geim e Konstantin Novoselov pelas suas investigações em grafeno. Na parte do testamento de Alfred Nobel que interessa para este texto pode ler-se:

*“The whole of my remaining realizable estate shall be dealt with in the following way (...) distributed in the form of prizes to those who, during the preceding year, shall have conferred the greatest benefit on mankind.”*



**Figura 1** – Da esquerda para a direita: Kostantin Novoselov e Andre Geim no Laboratório de medidas de magneto-transporte a baixas temperaturas onde foi descoberto o efeito de Hall quantificado no grafeno (As fotografias são cortesia de Andre Geim e Kostantin Novoselov)

A pergunta ocorre com naturalidade: quais os benefícios que o grafeno trouxe, ou trará ainda, à humanidade? Hoje em dia, o significado da palavra “benefícios” é abrangente, pois inclui, quer aplicações práticas, quer avanços significativos no conhecimento, mesmo que estes não estejam directamente ligados a aplicações. Na verdade, este conceito mais lato está já presente no testamento de Alfred Nobel: “...important discovery or invention...”.

No caso deste novo material encontramos os dois mundos reunidos: o do avanço do conhecimento em áreas inexploradas da Natureza e o das aplicações úteis para a vida das pessoas, decorrentes das investigações fundamentais. Do ponto de vista da Física fundamental o aspecto mais extraordinário é o facto de os electrões se comportarem no grafeno como se tivessem perdido toda a sua massa em repouso, ou seja, estão no chamado regime ultra-relativista.

As aplicações utilitárias do grafeno são também inúmeras, algumas já em processo de fabrico industrial. A atribuição do Prémio Nobel, em tempo muito curto, cerca de 6 anos desde a descoberta do grafeno, a André Geim e Konstantin Novoselov, premeia quer o avanço do conhecimento em física fundamental quer, como Alfred Nobel deixou escrito, o facto do material prometer muitas e variadas aplicações que beneficiarão a humanidade. As aplicações do grafeno resultam de uma combinação única de propriedades: (i) a geometria bi-dimensional, da espessura de um átomo; (ii) o carácter livre da estrutura, que não tem de estar confinada no interior de um dispositivo sólido, o que permite a manipulação mecânica e química do material, de modo a realizar certas funções; (iii) e propriedades electrónicas, ópticas, térmicas e mecânicas, que mais nenhum material possui. Com esta combinação de propriedades a imaginação parece ser o limite.

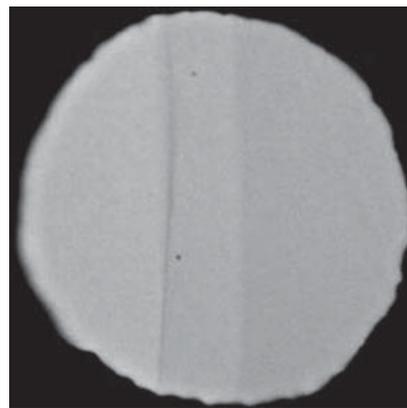
Vejamos, agora, alguns exemplos das possíveis aplicações do grafeno: (i) novos painéis tácteis (*touch-screens*) para monitores de computadores e aparelhos de comunicação móvel. Como o grafeno é transparente e con-

ductor torna-se claro que pode ser usado para produzir monitores que requerem eléctrodos transparentes; (ii) detectores de radiação de banda larga, já que a resposta óptica do grafeno é independente da frequência da radiação incidente numa gama que vai do infra-vermelho ao violeta; (iii) sensores de pequenas quantidades de certos tipos de moléculas em ambientes fechados (úteis para ambientes laboratoriais de química e bioquímica). A condutividade eléctrica do grafeno é muito sensível ao tipo de moléculas que se ligam à sua superfície, pelo que se poderão conceber detectores para espécies químicas específicas. Quando a superfície do grafeno é decorada com ADN, este tipo de *nariz* à base de grafeno torna-se particularmente sensível; (iv) definição do padrão de resistência eléctrica usando o efeito de Hall quantificado. No grafeno a quantificação da condutividade de Hall pode ser determinada com uma precisão relativa superior a  $10^{-9}$ ; (v) sequenciação das bases do ADN, fazendo passar cadeias simples desta molécula por orifícios nanométricos produzidos no grafeno por feixes de electrões; (vi) medidor de massas muito pequenas, da ordem da de dois átomos de Ouro (zepto-gramas). A lista de possíveis aplicações poderia continuar por mais várias linhas deste texto.

Finalmente, quem são André Geim e Konstantin Novoselov? São físicos para os quais o gozo está na compreensão dos mistérios da Natureza, sendo extremamente exigentes consigo mesmos e com todos aqueles com quem colaboram. Os autores deste texto tiveram a oportunidade rara de trabalhar com os Laureados com o prémio Nobel da Física de 2010, em dois problemas distintos: um ligado à física da bicamada de grafeno, um sistema em que em vez de uma única folha temos duas delas, uma por cima da outra, quimicamente ligadas entre si. Este sistema é particularmente interessante, pois permite o controlo externo da abertura de um hiato de energia no espectro electrónico por aplicação de um campo eléctrico exterior. Um sistema deste tipo não era conhecido antes da descoberta do grafeno. O segundo problema, esteve ligado à transparência do grafeno, tendo sido demonstra-

do que esta é dada apenas por constantes universais ( $1-\pi\alpha = 0.977$ , onde  $\alpha$  é a constante de estrutura fina que surge em física atómica). O número  $1-\pi\alpha$  significa que da totalidade da luz que incide no grafeno 97.7% desta passa através do material, daí ele ser uma membrana transparente, como se ilustra na Figura 3. Igualmente, não há mais nenhum sistema onde tal aconteça, isto é, em que a sua transmitância seja controlada apenas por constantes universais.

Para além dos autores, há mais dois investigadores portugueses envolvidos na investigação teórica do grafeno, desde o início da sua descoberta no final de 2004. São eles: Eduardo Vieira de Castro e Vítor Manuel Pereira. Ambos foram alunos de doutoramento dos autores deste texto e têm feito contribuições muito relevantes em física teórica nesta área.



**Figura 3** – Fotografia de um orifício de 50 micrómetros de diâmetro parcialmente coberto por grafeno e iluminado por detrás com luz branca. São visíveis por contraste três zonas de cinzentos. A primeira à esquerda corresponde à zona em que o orifício não está coberto por grafeno; a do meio corresponde ao à presença de uma mono-camada de grafeno (97.7% da luz é transmitida); a zona da direita corresponde à cobertura por uma bicamada de grafeno (95.4% da luz é transmitida). (A fotografia é cortesia de Andre Geim)

## BIBLIOGRAFIA

K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva e A. A. Firsov, *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*, *Science* **666**, 306 (2004).

A. H. Castro Neto, F. Guinea e N. M. R. Peres, *Drawing conclusions from graphene*, *Physics World* **11**, 33 (2006).

A. K. Geim e K. S. Novoselov, *The rise of graphene*, *Nature Materials* **6**, 183 (2007).

A. K. Geim e A. H. MacDonald, *Graphene: Exploring carbon flatland*, *Physics Today* **60**, 35 (2007)

A. K. Geim e Philip Kim, *Carbon wonderland*, *Scientific American* **298**, 68 (2008).

A. K. Geim, *Graphene: Status and Prospects*, *Science* **324**, 1530 (2009).

N. M. R. Peres, *Graphene, new physics in*

*two dimensions*, *Europhysics News* **40**, 17 (2009).

A. H. Castro Neto, F. Guinea, N. M. R. Peres K. S. Novoselov and A. K. Geim, *The electronic properties of graphene*, *Reviews of Modern Physics* **81**, 109 (2009) .

N. M. R. Peres, *Colloquium: The transport properties of graphene: An introduction*, *Re-*

*views of Modern Physics* **82**, 2673 (2010).

#### **N. M. R. Peres**

Departamento de Física e CFUM, Universidade do Minho, P-4710-057 Braga

#### **J. M. B. Lopes dos Santos**

CFP e Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, P-4169-007, Porto

## ULRICH SCHUBERT ELEITO NOVO PRESIDENTE DA EUChEMS



Em Outubro de 2011, Ulrich Schubert irá suceder a Luis Oro como Presidente da EuCheMS, após eleição pela

Assembleia Geral da EuCheMS, realizada em Bled, Eslovénia.

Ulrich Schubert serviu a comunidade científica como Vice-Presidente da Sociedade Austríaca de Química entre 1998 e 2000 e como Presidente entre 2000 e 2004. Durante este período iniciou a 1ª Semana Austríaca de Química. É director da Organização

Nacional Aderente da IUPAC na Áustria. Integrou vários painéis de revisão e de avaliação da União Europeia, do Conselho Europeu de Investigação, da rede ERA-Chemistry e de vários países Europeus. É actualmente membro do Conselho Executivo do Fundo Austríaco da Ciência, do Senado da Sociedade Austríaca de Investigação Christian-Doppler e do comité de decisão da Iniciativa Alemã para a Excelência.

Ulrich Schubert é Professor de Química Inorgânica no Instituto de Química dos Materiais da Universidade de Tecnologia de Viena. Os seus interesses de investigação centram-se nos materiais híbridos inorgânicos-orgânicos,

desde a química dos precursores às aplicações. Possui também um forte background na química organometálica e do silício. Supervisionou cerca de 75 estudantes de doutoramento de 11 nacionalidades diferentes e os resultados científicos do seu grupo estão documentados em mais de 450 artigos, incluindo vários artigos de revisão e alguns livros. É membro da Academia Austríaca das Ciências e da Academia Alemã Leopoldina.

Para mais informações consultar:

[http://info.tuwien.ac.at/inorganic/staff/pers\\_schubert\\_e.php](http://info.tuwien.ac.at/inorganic/staff/pers_schubert_e.php)

(Fonte: EuCheMS)

**HG**

## MEDIÇÕES NA CIÊNCIA E NA TECNOLOGIA

Nos dias 4 e 5 de Novembro de 2010, realizou-se, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, a 1ª Conferência Nacional de Metrologia, CONFMET 2010 com o tema adoptado internacionalmente para o ano de 2010, Medições na Ciência e na Tecnologia. O acontecimento foi patrocinado pela SPMet, Sociedade Portuguesa de Metrologia, pela RELACRE, Rede de Laboratórios Acreditados, e pela SPQ, Sociedade Portuguesa de Química, inserindo-se nos respectivos objectivos de promover a expansão do ensino, da investigação científica e da divulgação da Metrologia Física e Química, contribuindo para a credibilização dos resultados das medições. A Comissão Organizadora e a Comissão Científica contaram com membros das três instituições. Os trabalhos desenrolaram-se em oito sessões com apresentações orais e em

poster, constando a sessão de abertura dos cumprimentos de boas vindas aos participante seguidos da Lição "Ciência da Medição em Química". Enquanto a Metrologia Física é um tema já bastante consolidado no meio científico, a Metrologia Química, de enorme expansão e importância num mundo actual onde os resultados de medições químicas dominam a Economia e a Sociedade, tem-se desenvolvido enormemente ao longo das últimas décadas, o que justificou esta opção. Seguiram-se as sessões sobre Incertezas das Medições, Metrologia e Gestão, Medições na Ciência e na Tecnologia, que integrou um animado e importante debate sobre Comparabilidade das Medições em Química, Metrologia em Química, Posters, Calibração e Ensaio e, antes do encerramento, uma sessão de divulgação e debate a cargo da IMEKO, Interna-

tional Measurement Confederation, cujas comissões técnicas englobam membros portugueses e que teve o seu congresso anual em Lisboa, em 2009. A Sessão de Posters teve a originalidade de contar com uma pequena apresentação pelos autores, junto do trabalho respectivo, que enriqueceu a comunicação com os participantes. Antes do encerramento foram anunciadas novas iniciativas para o futuro próximo, designadamente para 2011, ano rico em efemérides nacionais e internacionais, designadamente em Química. Salienta-se a workshop "Desenvolvimentos Recentes em Incerteza das Medições" organizada pelo Grupo de Trabalho Eurachem/CITAC sobre Medição de Incerteza e Rastreabilidade que terá lugar em Lisboa de 6 a 7 de Junho.

**MFC**

# ChemistryViews

- Presents top quality information from  **ChemPubSoc Europe**

an organization of 14 chemical societies in continental Europe, publishing world leading journals like *Chemistry – A European Journal*

- Gateway to WILEY's unique chemistry program including *Angewandte Chemie*, the flagship journal of 

GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

- Free to view magazine

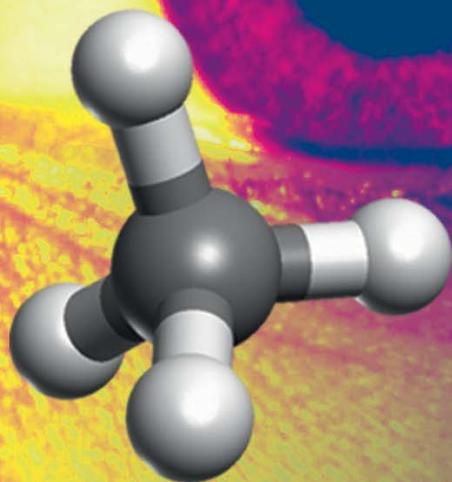


Spot your favorite content at

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

 **WILEY-VCH**

 **ChemPubSoc Europe**



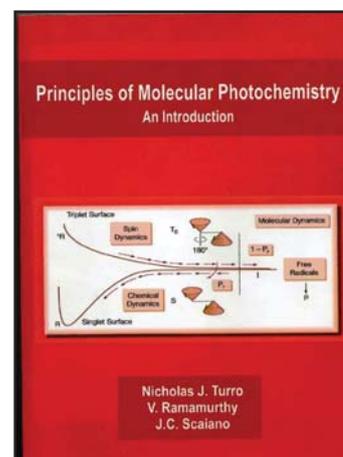
# PRINCIPLES OF MOLECULAR PHOTOCHEMISTRY - AN INTRODUCTION

HUGH BURROWS\*

NICHOLAS J. TURRO, V. RAMAMURTHY E J. C. SCAIANO

University Science Books, Sausalito, CA, 2009.

495 páginas \* ISBN 978-1891389573



Quando iniciei a minha carreira de investigação em fotoquímica, há mais de quatro décadas, só havia dois livros recentes dedicados à área, “Molecular Photochemistry” de N. J. Turro, e “Photochemistry” por J. G. Calvert e J. N. Pitts. Os dois continuam a ser excelentes fontes de informação, mas, o livro mais pequeno, o de Nick Turro (aproximadamente 300 páginas), tinha a vantagem de, além de introduzir rapidamente um aprendiz como eu na área, induzir o gosto pela fotoquímica. O livro estava muito bem escrito e permitia dominar com alguma facilidade os conceitos básicos. Começou a ser cada vez mais difícil encontrar o livro e, com o tempo, começaram também a faltar os novos desenvolvimentos, típicos de uma área de crescimento rápido e que tiveram lugar desde a sua publicação, em 1964. Em 1978, Turro publicou um livro bastante maior e mais abrangente, intitulado “Modern Molecular Photochemistry”, que foi considerado por um grande número de químicos e físicos, como eu, o livro de referência na área.

Três décadas depois temos o há muito esperado “Principles of Molecular Photochemistry – An Introduction”. Este novo livro tem por base as mesmas ideias dos seus antecessores, mas beneficia de um tratamento mais

abrangente das bases espectroscópicas e fotofísicas da fotoquímica e também da inclusão dos desenvolvimentos mais recentes da área, nomeadamente na parte teórica. Este novo livro beneficiou também da colaboração de dois co-autores, V. Ramamurthy e J. C. (Tito) Scaiano, cientistas muito respeitados dentro e fora da comunidade fotoquímica.

A descrição dos conceitos mais importantes de espectroscopia e fotofísica assenta numa base pictórica, em vez de descrições matemáticas detalhadas, e, em sete capítulos, apresenta aos estudantes as ideias mais importantes da fotoquímica. A filosofia descritiva do livro fundamenta a sua utilização como um “primer” de fotoquímica. O livro é relativamente grande (495 páginas), mas é fácil estudar cada secção separadamente.

O livro começa com uma visão global da fotoquímica. A seguir apresenta os estados electrónicos e vibracionais e a importância do acoplamento de spin dos electrões. O tratamento de tópicos base como o princípio de Franck-Condon e o acoplamento spin-orbital é bastante elegante, conduzindo de uma forma natural aos capítulos seguintes sobre as transições radiativas e não-radiativas entre estados electrónicos. A apresentação conceptual é excelente para disciplinas de licen-

ciatura ou de pós-graduação em fotoquímica. Facilitará também a sua utilização por estudantes de áreas afins, como a fotobiologia ou as ciências dos materiais. A bibliografia detalhada facilitará ainda o acesso a tratamentos mais quantitativos dos processos espectroscópicos e fotofísicos.

Na sequência surge um capítulo sobre a teoria da fotoquímica orgânica. Dado o interesse dos três autores, não surpreende que seja dada ênfase a sistemas orgânicos. No entanto serve perfeitamente como ponto de partida para estudos de sistemas inorgânicos e organometálicos, podendo facilmente ser acompanhado por livros ou artigos de revisão destas áreas. Na secção final, há discussão de vários aspectos dos processos de transferência de energia e de electrão no estado excitado, incluindo muitos exemplos relevantes e recentes.

O tratamento da fotoquímica orgânica é abrangente, a apresentação excelente e o preço acessível. Recomendando vivamente este livro a estudantes, professores e investigadores de fotoquímica, e de áreas associadas. Para os que pretendem um tratamento mais profundo, tenho o prazer de recomendar o livro associado, o “Modern Molecular Photochemistry of Organic Molecules” (ISBN 978-1891389252), pelos mesmos autores.

\* Universidade de Coimbra, burrows@ci.uc.pt

## Segurança para uma vida



Titulação



Cromatografia Iónica



Medidores (pH, condutividade e concentração de iões)

A **MT Brandão** é desde Junho de 2010 a empresa responsável pela venda, assistência técnica e apoio aos produtos e clientes Metrohm. Dispomos de responsáveis especializados nas áreas de Titulação/Doseamento e Cromatografia Iónica com capacidade para assessorar e dar apoio em diversas aplicações, não só em novos projectos como também nos existentes.

A nossa equipa de Serviço Técnico, com formação específica na Metrohm, está autorizada a prestar qualquer tipo de intervenção, quer a nível de Manutenção Preventiva quer a nível de Reparação pontual.

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



**M. T. BRANDÃO - PORTUGAL**  
RUA DE SERRALVES, 599  
4150-708 PORTO - PORTUGAL

TEL (+351) 226 167 370  
FAX (+351) 226 167 379

MTB@MTBRANDAO.COM  
WWW.MTBRANDAO.COM



## NICHOLAS J. TURRO

### CO-AUTOR DO LIVRO “PRINCIPLES OF MOLECULAR PHOTOCHEMISTRY - AN INTRODUCTION



ENTREVISTA CONDUZIDA POR JOSÉ PAULO DA SILVA\*

O Professor Nicholas J. Turro e o seu grupo estão no imaginário da maior parte dos estudantes de Fotoquímica ou dos que simplesmente necessitaram dos fundamentos desta área do conhecimento. Já praticamente todos nós consultámos o seu famoso livro ou lemos algum artigo científico dos mais de novecentos e cinquenta publicados até agora. É o resultado de uma vida de trabalho onde a paixão pelo ensino e pela investigação esteve sempre presente e continua como se fosse a primeira lição ou o primeiro projecto de investigação.

**JPS:** Professor Turro, como começou a carreira em Química?

**NJT:** Bem, o primeiro ciclo foi numa universidade<sup>1</sup> na minha terra natal, em Middletown, Connecticut, onde trabalhei em Química Inorgânica; fiz estudos de oxidação-redução do ferroceno. Depois fui fazer o doutoramento para o Caltech<sup>2</sup>, pensando que ia continuar em Química Inorgânica, mas nessa altura não havia lá nenhum químico inorgânico e acabei por trabalhar com George Hammond.

**“GOSTO DE TRABALHAR EM VÁRIAS IDEIAS AO MESMO TEMPO EM VEZ DE ME FOCAR APENAS NUM ASSUNTO.”**

**JPS:** Porquê George Hammond?

**NJT:** Nessa altura Hammond estava a trabalhar em Química-Física Orgânica e eu estava interessado em mecanismos. Eu não sabia nada de Fotoquímica, mas a ideia de compreender o porquê e como as moléculas reagem era bastante atractivo para mim. Comecei a trabalhar e ele deu-me um projecto que, na realidade, nada tinha a ver com Fotoquímica. Era mais um projecto sobre mecanismos; era sobre

a decomposição térmica do etilpiruvato. Ele pensava que a reacção podia ocorrer a partir do estado tripleto, que nós agora conhecemos bem, mas que na altura não estava bem compreendido. Eu não sabia o que era o estado tripleto, mas ele pensava que a reacção podia ser catalisada pela presença de espécies paramagnéticas. Num sábado pedi a outro investigador alguns metais, catiões metálicos que ele entretanto estava a usar, e descobri que não havia qualquer relação entre o paramagnetismo e a catálise; era um processo de transferência de electrão. Decidimos então tentar vários destes materiais com a benzofenona como foto-sensibilizador e começámos a ver uma libertação de gás; estava a ser libertado dióxido de carbono. Telefonámos a Hammond, ele veio e percebeu imediatamente o que se estava a passar: estava a ocorrer transferência de energia da benzofenona para o piruvato e era assim que tudo começava. Estas coisas acontecem... não estavam planeadas, mas o resultado foi fantástico.

**JPS:** Mas podia ter escolhido outro grupo...

**NJT:** Havia vários grupos. Um deles era o de Jack Roberts, que fazia Química Orgânica mecanística. Mas

eu pensei que era muito quantitativo. Hammond era mais exploratório. Hammond olhava para as coisas a um nível mais qualitativo, o que era bastante mais atractivo para mim. Gosto de trabalhar em várias ideias ao mesmo tempo em vez de me focar apenas num assunto. E com Hammond eu vi um conjunto de possibilidades que se ramificavam em várias direcções. A partir da transferência de energia, foi de onde arrancámos, pensámos, “vamos fazer transferência de energia de tudo!” Por isso fomos tentando várias coisas. Necessitávamos de uma boa técnica analítica e a técnica analítica na altura era a cromatografia gasosa. Tínhamos três ou quatro cromatógrafos a trabalhar simultaneamente até se encontrar algo de interessante que era depois seguido.

**JPS:** Depois regressou à Costa Este e conseguiu uma posição na Universidade de Colúmbia...

**NJT:** Antes disso houve um ano de pós-doutoramento com Paul D. Bartlett em Harvard<sup>3</sup>. Hammond foi estudante de Bartlett... Como podes ver, Bartlett, Hammond e eu, três gerações da Química-Física Orgânica. O meu chefe, Hammond, queria que eu ficasse na Costa Oeste. Consegui-me mesmo criar condições para um em-

\* Universidade do Algarve, jpsilva@ualg.pt

prego na UCLA<sup>4</sup>, o que foi excelente, mas a Sandy<sup>5</sup> não queria ficar na Costa Oeste. Descobri então que havia uma posição aberta na Universidade de Colúmbia, fiz alguns telefonemas e fui convidado a fazer uma comunicação oral. O engraçado é que essa comunicação oral estava para ser dada por um cientista russo que, entretanto, não veio. Por isso, consegui a comunicação oral e também o emprego... Mais uma vez nada estava planejado. Simplesmente aconteceu.

**JPS:** Qual foi o seu primeiro projecto de investigação na Universidade de Colúmbia?

**NJT:** A primeira coisa que decidi foi ficar afastado da Fotoquímica, pois poderia ser acusado de estar a fazer coisas semelhantes às do meu orientador de doutoramento. Comecei com um projecto que consistia em produzir materiais de alta energia. Um dos compostos era a ciclopropanona. Ninguém a tinha sintetizado nessa altura, mas dizia-se que podia ser obtida por reacção entre o ceteno e o diazometano a baixa temperatura. Trabalhei com diazometano enquanto estudante. É uma coisa terrível... é venenoso, é um gás, é explosivo... e o ceteno é parecido. Mas... bom, temos que viver com isso. Nunca tinha sido isolada porque reage com a água, consigo própria... faz várias coisas. Por isso nessa altura pensei: vou tentar determinar os intermediários de reacção por espectroscopia de infravermelho. Tive um estudante de doutoramento fabuloso nessa altura. O seu nome era Hammond, mas não havia qualquer relação com George Hammond. O meu primeiro estudante de doutoramento chamava-se Willis Hammond e era espectacular! Ele foi capaz de isolar a ciclopropanona e fizemos várias coisas a partir daí. Foi uma grande descoberta porque era um desafio de topo e consegui trabalhar os mecanismos de várias maneiras. Há outra coisa interessante. George Hammond decidiu, no final da década de sessenta, mudar-se para outra universidade da qual se tornou reitor. O seu grupo começou a diminuir. No final da década de sessenta e princípios de setenta já praticamente não fazia Fotoquímica e, por isso, a área caiu-me no laboratório. Isto permitiu-me fazer muito

mais coisas em Fotoquímica do que estava à espera. Com o livro, escrito durante o meu pós-doc, enquanto estava com Bartlett, e com os trabalhos sobre a ciclopropanona consegui a minha posição permanente na Universidade de Colúmbia.

### FAMÍLIA E PROFISSIONALISMO

**JPS:** Está a dirigir um grupo de investigação há cerca de 50 anos. Já teve mais de 75 estudantes de doutoramento e 200 pós-docs. É uma família de químicos espantosamente grande. Quando eu penso no grupo do Professor Turro lembro-me imediatamente de duas palavras: família e profissionalismo. Pode explicar estes dois conceitos na primeira pessoa?

**NJT:** Família e profissionalismo. Há uma tensão aqui. Se por um lado há muita família, o profissionalismo pode perder-se; se fores muito profissional perdes a capacidade de tirar partido das relações familiares. É um equilíbrio muito delicado e, por vezes, não funciona. As minhas relações com os alunos são familiares no sentido de se criar uma confiança e essa confiança nunca deve ser violada. O profissionalismo, para mim, é uma consciência que diz o que está correcto. Diz quando estás a fazer as coisas correctamente. A combinação de ambos tem significado para os que gostam da situação familiar, e são estimulados a interagir, e do profissionalismo, que lhes diz como interagir. Quando as coisas não correm bem devem inter-

rogar-se e perceber porque não correram bem. Se os estudantes apreciarem isto, sabem que podem lidar com qualquer situação, por mais difícil que seja porque têm uma base de entendimento e boa prática. Por isso, a mistura é algo que deve ser cultivado e não são de todo incompatíveis. Podem mesmo reforçar-se mutuamente! Uma analogia é a relação universidade-empresa. A empresa, num dos extremos, só pretende ganhar dinheiro. A universidade pretende trocar ideias. A empresa pretende proteger as ideias e a universidade também necessita de dinheiro para funcionar. Para as tornar compatíveis necessitamos de compreender ambos os lados, conhecer quais os seus objectivos. Se não concordarem com o outro lado, simplesmente não se envolvem.

### ESTUDANTES

**JPS:** Após todos estes anos de investigação e ensino, quais considera serem as principais capacidades que os estudantes devem ter ou adquirir durante o doutoramento para serem bem sucedidos?

**NJT:** Há dois tipos de faculdades. Uma é a técnica, que tem a ver com o uso de equipamento e da literatura. A segunda é uma aptidão cognitiva, como pensar, como compreender, como é que os processos integrados de família e profissionalismo ajudam a avançar. A expressão que costumo usar é "relações interpessoais". Esta aptidão desenvolve-se e vem das nos-



Profissionalismo

sas reuniões de grupo e da interação pessoa a pessoa. Não pode ser descrita nos livros. A noção de como fazer investigação, como decidir o que é importante, como trabalhar com os outros e integrar tudo isto, é realmente importante. Os estudantes que fazem o doutoramento comigo, posso dizer, não são fotoquímicos, são cientistas. Por isso não me preocupo muito se eles não arranjam um problema de Fotoquímica. “Dê-me algo que me entusiasme, algo que eu consiga compreender a razão e eu começo a partir daí”. É o tipo de estudante que eu quero doutorar.

**JPS:** É fácil arranjar emprego em Química nos Estados Unidos?

**NJT:** Bem. Não é tão fácil como costumava ser. Posso dizer que todos os meus estudantes arranjaram emprego. Qualquer estudante que trabalhe comigo a fazer investigação conseguirá, eventualmente, um emprego de que goste. Penso que uma das razões é que as pessoas que nós temos na universidade e no grupo são reconhecidas como vindo de uma família com provas dadas. Isto é a melhor evidência da qualidade de um candidato. Posso conseguir entrevistas, mas convencer o empregador é com eles.

**JPS:** Teve que gerir, durante todos estes anos, estudantes diferentes, pessoas de diferentes origens. Qual o segredo para manter todas estas pessoas unidas?

