

QUÍMICA

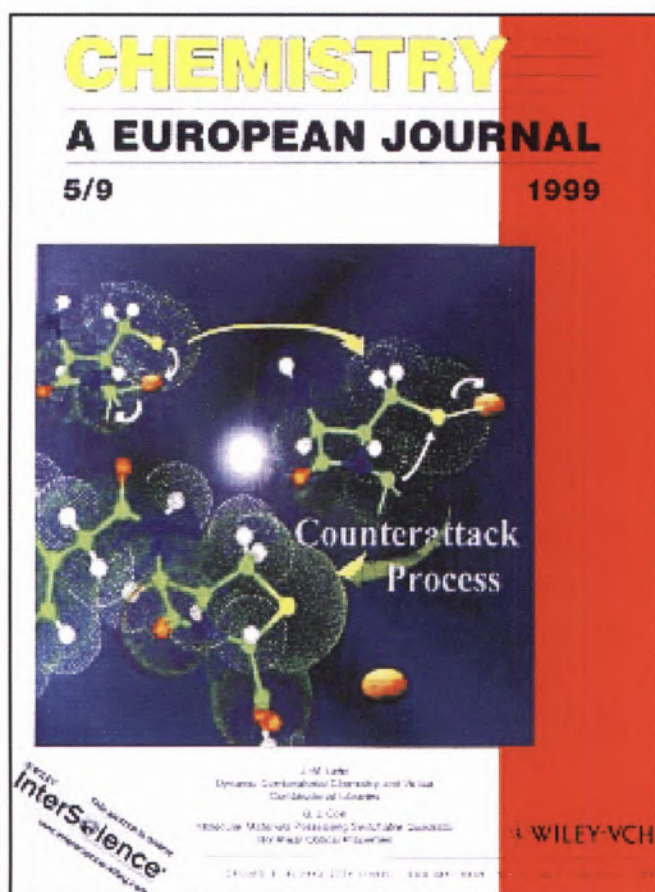
BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Tensioactivos e Polímeros Solúveis em Água

Mulheres na Ciência e na Universidade

Chemistry – A European Journal



Benefit from:

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

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

latest
Impact Factor: 5.153

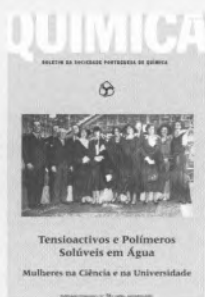
supported and owned by Chemical Societies from

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

To order please contact your society
or CHEMISTRY@wiley-vch.de

 **WILEY-VCH**

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



Capa: Cortesia do Dr. Jorge Pereira de Sampaio.
Foto tirada na Sociedade de Geografia, Lisboa 1931, Centenário do nascimento de Thomaz Ribeiro.
Da esquerda para a direita na 1ª fila:
Robles Monteiro e Thomaz Ribeiro Colaço; Virgínia Vitorino; Aninhas Colaço; Branca de Gonta Colaço; Maria Cristina Colaço; Irene de Gonta; Amélia Rey Colaço e Maria Clementina.

Propriedade de:

Sociedade Portuguesa de Química
ISSN 0870-1180
Registo na DGCS n.º 101 240 de 28/9/72
Depósito Legal n.º 51 420/91
Publicação Trimestral
N.º 78 - Julho-Setembro - 2000

Redacção e Administração

Avenida da República, 37 - 4.º 1050-187 LISBOA
Telefone: 21 793 46 37 - Telefax : 21 795 23 49
<http://www.spq.pt>

Directora

Ana Maria Botelho do Rego

Directores-Adjuntos

Ana Margarida Martins, Ana Maria Freire,
Adelino Galvão, Nuno Simões

Direcção Gráfica e Paginação

Ana Cristina Pereira Coutinho

Secretária de Redacção

Cristina Campos

Comissão Editorial

Ana Maria Lobo (FCT-UNL)
Irene Montenegro (UM)
Maria Isabel Pinheiro Martins (UA)
Maria José Calhorda (FCUL)
Maria Luísa Sá e Melo (UC)
Mário Nuno Berberan e Santos (IST-UTL)

Colaboradores

António Amorim da Costa (UC)
João Paulo Leal (ITN)
João Luís Silva (IST-UTL)