**NJT:** Numa palavra: Sandy! A Sandy está em primeiro lugar. Tem sido uma integradora formidável. Ocasionalmente, tive alguns problemas. Cometi um erro uma vez. Tive um pós-doc da Alemanha que ficou lado a lado com outro da Rússia. Não foi boa ideia. Não percebi logo. Quando estava por perto eles pareciam calmos, mas descobri mais tarde que discutiam bastante por motivos políticos. Separei-os e falei com eles individualmente. Provavelmente, até foram beber uma cerveja juntos depois disso. Isto remete-nos outra vez para o profissionalismo. Por outras palavras, tem que se mostrar que não há lugar na ciência para isto. A família e o profissionalismo resolvem situações destas completamente. Esta é uma atitude. A outra é ser aco-



Reunião do Grupo

lhedor. A Sandy é bastante acolhedora e eu tento ser tanto quanto possível. Um dos maiores problemas é quando alguém não compreende uma cultura onde tudo pertence a todos. Não é bom e o profissionalismo diz “Ei, levaste algo emprestado, ok, mas tens que deixar uma nota, podes ter levado algo muito importante para uma experiência.” Isto tem que ser explicado.

**JPS:** Grande parte dos estudantes de Química gosta de estar no laboratório a fazer experiências e não gosta muito de fazer pesquisa bibliográfica. Como gere este problema no seio do seu grupo?

**NJT:** Resolvemos o problema recorrendo ao conceito de família. Temos no grupo uma comissão para a bibliografia. Esta comissão está encarregada de nos sensibilizar e manter actualizados sobre novos trabalhos. Fundamental aqui é a noção da erudição que tens em determinada área (scholarship). Quando alguém expõe uma determinada ideia, eu pergunto: O que há publicado sobre isso? As pessoas agora não aparecem sem estar preparadas! O passo a seguir é tornar efectiva e fácil a pesquisa bibliográfica. Podes ir à minha página de internet. Escolhe “Info” e depois “favourite e-journals”. Vais encontrar vários motores de pesquisa de literatura. Clica em “iBookshelf” e selecciona por exemplo *Accounts of Chemical Research* ou vai para a secção de livros... Ao escolher qualquer um destes itens, o sistema direcciona-te para a biblioteca da Universidade de Colúmbia. O que pretendo mostrar aqui é que os estudantes têm dispo-

nível esta ferramenta para pesquisar. A literatura é um recurso tremendo. Uma vez motivados para a pesquisa bibliográfica, a verificação de que é fácil e o estímulo intelectual associado fazem com que o processo tenha lugar naturalmente.

#### O LIVRO DE FOTOQUÍMICA

**JPS:** Veio para a Universidade de Colúmbia em 1964 e publicou a primeira edição do livro nesse mesmo ano...

**NJT:** Quando escrevi o livro eu queria um lugar onde pudesse encontrar tudo sobre Fotoquímica. Estava a dar um curso de Fotoquímica, juntei referências e resolvi escrever o livro. Pensei... estas são as minhas notas, posso transformá-las em livro. Quando o escrevi estava convencido que sabia todas as reacções fotoquímicas publicadas; e levava isso muito a sério. Em 1978, eu sabia que não era exactamente verdade e nos anos noventa era impossível. Em 1964 era verdade que eu possuía um cartão para cada reacção fotoquímica publicada... acredita? Era simplesmente a combinação do conhecimento com a pequenez do mundo nessa altura. Mas havia outros grupos a fazer o mesmo. Se fores ver na literatura, encontrarás excelentes livros dessa altura. Eu tinha seis livros na minha prateleira enquanto estudante de doutoramento e isso era o mundo... Um livro de síntese, um livro de mecanismos, um livro de Espectroscopia... era de facto um mundo pequeno!

**JPS:** A segunda edição do livro foi em 1978 e agora temos a terceira edição

(2009-2010). Há um grande intervalo de tempo entre a segunda e a terceira edição. Porquê? Considera que os paradigmas principais da Fotoquímica não mudaram muito?

**NJT:** Penso que foi uma combinação de factores. Primeiro, de facto os paradigmas não mudaram muito. Penso que a transferência de electrão foi um dos que, entretanto, se desenvolveu durante esse tempo. À medida que comecei a escrever, verifiquei que se estava a transformar numa bola de neve e a afastar-se de mim. Por isso, nos anos noventa decidi que necessitava de ajuda. Falei então com Ramamurthy e Scaiano. Isso foi em 1992-93. Começámos a trabalhar e depois havia sempre qualquer coisa, alguém ficava doente, alguma coisa acontecia... Finalmente, há cerca de quatro anos, pensei: É agora! Vou tomar conta do assunto e vou acabar de o escrever. Desbravámos o nosso caminho para ter algo cá fora. Não é que não quiséssemos. Foi bastante difícil. Tínhamos partes do livro, mas juntá-las foi bastante difícil!

**JPS:** Porquê dois volumes? Pretende, com o primeiro volume, alcançar leitores que não sejam químicos?

**NJT:** Exactamente. Quando começámos a olhar para todo o material recolhido verificámos que iria ser excessivo para um só livro. Então pensámos: os sete primeiros capítulos serão apelativos para leitores de outras áreas. Vamos publicar esta parte primeiro. E publicámos (2009). Adicionámos um capítulo sobre transferência de electrão e transferência de energia que é novo. Não tem muitas reacções químicas, mas é uma mais-valia. Com o livro novo temos mecanismos, síntese, química supramolecular, etc. O capítulo da química supramolecular não estava na versão original, mas eu e Murthy compreendemos que seria importante.

**JPS:** Além do capítulo sobre química supramolecular, quais são as novidades introduzidas nesta nova edição?

**NJT:** A primeira é o spin, que em 1978 estava a ser lançado como conceito. O spin está agora incluído. Não havia praticamente nada em transferência de electrão, a teoria de Marcus ainda

não estava cá fora. Decidimos integrá-la com a transferência de energia. Também mudámos a filosofia das reacções no segundo volume. Em vez de uma base mecanística, decidimos fazê-lo em termos de grupos funcionais. Depois de acabarmos, dissemos: Temos que fazer um capítulo em Química/Fotoquímica Supramolecular. Tivemos várias conversas. Foi divertido porque estávamos a criar algo. Não sabíamos exactamente por onde ir. Estou bastante orgulhoso da integração e da colaboração com Tito... Foi uma grande, grande colaboração.

#### UMA MANEIRA TOPOLÓGICA DE ENSINAR QUÍMICA<sup>6</sup>

**JPS:** Nas suas aulas recorre a muitos esquemas e *cartoons* para explicar vários conceitos; raramente recorre a equações. Porquê?

**NJT:** Faz parte da minha experiência como educador. Se olharmos para o ensino universitário verificamos que nem todos os estudantes têm a mesma predisposição para assimilar os assuntos. Alguns são mais visuais, outros mais concretos, outros mais abstractos... Há no entanto um nível comum de compreensão visual que vem do processo evolutivo. Num mundo tridimensional, o cérebro compreende bem relações espaciais. O método matemático para as relações espaciais é a geometria. Um método mais fundamental é a teoria dos grafos. Nós compreendemos bem ligações, compreendemos que algo implica outra coisa. Partindo destas ideias podemos tornar um assunto atractivo sem qualquer matemática formal. Eu desenho um gráfico e tu tens a sensação de algo, mesmo que não saibas onde está o referencial... É uma linha recta, é uma curva, é uma figura, é uma forma... Isto vem da teoria da educação. Um *cartoon* tem elementos básicos correctos e pode sempre ser traduzido em matemática. Se começares com a matemática errada, nunca vais obter a forma correcta... É muito importante obter a forma topologicamente correcta e depois acabar o processo com matemática.

#### INVESTIGAÇÃO E RECURSOS

**JPS:** Sei que esteve em Portugal no XI IUPAC International Symposium on

Photochemistry. Sabia que o próximo vai ter lugar outra vez em Portugal?

**NJT:** Não, não sabia. Quando é? Daqui a dois anos?

**JPS:** Sim, em 2012...

**NJT:** Excelente! Talvez vá... vai ser em Lisboa ou onde?

**JPS:** Vai ser em Coimbra, uma cidade no centro de Portugal.

**NJT:** Ok. Lembro-me do XI Encontro bastante bem. Nessa altura, estávamos a entrar nos zeólitos e na Química Supramolecular.

**JPS:** Acerca da Fotoquímica em Portugal, qual a sua ideia?

**NJT:** Bem, está a decorrer trabalho em superfícies, em Química Supramolecular... Tenho seguido a investigação ao longo dos anos e tem-se desenvolvido trabalho que tenho lido e apreciado. Penso que, para um país onde os recursos são limitados, nos devemos focar no que pensamos fazer melhor. Tu e os teus colegas têm desenvolvido um bom trabalho. Penso que a chave será compreender as limitações, juntar os conceitos de família e profissionalismo para melhorar dentro dessas limitações e fazer mais do que outros estariam à espera. A situação é semelhante em Itália. Eles têm condições difíceis e têm desenvolvido ciência de boa qualidade nas áreas do spin, da ressonância magnética... As circunstâncias são difíceis mas a ciência é excelente.

#### FOTOQUÍMICA, UMA CIÊNCIA MADURA

**JPS:** Quais as características que julga mais importantes num projecto de investigação?

**NJT:** Primeiro que tudo devem ser boas ideias, compreender o que é importante e começar para ganhar visibilidade e arranjar financiamento. Segundo, é ter técnicas novas. Mas, mais importante do que ter técnicas novas, é utilizar todas as técnicas disponíveis e aplicá-las de um modo novo, diferente. Há pessoas que inventam métodos e há pessoas que utilizam os métodos disponíveis de modo diferente. Ambas

são importantes. Se fores ver como a ciência evoluiu, verás que os grandes avanços foram sempre resultado do desenvolvimento de técnicas que permitiram medir algo que era uma ideia que não podia ser testada até então. Há vinte anos atrás, praticamente tudo acerca de química de superfícies não era considerado grande ciência porque não havia métodos disponíveis. Não tínhamos a AFM<sup>7</sup>, não tínhamos a STM<sup>8</sup>... Todos estes métodos que agora permitem ver as superfícies não estavam disponíveis. Os cientistas sempre foram algo conservadores e dizem que não deves promover uma ideia que não podes testar. E por isso, muitas destas ideias sobre superfícies... não havia meio de as testar directamente. Assim que aparece um modo directo, a área explode. Tens na tua universidade um departamento de Química Analítica?

**JPS:** Temos laboratórios de Química Analítica, mas não temos um departamento de Química Analítica.

**NJT:** Mas chamaste-lhe Química Analítica. Agora, o que acho que aconteceu à Química Analítica foi que se generalizou e deixou de ser uma área de investigação. Alguém que faça RMN trabalha em Química Analítica, alguém a traçar espectros de ultravioleta-visível faz Química Analítica... Actualmente, considero que todas estas técnicas se vulgarizaram. A Fotoquímica está-se a tornar igual. Há trinta anos atrás um fotoquímico sabia fazer certo tipo de coisas como por exemplo fluorescência, medição de rendimentos quânticos... Agora a fluorescência e a Fotoquímica misturaram-se e entraram na Ciência dos Materiais, na Bioquímica... Quando uma área do conhecimento atinge um determinado ponto de maturação as coisas novas começam a diminuir porque se atingiu um ponto de saturação. Assim, e de algum modo, o futuro da Fotoquímica é continuar a difundir-se e a ser utilizada em diferentes sistemas e áreas. Por um lado, as coisas realmente novas virão da utilização de técnicas também novas. Os lasers tornar-se-ão cada vez mais importantes, equipamento sobre o spin, sobre vibrações, processos que não ocorrem apenas com um fotão... Esta será uma área de investigação nova, mas infelizmente cara.

O que toda a gente quer fazer em ciência é coisas novas e baratas. É aqui que aparece a Química Supramolecular! Podemos tomar cada reacção fotoquímica estudada na década de sessenta e setenta e fazer centenas de coisas, algumas delas mudando apenas o ambiente. Ir das micelas aos zeólitos... uma reacção fotoquímica pode agora ser estudada durante uma vida. E é barato, não é? Química Supramolecular mais algo, mais microondas, mais seja o que for... As pessoas vão começar a juntar as coisas. Quando se excita uma molécula ela vai para uma superfície e, dessa superfície, se olhares para baixo, vês várias estruturas. Se controlares o modo de ir para baixo podes ter produtos diferentes... o produto que te interessa.

**“OS NOVOS PARADIGMAS SERÃO  
TODOS OS PARADIGMAS JUNTOS DE  
MODOS DIFERENTES.”**

**JPS:** Está, neste momento, muito interessado no C<sub>60</sub>. Quais serão os principais paradigmas de investigação no seu laboratório?

**NJT:** Sim, H<sub>2</sub> dentro de C<sub>60</sub> em particular, moléculas dentro de fulerenos, água... Os novos paradigmas serão todos os paradigmas juntos de modos diferentes. Por exemplo o spin, a química do spin. Partir de H<sub>2</sub> e C<sub>60</sub> e usar o spin. Como fazer isto? Basicamente o H<sub>2</sub> tem dois isómeros de spin nuclear, um singuleto e um tripleto (hidrogénios *orto* e *para*). Falámos de singuletos, tripletos e cruzamento intersistemas para electrões durante anos. Nunca falámos para núcleos porque há apenas alguns casos em que podemos fazer alguma coisa. Podemos fazer isso com o H<sub>2</sub> e podemos interconverter os dois isómeros. Outra questão é: O que podemos fazer com isto? A resposta é que esta interconversão gera um aumento gigantesco no sinal de ressonância magnética, o que é excelente. Uma vez que o C<sub>60</sub> tem sido utilizado em muitas aplicações em medicina, podes imaginar utilizar esse sinal em aplicações médicas como MRI<sup>9</sup>. Estamos a falar de algo que é conhecido para o H<sub>2</sub> há mais de oitenta anos!! Se colocares o H<sub>2</sub> dentro do C<sub>60</sub>, consegues retê-lo... Podes caminhar com ele, transportá-

-lo no bolso; posso enviá-lo para ti e tu podes enviá-lo para qualquer parte do mundo. Ainda é H<sub>2</sub> na forma gasosa no que ao H<sub>2</sub> diz respeito. Depois, se introduzirmos fotões, excitamos o C<sub>60</sub> e conseguimos excitação vibracional do H<sub>2</sub>. E podemos fazer isso dentro de uma célula ou noutro lado... podemos começar a olhar para várias coisas que ninguém ainda viu. É o futuro de uma molécula muito simples dentro de uma molécula engraçada, o C<sub>60</sub>. Funciona bem para o H<sub>2</sub>, mas o H<sub>2</sub> não é muito popular. Uma molécula mais interessante é a água, que tem as mesmas propriedades que o H<sub>2</sub>. Ou seja, há duas águas, uma singuleto e outra tripleto (spin nuclear). O singuleto não apresenta sinal de RMN. Imagina preparar água apenas no estado singuleto. Não tem sinal de RMN. Podes achar engraçado, mas os físicos já fizeram isto para o H<sub>2</sub>. Prepararam H<sub>2</sub> na forma *para* e utilizaram-no como matriz para fazer RMN. Depois adicionaram moléculas que tinham sinal de RMN... Agora a questão é como fazer isto com a água. É nisso que estamos a trabalhar agora. Estamos a tentar perceber como preparar água pura no estado singuleto e no estado tripleto. Será que vamos obter polarização? Será que vamos conseguir fazer o mesmo que fizemos para o H<sub>2</sub>? Colocá-la dentro do C<sub>60</sub> não podemos... não cabe... mas num C<sub>60</sub> aberto entra! Isto é Química Supramolecular, Fotoquímica, química de spin... é uma combinação!! Qualquer uma delas é a mesma, era conhecida. A proeza está na combinação!

**JPS:** O que vê no horizonte para aplicações comerciais da Fotoquímica?

**NJT:** É pouco provável que venha a ser comercial do ponto de vista da produção de produtos por causa do custo da luz. Tão simples quanto isto. Se for possível com a luz natural consegues. Se estimares o custo da produção de fotões verás que é caro. Depois temos as lâmpadas, que são caras de manter e limpar. Mas a Fotoquímica para aplicações biológicas ou outras onde o custo já não é problema, tem possibilidades tremendas. Polimerizações onde um só fotão pode induzir centenas de eventos... Fazer coisas específicas, onde a precisão é importante, como a fotolitografia. Para melhorias

de alta qualidade em determinados processos, a Fotoquímica pode ter um papel fundamental. Existem ainda determinadas áreas, estou a falar do futuro, que têm bastante potencial. Em determinadas aplicações médicas é necessário penetrar no corpo humano. Para o fazer necessitas de radiação de grande comprimento de onda. Parte das microondas atravessam-te, as do infravermelho também um pouco e as do visível e ultravioleta praticamente não. A utilização de dois fótons no vermelho para produzir um fóton no azul é uma ideia que, quando se conseguir manipular o processo, é muito poderosa, tanto do ponto de vista da Fotoquímica como dos sistemas biológicos.

**JPS:** Foi realmente bom ouvi-lo falar sobre ciência e ensino com tanto prazer e paixão... Obrigado.

**NJT:** Obrigado. Eu também gostei.

## NOTAS

- 1 Wesleyan University
- 2 California Institute of Technology
- 3 Harvard University
- 4 University of California, Los Angeles
- 5 Sandy Turro, esposa do Professor Nicholas J. Turro
- 6 N. J. Turro, *Geometric and Topological Thinking in Organic Chemistry*, *Angewandte Chemie*, 25 (1986) 882
- 7 Atomic Force Microscopy
- 8 Scanning Tunneling Microscopy
- 9 Magnetic Resonance Imaging

## NOTA BIAGRÁFICA DO PROFESSOR NICHOLAS J. TURRO

Nicholas Turro nasceu em Middletown, Connecticut, em 1938. Foi para a universidade da sua terra natal, a Wesleyan University, e obteve o grau de Bacharel *summa cum laude* em

1960. O Doutoramento levou-o à Costa Oeste onde se juntou ao grupo de George S. Hammond no Caltech. Chegou na altura em que os fundamentos da Fotoquímica Orgânica mecanística estavam a ser definidos por este grupo. Obteve o grau de Doutor em 1963 e regressou à Costa Este para desenvolver trabalho de pós-doutoramento com Paul D. Bartlett na Universidade de Harvard. A sua carreira independente começou quando se tornou Instrutor na Universidade de Colúmbia em 1964. Rapidamente passou para Professor Assistente (1965), Professor Associado (1967) até chegar a Professor Titular em 1969. Quarenta e seis anos depois ainda dá aulas na Universidade de Colúmbia e é agora o Wm. P. Schweitzer Professor of Chemistry.

A sua produtividade científica está bem patenteada nas mais de novecentas publicações científicas. É autor de um dos mais influentes livros de Fotoquímica Orgânica, que publicou pela primeira vez em 1964 como *Molecular Photochemistry*, tendo evoluído posteriormente para *Modern Molecular Photochemistry* em 1978. No ano passado foi editada uma nova edição intitulada *Modern Molecular Photochemistry of Organic Molecules*, em co-autoria com V. Ramamurthy e J. C. Scaiano.

Entre os muitos prémios e distinções estão a Medalha Porter (1994), a Medalha Willard Gibbs (2000), o Prémio Pimentel da Educação em Química (2004), o Prémio Foerster em Fotoquímica (2005), a Medalha Nicholas (2006) e o Prémio Arthur C. Cope Award (2011). É membro eleito da Academia de Ciências Naturais (1981) e da Academia Americana de Artes & Ciências (1981), duas das mais prestigiadas academias dos Estados Unidos.

No início, os seus interesses de investigação estavam centrados em Fotoquímica Orgânica, particularmente em compostos carbonílicos e dioxetanos.

No final da década de setenta foi pioneiro da Fotoquímica Supramolecular com os seus estudos de cetonas em micelas, que posteriormente estendeu aos zeólitos, dendrímeros, ciclodextrinas e outros cavitandos. Os seus interesses de investigação foram sempre bastante variados e abrangentes, incluindo tópicos como Fotoquímica Supramolecular, química do spin e efeitos de campos magnéticos em pares radicalares, química do oxigénio singuleto, carbenos, sondas luminescentes para DNA e Fotoquímica de polímeros e de fulerenos.

Além da investigação é também um professor e um mentor marcante e dedicado. Já doutorou mais de 75 estudantes e supervisionou mais de 200 pós-docs. Grande parte dos seus estudantes são agora cientistas proeminentes a desenvolver trabalho tanto em instituições académicas como na indústria.

Com a ajuda da sua esposa, que conheceu no jardim-escola e com quem casou após o grau de Bacharel, os Turros criam um ambiente familiar a todos os que passam pelo laboratório como estudantes ou investigadores.

Com a idade de 72 anos não há sinais de abrandamento. Lidera um grupo de cerca de 20 estudantes e pós-docs, publica mais de 30 artigos científicos por ano e introduz constantemente inovações nos métodos de ensino da química ao primeiro ciclo.

**Steffen Jockusch**

## Vá a [www.spq.pt](http://www.spq.pt)

Torne-se Sócio da Sociedade Portuguesa de Química e beneficie de:

- Pertencer a uma comunidade científica dinâmica;
- Receber o boletim "QUÍMICA";
- Descontos nos Encontros promovidos pela SPQ;
- Descontos nas publicações da SPQ;
- Protocolos assinados entre a SPQ e outras entidades;
- Participar na promoção da Química;
- Apoiar uma Sociedade Científica.

# METAIS DO GRUPO DA PLATINA: HISTÓRIA, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

FABRÍCIO EUGÊNIO ALVES<sup>a</sup>, PRISCILA PEREIRA SILVA<sup>b</sup> E WENDELL GUERRA<sup>a\*</sup>

Os metais do grupo da platina constituem-se em seis elementos (Ru, Rh, Pd, Os, Ir e Pt) e as suas propriedades primorosas têm sido utilizadas para as mais variadas aplicações industriais, como por exemplo na produção de catalisadores e de fármacos. Considerando a importância e a aplicabilidade destes metais, este artigo descreve de forma sucinta a história, as propriedades e algumas das aplicações destes elementos.

## Palavras chave

Metais do grupo da platina; platina; ruténio.

## INTRODUÇÃO

O grupo da platina é um nome dado a seis elementos metálicos que possuem algumas propriedades físicas e químicas similares e que tendem a ocorrer juntos nos mesmos depósitos minerais. Estes metais, também conhecidos como platinóides, são o ruténio (Ru), o ródio (Rh), o paládio (Pd), o ósmio (Os), o irídio (Ir) e a platina (Pt) [1]. Este grupo de elementos somados ao ferro, cobalto e níquel estão entre os nove elementos pertencentes à família oito da clássica tabela periódica construída por Mendeleev (actualmente grupos 8, 9 e 10 da tabela periódica). No entanto, as semelhanças horizontais existentes entre estes elementos são maiores que em qualquer outro conjunto (grupo) da tabela periódica, exceptuando-se os lantanídeos. Tais semelhanças, que são devidas principalmente a contração lantanídica, enfatizou a classificação dos mesmos em dois grupos: o dos metais ferrosos (Fe, Co e Ni) e o dos metais do grupo da platina.

Todos os platinóides são classificados como metais de transição, estão localizados nos períodos 5 e 6, grupos 8, 9 e 10, no bloco *d* da tabela periódica, Figura 1. São sólidos metálicos lustrosos à temperatura ambiente, formam ligas uns com os outros e possuem excelentes propriedades catalíticas. Além disso, são resistentes a ataques químicos, estáveis em altas temperaturas e possuem boas propriedades eléctricas. Em solução formam grande número de iões complexos e compostos de coordenação, incluindo ligantes como o monóxido de carbono, entre outros. Um destes complexos, o ião de Creutz-Taube, cuja fórmula estrutural é  $[(\text{NH}_3)_5\text{Ru}(\text{pz})\text{Ru}(\text{NH}_3)_5]^{5+}$ , possui dois átomos de ruténio em estados de oxidação diferentes, +2 e +3, rodeados por moléculas de amoníaco unidos por uma molécula de *m*-pirazina (pz). Este complexo deu origem ao estudo de materiais de valência mista, que é hoje um campo bastante excitante da electrónica molecular.

Os primorosos atributos dos metais do grupo da platina tem sido explorados para as mais variadas aplicações industriais e no caso da platina, alguns de seus compostos tem até mesmo sido utilizados na indústria farmacêutica [2, 3]. De facto, os metais do grupo da platina são usados em pequenas quantidades em aplicações especializadas, como na síntese de compostos de alto valor acrescentado, seja como reagente ou como catalisador. Isto é um reflexo da escassez desses elementos aliada à grande procura, que gera um alto valor de mercado. Considerando a importância e aplicabilidade destes metais, este artigo descreve de forma sucinta a história, as propriedades e aplicações destes elementos.

## OCORRÊNCIA NA NATUREZA

Os metais do grupo da platina são bastante escassos na crosta terrestre e por isso apresentam elevado valor

1	2																18	
H																		He
bloco s		bloco d										bloco p						
		Ru Rh Pd																
		Os Ir Pt																

Figura 1 – Tabela Periódica. Em destaque os seis metais do grupo da platina

<sup>a</sup> Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, Bloco 1D, 38400-902, Uberlândia - MG - Brasil

<sup>b</sup> Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, 31.270-901, Belo Horizonte - MG  
\* e-mail: wg@iqufu.ufu.br

comercial. Como exemplo, a concentração de platina (abundância estimada) na crosta terrestre é de aproximadamente 5 ng/kg, sendo que os demais metais do grupo são bem menos abundantes [3]. A maior parte dos metais do grupo da platina em circulação no mundo é oriunda de jazidas de minérios localizadas na África do Sul, Rússia, Estados Unidos e Canadá. No caso da platina, as minas da África do Sul fornecem hoje três quartos da produção mundial do metal. Quanto ao paládio, a maior parte do metal em circulação no mundo provém de jazidas de minérios localizadas na Rússia (principal produtor), apesar da África do Sul possuir a maior reserva. A platina e os demais metais do grupo tendem a ocorrer em pequenas quantidades associadas aos minérios de cobre e níquel, sendo recuperados através da refinação electrolítica dos principais metais do minério. Neste caso, ocorre a separação do metal presente em maior quantidade (Ni, Cu) e a impureza (Iodo anódico) é processada de modo a obter os metais do grupo da platina. As diferenças de reactividade e de solubilidade dos diversos compostos destes metais são utilizadas para separá-los [2].

Na forma combinada a platina é encontrada principalmente no mineral sperrillita ( $PtAs_2$ ). É importante ressaltar que minerais de platina são também uma fonte de obtenção de paládio e outros metais do grupo, mas como dito anteriormente, estes são bem escassos. Os outros metais, Ru, Os, Ir e Rh são encontrados em poucos minerais, principalmente na Rússia (Montes Urais) e nas Américas do Sul e do Norte, mas não são comercializáveis. Por exemplo, o ruténio é encontrado na laurita,  $RuS_2$ , e em pequenas quantidades na pentlandita,  $(Fe,Ni)_9S_8$  [1].

## HISTÓRIA

Devido ao facto dos metais do grupo da platina serem encontrados juntos na natureza, as histórias das suas descobertas estão interligadas. Mas antes de falar sobre a descoberta destes metais como elementos, é interessante comentar que estes metais nobres foram encontrados em objectos que datam de 700 a.C. Como

exemplo tem-se o famoso caixão de Thebes (da antiga Grécia) que foi decorado com hieróglifos (sinais da escrita de antigas civilizações) em ouro, prata e uma liga contendo platina. Outro exemplo é uma liga de platina/ouro que foi encontrada em Esmeraldas (Equador) no início do século XX em objectos decorativos confeccionados por povos pré-colombianos [4]. Os demais metais do grupo também foram utilizados em joalheria pelos egípcios, pelos povos antigos do Peru, Equador e índios pré-colombianos [5].

Embora existam registos remotos do uso desses metais, os estudos e aplicações dos mesmos são mais recentes. De facto, os elementos do grupo da platina só conquistaram a atenção há cinco séculos quando mineiros e cientistas sentiram a necessidade de desenvolver métodos capazes de separar esses metais do ouro. A separação constituía um grande problema, uma vez que era difícil fazê-la devido às propriedades dos platinóides, tais como elevado ponto de fusão e grande resistência à corrosão.

As descobertas dos metais do grupo da platina como novos elementos ocorreram nos séculos XVI e XVII. O primeiro passo para a descoberta foi dado por conquistadores espanhóis que procuravam ouro nas Américas e encontraram misturado com os metais do grupo da platina em quantidades variáveis. É conveniente destacar que em 1557 o cientista franco-italiano Júlio César Scaligero descreveu um metal refractário encontrado na América Central, que provavelmente se tratava da platina [4], contudo, o metal não foi estudado sistematicamente por Scaligero. A platina, cujo nome é devido à sua semelhança com o metal prata (platina é um diminutivo de plata, palavra espanhola para prata), foi descrita como substância elementar pelo espanhol Antonio de Ulloa em 1735. Ulloa, que era militar, naturalista e matemático, descobriu a platina nas minas do Rio Pinto e caracterizou-a como elemento em 1748, enquanto os pesquisadores franceses consideravam-na uma liga [4]. A platina, o oitavo metal a ser descoberto, foi o primeiro elemento do grupo da platina a ser separado e identificado [3]. Durante muitos anos a platina não

teve qualquer valor excepto como um meio de falsificação de outros metais nobres.

Sobre a história moderna de quatro outros platinóides, dois nomes merecem destaque. São eles os químicos ingleses William Hyde Wollaston e Smithson Tennant que por volta de 1800 formaram uma sociedade com o propósito de refinar a platina. Durante esse trabalho eles descobriram quatro outros metais desse grupo: paládio, ródio, irídio e ósmio. A purificação da platina consistia na adição de água régia quente ao mineral bruto, o que gerava uma solução e um precipitado negro. A platina solubilizava-se na água régia e a maior parte desse metal era removido como hexacloroplatinato de amónio,  $(NH_4)_2[PtCl_6]$ , que era formado pela adição de cloreto de amónio à solução de água régia [4].

Inicialmente, após a extracção da platina, o restante da solução e o resíduo insolúvel de coloração negra eram desprezados. Posteriormente, Wollaston ocupou-se do estudo da solução, enquanto Tennant investigou o precipitado negro. Wollaston descobriu dois metais presentes na parte solúvel: o paládio e o ródio. Tennant também descobriu dois outros metais na porção insolúvel: irídio e ósmio.

Após a extracção da platina com adição de  $NH_4Cl$ , era adicionado zinco à solução levando à precipitação de platina residual, paládio, ródio, cobre e chumbo. Os dois últimos eram facilmente removidos pela adição de ácido nítrico diluído ao precipitado. O resíduo, agora sem cobre e chumbo, era então redissolvido em água régia. A separação do paládio era feita pela neutralização dessa solução, seguida da adição de cianeto de mercúrio, o que gerava um precipitado amarelo, o cianeto de paládio,  $Pd(CN)_2$ . Posteriormente, outros processos eram feitos até a obtenção do paládio puro. Alguns propõem que esse elemento recebeu esse nome graças ao asteróide Pallas, outros dizem que foi em homenagem à deusa grega da sabedoria cujo nome também é Pallas. Apesar de o paládio ter sido descoberto em 1802, o artigo que descreve a descoberta do elemento só foi oficialmente publicado em 1805 [5].

Logo após a descoberta do paládio, Wollaston verificou a existência do elemento ródio, que foi separado da solução pela adição do cloreto de sódio, que gerava o composto rosa  $\text{Na}_3[\text{RhCl}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Devido à coloração do composto formado, esse novo elemento recebeu o nome de ródio, do grego rhodon que significa rosa. Em 1804 Wollaston publicou um artigo sobre a descoberta do ródio [6].

Enquanto Wollaston estudou a parte solúvel, Tennant trabalhou com o resíduo negro da dissolução da platina bruta em água régia e descobriu em 1804 dois metais. Ele aqueceu esse sólido com hidróxido de sódio, dissolveu o resíduo em água obtendo um novo precipitado e uma solução que provavelmente continha os compostos  $\text{cis-}[\text{Os}(\text{OH})_2\text{O}_4]$  e  $\text{OsO}_4$ . O tetróxido de ósmio,  $\text{OsO}_4$ , é um sólido tóxico, volátil de odor penetrante. Esse elemento recebeu o nome de ósmio, do grego osme, que significa cheiro, por causa do odor característico gerado durante a separação desse metal [7]. O resíduo insolúvel em água foi tratado com ácido clorídrico, gerando cristais vermelhos escuros. Provavelmente tratava-se de  $\text{Na}_2[\text{IrCl}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . O novo metal recebeu o nome de irídio devido à impressionante variedade de cores que eram geradas enquanto o sólido era dissolvido em HCl e em homenagem a Íris, deusa grega do arco-íris [8]. O nome irídio é derivado da palavra latina Iris que significa colorido.

Além dessas quatro descobertas, Wollaston e Tennant desenvolveram o processo para produção de platina maleável para substituir o ouro em algumas aplicações onde era indispensável a presença de um metal inerte. A produção da platina maleável gerou grande lucro para os ingleses. É importante ressaltar que a participação de Tennant nessa produção foi quase exclusivamente de ordem financeira. Além dos metais descobertos por Wollaston e Tennant existia no mineral bruto de platina outro metal, o rutênio, que era insolúvel em água régia, assim como o ósmio e o irídio, mas que não foi identificado pelos químicos ingleses. O rutênio só foi oficialmente descoberto em 1844 pelo químico russo Karl Karlovith Klaus enquanto ele

analisava resíduos de platina. Klaus concluiu que no resíduo do mineral de platina que ele trabalhava havia 10% de platina e uma pequena fração dos seguintes metais: irídio, ósmio e paládio. Além desses também estava presente no resíduo um novo composto. Ele relatou os resultados das suas experiências a Kankrin, ministro das finanças da Rússia, e ofereceu-se para extrair a platina do resíduo. Como a platina era de grande interesse econômico, Klaus ganhou o apoio financeiro que precisava para prosseguir as suas pesquisas e ainda recebeu 8 kg de resíduo, com a condição de que, após um ano, ele devolvesse os metais extraídos e relatasse os resultados de seus trabalhos. Klaus trabalhou arduamente até que descobriu um método para extrair o rutênio. O método consistia na precipitação do cloreto de rutênio, seguido do tratamento com sulfureto de hidrogênio, obtendo-se então um composto denso com cor de safira. Nenhum outro platinóide formava compostos semelhantes, o que mostrava tratar-se de um novo elemento. Klaus conseguiu obter 6 g do rutênio puro. O nome rutênio origina da palavra latina ruthenia que significa Rússia [9, 10].

Klaus pode ser considerado o criador da química dos metais do grupo da platina, pois ele realizou uma ampla investigação dos platinóides, descreveu um método de separação dos seis metais do grupo de forma pura e descobriu as semelhanças e diferenças entre os elementos em tríades: rutênio-ródio-paládio e ósmio-irídio-platina, proporcionando assim uma justificativa para Mendeleev incluir todos os seis metais no grupo VIII do sistema periódico [10].

## ALGUMAS PROPRIEDADES DOS METAIS DO GRUPO DA PLATINA

Algumas propriedades atômicas e físicas referentes aos metais do grupo da platina encontram-se na Tabela 1.

### 1) Platina:

É um metal branco-cinza, de estrutura cúbica compacta, brilhante, não muito duro, que pode ser trabalhado e soldado a quente. Quando combinada exibe vários estados de oxidação que vão de 0 a +6 embora os estados

+2 e +4 sejam os mais comuns. Por ser um metal pouco reactivo (de difícil oxidação) não reage com os ácidos clorídrico (HCl) e nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) mas é atacada pela mistura de ambos (água régia), formando o ácido hexacloroplatinico,  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ . Com flúor e oxigênio reage a elevadas temperaturas gerando  $\text{PtF}_6$  e  $\text{PtO}_3$ , respectivamente. Estes são os únicos compostos conhecidos onde a platina está no estado de oxidação +6. Apesar de pouco reactiva, os seus iões no estado de oxidação +2 e +4 formam um número extremamente elevado de complexos (compostos complexos ou de coordenação) [11-14].

### 2) Paládio:

É um metal que possui coloração branco prateado, estrutura cúbica compacta e elemento considerado denso ( $d = 12.26 \text{ g cm}^{-3}$ ), embora seja o de menor densidade quando comparado aos demais elementos do grupo da platina. Assim como a platina, este metal amolece antes de fundir, podendo ser trabalhado e soldado. É pouco reactivo e bastante resistente à corrosão. Dissolve-se em ácidos oxidantes, bases fundidas e em água régia (HCl/ $\text{HNO}_3$ ) gerando o ácido  $\text{H}_2[\text{PdCl}_4]$ . Quando combinado, o paládio exibe os estados de oxidação 0, +1, +2 e +4 embora o estado +2 seja o estável. O estado de oxidação +4 é instável e é atingido quando combinado com o flúor ( $\text{PdF}_4$ ) e oxigênio ( $\text{PdO}_2$ ) podendo também ocorrer em alguns complexos. O estado de oxidação +2 ocorre no ião hidratado  $[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  e num número extremamente elevado de complexos (compostos complexos ou de coordenação) [11-14].

### 3) Rutênio:

É um metal branco prateado, brilhante, muito duro e tão quebradiço que pode ser pulverizado com facilidade. Cristaliza com estrutura compacta hexagonal. Quimicamente não é atacado por ácidos, nem mesmo por água régia. No entanto, é solúvel em álcalis fundidos e em presença de clorato de potássio, onde o rutênio é energeticamente oxidado. Reage com oxigênio e halogêneos a altas temperaturas. Os estados de oxidação mais comuns são +2, +3 e +4, sendo o estado trivalente o mais estável. Outros estados de oxidação encontrados em compostos

são +5, +7 e +8. O tetraóxido de rutênio, RuO<sub>4</sub> (estado de oxidação +8), é muito oxidante, mais que o análogo ósmio, e decompõe-se violentamente a altas temperaturas. O rutênio é um metal versátil que pode facilmente formar ligações carbono-rutênio, formando compostos organometálicos que são vastamente aplicados em catálise [12-14].

#### 4) Ródio:

É um metal duro de coloração branco prateado, cristaliza com estrutura compacta cúbica. Este platinóide é tripositivo na grande maioria de seus compostos, embora eventualmente ocorra nos estados de valência +1, +2, +4 e +6. O ródio compacto é completamente insolúvel em todos os ácidos, inclusive em água régia. Entretanto, o negro de ródio, produzido por redução de sais de ródio (VI) com formato de amônia, é solúvel em água régia, em ácido sulfúrico concentrado a quente e em ácido clorídrico na presença de ar [12-14].

#### 5) Ósmio:

É um metal branco-azulado, muito duro e quebradiço. É o mais denso dos elementos conhecidos. Dentre os metais platínicos, é o que possui ponto de fusão mais alto (3033°C). Assim como o rutênio, cristaliza com estrutura hexagonal. É capaz de assumir um grande número de estados de valência que vão desde +1 até +8, sendo o estado de valência tetravalente o mais estável. O ósmio não é atacado por ácidos não oxidantes, mas quando pulverizado é atacado por ácido nítrico e pelo ácido sulfúrico concentrado a quente [12-14].

#### 6) Irídio:

É um metal branco prateado, muito duro, bastante quebradiço. É entre os elementos conhecidos até ao momento o que apresenta maior densidade (22.65 g cm<sup>-3</sup>) e maior resistência à corrosão. Cristaliza com estrutura compacta cúbica. O estado de valência +3 é o mais comum, mas o elemento apresenta os estados +1, +2, +4 e +6. O irídio não é atacado pelos ácidos usuais, inclusive a água régia. É, entretanto, atacado pelo ácido clorídrico em presença de ar, se aquecido sob pressão a 125°C. Os álcalis fundidos não têm ação sobre o metal [12-14].

**Tabela 1** – Algumas propriedades atômicas e físicas para os metais do grupo da platina

Platina	
Número atômico	Z = 78
Massa molar	M = 195.08 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 1769 °C
Isótopos naturais	<sup>190</sup> Pt (0.01%), <sup>192</sup> Pt (0.78%), <sup>194</sup> Pt (32.97%), <sup>195</sup> Pt (33.83%), <sup>196</sup> Pt (25.24%) e <sup>198</sup> Pt (7.16%)
Paládio	
Número atômico	Z = 46
Massa molar	M = 106.42 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 1554 °C
Isótopos naturais	<sup>102</sup> Pd (1.02%), <sup>104</sup> Pd (11.14%), <sup>105</sup> Pd (22.33%), <sup>106</sup> Pd (27.33%), <sup>108</sup> Pd (26.46%) e <sup>110</sup> Pd (11.72%)
Rutênio	
Número atômico	Z = 44
Massa molar	M = 101.07 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 2334 °C
Isótopos naturais	<sup>96</sup> Ru (5.52%), <sup>98</sup> Ru (1.88%), <sup>99</sup> Ru (12.70%), <sup>100</sup> Ru (12.60%), <sup>101</sup> Ru (17.00%), <sup>102</sup> Ru (31.60%) e <sup>104</sup> Ru (18.7%)
Ródio	
Número atômico	Z = 45
Massa molar	M = 102.90 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 1964 °C
Isótopos naturais	<sup>103</sup> Rh (100%)
Ósmio	
Número atômico	Z = 76
Massa molar	M = 190.23 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 3033 °C
Isótopos naturais	<sup>184</sup> Os (0.02%), <sup>186</sup> Os (1.59%), <sup>187</sup> Os (1.96%), <sup>188</sup> Os (13.24%), <sup>189</sup> Os (16.15%), <sup>190</sup> Os (26.26%) e <sup>192</sup> Os (40.78%)
Irídio	
Número atômico	Z = 77
Massa molar	M = 192.21 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de fusão	T <sub>f</sub> = 2466 °C
Isótopos naturais	<sup>191</sup> Ir (37.3%), <sup>193</sup> Ir (62.7%)

Dados retirados das referências [1, 3].

### APLICAÇÕES PLATINA E PALÁDIO

A maior parte da platina e do paládio produzidos no mundo são utilizados na produção de catalisadores para escapes de veículos automóveis. O restante é utilizado na produção de jóias, na indústria petroquímica, na indústria eletrônica, na odontologia, entre outras aplicações [1, 3]. O uso do paládio e da platina nestes sectores da indústria pode ser explicado pelo facto destes elementos serem

muito resistentes à corrosão, mesmo a altas temperaturas, além de serem bastante dúcteis e maleáveis. Devido ao alto custo do paládio, a indústria tem procurado substituir o metal pelo níquel que é mais barato.

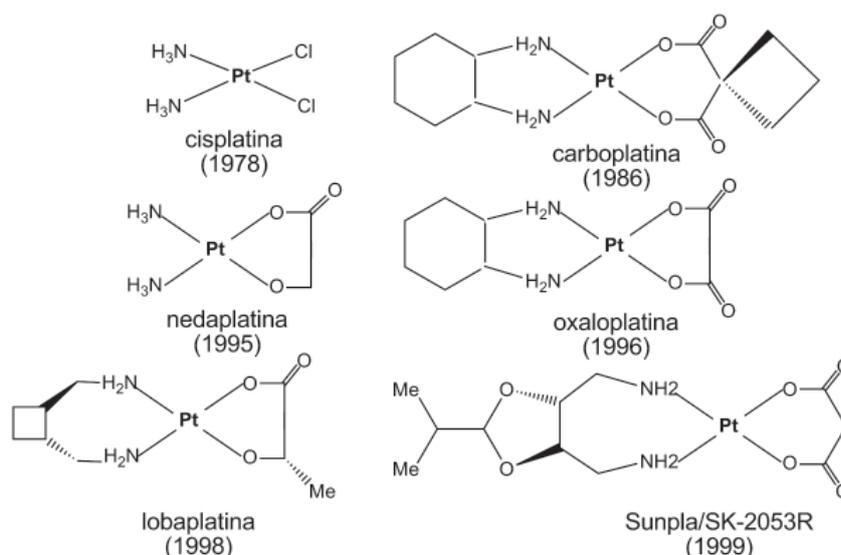
No que se refere à produção de catalisadores, os elementos são utilizados há muito tempo em conversores catalíticos que reduzem a poluição emitida por automóveis. Estes catalisadores convertem os gases nocivos CO, NO,

NO<sub>2</sub> e hidrocarbonetos, presentes nos gases de escape de automóveis, nos compostos CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> que são naturalmente encontrados na atmosfera [2]. O paládio é usado como catalisador na produção de etanal, processo Wacker (que não é mais o principal processo industrial), reacções de hidrogenação e nas reacções de acoplamento carbono-carbono [2]. Também é utilizado na obtenção do ácido nítrico e do ácido tereftálico (C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>) purificado que é usado na fabricação de fibras artificiais. Especula-se que conversores catalíticos de platina possam ser utilizados na obtenção do hidrogénio como combustível [11].

Quanto à utilidade destes metais na medicina, um complexo muito importante de platina é o *cis*[(diaminodichloro) platina(II)], *cis*[Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>], comumente chamado de "*cisplatina*". A *cisplatina* é actualmente muito utilizada contra o cancro do testículo e do ovário onde se obtém até 90% de hipótese de cura. Outros cinco complexos (Figura 2) são também utilizados, porém são menos eficientes apesar de serem menos tóxicos [11]. Devido ao sucesso da aplicação destes compostos como anti-cancerígenos, muita pesquisa foi desenvolvida nesta área. Vários complexos de platina e de outros metais, especialmente os metais do grupo da platina, foram e estão sendo sintetizados e estudados como agentes anti-tumorais. Pode-se dizer que a *cisplatina* foi o composto precursor de uma nova área de pesquisa na química, denominada Química Inorgânica Medicinal.

Devido à sua semelhança química com a platina, alguns complexos de paládio têm sido estudados visando a obtenção de fármacos. Também existem compostos de paládio que possuem boa actividade anti-tumoral e, além disso, são promissores agentes anti-infecciosos. No entanto, apesar das pesquisas intensas, estes não são ainda utilizados nas práticas médicas. Todavia, o isótopo radioactivo de <sup>103</sup>Pd é utilizado no tratamento do cancro da próstata em estado avançado [15].

No que se refere a outras aplicações, são utilizadas ligas contendo platina em odontologia protética para implan-



**Figura 2** – Complexos de platina utilizados em clínica médica (entre parênteses o ano de introdução nas práticas clínicas). Os complexos denominados *cisplatina*, *carboplatina* e *oxaloplatina* são utilizados em todos os países do mundo

tes e fixação de brocas e em outras situações onde se necessita de materiais resistentes à corrosão e à temperatura elevada. O composto intermetálico Cr<sub>3</sub>Pt (uma liga homogénea com composição definida) é utilizado para revestir navalhas conferindo uma maior dureza, permitindo que a lâmina fique afiada por mais tempo [11].

Na indústria electrónica, o paládio é utilizado na produção de componentes eléctricos para telefones móveis, aparelhos de fax, computadores portáteis e televisores LCD. Também é utilizado em revestimentos para conectores e na produção de circuitos híbridos integrados [1, 3]. Na forma metálica, o paládio adsorve hidrogénio gasoso e quando aquecido ao rubro pode adsorver um volume de hidrogénio superior a 900 vezes o seu volume. É o metal que adsorve a maior quantidade de hidrogénio e, por isso, é utilizado na purificação desse gás. Já o composto PdCl<sub>2</sub> adsorve monóxido de carbono e é usado em detectores para esse gás [1].

## RUTÉNIO E RÓDIO

Devido à sua capacidade de endurecer platina e paládio, o ruténio é adicionado em ligas contendo esses elementos com a finalidade de torná-las resistentes ao desgaste. Também é acrescentado um pouco de ruténio, cerca de 0.1%, à liga de titânio para melhorar a resistência da mesma à

corrosão. Além disso, o ruténio é usado juntamente com o molibdénio na confecção de uma liga supercondutora a 10.6 K. Este metal também é usado em algumas peças de joalheria, na forma de liga com ouro. Este platinóide é também usado como catalisador. Por exemplo, o RuO<sub>2</sub> é usado para remoção do sulfureto de hidrogénio em refinarias de petróleo e em outros processos industriais [1].

A importância de compostos de coordenação de ruténio têm crescido muito devido a diversas aplicações como catalisadores [14], sensibilizadores nos processos de degradação fotocatalítica de compostos orgânicos [16], sensibilizadores em células solares [17], entre outros. Além disso, assim como a platina e o paládio, os complexos de ruténio têm sido extensivamente avaliados como potenciais agentes anti-tumorais. Os primeiros compostos de ruténio testados como agentes anti-cancerígenos foram desenvolvidos por M. Clarke no início dos anos 80 [18]. Desde então, metalodrogas de ruténio têm sido objecto de intensos estudos quimioterapêuticos [19, 20].

As estruturas I e II, Figura 3, mostram dois complexos de ruténio promissores. O complexo II encontra-se em fase de testes clínicos e exhibe alta actividade em tumores sólidos de cancro de cólon [21].

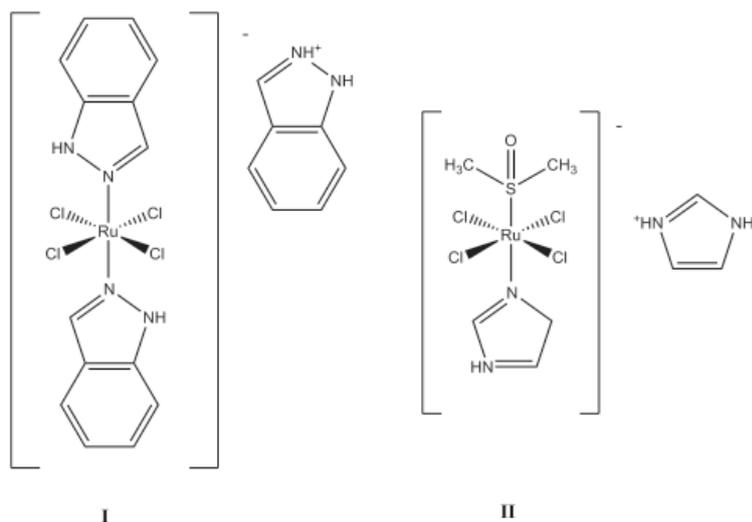


Figura 3 – Complexos de ruténio com significativa actividade anti-tumoral

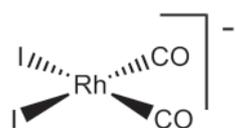


Figura 4 – Catalisador utilizado no processo Monsanto

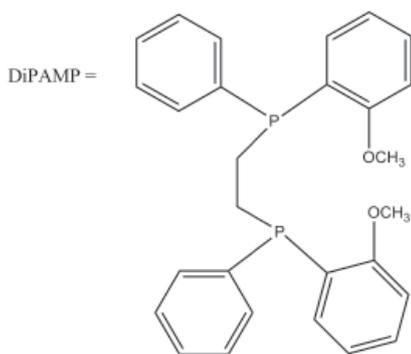
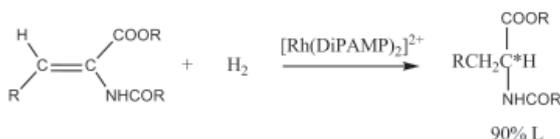


Figura 5 – Esquema para a hidrogenação assimétrica de alcenos pró-quirais

O ródio é de longe o metal mais caro do grupo da platina, pois ele é muito usado em processos catalíticos industriais e nos conversores catalíticos de automóveis, em conjunto com a platina e o paládio. Este metal é cerca de quarenta vezes mais caro do que o paládio, que tem uma aplicação catalítica muito menor, mesmo embora eles ocorram com abundância similar na crosta terrestre [13, 14].

Entre os compostos de ródio, os carboxilatos de ródio(II) são bem estudados, devido às suas propriedades anti-tumorais [22, 23]. Entretanto, o ródio é estudado em outras aplicações, tais como sensores electroquímicos e catálise química.

Um dos sistemas catalíticos mais explorados é o complexo de Rh(I),  $[\text{RhCl}(\text{Ph}_3)_3]$ , frequentemente chama-

do de catalisador de Wilkinson. Este importante catalisador hidrogena uma ampla variedade de alcenos e alcinos [13, 14]. Os complexos organometálicos de ródio são os mais enantioselectivos, sendo vastamente usados em sínteses orgânicas [23]. Um exemplo moderno do uso do ródio como catalisador é o processo Monsanto, onde o composto de ródio, Figura 4, catalisa a reacção de adição de monóxido de carbono a metanol gerando ácido acético. Outros exemplos são a hidroformilação, na qual a reacção entre monóxido de carbono e hidrogénio molecular com um alceno leva à produção de aldeído e à hidrogenação assimétrica de alcenos pró-quirais, Figura 5 [2, 14]. Além disso, os compostos de ródio constituem-se numa alternativa promissora na produção de sensores electroquímicos, em função da grande possibilidade de variação das suas propriedades de transferência de electrões e de modulação dos potenciais redox via variação dos ligantes [24]. Também é importante destacar que a interacção dos complexos de ródio com proteínas, especialmente com enzimas, possibilita o aperfeiçoamento de biossensores já existentes [24]. Embora o ródio tenha boas aplicações apresenta como grande desvantagem o seu alto custo.

## ÓSMIO E IRÍDIO

Entre os metais do grupo da platina, o irídio e o ósmio são os que possuem menor número de aplicações. Isto porque o irídio é o metal mais inerte do grupo e o ósmio é o mais tóxico.

No caso do irídio, o metal pode ser utilizado na produção de dispositivos que devem possuir elevado ponto de fusão, como cadinhos [1, 13]. Algumas das suas ligas, como a de Pt/Ir são utilizadas em sistemas automóveis para aumentar a vida útil de eléctrodos de velas de ignição, que possuem alto valor de mercado e são amplamente usadas em helicópteros [13, 25]. O irídio, juntamente com o ósmio, é utilizado na produção de uma liga muito dura para a fabricação de diversos tipos de agulhas que podem ser utilizadas em gira-discos, bússolas e na ponta de canetas tinteiro. O seu isótopo  $^{192}\text{Ir}$  é usado na obtenção de radiografias [25].

Para o ósmio, além das aplicações citadas acima, na forma combinada com outros elementos, tem sido utilizado na produção de ligas com alta resistência mecânica. Em implantes cirúrgicos, é largamente utilizada uma liga de Os/Pt em válvulas artificiais para os pulmões e em marca-passos [1, 25]. Soluções de OsO<sub>4</sub> são usadas como corantes biológicos em técnicas biomédicas para detecções microscópicas de impressões digitais, pois a matéria orgânica reduz o OsO<sub>4</sub> a OsO<sub>2</sub> que possui cor preta. O OsO<sub>4</sub>, por ser um potente agente oxidante, é utilizado em química orgânica como catalisador na quebra de ligações duplas para a produção de *cis*-glicóis [13].

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o uso de metais do grupo da platina seja antigo, principalmente da platina, que pode ocorrer na natureza no estado nativo, o interesse nos estudos envolvendo a aplicabilidade destes metais é bem recente se comparada aos metais descobertos por civilizações antigas (Cu, Au, Ag e Pb). Um factor que contribui para uma maior restrição no uso destes metais é o seu alto valor de mercado, que é resultado da escassez na crosta terrestre e da complexidade envolvida nos processos de extracção e purificação desses elementos. Mesmo assim, tem aumentado a procura destes metais para as mais variadas aplicações, sendo actualmente utilizados principalmente na produção de catalisadores (Pt, Pd e Rh), ligas metálicas, jóias e fármacos (Pt).

Quanto às perspectivas futuras da aplicação dos platinóides, podemos dizer que a utilização destes metais como catalisadores tem evoluído no sentido de reduzir as emissões nocivas ao meio ambiente provenientes de automóveis. Espera-se também que compostos de ruténio sejam usados no tratamento do cancro, pois além de apresentarem boa actividade antitumoral, possuem baixa toxicidade,

quando comparados aos compostos de platina que actualmente são usados nas práticas médicas. Essa baixa toxicidade é devida à capacidade do ruténio de imitar a ligação do ferro com biomoléculas. Sendo assim, o Ru explora os mecanismos de defesa do organismo que seriam para a eliminação do ferro em excesso [26].

Para suprir a crescente procura mundial dos metais do grupo da platina e propiciar novas aplicações para estes elementos, faz-se necessária a descoberta de novas reservas minerais. O Brasil, que é um grande detentor de recursos minerais tem realizado pesquisas geológicas no sentido de encontrar reservas exploráveis destes metais, mas até o momento o país não produz em quantidades significativas metais do grupo da platina [11]. Outro factor relevante é a necessidade de reciclagem dos metais desse grupo e o uso consciente, pois além de escassos, eles possuem elevados custos.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e à Universidade Federal de Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

- [1] SDBS Web: <http://www.webelements.com> (WebElements: the periodic table on the web, acedido em 06-04-2010).
- [2] C. J. Jones, *A química dos elementos dos blocos d e f*, Editora Bookman, Porto Alegre, 2002.
- [3] SDBS Web: <http://www.eoearth.org/article/platinum> (The encyclopedia of earth, acedido em 05-02-2010).
- [4] J. H. Maar, *História da Química*, Editora Conceito, Florianópolis, 2008.
- [5] Donald McDonald, Leslie B. Hunt, *A History of Platinum and its Allied Metals*, Johnson Matthey, London, 1982.
- [6] SDBS Web: <http://www.chemeddl.org/collections/pt/PTL/elements/Pt/frames.html> (Periodic Table Live, acedido em 17-02-2010).

- [7] W. P. Griffith; *Platinum Metals Rev.* **47** (2003)175-183.
- [8] Ian E. Cottingham, Johnson Matthey, Hatton Garden, *Platinum Metals Rev.***35** (1991) 141-151 e [www.rsc.org/chemistryworld/podcast/Iridium.asp](http://www.rsc.org/chemistryworld/podcast/Iridium.asp), acedido em 17/01/2010
- [9] W. P. Griffith, *Platinum Metals Rev.* **49** (2004)182-189.
- [10] V. N. Pitchkov, *Platinum Metals Rev.* **40** (1996)181-188.
- [11] P. P. Silva, W. Guerra, *Química Nova na Escola*, **2** (2010) 128-129.
- [12] Ohlweiler, Otto Alcides, *Química Inorgânica*, São Paulo, 1971.
- [13] J. D. Lee, *Química Inorgânica não tão Concisa*, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1999.
- [14] D. F. Shriver, P. W. Atkins, *Química inorgânica*, Editora Bookman, Porto Alegre, 2003.
- [15] A. Garoufis, S. K. Hadjidakou, N. Hadjiliadis, *Coord. Chem. Rev.* **253** (2009) 1384-1397.
- [16] A. K. M. Fung, B. K. W. Chiu, M. H. W. Lam, *Water Res.* **37** (2003)1939-1947.
- [17] I. Bedja, P. V. Kamat, X. Hua, A. G. Lappin, S. Hotschandani, *Langmuir* **13** (1997) 2398-2403.
- [18] M.J. Clarke, *Met. Ions Biol. Syst.* **11** (1980) 231-283.
- [19] M. A. Jakupec, E. Reisner, *J. Med. Chem.* **48** (2005) 2831-2837.
- [20] R. E. Morris, R. E. Aird, *J. Med. Chem.* **44** (2001) 3616-3621.
- [21] Z. ChengHe, G. LinLing, Z. YiYi, Z. FeiFei, W. GuangZhou, J. Lei, G. RongXia, *Sci China Ser B-Chem.* **52** (2009) 415-458.
- [22] Najjar, R.; *Quim. Nova* **15** (1992) 323-327 e A. R. Souza, R. Najjar, E. Oliveira, S. B. Zyngier, *Meta-Based Drugs.* **4** (1997) 39-41.
- [23] E. S. C. Temba, I. M. F. Oliveira; C. L. Donnici, *Quim. Nova* **26** (2003) 112-122.
- [24] E. S. Gil e L. T. Kubota, *Quim. Nova* **21**(1998) 755-760.
- [25] SDBS Web: <http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/lr.html> (Environmental Chemistry, acedido em 03-04-2010).
- [26] C. S. Allardyce, P. J. Dyson, *Platinum Metals Rev* **45** (2001) 62-69.



Sociedade Portuguesa de Química  
Avenida da República, nº45 - 3º Esq.  
1050-187 Lisboa - Portugal

URL: [www.spq.pt](http://www.spq.pt)  
E-mail: [sede@spq.pt](mailto:sede@spq.pt)

2<sup>as</sup> Jornadas de  
Electroquímica e Inovação



✓ *Palestrantes*

**Herman van Leeuwen** - Wageningen University

**Josep Galceran** - Universitat de Lleida

**Hubert Girault** – École Polytechnique Fédérale de Lausanne

✓ *Datas importantes*

**Envio de resumo** - 3 de Janeiro

**Inscrição** - 21 de Janeiro

*Prémio Jovem  
Investigador*

[www.e-inov.org](http://www.e-inov.org)

Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faro

11 de Fevereiro de 2011

# COMPLEXOS DE METAIS DE TRANSIÇÃO EM QUÍMICA FINA E MEDICINAL

## APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

MARIETTE M. PEREIRA<sup>1,\*</sup> E MARIA JOSÉ S. M. MORENO<sup>2</sup>

**E**ste artigo contextualiza a importância dos complexos de metais de transição nos domínios da Química Fina, Química Medicinal e Química Verde e exemplifica o interesse da sua utilização em hidrogenações e hidroformilações catalíticas homogêneas que integram processos de produção de fármacos. O contributo do Grupo de Catálise & Química Fina da Universidade de Coimbra (C&QF), no âmbito da utilização de complexos metálicos de Rh para otimizar e ampliar a aplicação destas mesmas reacções ao design e síntese de compostos com potencial actividade biológica, é também referido.

### METAIS DE TRANSIÇÃO EM QUÍMICA FINA E MEDICINAL

A legislação portuguesa estabelece que medicamento é “*toda a substância ou associação de substâncias apresentada como possuindo propriedades curativas ou preventivas de doenças em seres humanos ou dos seus sintomas ou que possa ser utilizada ou administrada no ser humano com vista a estabelecer um diagnóstico médico ou, exercendo uma acção farmacológica, imunológica ou metabólica, a restaurar, corrigir ou modificar funções fisiológicas*” [1].

A crescente aplicação de complexos de coordenação de metais de transição como fármacos revela o interesse que têm suscitado em Química Medicinal, cuja actuação se centra na “*descoberta, design, identificação e preparação de compostos biologicamente activos, bem como do estudo do respectivo metabolismo e modo de acção*” [2]. O trabalho desenvolvido por Alfred Werner (Prémio Nobel, 1913) na investigação de compostos contendo cobalto, cloro e amónia, bem como a descoberta, na década de 60 do século XX, da actividade an-

titumoral de um complexo de Pt (II) e sua consequente introdução na clínica, constituíram marcos importantes nesta área científica [3]. Para além de serem os agentes antitumorais mais usados, os complexos de metais de transição, designados por metalofármacos, apresentam um espectro de propriedades terapêuticas alargado, podendo ser utilizados como anti-inflamatórios, antiartríticos, antibacterianos, antifúngicos, antivirais, anticonvulsivantes e antidiabéticos (Figura 1). De facto, o contributo para a área da saúde de compostos contendo metais é tão significativo que, actualmente, constitui uma indústria

que movimenta biliões de Euros [4, 5]. Mas os compostos de coordenação destes metais, não só contribuem directamente para o arsenal de medicamentos disponíveis para o tratamento de diversas patologias [6, 7], como também concorrem, enquanto catalisadores das mais distintas transformações químicas, para a síntese de fármacos orgânicos não isoláveis de fontes naturais, sendo igualmente importantes na duplicação sintética de outros que têm essa origem, bem como na semi-síntese de moléculas com propriedades terapêuticas mais favoráveis do que as que provêm de matérias-primas naturais.

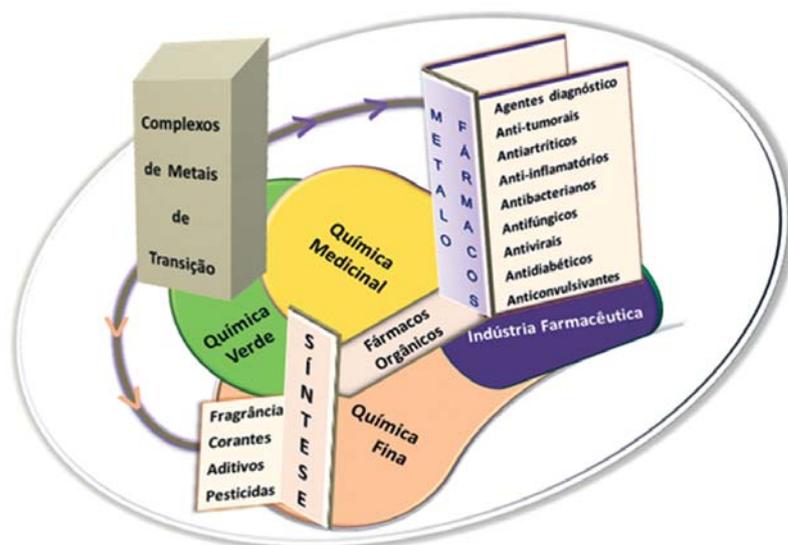


Figura 1 – Contextualização dos complexos de metais de transição como fármacos e catalisadores, no âmbito da Química Medicinal, Química Fina, Química Verde e Indústria Farmacêutica, evidenciando as inter-relações destes domínios

<sup>1,\*</sup> Departamento de Química, Universidade de Coimbra, Rua Larga, 3004-535 Coimbra  
E-mail: mmpereira@qui.uc.pt

<sup>2</sup> Faculdade de Farmácia, Universidade de Coimbra, Pólo das Ciências da Saúde, Azinhaga de Santa Comba, 3000-548 Coimbra

Portanto, os complexos de metais de transição são da maior relevância para a Indústria Farmacêutica e, num senso mais lato, para a Química Fina, já que esta se ocupa da síntese de moléculas poli-funcionalizadas, com esteoquímica complexa e com utilização específica, onde se englobam também os fármacos, para além de pesticidas, fragrâncias, corantes e aditivos alimentares (Figura 1). Estes produtos, obtidos puros numa escala industrial que não excede as 10000 toneladas anuais, caracterizam-se por terem um elevado valor acrescentado [8].

Como exemplo ilustrativo desta realidade refere-se o fármaco mais utilizado em todo o mundo no tratamento de níveis elevados de colesterol, a atorvastatina (C33), cuja síntese se inicia com metanol (C1) e ácido acético (C2), ambos matérias-primas acessíveis que são manufacturadas em larga escala pela Química Pesada (Tabela 1). Após vários passos de preparação, originam os intermediários I e II que, tal como a atorvastatina, são considerados produtos de Química Fina. Nesta transformação há um elevado valor acrescentado que é ainda incrementado quando a atorvastatina é submetida ao processo subsequente de formulação, originando uma especialidade farmacêutica com um preço superior a 80000 \$/kg [8]. Outros exemplos que evidenciam bem o papel dos metais de transição na síntese de novos fármacos centram-se na catálise com complexos de Pd na formação de ligações carbono-carbono, passo determinante na síntese de novas moléculas como a discodermolida [9], que possui propriedades imunossupressoras e antifúngicas e

evidencia uma potencial actividade anticancerígena. A relevância da investigação realizada neste âmbito por R. F. Heck, A. Suzuki e E. Negishi levou a que fossem galardoados com o Prémio Nobel da Química 2010.

### METAIS DE TRANSIÇÃO EM QUÍMICA VERDE

A produção industrial de fármacos e de outros produtos de Química Fina decorre tradicionalmente em múltiplos passos não catalíticos. A relação produto acabado/matéria-prima é menor do que para um produto proveniente da indústria química pesada e, devido à inerente complexidade estrutural destas moléculas, os processos de síntese são mais elaborados, o que significa maior produção de resíduos, incluindo subprodutos e co-produtos, solventes e reagentes usados, assim como resíduos de limpeza dos próprios equipamentos utilizados. O desafio actual, neste sector de produção de fármacos e seus intermediários de síntese é continuar a satisfazer as necessidades na área da saúde, fornecendo produtos seguros e eficazes, de uma forma economicamente viável e sem os efeitos colaterais adversos para o ambiente (Figura 1).

Estas novas exigências, longe de estarem atendidas, requerem a aplicação de estratégias e conceitos relacionados com desenvolvimento sustentável e química amiga do ambiente, também designada por Química Verde, que contempla a utilização de técnicas químicas e metodologias que promovem o *design*, desenvolvimento e implementação de processos de produção capazes de reduzir ou elimi-

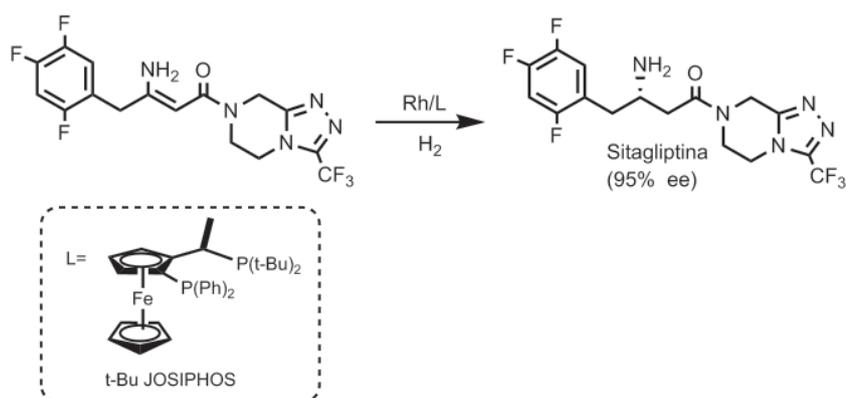
nar a formação de substâncias lesivas para a saúde e ambiente [10]. Neste contexto, é essencial o uso de catalisadores, matérias-primas renováveis, solventes alternativos/reacções sem solventes e a utilização sustentável de energia, entre outras abordagens inovadoras no âmbito da engenharia. Este conjunto de tecnologias ambientalmente benignas tem sido explorado e integrado em investigação e desenvolvimento de fármacos, para atingir a prevenção/redução de impactos ambientais na sua produção [11].

A título de exemplo salienta-se a síntese da sitagliptina, desenvolvida pela Merck em colaboração com a Solvias e que foi distinguida, em 2009, pela **United States Environmental Protection Agency - EPA** com o **Greener Synthetic Pathways Award** por incorporar princípios da Química Verde [12]. A obtenção deste fármaco, utilizado no tratamento da *diabetes melitus* tipo 2, inclui um passo sintético determinante que consiste na hidrogenação catalítica assimétrica de uma enamina intermediária desprotegida, utilizando como catalisador um complexo de Rh/t-Bu JOSIPHOS (Esquema 1).

Esta hidrogenação é altamente eficiente, permite o isolamento final da sitagliptina com elevada pureza óptica e química e reduz significativamente os resíduos gerados, com eliminação completa de efluentes aquosos [13]. Portanto, a adopção de medidas de prevenção em processos industriais, para além de promover um ganho ambiental significativo, apresenta-se como uma solução viável em termos económicos.

**Tabela 1** – Exemplo da transformação de moléculas mono-funcionalizadas de Química Pesada em produtos poli-funcionalizados de Química Fina

Parâmetros	Metanol CH <sub>4</sub> O	Ácido Acético C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	Intermediários (I) C <sub>7</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub>	Intermediários (II) C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> NO <sub>4</sub>	Atorvastatina C <sub>33</sub> H <sub>35</sub> FN <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Passos de preparação	1	2	5	15	20
Produção (toneladas/ano)	32 x 10 <sup>6</sup>	8 x 10 <sup>6</sup>	200	300	400
Preço (\$/kg)	0.2	1.00	100	200	2000



Esquema 1

Os métodos catalíticos podem efectivamente melhorar a economia atómica de uma reacção, que é um conceito fundamental em Química Verde [14], traduzindo-se em maximizar a conversão e selectividade, minimizando ou anulando a produção de subprodutos. Este papel dos catalisadores sai reforçado e enfatizado quando conseguem resumir uma sequência de várias etapas de síntese a uma conversão num único passo, reduzindo a energia necessária para o processo e diminuindo os resíduos produzidos. Portanto, também no âmbito da Química Verde, os complexos de metais de transição vêm dando um contributo substancial como catalisadores passíveis de serem usados em fase homogénea ou heterogénea.

Em regra, nos processos industriais, a catálise heterogénea é geralmente preferida porque facilita a recuperação do catalisador e permite um modo de operação contínua. No entanto, as temperaturas elevadas requeridas diminuem significativamente a selectividade dos processos. Em contrapartida, os sistemas catalíticos homogéneos possibilitam reacções mais rápidas e selectivas, para além de permitirem modelar o seu mecanismo, construindo catalisadores “por medida” através da variação de ligandos. De facto, o *design* adequado de um catalisador pode proporcionar uma melhoria significativa do seu desempenho numa transformação química específica [15].

Como a viabilização de reacções rápidas e com elevada quimio-, regio- e enantioselectividade é de primordial

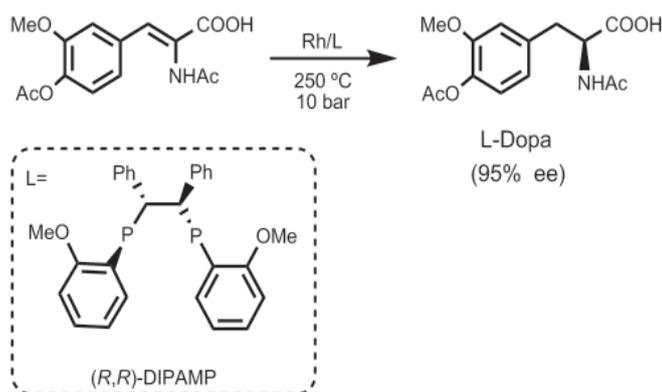
importância na síntese industrial de fármacos quirais, os complexos de metais de transição cataliticamente activos, em fase homogénea, têm sido preferencialmente utilizados na sua produção, tal como se refere em seguida, até porque também são compatíveis com o tipo de processos comumente usados na indústria farmacêutica.

### HIDROGENAÇÕES CATALÍTICAS HOMOGÉNEAS

A hidrogenação de olefinas é uma das reacções catalíticas mais extensamente estudadas, sendo os processos industriais maioritariamente heterogéneos. O primeiro sistema catalítico homogéneo a ser utilizado na hidrogenação de alcenos, alcinos e de aldeídos e cetonas foi o complexo  $Rh(PPh)_3Cl$ , comumente conhecido como catalisador de Wilkinson (Prémio Nobel da Química, 1973). Este catalisador permite a hidrogenação preferencial de alcenos não substituídos e de alcenos terminais, à tem-

peratura ambiente e pressão atmosférica. A hidrogenação de compostos multifuncionais tem sido e continua a ser objecto de investigação académica e aplicada, visando a concepção e desenvolvimento de catalisadores altamente activos e selectivos [16, 17]. Efectivamente, a evolução ao longo das últimas duas décadas da legislação que regulamenta a aprovação de medicamentos tem impulsionado a indústria farmacêutica a produzir, sistematicamente, fármacos quirais sintéticos na forma de compostos enantiomericamente puros, já que os dois enantiómeros podem causar efeitos biológicos diferentes.

A principal metodologia implementada com este objectivo envolve a catálise enantioselectiva, permite transformar matérias-primas pró-quirais em moléculas quirais, com recurso a catalisadores adequados [18]. Pela investigação realizada neste âmbito, W. Knowles e R. Noyori foram distinguidos, em 2001, com o Prémio Nobel da Química. Os sistemas catalíticos mais versáteis, utilizados em fase homogénea, são constituídos por complexos de metais de transição que integram ligandos quirais, o que lhes permite o reconhecimento da conformação preferencial do substrato insaturado. A primeira aplicação industrial relevante desta metodologia consistiu na produção da L-Dopa - fármaco quiral usado para o tratamento sintomático da doença de Parkinson - através da hidrogenação assimétrica dos derivados do ácido cinâmico (enamidas pró-quirais) com um complexo catiónico de Rh, contendo a difosfina quiral DIPAMP como ligando (Esquema 2) [19].



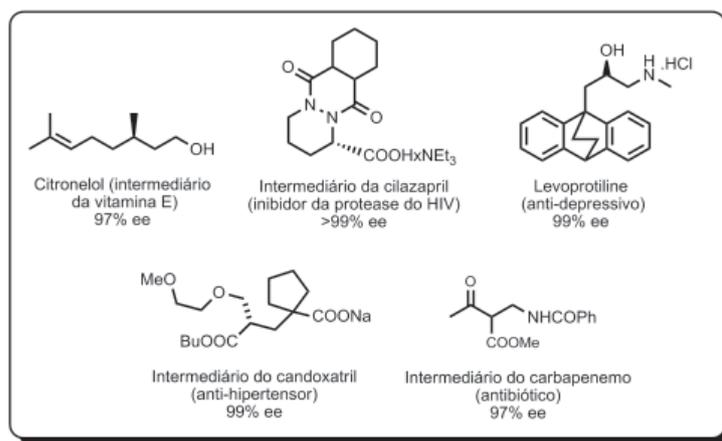
Esquema 2

A actividade e a selectividade conseguidas nestas reacções catalíticas, para além de dependerem da estrutura da olefina, são também condicionadas pelo metal e ligando de fósforo utilizado. A experiência tem mostrado que, para o mesmo metal, a variação da estrutura do ligando pode permitir o ajuste das propriedades electrónicas e estéricas dos complexos cataliticamente activos, melhorando o resultado de reacções catalíticas, especialmente em termos da sua conversão, selectividade e impacto ambiental. De facto, a exploração do efeito dos ligandos nas propriedades dos complexos metálicos tem levado ao desenvolvimento de uma plethora de catalisadores homogéneos, úteis na produção de uma ampla gama de compostos [20].

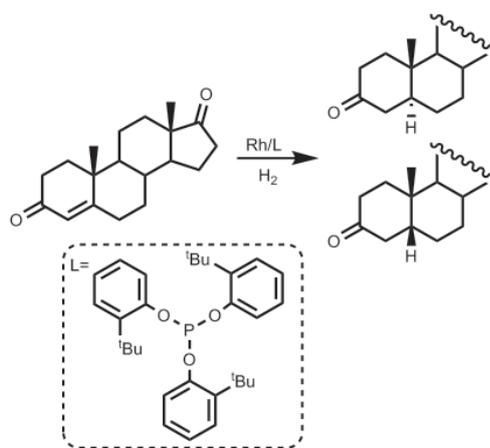
A hidrogenação catalítica homogénea de compostos carbonílicos não está tão difundida. Para este efeito, os catalisadores de Ru (II) são mais activos que os análogos de Rh (I). Na hidrogenação industrial de aldeídos e cetonas contendo outros grupos polares como aminoácidos, hidroxilo, éster, amida e sulfato, que permitem uma interacção adicional com o complexo metálico, têm sido obtidos elevados excessos enantioméricos [21].

Após a Monsanto ter introduzido a hidrogenação enantioselectiva no processo de síntese da L-Dopa (Esquema 2), outras indústrias farmacêuticas adoptaram metodologias análogas na preparação de intermediários de outros fármacos, encontrando-se umas ainda em fase piloto e outras já plenamente implementadas na sua produção. Como exemplos representativos da hidrogenação catalítica enantioselectiva de ligações C=C, refere-se a preparação de intermediários na síntese da vitamina E (Takasago), do inibidor da protease do HIV cilazapril (Roche) e do anti-hipertensor candoxatril (Chiroteck/Pfizer). A hidrogenação catalítica de ligações C=O tem sido também aplicada no processo de síntese do anti-depressivo levoprotilline (Ciba-Geigi/Solvias) e do antibiótico carbapenemo (Takasago) (Esquema 3) [21].

Neste âmbito da hidrogenação, o grupo C&QF investigou a aplicação do



Esquema 3



Esquema 4

sistema catalítico de Rh(I) na hidrogenação de 3-oxo-esteróides insaturados em C-4, das séries androstano, colestano e pregnano, procedendo à variação sistemática de ligandos de fósforo no catalisador preparado *in situ*. Para a mesma reacção procedeu-se ainda à modelação dos parâmetros razão substrato/catalisador, solvente, temperatura e pressão. Desta forma, foi possível obter as correspondentes cetonas saturadas com a desejável quimio- e estereoselectividade, situando-se os rendimentos na ordem dos 80% (Esquema 4) [22]. Para este tipo de substratos, o isómero 5 $\alpha$ -H, termodinamicamente mais estável, predomina nas reacções efectuadas com sistemas catalíticos homogéneos, enquanto o isómero 5 $\beta$ -H é o principal produto resultante do processo catalítico heterogéneo. Esta inversão de estereoselectividade tem merecido particular atenção pelo potencial que apresenta na síntese de hormonas e vitaminas.

Porém, a difícil recuperação do catalisador na hidrogenação catalítica homogénea destes oxo-esteróides  $\alpha,\beta$ -insaturados condicionava o seu potencial interesse na indústria farmacêutica. Para superar esta limitação efectuou-se a ligação do catalisador homogéneo a um suporte sólido adequado, de forma a viabilizar a sua heterogeneização. Assim, através da imobilização do catalisador em resinas de troca iónica ou num suporte sólido de PtO<sub>2</sub>, foi possível conseguir a sua reutilização, sem comprometimento das selectividades evidenciadas em fase homogénea, o que poderá vir a viabilizar, num futuro próximo, a transposição desta heterogeneização do catalisador para uma escala preparativa [23, 24].

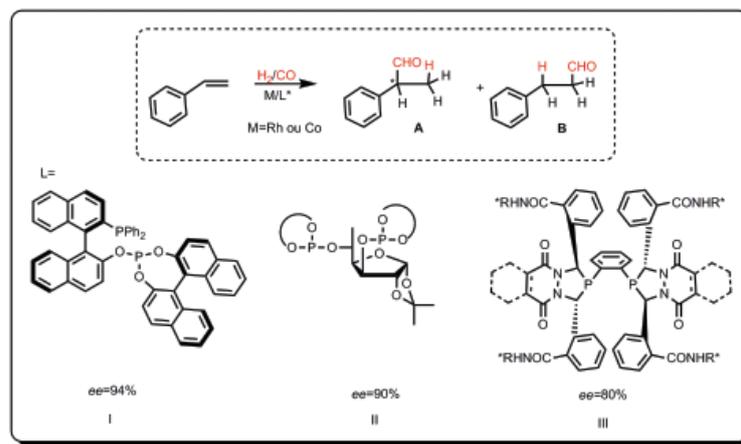
Esta metodologia de heterogeneização de catalisadores homogéneos, para além de ter interesse na indústria, vem sendo objecto de investigação centrada no estudo de novas es-

pécies catalíticas que possam revelar propriedades inusitadas.

## HIDROFOMILAÇÕES CATALÍTICAS HOMOGÊNEAS

A reacção de hidroformilação foi descoberta, acidentalmente, por Otto-Roelen em 1938 quando trabalhava no desenvolvimento da reacção de Fischer-Tropsch para a indústria Ruhrchemie [25]. Esta reacção consiste na adição de monóxido de carbono e hidrogénio a olefinas para formar o correspondente aldeído, num processo que pode ser catalisado por diferentes complexos de metais de transição (Esquema 5). De entre os diversos tipos de catalisadores aplicados a nível industrial, salientamos os complexos de cobalto e de ródio coordenados, ou não, com ligandos de fósforo [26]. Este processo catalítico permite formar novas ligações carbono-carbono com incorporação de todos os átomos dos reagentes ( $H_2$  e  $CO$ ) no produto final, sendo por isso um excelente exemplo duma transformação com completa economia atómica. Apesar de nos primeiros tempos esta reacção ter sido fundamentalmente aplicada à síntese de produtos pouco funcionalizados do foro da Química Pesada, com o desenvolvimento de novos catalisadores quirais (Esquema 5) passou a ser também um processo relevante para Química Fina [27-30], nomeadamente na síntese industrial de um precursor da vitamina A (BASF e Hoffmann-La Roche) [31, 32]. A sua aplicação na produção de aldeídos quirais foi, durante muitos anos, limitada por restrições resultantes das baixas regio- e sobretudo enantioselectividades dos processos catalíticos. Contudo, foram abertos novos horizontes com a emergência de ligandos quirais que permitem a aplicação desta reacção na preparação de aldeídos enantiomericamente puros, que são importantes *building blocks*/precursores de moléculas mais complexas, farmacologicamente activas, tais como: antibióticos, peptídeos, macrociclos antitumorais e prostaglandinas [30].

Devido ao interesse crescente na obtenção de novos derivados de ácidos aril-propiónicos quirais, com diversas aplicações na indústria farmacêutica para a preparação de substâncias



Esquema 5

activas com reconhecida actividade inflamatória, o estireno tem sido um dos substratos modelo mais estudados nesta reacção [26]. No entanto, para que esta possa ser aplicada a nível industrial na preparação de ácidos aril-propiónicos [33] é importante desenvolver, não só, novos ligandos quirais/catalisadores, mas também otimizar as condições de reacção para obter elevadas regioselectividades do aldeído ramificado (Esquema 5A). Neste sentido, o grupo C&QF desenvolveu recentemente estudos de optimização da regioselectividade da hidroformilação de vinil-aromáticos como o estireno e a clorofila, recorrendo a um planeamento factorial  $2^2$ , o que permitiu atingir regioselectividades próximas de 100% para o aldeído ramificado do estireno e de beta vinil-porfirinas, efectuando um número reduzido de experiências (Tabela 2). De facto, o planeamento factorial tem-se revelado como uma excelente ferramenta para a optimização de processos sintéticos [21, 34].

A utilização de complexos organometálicos na funcionalização de esteróides foi recentemente descrito por Kollar [35] num artigo de revisão, onde fica patente que a hidroformilação também permite introduzir um grupo formilo, num único passo e de forma diastereoselectiva, em duplas ligações internas de núcleos de esteróides. A primeira hidroformilação deste tipo de substratos foi descrita por Pike e Wender [36], nos anos 50, utilizando como catalisador o complexo  $[CoH(CO)_4]$  em quantidades estequiométricas e recorrendo a condições de reacção muito severas.

Mais recentemente, surgiram outros exemplos da sua aplicação na funcionalização de esteróides insaturados em C-16, utilizando catalisadores de ródio coordenados com fosfinas alquílicas [37]. A contribuição do grupo C&QF, neste âmbito, traduziu-se no desenvolvimento da hidroformilação diastereoselectiva de esteróides de diversas séries, insaturados em C-4, utilizando complexos de ródio/*tris*(*o-tert*-butilfenil)fosfito como catalisador (Tabela 2) [38]. Esta reacção tem constituído um exemplo de referência, também a nível pedagógico, já que permite demonstrar experimentalmente a modulação da reactividade e da regio- e diastereoselectividade destas reacções catalíticas. Salienta-se ainda que a hidroformilação aplicada a terpenos naturais permite obter aldeídos que podem desempenhar um importante papel como intermediários em síntese de produtos do foro da Química Fina [39].

Neste domínio e no âmbito de um projecto Ibero-Americano que contempla a hidroformilação diastereoselectiva de produtos naturais, o grupo C&QF desenvolveu estudos de hidroformilação de mono e diterpenos tendo em vista a obtenção de produtos de elevado valor acrescentado, nomeadamente derivados do acetato de mirtenol [38] (Tabela 2), assim como do ácido kaurénico e do kaurenol (Tabela 2), que é uma matéria-prima natural obtida a partir de uma planta resinosa “frailejón” nativa das montanhas dos Andes [41].

Os exemplos aqui apresentados evidenciam que o desenvolvimento

recente de catalisadores quirais altamente regio e enantioselectivos pode ampliar a utilização da hidroformilação como ferramenta sintética na obtenção de produtos de elevado valor acrescentado, designadamente com potenciais aplicações no domínio da Química Fina.

## CONCLUSÃO

A indústria farmacêutica precisa de continuar a desenvolver e produzir complexos de metais de transição que possuam uma acção terapêutica inerente. Em simultâneo, carece também de novos complexos de metais de transição capazes de actuarem como catalisadores selectivos, recuperáveis e reutilizáveis, que permitam sintetizar novos fármacos ou otimizar a produção de outros já introduzidos na prática clínica e usados rotineiramente. Estas necessidades, compaginadas com estratégias e conceitos relacionados com Desenvolvimento Sustentável e Química Verde vêm liderando muita da investigação realizada no âmbito da Química Fina e Medicinal, no que se refere ao *design*, desenvolvimento e produção de compostos biologicamente activos. É nesta con-

fluência inter- e transdisciplinar de interesses e objectivos que os complexos de metais de transição têm um papel relevante a protagonizar.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a contribuição das equipas de investigação dos Projectos PTDC/QUI/88015/2006 e PTDC/QUI/112913/2009 financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT); do Projecto Ibero-Americano CYTED-V-9 e dos alunos do Programa de Pós-Graduação do Grupo de Catálise & Química Fina do Departamento de Química - Universidade de Coimbra, em particular A. F. Peixoto, A. R. Almeida, A. R. Abreu, R. Nunes e R. Carrilho.

## REFERÊNCIAS

- [1] Decreto-Lei nº 176/2006 de 30 de Agosto; Artigo 3º; alínea ee)
- [2] C. G. Wermuth, C. R. Ganellin, P. Lindberg, L. A. Mitscher IUPAC, *Pure and Applied Chemistry* **70** (1998) 1129-1143.
- [3] E. R. Jamieson, S. J. Lippard, *Chem. Rev.* **99** (1999) 2467-2498.

- [4] D. Chen, V. Milacic, M. Frezza, Q. P. Dou, *Curr. Pharm. Des.* **15** (2009) 777-791.
- [5] S. M. Cohen, *Curr. Opin. Chem. Biol.* **11** (2007) 115-120.
- [6] S. P. Fricker, *Dalton Trans.* (2007) 4903-4917.
- [7] S. Rafique, M. Idrees, A. Nasim, H. Akbar, A. Athar, *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* **5** (2010) 38-45.
- [8] P. Pollak, *Fine Chemicals: The Industry and the Business*, John Wiley & Sons, 2007.
- [9] S. P. Gunasekera, M. Gunasekera, R. E. Longley, G. K. Schulte, *J. Org. Chem.* **55** (1990) 4912-4915.
- [10] P. T. Anastas, J. C. Warner, *Química Verde: Teoria e Prática*, Oxford University Press: New York, 1998.
- [11] P. J. Dunn, A. S. Wells, M. T. Williams, *Future Trends for Green Chemistry in the Pharmaceutical Industry. In Green Chemistry in the Pharmaceutical Industry* (eds P. J. Dunn, A. S. Wells and M. T. Williams), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co: KGaA, Weinheim, Germany, 2010, cap. 16.
- [12] [http://www.epa.gov/gcc/pubs/docs/award\\_recipients\\_1996\\_2010.pdf](http://www.epa.gov/gcc/pubs/docs/award_recipients_1996_2010.pdf)
- [13] K. B. Hansen, Y. Hsiao, F. Xu, N. Rivera, A. Clausen, M. Kubryk, S. Krska, T. Rosner, B. Simmons, J. Balsells, N. Ikemoto, Y. Sun, F. Spindler, C. Malan, E. J. J. Grabowski, J. D. Armstrong, *J. Am. Chem. Soc.* **131** (2009) 8798-8804.
- [14] B. M. Trost, *Science* **254** (1991) 1471-1477.
- [15] P.W.N.M. vanLeeuwen, *Homogeneous Catalysis. Understanding the Art*, Kluwer Academic Publ.: Dordrecht, 2004.
- [16] *Comprehensive Asymmetric Catalysis-I* in E. N. Jacobsen, A. Pfaltz, H. Yamamoto (eds.) Springer, Berlin-Heidelberg, 1999, vol. I, Cap. 5, pág. 102.
- [17] R. H. Morris, *Chem. Soc. Rev.* **38** (2009) 2282-2291.
- [18] H. U. Blaser, *Chem. Comm.* (2003) 293-296.
- [19] W. S. Knowles, *Adv. Synth. Catal.* **345** (2003) 3-13.
- [20] *Principles and Applications of Asymmetric Synthesis* in G.-Q. Lin, Y.-M. Li, A. S. C. Chan (eds.) Wiley Inter-science, Great Britain, 2000, Cap.6, pág. 331.
- [21] *Catalysis from Theory to Application: An Integrated Course*, in J. L. Figueiredo, M. M. Pereira, J. Faria (eds.), Coimbra, 2008.
- [22] R. M. D. Nunes, A. F. Peixoto, M. R. Axet, M. M. Pereira, M. J. Moreno, L.

Tabela 2 – Hidroformilações Catalíticas

Substrato	Produto	Regio. (%)	Diast. (%)
		95 <sup>[34]</sup>	-
		98 <sup>[34,40]</sup>	-
		100	70 <sup>[38]</sup>
		71	100 <sup>[38]</sup>
		100	57-81 <sup>[41]</sup>

- Kollár, C. Claver, S. Castillón, *J. Mol. Catal. A: Chem.* **247** (2006) 275–282.
- [23] R. M. D. Nunes, T. F. Fernandes, G. A. Carvalho, E. N. Santos, M. J. S. M. Moreno, A. P. Piedade, M. M. Pereira, *J. Mol. Catal. A: Chem.* **307** (2009) 115–120.
- [24] R. M. D. Nunes, B. F. Machado, M. M. Pereira, M. J. S. M. Moreno, J. L. Faria, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, aceite.
- [25] B. Cornils, W. A. Herrmann, M. Rasch, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **33** (1994) 2144-2163.
- [26] P.W.N.M. van Leeuwen, C. Claver, *Rhodium Catalyzed Hydroformylation*, Kluwer Academic, Dordrecht, 2000.
- [27] M. Beller, C. Bolm, *Transition Metals for Organic Synthesis. Building Blocks and Fine Chemicals*, Wiley-VCH, Weinheim, 1998, pág. 25.
- [28] A. Gual, C. Godard, S. Castillón, C. Claver, *Adv. Synth. Catal.* **352** (2010) 463-477.
- [29] J. Klosin, C. R. Landis, *Acc. Chem. Res.* **40** (2007) 1251-1259.
- [30] R. V. Chaudhari, *Curr. Opin. Drug Discov.* **11** (2008) 820-828.
- [31] G. W. Parshall, W. A. Nugent, *Chem. Tech.* **18** (1988) 184-190.
- [32] P. Fitton, H. Moffet, U.S. Patent, US4124619-A, 1978.
- [33] C. Botteghi, M. Marchetti, G. Ponte, *Química Nova* **20** (1997), 30.
- [34] A. F. Peixoto, M. M. Pereira, A. A. C. C. Pais, *J. Mol. Catal. A: Chem.* **267** (2007) 234-240.
- [35] R. Skode-Folkes, L. Kollár, *Chem Rev.* **103** (2003) 4095-4129.
- [36] a) P. F. Beal, M. A. Rebenstorf, J. E. Pike, *J. Am. Chem. Soc.* **81** (1959) 1231-1234; b) A. L. Nussbaum, T. L. Popper, E. P. Oliveto, S. Friedman, I. Wender, *J. Am. Chem. Soc.* **81** (1959) 1228-1231.
- [37] S. Toros, I. G.-Pécsi, B. Heil, S. Maho, Z. Tuba, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* (1992) 858-859.
- [38] A. F. Peixoto, M. M. Pereira, A.M.S. Silva, C. M. Foca, J. C. Bayón, M. J. S. M. Moreno, A. M. Beja, J. A. Paixão, M. Ramos Silva, *J. Mol. Catal. A: Chem.* **275** (2007) 121-129.
- [39] J. L. F. Monteiro, C. O. Veloso, *Topics in Catalysis* **27** (2004) 169-180.
- [40] A. F. Peixoto, M. M. Pereira, A. F. Sousa, A. A. C. C. Pais, M. G. P. M. S. Neves, A. M. S. Silva, J. A. S. Cavaleiro, *J. Mol. Catal. A: Chem.* **235** (2005) 185-193.
- [41] A. F. Peixoto, D. S. de Melo, T. F. Fernandes, Y. Fonseca, E. V. Gusevs-kaya, A. M.S. Silva, R. R. Contreras, M. Reyes, A. Usubillaga, E. N. dos Santos, M. M. Pereira, J. C. Bayón, *Appl Catal. A: Gen.* **340** (2008) 212-219.



## ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

### CATALISADORES COMUTÁVEIS

Os catalisadores não estão normalmente equipados com um interruptor on-off. No entanto, segundo investigadores da Northwestern University, é possível que complexos supramoleculares cataliticamente activos possam ser desenhados de modo a transitar, reversivelmente e de uma forma controlável, entre configurações distintas capazes de, selectivamente, mediar ou inibir uma reacção (*Science* 2010, 330, 66). Estes estudos sugerem novas estratégias para o projecto de catalisadores flexíveis, reguláveis através de meios químicos triviais.

Em resposta a um estímulo químico específico, como a presença de certos iões, enzimas alostéricas sofrem alterações conformacionais que possibilitam a regulação da actividade enzimática. Estas alterações são tipicamente desencadeadas pela ligação de um ião ou outra espécie química, a uma localização que não seja o centro activo da enzima.

Se este tipo de comportamento for extensível a substâncias organometálicas, então o alosterismo pode funcio-

nar como uma nova abordagem para o controlo de reacções catalisadas por uma vasta gama de compostos. No entanto, a engenharia molecular relacionada com este tipo de mimetização da Natureza tem-se revelado deveras problemática.

A equipa da Northwestern que inclui os químicos Hyo Jae Yoon, Junpei Kuwabara, Jun-Hyun Kim e Chad A. Mirkin, recorreu a métodos de síntese supramolecular de forma a ultrapassar estes desafios. Os investigadores sintetizaram estruturas supramoleculares a partir de duas unidades inertes contendo ciclos multi-fenil e uma unidade cataliticamente activa que possui um ligando de Al(III)-salen. As secções de multi-ciclos actuam como camadas de bloqueio ou abas que, dependendo da conformação especificada, podem expor ou ocultar o centro metálico, que actua como um catalisador de polimerização. Assim, a equipa demonstrou que a estrutura de três camadas pode mediar reacções de polimerização por abertura de anel de  $\epsilon$ -caprolactona. O tratamento da forma fechada ou inactiva da estrutura com iões cloreto

induz a abertura das abas, expondo o centro catalítico e despoletando a polimerização. Por outro lado, a adição de uma reduzida quantidade de um agente de remoção do cloreto causa o encerramento da estrutura e a consequente terminação da polimerização. Através da manipulação deste processo reversível, a equipa conseguiu sintonizar os pesos moleculares dos polímeros sintetizados.

“Este é um belo exemplo da forma como a flexibilidade da química supramolecular pode ser usada para mimetizar a Natureza”, afirma o professor de química Wenbin Lin da University of North Carolina, em Chapel Hill, que acrescenta, “esta abordagem permite antecipar muitas aplicações interessantes”.

(Adaptado do artigo de 4/10/2010 de Mitch Jacoby: Switchable Catalysts, *Chemical & Engineering News*, <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i40/8840notw6.html>)

PB

# Made in Europe for the World



**ChemPubSoc  
Europe**

A consortium of 16 European Chemical Societies

2010. 18 issues

**ChemPhysChem** is a leading journal for chemical physics and physical chemistry. The journal offers an attractive mixture of Communications, Articles & Minireviews  
[www.chemphyschem.org](http://www.chemphyschem.org)

2010. 18 Issues.

**ChemBioChem** is a leading journal for chemical biology and biological chemistry. The journal offers an attractive mixture of Communications, Full Papers, Reviews & Minireviews  
[www.chembiochem.org](http://www.chembiochem.org)



Impact Factor\*:  
**3.322**

Impact Factor\*:  
**3.636**

**10 years** of excellent publishing

\*2008 Journal Citation Reports® (Thomson Reuters, 2009)

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

[cs-journals@wiley.com](mailto:cs-journals@wiley.com)

(Americas, Europe, Middle East and Africa, Asia Pacific)

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

[cs-japan@wiley.com](mailto:cs-japan@wiley.com) (Japan)

 **WILEY-VCH**

58440004 GB

## OS NOMES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

ADÉLIO A. S. C. M. MACHADO<sup>1</sup>, BERNARDO J. HEROLD<sup>1</sup>, JOÃO CARDOSO<sup>2</sup>, JOAQUIM MARÇALO<sup>1</sup>, JOSÉ ALBERTO L. COSTA<sup>1</sup>, MARIA CLARA MAGALHÃES<sup>1,\*</sup>, MARIA HELENA GARCIA<sup>1</sup>, OLIVIER PELLEGRINO<sup>1</sup>, OSVALDO SERRA<sup>3</sup>, ROBERTO B. FARIA<sup>3</sup> E RUI TEIVES HENRIQUES<sup>1</sup>

Este segundo artigo sobre *Questões de nomenclatura* tem como objectivo informar os químicos portugueses sobre os problemas com que se deparou a comissão composta por portugueses, brasileiros e cabo-verdianos que está a traduzir e adaptar para português, nas vertentes europeia e brasileira, as *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* [1, 2], na tradução dos nomes dos elementos químicos e opções que teve de realizar.

O nome de cada elemento químico tem uma história diferente conforme exista naturalmente na Terra ou seja criado em laboratório através de reacções nucleares. O nome dos elementos que existem naturalmente na Terra está ligado à própria história desse elemento – a sua antiguidade e a sua utilização. Não havendo, no passado, uma tradição de designar os elementos químicos de uma só forma, tanto na vertente europeia, como brasileira, do português, apesar da raiz comum da maioria dos nomes, estes foram sofrendo alterações ao longo do tempo. Apesar das *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* [1] proporem um único nome para os elementos químicos, elas próprias dão o exemplo, em inglês, tanto da necessidade de compromisso entre as diversas variantes linguísticas ao proporem, por exemplo para o enxofre, unicamente o nome “sulfur”, como da possibilidade de aceitação de ligeiras alterações ao admitirem, por exemplo, as variantes

“aluminum” e “aluminium” para o alumínio.

A comissão [2] que está a traduzir as *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* recomenda os nomes dos elementos químicos constantes do Quadro 1. São aqui introduzidas pequenas alterações em alguns dos nomes dos elementos químicos utilizados actualmente, no sentido de harmonizar a nomenclatura em português nas variantes europeia e brasileira. No Quadro 1, na coluna das notas, apresentam-se não só as que constam das *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* [1], como alguma justificação dos presentes nomes dos elementos químicos. É de notar que na designação de alguns elementos, como por exemplo do berkélio, a forma de o escrever foi alterada em relação a formas anteriores, como resultado do novo texto do *Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa (1990)* 1 [3] admitir a existência da letra “k” e sugerir que, quando possível, não haja grandes adulterações na escrita, em português, de nomes próprios ou derivados de nomes próprios. As ligeiras alterações dos nomes dos elementos com os números atómicos 99 e 110, respectivamente, einsténio (*bras.* einsténio) e darmstácio, foram propostas tendo em atenção razões de ordem fonética.

Na atribuição dos nomes, em português, aos elementos artificiais que têm vindo a ser criados em laboratório, seguiram-se três regras que se tentaram aplicar caso a caso:

- × a adaptação ao português deve ser feita de modo que o conjunto de caracteres possa ser identificado em qualquer língua; e
- × a raiz inicial dos nomes deve ser mantida, uma vez que estes derivam de nomes próprios estrangeiros.

No sentido de simplificar a nomenclatura, evitando a proliferação de nomes, nas últimas *Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica* [1], é proposto um único nome para cada elemento químico. Deste modo, no caso daqueles elementos a que tradicionalmente eram atribuídos dois nomes, como os elementos com os números atómicos 7, 51 e 74, fixou-se em português os nomes, respectivamente, nitrogénio (*bras.* nitrogênio), antimónio (*bras.* antimônio) e tungsténio (*bras.* tungstênio), por serem os mais utilizados, na actualidade, na literatura científica em português. Com excepção dos nomes dos elementos do grupo dos gases nobres, em que há uma diferença mais acentuada nas designações nas vertentes europeia e brasileira, a diferença reside unicamente na acentuação das palavras. É provável que, no futuro, com a continuação de esforços de aproximação das várias vertentes do português, esta diferença na escrita dos nomes dos elementos venha a ser eliminada.

Para os elementos com os números atómicos 24 e 85, fixaram-se agora, respectivamente, os nomes cromo e ástato. No caso da vertente europeia do português, merecem explicações as recomendações que se fazem para os nomes dos elementos com os números atómicos 7, 24 e 85, respectivamente, nitrogénio (*bras.* nitrogênio), cromo e ástato. A fixação destes

- × a escrita dos nomes dos elementos deve seguir as regras de escrita das palavras em português de Portugal e do Brasil;

Comissão de Tradução das Recomendações da IUPAC de 2005 da Nomenclatura de Química Inorgânica:

<sup>1</sup> Portugal  
<sup>2</sup> Cabo Verde  
<sup>3</sup> Brasil  
\* mclara@ua.pt

nomes tem por base os pressupostos seguintes:

- ✗ no caso do elemento com o número atómico 7, propõe-se agora unicamente o nome nitrogénio, com diferente acentuação em português do Brasil (nitrogênio), tendo em mente não só a imposição da IUPAC da escolha de um único nome, mas também o facto de este ser o nome seguido no português do Brasil e actualmente em muitas universidades e manuais escolares de Portugal; é importante frisar que a IUPAC não impõe o nome, só impõe que deve haver um único nome por elemento por língua; os dois nomes actualmente em vigor em Portugal foram propostos por cientistas franceses – azoto (do francês “azote”, que deriva do grego “sem vida”) por A. Lavoisier, em 1789 [4], e nitrogénio (do grego “gerador de nitro”) por J.-A.-C. Chaptal, em 1790 [5], quando compreendeu que este elemento era um constituinte dos nitratos;
- ✗ para o elemento com o número atómico 24 escolheu-se o nome cro-

mo numa tentativa de aproximação da escrita do português nas duas variantes – brasileira e portuguesa. A propósito da escolha de “cromo” relativamente a “crómio”, é interessante ler o que A.J. Ferreira da Silva escreveu em 1905 [6]: argumenta, seguindo o exemplo de J.J. Berzelius, que o “chromium” latino, devia conduzir a “crómio”. Vários autores portugueses, que ele cita (Oliveira Pimentel, Achilles Machado, Sousa Gomes e Mousinho d’Albuquerque [6]), também optaram por “crómio”. No entanto, cita o Conselheiro Álvaro Joaquim d’Oliveira que usa “cromo”, A.J. Ferreira da Silva seguiu, neste caso, o critério de respeitar a opinião da maioria dos autores portugueses; na sua argumentação falta, porém, mencionar o facto de tanto uma versão como a outra derivarem do grego *chrôma*; deste modo, “cromo” será o nome do elemento quando é derivado por via directa do grego e “crómio” por via do latim. Em português, em regra, os termos derivados do grego foram adaptados apenas depois de terem sido

latinizados; com efeito, na sequência da Contra-Reforma e do afastamento dos “bordaleses” da Escola das Artes em Coimbra, não se encorajava a tradução directa de textos gregos antigos e preferia-se traduzir textos previamente vertidos para latim, que já levavam a chancela de Roma [7]. Isso justificaria o nome “crómio” mas, curiosamente, quem se parece ter atravessado no meio do caminho, desta vez, não foi Roma mas Uppsala na pessoa do protestante iluminado J.J. Berzelius [6]. Não nos parece que se tenha de seguir necessariamente A.J. Ferreira da Silva [6] e, se se fizer a adaptação directamente do grego, fica “cromo”. Foi o que, segundo A.J. Ferreira da Silva [6], fizeram os espanhóis, os franceses e os italianos ao omitirem também o “i”. A maioria dos dicionários de português admite as duas variantes “cromo” e “crómio”;

- ✗ o nome do elemento com o número atómico 85 deve escrever-se ástato, uma vez que esta é a acentuação que devem ter as palavras derivadas do grego.

**Quadro 1** – Número atómico (Z), símbolo e nome dos elementos químicos

Z	Símbolo	Nome (Var. Europeia)	Nome (Var. Brasileira)	Notas
1	H	hidrogénio	hidrogênio	Os isótopos de hidrogénio (bras. hidrogênio) $^2\text{H}$ e $^3\text{H}$ são denominados, respectivamente, deutério e trítio, para os quais podem ser usados os símbolos D e T; contudo são preferidos os símbolos $^2\text{H}$ e $^3\text{H}$
2	He	hélio		
3	Li	lítio		
4	Be	berílio		
5	B	boro		
6	C	carbono		
7	N	nitrogénio	nitrogênio	Por imposição da IUPAC só pode haver um nome por elemento; o nome alternativo azoto origina a raiz “az” para o nitrogénio (bras. nitrogênio)
8	O	oxigénio	oxigênio	
9	F	flúor		
10	Ne	néon	neônio	
11	Na	sódio		O símbolo Na para o elemento provém do nome latino natrium
12	Mg	magnésio		
13	Al	alumínio		
14	Si	silício		
15	P	fósforo		O símbolo P para o elemento provém do nome grego phosphóros
16	S	enxofre		O símbolo S para o elemento provém do nome latino sulphur; o nome grego theion origina a raiz “tio” para o enxofre
17	Cl	cloro		
18	Ar	árgon	argônio	
19	K	potássio		O símbolo K para o elemento provém do nome latino kalium
20	Ca	cálcio		

21	Sc	escândio		
22	Ti	titânio		
23	V	vanádio		
24	Cr	cromo		"Cromo" por derivação directa do grego chrôma
25	Mn	manganês		
26	Fe	ferro		
27	Co	cobalto		
28	Ni	níquel		
29	Cu	cobre		O símbolo Cu para o elemento provém do nome latino cuprum
30	Zn	zinco		
31	Ga	gálio		
32	Ge	germânio		
33	As	arsénio	arsênio	
34	Se	selénio	selênio	
35	Br	bromo		
36	Kr	crípton	criplônio	
37	Rb	rubídio		
38	Sr	estrôncio		
39	Y	ítrio		
40	Zr	zircónio	zircônio	
41	Nb	nióbio		
42	Mo	molibdénio	molibdênio	
43	Tc	tecnécio		
44	Ru	ruténio	rutênio	
45	Rh	ródio		
46	Pd	paládio		
47	Ag	prata		O símbolo Ag para o elemento provém do nome latino argentum
48	Cd	cádmio		
49	In	índio		
50	Sn	estanho		O símbolo Sn para o elemento provém do nome latino stannum
51	Sb	antimónio	antimônio	O símbolo Sb para o elemento provém do nome latino stibium
52	Te	telúrio		
53	I	iodo		
54	Xe	xénon	xenônio	
55	Cs	césio		
56	Ba	bário		
57	La	lantânio		
58	Ce	cério		
59	Pr	praseodímio		
60	Nd	neodímio		
61	Pm	promécio		
62	Sm	samário		
63	Eu	európio		
64	Gd	gadolínio		
65	Tb	térbio		
66	Dy	disprósio		
67	Ho	hólmio		
68	Er	érbio		
69	Tm	túlio		
70	Yb	itérbio		
71	Lu	lutécio		

72	Hf	háfnio		
73	Ta	tântalo		
74	W	tungstênio	tungstênio	O símbolo W para o elemento provém do nome alemão wolfram
75	Re	rênio	rênio	
76	Os	ósmio		
77	Ir	íridio		
78	Pt	platina		
79	Au	ouro		O símbolo Au para o elemento provém do nome latino aurum
80	Hg	mercúrio		O símbolo Hg para o elemento provém do nome latino hydrargyrum
81	Tl	tálio		
82	Pb	chumbo		O símbolo Pb para o elemento provém do nome latino plumbum
83	Bi	bismuto		
84	Po	polônio	polônio	
85	At	ástato		A acentuação é aquela que devem ter as palavras derivadas do grego
86	Rn	rádion	radônio	
87	Fr	frâncio		
88	Ra	rádio		
89	Ac	actínio		
90	Th	tório		
91	Pa	protactínio		
92	U	urânio		
93	Np	neptúnio		
94	Pu	plutônio	plutônio	
95	Am	amerício		
96	Cm	cúrio		
97	Bk	berkélio		Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
98	Cf	califórnio		
99	Es	einstênio	einstênio	Tendo em atenção razões fonéticas
100	Fm	férmio		
101	Md	mendelévio		
102	No	nobélio		
103	Lr	lawrêncio		Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
104	Rf	rutherfórdio		Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
105	Db	dúbnio		
106	Sg	seabórgio		Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
107	Bh	bóhrio		Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
108	Hs	hássio		
109	Mt	meitnério		
110	Ds	darmstácio		Tendo em atenção razões fonéticas
111	Rg	roentgênio	roentgênio	Por aplicação das novas regras do acordo ortográfico
112	Cn	copernício		

### NOMENCLATURA SISTEMÁTICA E SÍMBOLOS DE ELEMENTOS QUÍMICOS ARTIFICIAIS

O urânio é o último elemento químico do Quadro de Classificação Periódica que existe naturalmente na Terra, mas a possibilidade de criar elementos artificiais tem vindo a ser investigada activamente pelos físicos nucleares com

sucesso, pelo que faz sentido discutir o problema da sua designação.

No passado eram os investigadores envolvidos na descoberta ou na criação de um elemento químico novo que tinham o direito de lhe atribuir nome. Esta situação originou que, por exemplo, o elemento químico 104 tivesse dois nomes (rutherfórdio

e kurchatóvio) durante cerca de trinta anos [8], uma vez que havia dois grupos que reclamavam a sua criação [1]. Como um elemento químico só deve ter um único nome, uma vez que uma proliferação de nomes origina muitas confusões, em 1947, a IUPAC decidiu que após se ter provado, sem reservas, a existência de um novo elemento, os criadores ou descobridores

tinham o direito de *sugerir* um nome à IUPAC. Contudo, somente a Comissão de Nomenclatura em Química Inorgânica (CNIC) podia fazer uma recomendação ao Conselho da IUPAC, que tomaria a decisão final [1]. Esta Comissão publicou em 2002 um conjunto de indicações para a atribuição de nomes a elementos químicos artificiais, em que sugeriu que os nomes podiam ter como base um conceito mitológico, um mineral, um local ou país, uma propriedade ou um cientista [8]. A Comissão foi extinta em 1 de Janeiro de 2002, aquando da reestruturação da IUPAC, mas mantém-se o direito dos criadores de um novo elemento químico sugerirem o nome, como foi reconhecido em 1990 [9].

Actualmente, a reivindicação da criação de um elemento artificial é primeiro investigada por uma comissão conjunta IUPAC-IUPAP (União Internacional de Física Pura e Aplicada) que lhe atribui uma ordem de preferência. A equipa reconhecida como descobridora é então convidada a *sugerir* um nome à Divisão de Química Inorgânica que elabora uma recomendação formal ao Conselho da IUPAC [1].

As recomendações seguintes referem-se à denominação dos elementos artificiais até à atribuição de um nome pela IUPAC. A qualquer casa do Quadro Periódico a seguir ao urânio pode ser atribuído provisoriamente uma designação temporária, quer exista ou não um elemento químico com esse número atómico. Os elementos químicos artificiais, podem ser mencionados na literatura científica pela utilização desses indicadores temporários correspondentes ao respectivo número atómico, por exemplo “elemento 120”, mas a IUPAC aprovou para eles uma nomenclatura sistemática e uma série de símbolos constituídos por três letras para uso provisório (ver Quadro 2) [1].

O nome provisório de cada elemento químico é derivado directamente do seu número atómico por utilização das seguintes sílabas numéricas antepostas à terminação “io”:

0 = nil    1 = un    2 = bi    3 = tri    4 = quad  
5 = pent    6 = hex    7 = sept    8 = oct    9 = enn

As sílabas são colocadas pela ordem dos dígitos que constituem o número atómico e adiciona-se a terminação “io” para formar o nome. Elide-se o “n” de “enn” quando se lhes seguir “nil” e o “i” final de “bi” e “tri” quando se lhes seguir “io”. Em português, razões fonéticas exigem frequentemente a acentuação das sílabas nos nomes e exige-se a hifenação antes de “h” no meio das palavras, como se exemplifica no Quadro 2. O símbolo de um elemento é composto pelas letras iniciais das sílabas numéricas que constituem o nome [1].

Este número da revista é acompanhado de uma separata com o Quadro Periódico dos Elementos Químicos, no qual os nomes dos elementos estão escritos na vertente europeia do português. Este Quadro Periódico foi concebido para ser utilizado pelos químicos portugueses, mas poderá ser utilizado por todos os que adoptem a vertente europeia do português.

**Quadro 2** – Nomes e símbolos temporários para os elementos de número atómico superior a 112<sup>a</sup>

Número atómico	Nome <sup>b</sup>	Símbolo
113	unúntrio	Uut
114	ununquádio	Uuq
115	ununpêntio	Uup
116	unun-héxio	Uuh
117	ununséptio	Uus
118	ununóctio	Uuo
119	ununénio	Uue
120	unbinílio	Ubn
121	unbiúnio	Ubu
122	unbíbio	Ubb
126	unbi-héxio	Ubh
130	untrinílio	Utn
140	unquadnilio	Uqn
150	unpentnilio	Upn
160	un-hexnilio	Uhn
170	unseptnilio	Usn
180	unoctnilio	Uon
190	unennílio	Uen
200	binilnilio	Bnn
201	binilúnio	Bnu
202	biníbio	Bnb
300	trinilnilio	Tnn
400	quadnilnilio	Qnn
500	pentnilnilio	Pnn
900	ennilnilio	Enn

<sup>a</sup> Estes nomes só são usados enquanto o nome definitivo não for atribuído pela IUPAC  
<sup>b</sup> Pode-se escrever, por exemplo, “elemento 113”

## NOTA

- <sup>1</sup> No seu artigo 2º, tanto o texto do *Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa (1990)* [3a)] como o “Protocolo Modificativo ao Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa [3b)] estabelecem que Os Estados signatários tomarão, através das instituições e órgãos competentes, as providências necessárias com vista à elaboração de um vocabulário ortográfico comum da língua portuguesa, tão completo quanto desejável e tão normalizador quanto possível, no que se refere às terminologias científicas e técnicas [3b)].

## REFERÊNCIAS

- [1] N.G. Connelly, T. Damhus, R.H. Hartshorn, A.T. Hutton, *Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005*, Royal Society of Chemistry Publishing, Cambridge, 2005, 378 p.  
[2] A.A.S.C.M. Machado, B.J. Herold, J. Cardoso, J. Marçalo, J.A.L. Cos-

ta, M.C. Magalhães, M.H. Garcia, O. Pellegrino, O. Serra, R.B. Faria e R.T. Henriques, A História da Nomenclatura Química em Português, *Química – Boletim da SPQ* 118 (2010) 53-56.

- [3] O *Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa* (1990) foi assinado em Lisboa a 16 de Dezembro de 1990. Em Portugal a) O texto do Acordo foi aprovado para ratificação pela Resolução da Assembleia da República nº 26/91, de 4 de Junho de 1991, publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 193 de 23-08-1991, 4370-4388, e ratificado pelo Decreto do Presidente da República nº 43/91 publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 193 de 23-08-1991, 4370; b) A Resolução da Assembleia da República nº 8/2000 aprova o Protocolo Modificativo ao Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, assinado na Praia, Cabo Verde, em 17 de Julho de 1998, pelos Governos da República de Angola, da República Federativa do Brasil, da República de Cabo Verde, da República da Guiné-Bissau, da República de Moçambique, da

República Portuguesa e da República Democrática de São Tomé e Príncipe, publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 23 de 28-01-2000, p. 368, e ratificado pelo Decreto do Presidente da República nº 1/2000 publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 23 de 28-01-2000, p.368; c) A Resolução da Assembleia da República nº 35/2008 Aprova o Acordo do Segundo Protocolo Modificativo ao Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, adoptado na V Conferência dos Chefes de Estado e de Governo da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), realizada em São Tomé em 26 e 27 de Julho de 2004, publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 145 de 29-07-2008, p. 4802 e 4803 foi ratificado pelo Decreto do Presidente da República nº 52/2008 publicado no *Diário da República – I Série A*, nº 145 de 29-07-2008 p.4784. No Brasil o texto do Acordo foi aprovado pelo Congresso Nacional por meio do Decreto Legislativo nº 54, de 18 de Abril de 1995, e a sua execução e cumprimento foram estabelecidos

pelo Decreto nº 658372008 da Presidência da República, de 29-09-2008.

- [4] A.L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. Paris, 1789.
- [5] J.-A.-C. Chaptal, *Éléments de chimie*. Montpellier, 1790.
- [6] A.J. Ferreira da Silva, Notas sobre a nomenclatura portuguesa dos elementos, compostos e funções químicas, *Revista de Chimica Pura e Aplicada*, I Anno, nº 9 (1905) 401 – 404; I Anno, nº 10 (1905) 452 – 453; nº 11 (1905) 501 – 502; nº 12 (1905) 533 – 535; II Anno nº 1 (1906) 26 – 29; nº 2 (1906) 64 – 66; nº 6 (1906) 222 – 225.
- [7] R.M. Rosado Fernandes, 2008, comunicação pessoal.
- [8] W.H. Koppenol, Naming of New Elements (IUPAC Recommendations 2002), *Pure and Applied Chemistry* 74(5) (2002) 787-791.
- [9] G.J. Leigh (ed.), *Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 1990*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1990, 310 p.



## ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

### PRESERVAR ARTE À NANO-ESCALA

Foi desenvolvido recentemente por cientistas italianos um sistema nano-fluidico para restaurar obras de arte, ilustrando o desenvolvimento de soluções desenhadas especificamente para a conservação de arte. Anteriormente, os conservadores de arte recorriam a revestimentos de polímeros orgânicos sintéticos numa tentativa de proteger as pinturas. Porém, sabe-se agora que esses revestimentos danificam as pinturas aquando da sua degradação, sendo a sua remoção uma das actuais prioridades na conservação de arte.

Neste contexto, foram então desenvolvidas micro-emulsões baseadas em água que são mais efectivas na remoção dos polímeros quando comparadas com os tradicionais solventes

orgânicos, sem provocar qualquer dano nas obras de arte.

Os cientistas da Universidade de Florença (Itália) desenvolveram uma nova formulação nanofluídica e investigaram o mecanismo de limpeza em murais Mesoamericanos, no México. A formulação proposta foi composta por dodecilsulfato de sódio, pentanol, acetato de etilo e carbonato de propileno em água, formando um sistema micelar de dimensões nano-esféricas.

Quando aplicada, a mistura de solventes é absorvida pelo revestimento polimérico, provocando a sua dilatação e subsequente separação da superfície da pintura. A compartimentação à nano-escala dos diferentes constituintes da mistura de limpeza permite que o polímero “escolha” a fracção de sol-

ventes presentes na mistura que vai absorver, de acordo com as suas propriedades físico-químicas. Isto significa que o sistema de limpeza proposto tem a capacidade de fornecer a mistura de solventes óptima para remover qualquer polímero.

Este é apenas um exemplo de como as nanociências podem ser usadas de forma efectiva para resolver as mais variadas questões, mesmo em aplicações completamente inesperadas, particularmente no campo da conservação de obras de arte.

(Adaptado de [http://www.rsc.org/Publishing/ChemScience/Volume/2010/08/Preserving\\_art.asp](http://www.rsc.org/Publishing/ChemScience/Volume/2010/08/Preserving_art.asp))

HMO

# A QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SECUNDÁRIO: A PERCEÇÃO DOS PROFESSORES

SÉRGIO C. LEAL<sup>a,\*</sup>, JOÃO PAULO LEAL<sup>b,c</sup>,  
MARIA A. F. FAUSTINO<sup>a</sup> E ARTUR M. S. SILVA<sup>a</sup>

Um estudo realizado no âmbito do Mestrado em Ensino da Física e da Química na Universidade de Aveiro teve como intenção analisar as percepções de alunos e professores acerca da Química Orgânica abordada no ensino secundário (ES), para além de procurar apresentar propostas que se consideram pertinentes e que visam a melhoria do processo ensino/aprendizagem das ciências e da Química Orgânica em particular. A escolha da Química Orgânica prendeu-se com o facto de os autores considerarem esta área da Química “mal amada” nos programas propostos pelo Ministério da Educação (ME), tendo em consideração a sua relevância no nosso dia-a-dia, situação aparentemente agravada com a reforma curricular do ES que teve início no ano lectivo de 2004/2005. A metodologia utilizada partiu da análise documental de programas curriculares e manuais escolares das áreas de Química e Biologia das últimas duas reformas curriculares e a análise quantitativa de questionários aplicados a alunos e professores. Os resultados obtidos apontam no sentido de mudar as práticas de ensino tradicionais e da contextualização da aprendizagem das ciências, em particular da Química Orgânica, e sugerem que a utilização das novas tecnologias e a experimentação devem ser privilegiadas como recursos didácticos.

## INTRODUÇÃO

No estudo realizado [1] procurou-se reflectir sobre a situação actual do ensino/aprendizagem da Química Orgânica no ES, partindo de percepções de alunos e professores deste nível de ensino. Analisaram-se quais as concepções, as convicções e as atitudes dos professores e alunos do ES face à Química Orgânica, no sentido de apresentar propostas que visem a melhoria do processo ensino/aprendizagem desta área da Química.

Mais do que uma simples análise da situação da Química Orgânica no ES, este estudo é um projecto de desenvolvimento curricular, considerando-se como destinatários os responsáveis pela elaboração e revisão dos

programas curriculares do ME, autores de manuais escolares que utilizam os programas como referencial para o desenvolvimento de materiais escolares que servem de apoio ao processo ensino/aprendizagem e professores do ES, que devem proporcionar aos alunos a motivação necessária e promover a literacia científica para a aprendizagem da Química Orgânica.

Em suma, o objecto de estudo envolveu: (i) a análise dos programas curriculares do ES das áreas de Química e Biologia que contemplam conceitos específicos de Química Orgânica; (ii) os manuais escolares mais representativos adoptados pelas escolas no ano lectivo 2004/2005, a fim de verificar de que forma estes interpretam as orientações metodológicas dos programas curriculares oficiais; e (iii) o levantamento das percepções, atitudes e convicções dos intervenientes (professores e alunos).

## METODOLOGIA

Este estudo desenvolveu-se em duas fases: uma fase de análise documen-

tal dos programas curriculares propostos pelo ME, relativos às disciplinas das áreas da Química e Biologia das duas últimas reformas curriculares e de manuais escolares do ES do ano lectivo 2004/2005; e outra fase de análise descritiva de natureza quantitativa de três questionários administrados, respectivamente, a alunos que frequentavam o ES, a alunos que frequentavam o primeiro ano do ensino superior, isto é, alunos que haviam concluído o ES e o terceiro administrado a professores do ES das áreas de Biologia e Química.

Os programas curriculares são o elemento organizador do processo de ensino/aprendizagem e influenciam decisões relativas à abordagem dos conteúdos programáticos, envolvendo professores, recursos e materiais didácticos.

Nas duas reformas curriculares abrangidas por este estudo, foram analisados *conteúdos, objectivos e sugestões metodológicas/estratégias/actividades/comentários* relativos a tópicos de Química Orgânica e, devido a uma

<sup>a</sup> Departamento de Química & QOPNA, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro

<sup>b</sup> Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 1149-016 Lisboa

<sup>c</sup> Unidade de Ciências Químicas e Radiofarmacêuticas, Instituto Tecnológico Nuclear, 2686-953 Sacavém

\* Presentemente encontra-se a realizar Doutoramento no Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e lecciona na Escola Secundária com 3.º ciclo Padre António Vieira em Lisboa, sergioleal20@gmail.com

estruturação diferente nos actuais programas, analisaram-se os *objectos de ensino, objectivos de aprendizagem e as sugestões metodológicas*. Entendeu-se como componente de estudo relativa a tópicos de Química Orgânica os aspectos concretos onde se evidencie claramente o estudo de saberes desta área do conhecimento e não a mera referência a compostos orgânicos.

Toda a informação recolhida foi sistematizada num conjunto de tabelas<sup>1</sup> que permitiu comparar os programas de ambas as reformas curriculares [2-32], em termos de conteúdos de Química Orgânica neles contidos. A análise de manuais escolares [33-44] foi realizada com base num instrumento de análise de manuais escolares adaptado de Cachapuz *et. al* [45] e centrado no aluno como destinatário principal.

A administração dos questionários implica uma observação indirecta. Ao responder às questões, o participante intervém na produção da informação que não sendo recolhida directamente torna-se menos objectiva [46]. Existem assim dois intermediários, o participante e o instrumento (questionário), tendo sido necessário controlar estas duas variáveis.

Para a realização deste estudo apenas interessou que a amostra servisse os objectivos de investigação propostos, no entanto, o estudo envolveu uma amostra aleatória de cerca de 10% da população em estudo [alunos e professores do ES do Centro de Área Educativa (CAE) de Aveiro]. Antes da aplicação dos inquéritos por questionário à amostra em estudo, estes foram validados previamente.

A amostra abrangeu professores dos antigos grupos de docência 4.º A (Física e Química) e 4.º B (Química e Física), agora pertencentes ao grupo de recrutamento 510 (Física e Química) e 11.º B (Biologia e Geologia), agora pertencentes ao grupo de recrutamento 520 (Biologia e Geologia), de dez escolas secundárias do CAE de Aveiro no ano lectivo 2004/2005. Os alunos do ES frequentavam as mesmas escolas dos professores inquiridos. Os alunos que constituíam o gru-

po que havia concluído o ES, faziam parte dos alunos que frequentavam o 1.º ano dos cursos de ciências e engenharias da Universidade de Aveiro, sem que no percurso universitário tivessem tido qualquer disciplina da área da Química Orgânica. O número de questionários distribuídos e respondidos por alunos e professores são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Obtiveram-se boas percentagens de resposta, tendo em conta o que seria expectável de acordo com a literatura [46]. Tal deveu-se, essencialmente, ao facto de os inquéritos por questionário terem sido entregues em mão e porque se manteve um contacto permanente com os interlocutores das escolas intervenientes no processo.

Relativamente à estrutura dos questionários elaborados, considerou-se importante na primeira parte dos mesmos obter alguma informação de ordem geral que possibilitasse uma melhor caracterização da amostra, como seja o perfil académico (alunos) e profissional (professores). Na segunda parte, perspectivar a situação actual da Química Orgânica e, por fim, recolher sugestões de quem intervém directamente no processo ensino/aprendizagem da Química Orgânica.

Quanto ao modelo de análise de dados, para os programas curriculares e para os manuais escolares foram utilizadas técnicas qualitativas, enquanto se recorreu ao tratamento estatístico para a análise das respostas às questões fechadas obtidas dos inquéritos por questionário e à análise de conteúdo para as questões abertas.

O modelo de análise dos programas e dos manuais implicou: (i) a leitura integral dos programas/manuais e a identificação de referências a tópicos de Química Orgânica; (ii) a análise valorativa do conteúdo de cada referência; e (iii) a transcrição das referências/preenchimento do instrumento de análise.

## RESULTADOS OBTIDOS

Da análise dos programas curriculares do ES cuja reforma terminou no ano lectivo 2005/2006, verificou-se que 12 dos 21 programas analisados não apresentava explicitamente qualquer tópico de Química Orgânica apesar de alguns considerarem como pré-requisitos a Química dos compostos de carbono (Tabela 3).

Nos programas actualmente em vigor esta situação mantém-se com vários

**Tabela 1** – Número de questionários dirigidos a alunos do ensino secundário e universitário entregues nos respectivos estabelecimentos de ensino e número de respostas obtidas

Ano de escolaridade	N.º de questionários entregues	N.º de respostas obtidas	Percentagem de respostas obtidas relativamente à amostra (%)
	N.º de alunos do Agrupamento 1 – Curso Geral Científico-Natural e Cursos Tecnológicos <sup>2</sup>		
10.º	200	130	65,0
11.º	200	115	57,5
12.º	200	160	80,0
ES completo	100	97	97,0
<b>Total:</b>	700	502	-----

**Tabela 2** – Número de questionários dirigidos a professores do ensino secundário entregue nos estabelecimentos de ensino secundário e número respostas obtidas

Grupo disciplinar	N.º de questionários entregues	N.º de respostas obtidas	Percentagem de respostas obtidas relativamente à amostra (%)
4.º A	100	29	56,0
4.º B		4	
11.º B		22	
<b>Total:</b>	100	56 <sup>3</sup>	56,0

**Tabela 3** – Programas curriculares do ES analisados da reforma que terminou no ano lectivo 2005/2006

Programas curriculares do ES	
Incluem conteúdos de Química Orgânica	Não incluem conteúdos de Química Orgânica
Curso Geral Científico-Natural	Curso Geral Científico-Natural
Programa de CTV <sup>4</sup> do 10.º ano [15] Programa TLB <sup>5</sup> – Bloco I do 10.º ano [18] Programa de CFQ <sup>6</sup> do 11.º ano [14] Programa de CTV do 11.º ano [16] Programa TLQ <sup>7</sup> – Bloco II do 11.º ano [22] Programa de Química do 12.º ano [17]	Programa de CFQ do 10.º ano [13] Programa de TLQ – Bloco I do 10.º ano [21] Programa de TLB – Bloco II do 11.º ano [19] Programa de Biologia do 12.º ano [12] Programa de TLQ – Bloco III do 12.º ano [23] Programa de TLB – Bloco III do 12.º ano [20]
Curso Tecnológico de Química (CTQ)	Curso Tecnológico de Química (CTQ)
Programa de Bioquímica do 10.º ano [24] Programa de Bioquímica do 11.º ano [25] Programa de Tecnologias do 12.º ano [32]	Programa de Tecnologias do 10.º ano [30] Programa de POL <sup>8</sup> do 10.º ano [27] Programa de Tecnologias do 11.º ano [31] Programa de POL do 11.º ano [28] Programa de POL do 12.º ano [29] Programa de Ciências do Ambiente do 12.º ano [26]

**Tabela 4** – Programas curriculares do ES analisados actualmente em vigor

Programas curriculares do ES	
Incluem conteúdos de Química Orgânica	Não incluem conteúdos de Química Orgânica
Curso de Ciências e Tecnologias	Curso de Ciências e Tecnologias
Programa de FQA <sup>9</sup> do 10.º ano [10] Programa de BG <sup>10</sup> do 10.º ano [3] Programa de Química do 12.º ano [9]	Programa de FQA do 11.º ano [7] Programa de BG do 11.º ano [4] Programa de Biologia do 12.º ano [2]
Cursos Tecnológicos	Cursos Tecnológicos
Programa de FQB <sup>11</sup> do 10.º ano [11] Programa de FQB do 11.º ano [8] Programa de BH <sup>12</sup> do 10.º ano [5]	Programa de BH do 11.º ano [6]

programas a não referirem conteúdos de Química Orgânica de forma explícita. Na Tabela 4 pode-se verificar que, dos dez programas curriculares actualmente em vigor das áreas de Biologia e Química, quatro deles não apresentam qualquer conteúdo explícito de Química Orgânica.

Da análise dos manuais escolares das duas reformas curriculares em estudo, verificou-se que aqueles que pertencem à reforma que terminou no ano lectivo 2005/2006 apresentam um maior carácter académico, desvalorizando as restantes componentes.

Os principais aspectos negativos dos manuais analisados referem-se à estrutura dos mesmos, nomeadamente a deficiente apresentação de propostas metodológicas, actividades laboratoriais e questões, para além de não incluírem objectivos gerais e/ou específicos a atingir pelos alunos. Outros aspectos que deverão tendencialmente ser melhorados são as dimensões referentes ao contexto histórico, sociocultural e tecnológico, muitas vezes esquecidas. Resta acrescentar como nota negativa ainda o facto de poucos serem os manuais escolares que apresentam referências bibliográficas

ao longo do texto, ou mesmo no início ou no final de cada unidade temática, como apoio aos alunos que queiram saber mais sobre determinado assunto, apresentando, geralmente, apenas referências bibliográficas nas suas páginas finais relativas à construção do próprio manual.

Também se constatou que poucos dos manuais escolares analisados faziam recurso às novas tecnologias da comunicação e nenhum deles apresenta um único sítio da Internet em português, o que seria uma mais-valia para o processo de ensino/aprendizagem. Contudo, constatámos que as editoras têm apostado na criação de portais electrónicos que procuram proporcionar um apoio complementar tanto a alunos como a professores. A grande vantagem dos portais electrónicos das editoras relativamente a sítios electrónicos genéricos prende-se com a actualização e disponibilidade permanente destes portais.

Os inquiridos por questionário possuíam diversos tipos de resposta pelo que o seu tratamento foi diferenciado. As respostas seleccionadas dos inquiridos por questionário aplicados neste estudo [1] para as questões abertas foram apresentadas em tabelas<sup>13</sup>, enquanto que para as questões fechadas se decidiu utilizar diagramas de Pareto e caixas de bigodes (*boxplot*).

A correlação encontrada no questionário dos professores entre as variáveis estudadas foi muito elevada, pelo que se optou por apenas analisar as relações existentes entre as variáveis grupo disciplinar e as restantes variáveis. Apesar disso, dada a extensão dos resultados, apenas iremos apresentar alguns dos resultados que nos parecem mais significativos referente às percepções dos professores (apresentando para o efeito alguns diagramas de Pareto<sup>14</sup>) e numa próxima comunicação serão discutidas as percepções dos alunos face ao estudo da Química Orgânica no ES.

## PROFESSORES

Os professores quando questionados sobre “É fácil motivar os alunos nas questões associadas à aprendizagem

da Química Orgânica?”, a maioria dos inquiridos (71%) estiveram de acordo com a hipótese estabelecida de que os professores considerariam «razoavelmente» fácil motivar os alunos nas questões associadas à aprendizagem da Química Orgânica. Apenas 9% escolheram a opção «bastante ou muito», enquanto 16% escolheram a opção «pouco» fácil.

Quanto ao facto dos conteúdos de Química Orgânica propostos pelo Ministério da Educação nos diversos anos de escolaridade serem adequados ao nível etário dos alunos, a maioria dos professores inquiridos (52%) considera que estão razoavelmente adaptados e apenas 13% consideram pouco adequados (9%) ou nada adequados (4%). Realça-se o facto de quase 20% dos professores terem afirmado que «não sabe», isto é, não têm ideia se os conteúdos estão ou não adaptados ao nível etário a que se destinam.

Quando inquiridos sobre quais as práticas lectivas usadas para o ensino de tópicos de Química Orgânica, 30% referiu que a sua prática lectiva passa por «aulas teóricas com resolução de exercícios» e outros tantos por «aulas teóricas com resolução de exercícios e exemplificação experimental». Dos inquiridos, 21% dos professores referiram que habitualmente realizavam «aulas teóricas com exemplificação experimental». Um número reduzido de professores afirma que as suas aulas passam, essencialmente, pela realização de trabalho experimental.

Já no que se refere à transposição dos programas curriculares do ME para a sala de aula no que respeita ao tópico Química Orgânica observa-se que os professores inquiridos do grupo 11.º B maioritariamente consideram «difícil» esta transposição, enquanto os professores dos grupos 4.º A/B tendencialmente consideram mais «fácil» essa transposição (Gráfico 1).

Quando a questão é a maior ou menor dificuldade experimentada pelo professor em leccionar aspectos relacionados com a Química Orgânica, 45% dos professores inquiridos referiram sentir «poucas» dificuldades, 23% sentiram «razoáveis» dificuldades

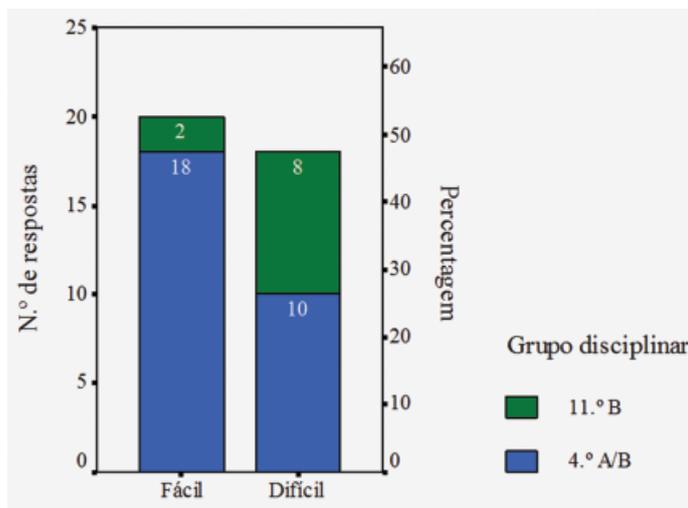


Gráfico 1 – Respostas à questão: “Como considera a transposição dos programas curriculares do Ministério da Educação para a sala de aula no que respeita ao tópico Química Orgânica?”

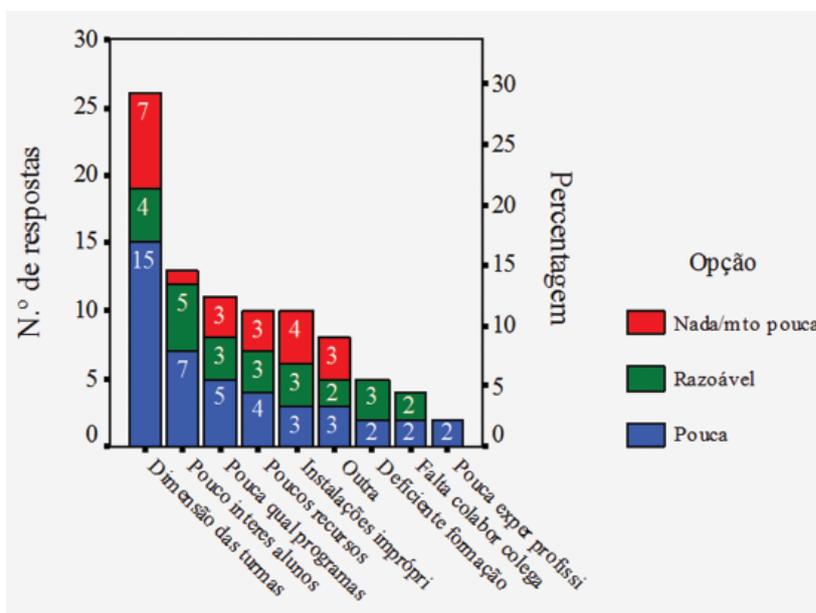


Gráfico 2 – Razões apontadas pelos professores no que toca às dificuldades sentidas na leccionação de conteúdos de Química Orgânica

e 21% referiram sentir «nenhuma ou muito poucas» dificuldades. Isto leva-nos a inferir que os professores se consideram de uma maneira geral bem preparados e detentores do “saber necessário” para leccionar tópicos de Química Orgânica.

O gráfico 2 evidencia as razões apontadas pelos professores no que toca às dificuldades sentidas na leccionação de conteúdos de Química Orgânica e correlaciona-as com a opção seleccionada pelo inquirido relativo à dificuldade sentida na leccionação. É interessante notar que, independentemente da dificuldade sentida pelos

professores, reportada na questão anterior, para a leccionação de tópicos de Química Orgânica, a «dimensão das turmas» e o «interesse reduzido dos alunos pela Química Orgânica», são apontados como factores que dificultam a leccionação.

Por fim, no sentido de melhorar o processo ensino/aprendizagem da Química Orgânica, cerca de um terço dos professores propõe alterações aos programas propostos pelo ME nas áreas de Biologia e/ou Química e cerca de um quinto considerou ser necessário alterar a formação inicial dos professores.

## CONCLUSÃO

Da análise aos 31 programas curriculares das duas últimas reformas curriculares, verifica-se que 16 não abordam explicitamente qualquer conteúdo de Química Orgânica. Esta constatação vem corroborar as conclusões do Livro Branco da Física e da Química [47], que salienta o facto da componente de Química Orgânica ser reduzida tanto a nível conceptual, como a nível laboratorial. Esta situação parece ter-se agravado com o facto de desaparecerem dos currículos as disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Biologia e Técnicas Laboratoriais de Química, disciplinas mais orientadas para o trabalho laboratorial. Constatou-se ainda que os manuais escolares actuais apresentam mais aspectos positivos, do ponto de vista do estudante, do que os da anterior reforma. No entanto, tendo por objectivo a melhoria do processo ensino/aprendizagem, é necessário aumentar e manter actualizados os portais electrónicos das editoras, aumentar o número de sítios electrónicos indicados e capazes de conter informação relevante e, por último, melhorar significativamente a bibliografia complementar, nomeadamente em português.

Da análise dos programas curriculares e consequentemente dos manuais escolares analisados sobressai de forma evidente que os conteúdos de Química Orgânica apreendidos pelos alunos na actual reforma curricular foram reduzidos substancialmente. Parece indiscutível a importância do conhecimento da Química e da Química Orgânica para as Ciências da Vida. No entanto, apenas os alunos que escolhem a disciplina de Química no 12.º ano de escolaridade, que não é obrigatória para acesso aos cursos na área da Saúde, terão contacto com uma componente de Química Orgânica satisfatória.

Na análise dos questionários dirigidos a professores do ES, no qual a larga maioria referiu sentir necessidade da Química Orgânica surgir no 9.º ano de escolaridade, constata-se uma falta de conhecimento dos conteúdos de Química Orgânica que fazem parte do programa curricular dos alunos do ES, especialmente em professores do grupo de recrutamento 520 (anti-

go grupo 11.º B). Os professores do grupo de recrutamento 510 (antigo 4.º A/B) são os que consideraram ser mais fácil motivar os alunos em questões associadas à aprendizagem da Química Orgânica, bem como transpor os programas curriculares para a sala de aula. No entanto, são também aqueles que em maior número consideraram que os programas propostos pelo ME, tal como estão formulados relativamente a tópicos de Química Orgânica, pouco permitem aos alunos enfrentar os problemas sociais, científicos e tecnológicos dos dias de hoje. Os resultados obtidos dos professores inquiridos vêm, de certa forma, por em contradição o facto de estes considerarem adequada a formação que recebem de Química Orgânica e reflectem a pouca análise dos programas que é feita ao nível dos Departamentos a que os docentes pertencem.

Contrariamente às conclusões do Livro Branco da Física e da Química [47], foram poucos os professores que referiram não ter equipamento necessário na escola para realizar actividades laboratoriais, no entanto, o trabalho laboratorial não está muito presente nas aulas realizadas pelos professores inquiridos quando abordam conteúdos de Química Orgânica.

Assim, conclui-se que os resultados deste estudo apontam para a necessidade de: (i) intervenções relacionadas com a revisão dos programas curriculares e para um aperfeiçoamento dos manuais escolares do ensino secundário nas áreas de Biologia e Química; (ii) promoção ao nível de escola de momentos de reflexão sobre os programas curriculares; e (iii) formação inicial e contínua dos professores do ES na área da Química Orgânica. Para isto as universidades, e as sociedades científicas em particular, deverão desempenhar um papel dinamizador e muitas vezes de interlocutores em todo este processo.

## NOTAS

- <sup>1</sup> Podem ser fornecidas por solicitação aos autores deste estudo.
- <sup>2</sup> Atendendo à actual reforma curricular, os alunos deste agrupamento pertencem à área de Ciências e Tecnologias do curso Científico-Humanístico.
- <sup>3</sup> Atente-se que um professor não res-

pondeu à questão que permitia identificar o seu grupo disciplinar.

- <sup>4</sup> Ciências da Terra e da Vida
- <sup>5</sup> Técnicas Laboratoriais de Biologia
- <sup>6</sup> Ciências Físico-Químicas
- <sup>7</sup> Técnicas Laboratoriais de Química
- <sup>8</sup> Práticas Oficiais e Laboratoriais
- <sup>9</sup> Física e Química A
- <sup>10</sup> Biologia e Geologia
- <sup>11</sup> Física e Química B
- <sup>12</sup> Biologia Humana
- <sup>13</sup> Podem ser fornecidas por solicitação aos autores deste estudo.
- <sup>14</sup> Os Diagramas de Pareto são “gráficos de barras” ordenados por número de frequência de respostas (do maior para o menor).

## REFERÊNCIAS

- [1] S. Leal, *A Química Orgânica no Ensino Secundário: percepções e propostas*, Dissertação de mestrado inédita, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.
- [2] A. Mendes, D. Rebelo, E. Pinheiro, *Programa de Biologia – 12.º ano*, Ministério da Educação, Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, Lisboa, 2004.
- [3] A. Mendes, D. Rebelo, E. Pinheiro, *Programa de Biologia e Geologia – Componente de Biologia – 10.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2001.
- [4] A. Mendes, D. Rebelo, E. Pinheiro, *Programa de Biologia e Geologia – Componente de Biologia – 11.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2001.
- [5] A. Mendes, D. Rebelo, E. Pinheiro, *Programa de Biologia Humana – 10.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2002.
- [6] A. Mendes, D. Rebelo, E. Pinheiro, *Programa de Biologia Humana – 11.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2003.
- [7] I. P. Martins, J. A. Costa, J. M. Lopes, M. O. Simões, T. S. Simões, *Programa de Física e Química A – Componente de Química – 11.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2003.
- [8] I. P. Martins, J. A. Costa, J. M. Lopes, M. O. Simões, T. S. Simões, *Programa de Física e Química B – Compo-*

- nente de Química – 11.º ano, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2003.
- [9] I. P. Martins, J. A. Costa, J. M. Lopes, M. O. Simões, P. R. Claro, T. S. Simões, *Programa de Química – 12.º ano*, Ministério da Educação, Direcção-Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, Lisboa, 2004.
- [10] I. P. Martins, M. C. Magalhães, M. O. Simões, T. S. Simões, J. M. G. Lopes, J. A. L. Costa, P. Pinto, *Programa de Física e Química A – Componente de Química – 10.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2001.
- [11] I. P. Martins, M. C. Magalhães, M. O. Simões, T. S. Simões, J. M. G. Lopes, J. A. L. Costa, P. Pinto, *Programa de Física e Química B – Componente de Química – 10.º ano*, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 2001.
- [12] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Biologia – 12.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [13] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Ciências Físico-Químicas – 10.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [14] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Ciências Físico-Químicas – 11.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [15] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Ciências da Terra e da Vida – 10.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [16] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Ciências da Terra e da Vida – 11.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [17] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Química – 12.º ano*, Autor, Lisboa, 1995.
- [18] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco I – 10.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [19] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco II – 11.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [20] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Biologia – Bloco III – 12.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [21] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco I – 10.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [22] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco II – 11.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [23] Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, *Programa de Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco III – 12.º ano*, Autor, Lisboa, 1992.
- [24] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Bioquímica – 10.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [25] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Bioquímica – 11.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [26] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Ciências do Ambiente – 12.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Lisboa, 1992.
- [27] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Práticas Oficiais e Laboratoriais – 10.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [28] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Práticas Oficiais e Laboratoriais – 11.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [29] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Práticas Oficiais e Laboratoriais – 12.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [30] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Tecnologias – 10.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [31] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Tecnologias – 11.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [32] Ministério da Educação, Gabinete de Educação Tecnológica, Artística e Profissional, *Programa de Tecnologias – 12.º ano – Curso Tecnológico de Química*, Autor, Lisboa, 1992.
- [33] A. D. da Silva, F. Gramaxo, M. E. Santos, A. F. Mesquita, *Terra, Universo de Vida – Biologia e Geologia – Componente de Biologia – 10.º ano* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2003.
- [34] C. Côrrea, F. P. Basto, *Química 12.º ano* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2003.
- [35] H. C. Pinto, M. de J. Carvalho, M. M. Fialho, *Técnicas Laboratoriais de Química II – 11.º ano* (1.ª ed.), Texto Editora, Lisboa, 2000.
- [36] J. Paiva, A. J. Ferreira, G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, *10Q – Ciências Físico-Químicas – Química – 10.º ano* (1.ª ed.), Texto Editora, Lisboa, 2003.
- [37] L. S. Mendonça, M. D. Ramalho, *Jogo de Partículas – Química – 11.º ano* (4.ª ed.), Texto Editora, Lisboa, 2003.
- [38] O. Matias, P. Martins, *Biologia e Geologia 10.º ano – Componente de Biologia* (1.ª ed.), Areal Editores, Porto, 2003.
- [39] R. Soares, L. Serra, C. Almeida, *Biologia Humana – 10.º ano* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2004.
- [40] T. S. Simões, M. A. Queirós, M. O. Simões, *Química em Contexto – Física e Química A – 10.º ano* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2003.
- [41] T. S. Simões, M. A. Queirós, M. O. Simões, *Química em Contexto – Física e Química B – 10.º ano* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2004.
- [42] T. S. Simões, M. A. Queirós, M. O. Simões, *Técnicas Laboratoriais de Química – Bloco II* (1.ª ed.), Porto Editora, Porto, 2001.
- [43] V. M. S. Gil, *Química 11.º ano* (2.ª ed.), Plátano Editora, Lisboa, 2000.
- [44] V. M. S. Gil, *Química 12.º ano* (1.ª ed.), Plátano Editora, Lisboa, 2001.
- [45] A. F. Cachapuz, I. M. O. Malaquias, I. P. Martins, M. F. Thomaz, N. M. Vasconcelos, *Proposta de um Instrumento para Análise de Manuais Escolares de Física e de Química*, Universidade de Aveiro, Aveiro, 1987.
- [46] A. Hill, M. M. Hill, *Investigação por questionário*, Gradiva, Lisboa, 2002.
- [47] A. Martins, I. Malaquias, D. R. Martins, A. C. Campos, J. M. Lopes, E. M. Fiúza, M. M. F. da Silva, M. Neves, R. Soares, *Livro branco da física e da química* (1.ª ed.), Minerva Central, Aveiro, 2002.

# WEBQUESTS: INCREMENTO PEDAGÓGICO DA INTERNET NO ENSINO DA QUÍMICA

CARLA MORAIS<sup>1</sup> E JOÃO PAIVA<sup>2,\*</sup>

Não obstante a possibilidade da Internet permitir o acesso a uma vasta panóplia de informações e recursos, a rede das redes, traz também, na maior parte das vezes, alguns constrangimentos no que diz respeito à selecção da informação disponível. Para fins educativos, uma das estratégias mais interessantes que se tem vindo a desenhar para ajudar os alunos a tirarem partido da riqueza de informação disponível na Web são as WebQuests. Constituem-se como recursos potenciadores de pesquisa de informação na Web, baseadas na resolução de problemas. O objectivo é dinamizar experiências de aprendizagem que estimulem o pensamento crítico, o desenvolvimento de capacidades de uso e tratamento de informação, permitindo assim analisar, sintetizar, avaliar e formular conclusões. Este artigo centra-se na reflexão em torno desta dinâmica de trabalho colectivo que vive, essencialmente, de recursos provenientes da Internet. Associada a este artigo está uma proposta de uma actividade WebQuest para o ensino da Química.

## INTRODUÇÃO

A utilização da Internet tem reconhecidas potencialidades para o ensino das Ciências, em geral, e para o ensino da Química, em particular. Descobertas recentes ou estudos pedagógicos que até há poucas décadas atrás eram apenas divulgados em revistas científicas, são hoje, muitas vezes, anunciados ou mesmo publicados na Internet, dispensando uma pesquisa exaustiva em diversos locais e publicações. O acesso rápido a uma imensa quantidade de informação integrada auxilia o professor, permitindo-lhe uma melhor planificação das suas aulas e possibilitando ao aluno efectuar pesquisas sobre as descobertas recentes, aplicações ou implicações relacionadas com os conteúdos curriculares, envolvendo-o activamente na compreensão do modo como a Ciência evolui. A facilidade de comunicação com pessoas em todas as partes do mundo é outro aspecto do qual o ensino

no das Ciências pode tirar benefícios. Actualmente, assiste-se a um aumento da utilização da Internet no processo de ensino-aprendizagem. Sendo tão importantes as vantagens resultantes da entrada da Internet na sala de aula, em particular, e na educação em geral, justifica-se considerar a própria Internet, ainda que não constituindo um *software*, como um recurso educacional [1-4]. Contudo, existem também algumas dificuldades associadas ao uso da Internet. Para os alunos, a maior dificuldade no uso da Internet, como ferramenta pedagógica, pode residir na falta de incentivo por parte dos professores e em alguma falta de orientação para pesquisar na Web. Os professores, por sua vez, referem a ausência de *sites* específicos para determinadas áreas, a dificuldade dos alunos relacionarem as informações obtidas na Internet com outras fontes de pesquisa, principalmente a pesquisa bibliográfica tradicional e a facilidade de dispersão durante a navegação. Desta forma, impõe-se como objectivo educacional levar os alunos a proceder a uma análise crítica de toda a informação a que têm acesso. Mais do que ensinar, é necessário educar para a auto-aprendizagem. É neste

cenário que as WebQuests podem fazer sentido, constituindo-se como elementos organizativos, evitadores de dispersão e contextualizadores de objectivos pedagógicos concretos e bem definidos [5-10]. Perante uma vasta diversidade de opções possíveis torna-se imprescindível fornecer aos alunos dicas e sugestões para que o percurso realizado, embora personalizado e construído pelos próprios, gere aprendizagens significativas.

Neste artigo começa-se por evidenciar algumas generalidades sobre as WebQuests, como sendo a sua caracterização, estrutura e algumas mais-valias pedagógicas associadas à sua utilização (secção 2). Na secção 3 faz-se referência às WebQuests enquanto estratégias de trabalho de alunos e de professores e apresentam-se algumas dicas para a aplicação/exploração destas actividades em contexto de sala de aula. Finalmente, na última secção, fazem-se umas breves considerações, em jeito de síntese. Destaca-se o facto de que este número do Boletim da SPQ apresenta um exemplo concreto de uma WebQuest no domínio da Química, elaborado por João Vale, em estreita ligação com este artigo.

<sup>1</sup> cmorais@fc.up.pt

<sup>2</sup> jcpaiva@fc.up.pt

\* Centro de Investigação em Química, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, P-4169-007 Porto, Portugal

## GENERALIDADES SOBRE WEBQUESTS

Começamos por nos debruçar, ainda que de forma breve, sobre algumas generalidades que nos poderão dar uma visão global das WebQuests, enquanto estratégia de modelação do trabalho dos alunos, mas também, como modalidade de organização e preparação dos próprios professores [11].

### WEBQUESTS: CARACTERIZAÇÃO E ESTRUTURA

*“A WebQuest is an inquiry – oriented activity in which some or all of the information that learners interact with comes from resources on the internet, optionally supplemented with video-conferencing.”* [5]

As WebQuests são originalmente actividades desenhadas por professores para serem “resolvidas” pelos alunos na Web. Idealizadas por Bernie Dodge e Tom March, no âmbito de uma disciplina que tinha como objectivo tirar partido da tecnologia e dos recursos existentes na Web (*Interdisciplinary Teaching with Technology*), as WebQuests consistem em actividades motivadoras, contextualizadas e orientadas para a pesquisa, que os alunos devem realizar em grupo, de acordo com uma sequência lógica previamente estabelecida [5-13]. Para que o aluno utilize da melhor forma o seu tempo de pesquisa na Internet, tendo em mente uma tarefa direccionada, uma WebQuest deve contemplar os seguintes passos [5-8]:

**Introdução** – deve fornecer informação de modo a contextualizar o desafio, ser motivadora e desafiante para os alunos.

**Tarefa** – deve ser interessante e exequível. De acordo com Dodge [14], a tarefa constitui a mais importante fase de uma WebQuest, por estimular o pensamento nos alunos, ultrapassando a simples compreensão. Assim, pode incluir actividades de diversos tipos:

- Redigir o que se leu (contar).
- Compilação de dados.
- Mistério (papel de detective).
- Jornalismo (papel de repórter).
- Criar um produto ou planear uma acção.

- Produtos criativos (criar um poema, canção, uma pintura).
- Criar consenso.
- Persuasão (ponto de vista a apresentar, escrever uma carta, um editorial; criar um vídeo publicitário).
- Conhece-te! (reflexão sobre quem se é; questões éticas e morais; como melhorar determinadas facetas, etc).
- Tarefas analíticas (identificar semelhanças e diferenças).
- Julgar/avaliar (o aluno dispõe de vários itens e tem que os ordenar ou classificar ou, ainda, escolher entre opções).
- Tarefas científicas (definir hipóteses, testar hipóteses; descrever os resultados e interpretá-los).

**Processo** – é uma espécie de roteiro que indica passo a passo a direcção que os alunos deverão procurar tomar e os recursos a consultar. Deve conter a definição dos papéis a realizar pelos alunos do grupo (caso existam) levando o aluno a compreender diferentes perspectivas e partilhando responsabilidades na execução das tarefas.

**Recursos** – conjunto de fontes de informação necessárias à consecução da tarefa, preferencialmente disponíveis na Web. Convém atender-se à qualidade e quantidade dos recursos a utilizar.

**Avaliação** – pode incidir sobre desempenho e/ou sobre o produto a apresentar pelos alunos. Indicadores quantitativos e qualitativos levados em consideração pelo professor na avaliação do trabalho do grupo devem ser explicitados com clareza.

**Conclusão** – deve disponibilizar-se um resumo acerca da experiência proporcionada pela WebQuest, salientando as vantagens de realizar o trabalho e, se possível, lançar um novo desafio que desperte a curiosidade dos alunos para outras facetas do conhecimento abordado.

### WEBQUESTS: MAIS-VALIAS PEDAGÓGICAS

As WebQuests têm-se revelado uma boa dinâmica de trabalho para ensinar e aprender, usando a Internet [9-13], pelas tarefas genuínas e práticas que são propostas aos alunos e os confrontam com o mundo, pelos recursos concretos que lhes são apresentados e pela possibilidade de apresentação

e publicação dos seus resultados. A autenticidade das tarefas é, aliás, uma das mais-valias desta estratégia pedagógica. Levados a investigarem activamente questões reais [15] e envolvendo colaboração, ajuda mútua e a possibilidade de desempenho de diferentes papéis pelos elementos do grupo, as WebQuests permitem a integração de diferentes perspectivas na aprendizagem de um determinado assunto, contribuindo assim para a construção de uma visão plural e multifacetada sobre as temáticas em estudo [12].

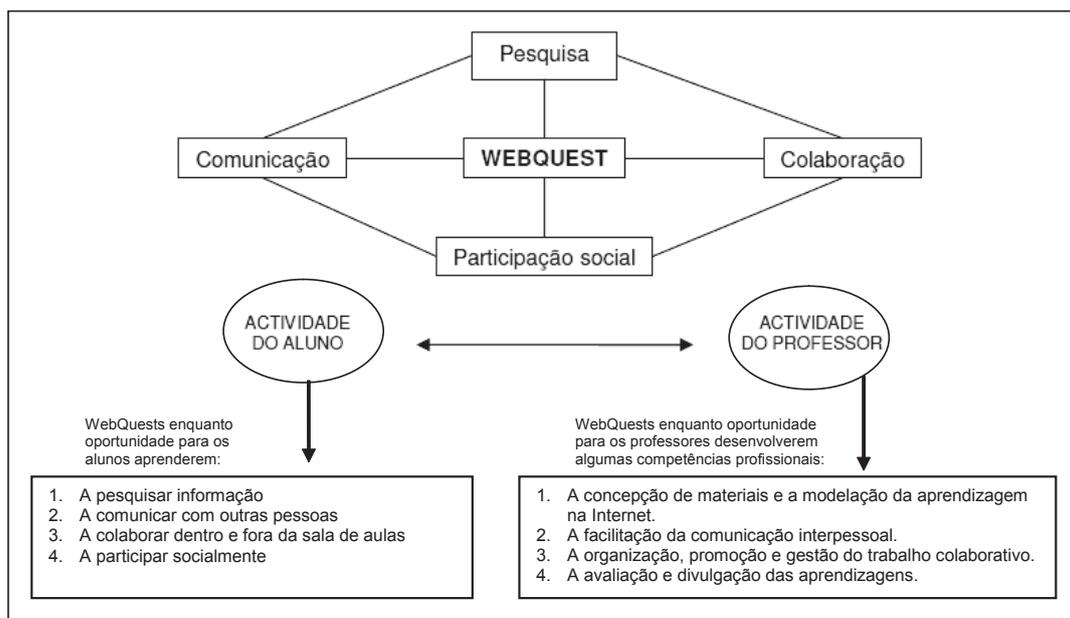
A investigação de questões reais, realizada com recursos reais, acaba por ser talvez o maior contributo para a construção de significado pelo aluno.

A motivação que estas tarefas induzem tem sido apresentada de uma forma bastante prática, por Dodge [8] e March [15], com base no modelo ARCS de Keller.

O acrónimo ARCS é constituído por: Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação. March [15] refere que uma WebQuest bem concebida respeita os quatro componentes propostos por Keller, isto é que: a) seja uma actividade que capte a atenção dos alunos; b) tenha como base um assunto relevante e próximo dos seus interesses; c) os alunos sintam confiança no apoio disponibilizado; d) sintam satisfação com a missão cumprida com sucesso.

### WEBQUESTS ENQUANTO ESTRATÉGIA DE TRABALHO DE ALUNOS E DE PROFESSORES

De forma a tornar possível o objectivo de equacionar novas oportunidades de aprendizagem com as WebQuests à luz de uma perspectiva construtivista, poderá ser pertinente organizar a reflexão em torno de quatro aspectos centrais – Pesquisa, Comunicação, Colaboração e Participação social – cuja articulação pode ser observada na Figura 1. Estes quatro aspectos permitem-nos compreender, de forma articulada, os principais desafios que as WebQuests podem encerrar, enquanto estratégia de trabalho, simultaneamente de alunos e professores [12].



**Figura 1** – Aspectos nucleares de reflexão sobre as WebQuests (adaptado de [12])

Tem-se assistido a um interesse crescente de mestrandos e doutorandos por WebQuests, pelo que inúmeras dissertações nos últimos tempos versam esta temática ao nível da construção, implementação e avaliação destas actividades [16-18].

#### PISTAS PARA APLICAR UMA WEBQUEST NA SALA DE AULA

Tal como já se referiu, consideramos que as WebQuests podem proporcionar oportunidades de aprendizagem de grande interesse pedagógico e didáctico. Assim, apresentamos algumas sugestões para aplicar/explorar WebQuests na sala de aula:

- Diagnosticar as apetências dos alunos pela ferramenta de trabalho.
- Negociar com os seus alunos a realização do desafio.
- Enunciar, claramente, os objectivos subjacentes à realização da actividade.
- Percorrer com os alunos a Web-Quest, dando instruções acerca do funcionamento do hiperdocumento.
- Permitir que os alunos explorem livremente o hiperdocumento.
- Promover a apresentação dos trabalhos produzidos pelos grupos, de modo a partilhar o seu conhecimento e conclusões.

Além do exemplo concreto do João Vale apresentado neste Boletim, ou-

tras ideias podem desde já ficar no ar, sendo certo que a palavra de ordem é, em grande parte, a imaginação e a criatividade do professor. Assim, podem realizar-se interessantes WebQuests relacionadas com alguns temas da Química, como por exemplo:

- CSI Química: investigando elementos ocultos
- As hortênsias azuis e cor-de-rosa: mistério ou Química?
- Tratamento de águas residuais
- Fogo-de-artifício: uma questão de Química
- Química e Sociedade – prós e contras
- Biodiesel – como e para quê?
- Viagem às grutas: solubilidade e reacções de precipitação
- Energia nuclear: sim ou não?

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As WebQuests constituem-se como uma interessante metodologia de trabalho para os alunos, auxiliando-os a lidar com as dificuldades inerentes à selecção de informação disponível na Internet. Permitem aperfeiçoar as estratégias de pesquisa, selecção e avaliação, fornecendo aos alunos o ambiente adequado para o desenvolvimento de competências essenciais à sua integração plena na Sociedade da Informação e do Conhecimento. As WebQuests podem promover a capacidade de aprender a pesquisar infor-

mação, de aprender a comunicar com outras pessoas, de aprender a colaborar/cooperar e de aprender a participar socialmente. Também os professores são colocados perante desafios concretos, decorrentes principalmente da necessidade de exploração do potencial pedagógico da Internet, que lhes permite usar novos recursos e equacionar novas formas de trabalho, podendo levar a uma reestruturação das suas concepções e ao enriquecimento das suas práticas lectivas. No ensino da Química, em particular, são óbvias as potencialidades. A ciência Química é em si própria dinâmica, como dinâmico é o seu ensino. A Internet é imprescindível como fonte de informação para o (dinâmico) ensino da Química nos nossos dias. As WebQuests, indiscutivelmente, podem ajudar a otimizar a eficácia pedagógica da Web no ensino da Química

#### REFERÊNCIAS

- [1] F. Costa. A propósito da democratização do acesso à internet pelas escolas. In A. Estrela & J. Ferreira (Eds.), *Tecnologias em educação. Estudos e investigações* (pp. 135-145). Lisboa: Afirse Portuguesa (2001).
- [2] A. Gokhale. Collaborative Learning Enhances Critical Thinking. *Journal of Technology Education*, 7, (1995). Disponível em <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v7n1/gokhale.jte-v7n1.html>

- [3] L. Cuban. *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Cambridge, Mass: Harvard University Press (2001).
- [4] D. Jonassen. Learning as activity. *Educational Technology*, March-April, (2002) 45-51.
- [5] B. Dodge. *Some Thoughts about WebQuests* (1995; 1997). Disponível em [http://webquest.sdsu.edu/about\\_webquests.html](http://webquest.sdsu.edu/about_webquests.html)
- [6] B. Dodge. *WebQuests: a strategy for scaffolding higher level learning* (1998). Disponível em <http://webquest.sdsu.edu/necc98.htm>
- [7] B. Dodge. FOCUS: Five rules for writing a great WebQuest. *Learning & Leading with Technology*, May, 28 (8), (2001) 6-9, 58.
- [8] B. Dodge. Motivational Aspects of WebQuest Design. In C. Crawford et al. (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2003*. Chesapeake, VA: AACE, (2003) 1737-1739.
- [9] M. Barroso, C. Coutinho. *A WebQuest como Metodologia de Aprendizagem no Curso de Educação e Formação de Adultos na Área Sociedade, Tecnologia e Ciência*. In P. Dias, A. J. Osório (org.) *Actas da VI Conferência Internacional de TIC na Educação Challenges 2009 / Desafios 2009*. Braga: Universidade do Minho. (2009) 697-714.
- [10] D. Pereira; N. Fialho; E. Matos. *WebQuest: Uma Ferramenta Criativa e Motivadora na Prática Educativa*. Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho (2009).
- [11] A. Carvalho. WebQuest: um Desafio para Professores e para Alunos. *Elo*, 10, (2002) 142-150.
- [12] A. Carvalho, org. *Actas do Encontro sobre WebQuest, Braga, Portugal, 2006*. Braga: CIEEd (2006) 8-25.
- [13] B. Wilson, D. Young. *Webquests for reflection and conceptual change: Variations on a popular model for guided inquiry*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Denver, Colorado, USA (2002).
- [14] B. Dodge. *WebQuest Taskonomy: A Taxonomy of Tasks* (2002). Disponível em <http://webquest.sdsu.edu/taskonomy.html>
- [15] T. March. The Learning Power of WebQuests. *Educational Leadership*, 61 (4) (2003) 42-47.
- [16] I. Costa. *A WebQuest na aula de Matemática: Um estudo de caso com alunos do 10º ano de escolaridade*. Dissertação de Mestrado em Educação - Área de Especialização em Tecnologia Educativa, Universidade do Minho, Braga, Portugal (2008).
- [17] M. Lima. *As WebQuests no ensino/aprendizagem*. Tese de Doutoramento em Ciências da Educação, Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, Porto, Portugal (2007).
- [18] P. Quesma. *Concepção e exploração de uma WebQuest para a introdução ao ensino da física*. Dissertação de Mestrado em Comunicação e Educação em Ciência, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal (2007).



## ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

### COCAÍNA E ECSTASY DETECTADOS NAS ÁGUAS DO PARQUE L'ALBUFERA EM VALÈNCIA (ESPAÑA)

A água dos canais do Parque Natural L'Albufera, em Valência, contém cocaína e ecstasy, para além de outras seis substâncias estupefacientes. Este facto foi confirmado num estudo levado a cabo por investigadores da Universidade de Valência que alertaram para a presença contínua e efeitos nefastos destas substâncias, quer na vida selvagem, quer na saúde humana.

Os investigadores da referida universidade, em colaboração com o Centro de Investigação em Desertificação (Espanha), analisaram catorze tipos de substâncias ilegais (incluindo cocaína, anfetaminas, codeína, morfina e cannabis) em dezasseis cursos de água e canais de irrigação do parque. O estudo procurou resíduos que chegaram à água através da urina dos

consumidores destas substâncias. A cocaína e respectivos metabolitos foram encontrados em todas as amostras, enquanto que o ecstasy foi detectado muito frequentemente. Os níveis mais elevados, bem como a maior frequência de resultados positivos, foram encontrados na zona norte do parque. Esta zona alberga a maior densidade populacional e é rodeada de um pólo industrial e locais de diversão nocturna, constituindo o maior ponto de descarga de águas residuais do parque. Foram também encontradas concentrações elevadas em algumas amostras recolhidas noutras áreas do parque, resultados associados a descargas de águas residuais sem tratamento.

O Parque Natural L'Albufera é umas das mais importantes zonas húmidas

da Europa em virtude da sua biodiversidade de fauna e flora, para além de ser uma área chave para as aves migratórias. Paradoxalmente, este parque está rodeado por aglomerados populacionais, indústrias, explorações agrícolas, zonas comerciais e de lazer, para além de rodeado por uma densa rede viária. Embora ainda não existam actualmente estudos exaustivos sobre os efeitos ecotoxicológicos da presença das substâncias detectadas, estas podem ter consequências no ecossistema do parque, tanto para os organismos terrestres, como para a fauna aquática.

(Adaptado de <http://www.alphagalileo.org/ViewItem.aspx?ItemId=85820&CultureCode=en>)

HMO



## No encaço dos Novos Materiais\*

JOÃO VALE

Centro de Investigação em Química, Departamento de Química e Bioquímica,  
Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, P-4169-007 Porto, Portugal  
\* Disponível em: <http://www.educhem.jcpaiva.net/>

### Introdução



Longe vão os tempos em que o Homem recorria aos diversos materiais disponibilizados livremente na Natureza, na forma bruta, para diversos fins. A forma arrepiante como a ciência dos materiais tem avançado nestes últimos tempos é capaz de amedrontar o menos culto e espantar o mais sábio. O factor necessidade terá sido o motor de impulsão, mas, provavelmente, o factor novidade será aquele que melhor explica determinadas situações. Polímeros condutores, materiais nano-estruturados, novos cerâmicos, biomateriais e compósitos são tidos como as principais categorias de Novos Materiais que emergem. A Química no cerne dos desafios contemporâneos!



### Tarefa



Existem inúmeras moléculas com propriedades de interesse para a medicina.

Perante um mundo em constante evolução, situação para a qual a química e a engenharia química juntam esforços, importa que te mantendas informado acerca da ampliação do universo químico em geral e dos “novos materiais”, em particular, sob pena de não reconheceres, num futuro não muito longínquo, o planeta.

Polímeros condutores, materiais nano-estruturados, novos cerâmicos, biomateriais, compósitos:

- . o que são?
- . que exemplos?
- . onde se aplicam?

São estas as questões que te propomos e para as quais deverás obter resposta.

### Processo

Para levar adiante o trabalho é fundamental que se constituam grupos de 5 alunos. Cada elemento de cada grupo ficará com uma determinada função segundo a informação prestada na seguinte tabela:



<b>Nome do aluno</b>	<b>Função a desempenhar</b>
Aluno ?	Recolher e organizar informação sobre polímeros condutores
Aluno ?	Recolher e organizar informação sobre materiais nano-estruturados
Aluno ?	Recolher e organizar informação sobre novos cerâmicos
Aluno ?	Recolher e organizar informação sobre biomateriais
Aluno ?	Recolher e organizar informação sobre compósitos

Uma vez distribuídas as funções a desempenhar, cada elemento usará recursos específicos para recolher e organizar informação. O grupo reunirá e sintetizará a informação por forma a que essa síntese inclua as pistas para as questões levantadas. Caberá ao grupo decidir sobre o molde a usar para apresentar oralmente os resultados da investigação e também decidir sobre a concepção da versão escrita final, sintética, a entregar ao professor.



## Recursos



Como fontes de informação o grupo deve usar os seguintes endereços da web:

*Nota: Todos os elementos devem prestar atenção sobre o sentido crítico que deverão ter face à informação na Internet.*

Química – Polímeros condutores

<http://www.quimica.ufpr.br/ggm/polimeros%20condutores.htm>

Revista Electrónica de Ciências – Polímeros condutores

[http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_04/polimero.html](http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_04/polimero.html)

Polímeros condutores

UMinho – Relatório sobre a disciplina de Materiais Nanoestruturados

[http://www2.fisica.uminho.pt/Pg\\_pessoais/Mjesus/MNA/MNA\\_programa.PDF](http://www2.fisica.uminho.pt/Pg_pessoais/Mjesus/MNA/MNA_programa.PDF)

Com ciência – Nanociência & nanotecnologia

<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano13.htm>

Materiais nano-estruturados

INETI – Novos materiais cerâmicos

[http://www.sirbabyface.net/jcpaiva/avulso/materiais/Projecto\\_cBloco.pdf](http://www.sirbabyface.net/jcpaiva/avulso/materiais/Projecto_cBloco.pdf)

UPorto – Materiais cerâmicos

<http://paginas.fe.up.pt/~falves/matceramicos.pdf>

Novos cerâmicos

Química Nova – Biocerâmicas

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-4042200000400015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-4042200000400015&script=sci_arttext)

Biomateriais – Integrando o conhecimento

[http://www.biomateriais.com.br/telas/artigos/artigos.asp?id\\_artigo=60&id\\_assunto](http://www.biomateriais.com.br/telas/artigos/artigos.asp?id_artigo=60&id_assunto)

Biomateriais

Sociedade Brasileira de Química – Compósitos

<http://www.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/0789/index.html>

Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial – Materiais Compósitos

<http://www.spmateriais.pt/INEGI.htm>

Compósitos

## Avaliação

A avaliação incidirá sobre o produto desenvolvido pelo grupo. Essa avaliação reger-se-á pelos parâmetros e respectivos pesos segundo a indicação abaixo:



- . Respostas às questões (20%)
- . Criatividade do produto (30 %)
- . Rigor científico dos textos (30 %)
- . Apresentação oral (20 %)

## Conclusão



Esta WebQuest terá ampliado o teu universo de conhecimentos químicos e feito com que olhes para um mundo em constante evolução de outra forma. Estarás, certamente, mais próximo da ciência contemporânea no que concerne à existência de Novos Materiais, sua concepção e aplicação. Terás concluído que os Novos Materiais representam soluções, mas que essas soluções, geralmente, serão substituídas daqui a uns tempos por outras melhores. Assim, a procura de soluções para problemas novos ou antigos e o estímulo à capacidade de criar novos produtos levarão a que novos materiais, uma vez concebidos, se tornem necessidades da sociedade. Que materiais teremos na próxima década? E no próximo século? Serão semelhantes aos actuais? Até que ponto a vida humana, tal como a conhecemos, poderá melhorar? O que irá mudar na vida das pessoas? Convém “estar atento”....

## Destinatários

Esta WebQuest destina-se a alunos do 12.º ano de Química.



## XXII ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA (ENSPQ)

3-6 JULHO 2011 EM BRAGA

A Delegação de Braga da Sociedade Portuguesa de Química e o Departamento de Química da Universidade do Minho convidam todos os colegas a participar no XXII ENCONTRO NACIONAL da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ), que terá lugar em Braga, no Parque de Exposições, de 3 a 6 de Julho de 2011. Este Encontro integra-se nas comemorações do centenário da SPQ, as quais coincidem com as do Ano Internacional da Química, e será subordinado ao tema “Cem Anos de Química em Portugal”.

Associaram-se ao XXII ENSPQ as Divisões de Química Alimentar, Química Analítica, Química Física, Química Inorgânica, Química Orgânica e o Grupo de Radicais Livres da SPQ, que terão os seus Encontros sob a forma de Simpósios. Dado o carácter comemorativo do Encontro, terá lugar uma lição plenária de índole histórica. Estão previstas lições plenárias, keynotes, comunicações orais e sessões de posters nas áreas científicas das Divisões e Grupos que se associaram, bem como uma lição plenária, keynotes, comunicações orais e sessões de posters nos domínios “Química e Sociedade” e “Ensino e Aprendizagem da Química”.

À semelhança dos Encontros Nacionais anteriores, o XXII ENSPQ incluirá a lição plenária do Prémio Ferreira da Silva e será igualmente atribuída a Medalha Vicente Seabra. No Encontro será ainda entregue, pela primeira vez, o Prémio Romão Dias, no domínio da Química Inorgânica.

A data de início de submissão de resumos para o encontro é 1 de Março de 2011. Informações adicionais poderão ser consultadas na página Web do Encontro.

E: [xxienspqr@quimica.uminho.pt](mailto:xxienspqr@quimica.uminho.pt)

URL: <http://www.spq.pt/eventos/xxienspqr>



## ENCONTRO NACIONAL DE NANOTOXICOLOGIA (E2N 2011)

7 E 8 FEVEREIRO 2011 EM LISBOA

O Encontro Nacional de Nanotoxicologia, uma organização conjunta do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Instituto Superior Técnico e da Direcção-Geral da Saúde, irá decorrer nos dias 7 e 8 de Fevereiro em Lisboa, com o patrocínio da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ).

A Nanotecnologia utiliza as propriedades únicas da matéria à nanoescala sendo que as nanopartículas e os nanomateriais manufacturados oferecem potenciais benefícios sócio-económicos, ambientais e para a saúde. Sendo a nanotecnologia um dos sectores em maior desenvolvimento na actualidade, salienta-se o facto de que os aspectos re-

lativos aos efeitos biológicos, destino ambiental e comportamento destes materiais, carecem de investigação. Este Encontro tem como objectivo uma participação, alargada a todos os campos do saber, sobre o impacto e segurança das nanopartículas e nanomateriais manufacturados para a saúde e ambiente. Serão três os principais tópicos a abordar no encontro, nomeadamente a Caracterização de Nanopartículas, a Ecotoxicologia de Nanopartículas e a Toxicologia Humana de Nanopartículas.

O Encontro é dirigido a todos os profissionais activamente envolvidos na Investigação & Desenvolvimento de nanopartículas e nanomateriais manufacturados, incluindo produção, aplicações, toxicologia e avaliação de riscos para a saúde e ambiente, e regulamentação, pretendendo ser um lugar de partilha de conhecimento e discussão do estado da arte da investigação em Portugal, desafios, novas iniciativas e suas implicações.

E: [E2N2011@sapo.pt](mailto:E2N2011@sapo.pt)

URL: <http://e2n2011.webs.com>



## 4ª REUNIÃO IBÉRICA DE COLÓIDES E INTERFACES (RICI4)

13 A 15 JULHO 2011 NO PORTO

Entre 13 e 15 de Julho de 2011, a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto terá o prazer de acolher a 4ª Reunião Ibérica de Colóides e Interfaces - RICI4, promovida conjuntamente pelo Grupo de Colóides, Polímeros e Interfaces (GCPI) da SPQ e o Grupo Especializado de Colóides e Interfases (GECI) das Reais Sociedades Espanholas de Química e de Física (RSEQ e RSEF).

Pretende-se que o evento tenha um carácter fortemente interdisciplinar, visando dois objectivos essenciais: reunir a comunidade científica portuguesa da área de colóides e interfaces, independentemente da sua formação de base e abordagem científica; promover a sua interacção com a comunidade espanhola congénere, em atmosfera propícia ao intercâmbio de ideias e estabelecimento de pontes de colaboração. Este encontro seguir-se-á aos de Salamanca (05), Coimbra (07) e Granada (09), que obtiveram assinalável sucesso junto das duas comunidades ibéricas. O programa incluirá, entre outras, as seguintes sessões temáticas: sistemas auto-agregados, tensoactivos e polímeros; superfícies e interfaces; nanopartículas e colóides; sistemas biomiméticos e bio-inspirados; teoria e modelação; aplicações industriais, biomédicas e farmacêuticas. As palestras serão proferidas na sua grande maioria em inglês, dada a crescente internacionalização do encontro. Encontram-se já confirmadas lições plenárias pelos Professores Mário Barbosa (INEB, Porto), Margarida Telo da Gama (FCUL), Watson Loh (Unicamp, Brasil), María Vallet-Regí (U. Complutense de Madrid) e Francisco Monroy (UCM). Informações mais detalhadas poderão ser encontradas no website do congresso, ou solicitadas à comissão de orga-

nização local (prof. Eduardo Marques, presidente - efmarque@fc.up.pt).

E: rici4@fc.up.pt  
URL: <http://rici4.fc.up.pt>



**2<sup>AS</sup> JORNADAS DE ELECTROQUÍMICA E INOVAÇÃO**  
**11 FEVEREIRO 2011 EM FARO**

As 2<sup>as</sup> Jornadas de Electroquímica e Inovação terão lugar no Campus de Gambelas, Universidade do Algarve, no dia 11 de Fevereiro de 2011, estando a Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) entre os vários patrocinadores que suportam a realização das referidas jornadas. O grupo “Electroquímica e Inovação” (e-inov), constituído por vários electroquímicos Portugueses, surgiu no Verão de 2005 com o intuito de estabelecer em Portugal um modo renovado de apresentar e discutir temas actuais e ideias inovadoras em Electroquímica, almejando ainda constituir um ponto de encontro para electroquímicos de diversas áreas (incluindo os ligados ao meio industrial). Em 2006 foram lançadas as “Jornadas de Electroquímica e Inovação”, dedicadas à divulgação de temas de natureza inovadora e de interesse actual específicos em Electroquímica, tendo sido escolhidos nesse ano os temas “Novos Meios Electrolíticos” e “Técnicas de Sonda em Electroquímica”. Em 2011 regressam as “Jornadas de Electroquímica e Inovação”, sendo que os temas escolhidos para esta edição são “Sensores” e “Técnicas de Especificação”. Para ilustrarem estes dois tópicos em lições plenárias e em lições temáticas foram convidados conferencistas de renome, nomeadamente os Professores Herman van Leeuwen (Wageningen University), Josep Galceran (Universitat de Lleida) e Hubert Girault (École Polytechnique Fédérale de Lausanne). Algumas lições temáticas serão também atribuídas a trabalhos submetidos pelos participantes e haverá também lugar a apresentações sob a forma de painel, sobre estes e outros temas actuais em electroquímica.

No decurso das Jornadas, e com base na avaliação dos trabalhos apresentados, será atribuído um prémio (Prémio Inovação), o qual consiste na oferta da inscrição nas próximas Jornadas de Electroquímica e Inovação e num desconto de 10% em equipamento AUTOLAB, atribuído pela Potencial Zero. A língua oficial do evento será o Inglês. Mais informações estão disponibilizadas no Web site das Jornadas.

E: [info@e-inov.org](mailto:info@e-inov.org)  
URL: <http://www.e-inov.org>



**14<sup>TH</sup> EUROPEAN CONFERENCE ON THE SPECTROSCOPY OF BIOLOGICAL MOLECULES**  
**28 AGOSTO A 3 SETEMBRO 2011 EM COIMBRA**

Em 2011, cabe à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Uni-

versidade de Coimbra, acolher uma das mais prestigiadas Conferências Europeias no campo da Bioquímica—a European Conference on the Spectroscopy of Biological Molecules.

Esta Conferência, que se realiza de 2 em 2 anos numa cidade Europeia, irá reunir na sua 14<sup>a</sup> Edição, especialistas de toda a Europa para debater de forma proactiva e inovadora os mais recentes avanços científicos nas áreas de Espectroscopia Óptica e Técnicas de Imagem, Espectroscopia de Ressonância Magnética, Espectroscopia Dielétrica, Espectroscopia de Moléculas Individuais/Espectroscopia de Células Individuais, Nanotecnologia, Micro-arrays e Biosensores, Abordagens Teóricas e Simulação Computacional, Aplicações Espectroscópicas nos domínios da medicina, indústria farmacêutica e agro-indústrias.

Com temas como estes, repletos de diversidade, a Conferência é uma oportunidade única de discutir “O Estado da Arte” entre professores, colegas e estudantes. A língua oficial do congresso será o inglês e as apresentações decorrerão na forma de lições plenárias (45 min), comunicações por convite (30 min), comunicações orais (15 min) e comunicações em formato de poster. O programa detalhado será disponibilizado em breve e poderá ser consultado no *Web-site* do congresso.

URL: [www.ecsbm2011.com](http://www.ecsbm2011.com)



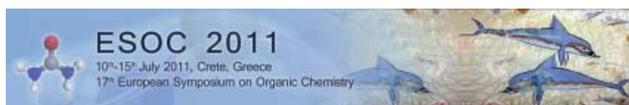
**IUPAC INTERNATIONAL CONGRESS ON ANALYTICAL SCIENCES 2011**  
**22-26 MAIO 2011 EM QUIOTO, JAPÃO**

O congresso ICAS2011, é um evento internacional de ciências analíticas co-organizado pela Sociedade do Japão para Química Analítica (JSAC) e a International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), que será realizado em Quioto, Japão, entre 22 e 26 de Maio de 2011. Este encontro multidisciplinar reúne investigadores de renome mundial, bem como estudantes, no sentido de apresentar as inovações e avanços, bem como abordar questões contemporâneas relevantes, no campo da ciência e tecnologia analítica.

O programa científico inclui conferências plenárias a cargo de cientistas de renome, simpósios abordando diferentes temas, entre os quais se destacam: Técnicas Analíticas Avançadas, Nanociência e Nanotecnologia, Bioanálises, Ciência Ambiental, Segurança e Sustentabilidade, e sessões gerais organizadas segundo os seguintes temas principais: (i) Espectroscopia/espectrometria, (ii) Separação/Micro-análise (iii) Química electroanalítica (iv) Sensores (v) Nanomateriais e nanotecnologia, (vi) Bioanálises, (vii) Análises ambientais, (viii) Análises geoquímicas, (ix) Ciência alimentar e análises (x) Análises farmacêuticas e clínicas, (xi) Validação e qualidade e (xii) Educação.

Todos aqueles envolvidos ou interessados em ciência e tecnologia analítica são incentivados a participar neste congresso internacional para troca de ideias e discutir os novos desenvolvimentos.

E: [ICAS2011\\_secretary@anchem.mc.kyoto-u.ac.jp](mailto:ICAS2011_secretary@anchem.mc.kyoto-u.ac.jp)  
URL: <http://icas2011.com>

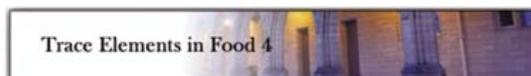


**17<sup>TH</sup> EUROPEAN SYMPOSIUM ON ORGANIC CHEMISTRY (ESOC 2011)**  
**10 A 15 JULHO 2011 EM CRETA, GRÉCIA**

O 17º Simpósio Europeu de Química Orgânica (ESOC 2011) decorrerá entre os dias 10 e 15 de Julho no “Creta Maris Hotel Conference Center” localizado em Hersonissos, Creta, na Grécia. A organização deste simpósio está a cargo da Divisão de Química Orgânica do Departamento de Química da Universidade de Creta e tem o patrocínio da European Association for Chemical and Molecular Sciences (EuCheMS). Este é um evento dedicado à Química Orgânica e áreas afins dando, contudo, especial destaque aos seguintes tópicos: (i) Síntese Total de Produtos Naturais; (ii) Catálise em Síntese Orgânica; (iii) Novos Métodos em Síntese Orgânica; (iv) Química Medicinal; (v) Química Bioinorgânica e Química Biológica; (vi) Química Supramolecular; (vii) Síntese de Materiais Funcionais. O programa inclui lições plenárias, oradores convidados, comunicações orais e duas sessões de posters.

Mais informações poderão ser encontradas na página Web do simpósio.

E: [info@esoc2011.com](mailto:info@esoc2011.com)  
URL: <http://www.esoc2011.com>



**4<sup>TH</sup> INTERNATIONAL IUPAC SYMPOSIUM FOR TRACE ELEMENTS IN FOOD (TEF-4)**  
**19 A 22 JUNHO 2011 EM ABERDEEN, ESCÓCIA**

Sob os auspícios da International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), o 4<sup>th</sup> International IUPAC Symposium for Trace Elements in Food, realizar-se-á na Escócia entre os dias 19 e 22 de Junho de 2011. Este encontro segue-se aos já realizados em Varsóvia (2000), Bruxelas (2004) e Roma (2009) e pretende ser um fórum de troca de ideias e experiências entre investigadores na área dos oligoelementos nos alimentos.

O objectivo primordial deste simpósio interdisciplinar consiste na reunião de especialistas com diferente formação de base de forma a conseguir alcançar uma discussão alargada e abrangente sobre todos os aspectos relacionados com a presença destes elementos nos alimentos, com especial ênfase para os efeitos biológicos no organismo humano. Por conseguinte, o simpósio inclui como tópicos de particular interesse: fontes e transferência de elementos vestigiais para alimentos e rações animais, avanços analíticos na especificação de elementos em alimentos, oligoelementos na nutrição e saúde humanas, toxicologia e avaliação de risco, biodisponibilidade, efeitos de processamento, fortificação de alimentos, legislação internacional, biomarcadores, entre outros. Será dado especial realce aos desenvolvimentos e trabalhos de investigação levados

a cabo nos últimos anos, bem como a tópicos emergentes na área em questão.

E: [j.feldmann@abdn.ac.uk](mailto:j.feldmann@abdn.ac.uk)  
URL: <http://www.abdn.ac.uk/tef-4>



**4<sup>TH</sup> EUROPEAN CONFERENCE ON CHEMISTRY FOR LIFE SCIENCES (4ECCLS)**  
**31 AGOSTO A 3 SETEMBRO 2011 EM BUDAPESTE, HUNGRIA**

A Divisão de Química para as Ciências da Vida da Associação Europeia para as Ciências Químicas e Moleculares (Division of Chemistry for Life Sciences, EuCheMS), juntamente com a Sociedade Húngara de Química, organizam a 4<sup>th</sup> European Conference on Chemistry for Life Sciences.

O sucesso das edições anteriores (Rimini/Itália, Wrocław/Polónia e Frankfurt/Alemanha), confirma o interesse crescente por parte da comunidade científica na Química Bioorgânica e Bioinorgânica, motivando a continuação desta série de conferências, realizando-se agora a 4ª edição que irá decorrer numa das maiores Universidades da Hungria, a Universidade de Eötvös, localizada em Budapeste. Esta conferência pretende ser um encontro de elevado nível científico, no qual a participação de investigadores de renome na área possa inspirar uma audiência interdisciplinar e atrair jovens investigadores para este campo emergente e florescente da química e da biologia.

O programa científico da conferência compreende um leque muito alargado de tópicos, estando já agendadas as seguintes sessões: Biomoléculas em 3D, Dinâmica em Biologia: desordens estruturais e dinâmica molecular, Fotossíntese artificial, da organocatálise bioinspirada à catálise enzimática, Novas tendências na Química Inorgânica: metais e metaloproteínas, Aspectos computacionais de biomoléculas e bioinformática química, Diversidade estrutural e funcional de ácidos nucleicos, Glicoquímica/Glicociência, Fronteiras em química medicinal: novos métodos de desenho de drogas, Bioconjugados péptidos/proteínas como ferramentas de diagnóstico e terapêutica, Neuroquímica: mecanismos de neurodegeneração, Metais em medicina, Bio-nanotecnologia: de moléculas a células sintéticas, Microrganismos fazem o mundo girar: biogeoquímica à escala global e diária.

Para além de fornecer o contacto com a excelência da investigação desenvolvida nesta área, esta conferência pretende ainda capturar o espírito do Danúbio, oferecendo uma multiplicidade de eventos culturais aos participantes.

E: [4eccls@mke.org.hu](mailto:4eccls@mke.org.hu)  
URL: <http://www.4eccls.mke.org.hu>

Secção compilada por Joana Amaral

## 30 Janeiro - 4 Fevereiro 2011 em Saragoça, Espanha

2011 European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry  
E: winterzar2011@unizar.es  
URL: <http://www.winterplasmazaragoza2011.es>

## 7-8 Fevereiro 2011 em Lisboa

Encontro Nacional de Nanotoxicologia (E2N 2011)  
E: E2N2011@sapo.pt  
URL: <http://e2n2011.webs.com>

## 9-10 Fevereiro 2011 em Nagpur, Índia

International Conference on Chemistry for Mankind: Innovative Ideas in Life Sciences (ICCM-2011)  
E: contact@iccm2011-rtmnu.org  
URL: <http://www.iccm2011-rtmnu.org>

## 11 Fevereiro 2011 em Faro

Jornadas de Electroquímica e Inovação  
E: info@e-inov.org  
URL: <http://www.e-inov.org>

## 7-11 Fevereiro 2011 em Wellington, Nova Zelândia

5th International Conference on Advanced Materials and Nanotechnology  
E: amn-5@confer.co.nz  
URL: <http://www.confer.co.nz/amn-5/index.html>

## 21-22 Fevereiro 2011 em Londres, Reino Unido

10th annual Conference on Advances & Progress in Drug Design  
URL: <http://www.smi-online.co.uk/events/overview.asp?is=4&ref=3486>

## 20-24 Março 2011 em Katmandu, Nepal

19th International Conference on Polymer Characterization: World Forum on Advanced Materials  
E: nepalpolymer@yahoo.com  
URL: <http://polychar19-nepal.com>

## 27-31 Março 2011 em Anaheim, Califórnia, EUA

American Chemical Society (ACS) Spring 2011 National Meeting & Exposition  
E: k.thompson@acs.org  
URL: [www.acs.org/meetings](http://www.acs.org/meetings)

## 6-8 Abril 2011 em Oxford, Reino Unido

Membrane Proteins: Structure and Function  
E: philip.biggin@bioch.ox.ac.uk  
URL: <http://sbc.bioch.ox.ac.uk/mgms2011/index.php>

## 11-14 Abril 2011 em Manchester, Reino Unido

EuCheMS Inorganic Chemistry Conference (EICC-1)  
URL: <http://www.rsc.org/ConferencesAndEvents/RSCConferences/EICC1>

## 26-29 Abril 2011 em Stellenbosch, África do Sul

11th UNESCO/IUPAC Workshop and Conference on Functional Polymeric Materials and Composites  
E: hpasch@sun.ac.za  
URL: <http://academic.sun.ac.za/UNESCO/Conferences/Conference2011/index.htm>

## 27-29 Abril 2011 em Glasgow, Reino Unido

2nd European Conference on Process Analytics and Control Technology (EuroPACT 2011)  
E: natalie.driscoll@strath.ac.uk  
URL: [http://events.dechema.de/en/en/Events/EuroPACT\\_2011.html](http://events.dechema.de/en/en/Events/EuroPACT_2011.html)

## 1-6 Maio 2011 em Brunnen, Suíça

46th EUCHEM Conference on Stereochemistry  
E: jkms@cam.ac.uk  
URL: <http://www.stereochemistry-buergerstock.ch>

## 2-5 Maio 2011 em Seattle, EUA

33rd Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals  
URL: <http://www.simhq.org/meetings/sbfc2011/index.asp>

## 18-20 Maio 2011 em Praga, República Checa

First International Conference on Organic Food Quality and Health Research  
E: Monika.Tomaniova@vscht.cz  
URL: [http://www.fqh2011.org/fqh2011\\_announcement.pdf](http://www.fqh2011.org/fqh2011_announcement.pdf)

## 22-26 Maio 2011 em Quioto, Japão

IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011  
E: ICAS2011\_secretary@anchem.mc.kyoto-u.ac.jp  
URL: <http://icas2011.com>

## 23-27 Maio 2011 em Siena, Itália

Third European Workshop in Drug Synthesis (III EWDSy)  
E: didonna2@unisi.it  
URL: <http://www.unisi.it/eventi/ewds/index.html>

## 23-27 Maio 2011 em Pretória, África do Sul

11th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials  
E: walter.focke@up.ac.za  
URL: <http://web.up.ac.za/default.asp?ipkCategoryID=13080>

## 6-10 Junho 2011 em São Petersburgo, Rússia

7th International Symposium on Molecular Mobility and Order in Polymer Systems  
E: tatfil@imc.macro.ru  
URL: <http://www.onlinereg.ru/site.php?go=158&page=2663&lang=ENG>

## 13-15 Junho 2011 no Porto

4th Iberian Meeting on Colloids and Interfaces (4ª Reunião Ibérica de Colóides e Interfaces (RICI4))  
E: rici4@fc.up.pt  
URL: <http://rici4.fc.up.pt>

## 19-22 Junho 2011 em Aberdeen, Escócia

4th International IUPAC Symposium on Trace Elements in Food  
E: j.feldmann@abdn.ac.uk  
URL: <http://www.abdn.ac.uk/tef-4>

## 20-27 Junho 2011 no Porto

XXXIV World Congress of the International Organisation of Vine and Wine  
URL: <http://www.oiv2011.pt>

## 27-30 Junho 2011 em Dijon, França

NanoFormulation 2011 Conference  
E: secretariat@ffc-asso.fr  
URL: <http://www.ffc-asso.fr/ICCDU/index.html>

## 26 Junho - 1 Julho 2011 em Singapura

11th International Conference on Carbon Dioxide Utilization  
E: john.jones@formulation.org.uk  
URL: <http://www.nanoformulation2011.com>

## 3-6 Julho 2011 em Braga

XXII Encontro Nacional da SPQ (XXII ENSPQ)  
E: xxiienspq@quimica.uminho.pt  
URL: <http://www.spq.pt/eventos/xxiienspq>

## 3-7 Julho 2011 em Estrasburgo, França

XIXth International Symposium on Photophysics and Photochemistry of Coordination Compounds  
E: isppcc-2011@unistra.fr  
URL: <http://isppcc-2011.unistra.fr>

## 10-15 Julho 2011 em Creta, Grécia

17th European Symposium on Organic Chemistry (ESOC 2011)  
E: info@esoc2011.com  
URL: <http://www.esoc2011.com>

## 30 Julho - 7 Agosto 2011 em San Juan, Porto Rico

43rd IUPAC World Chemistry Congress  
E: ginfante@iupac2011.org  
URL: <http://www.iupac2011.org>

Secção compilada por Joana Amaral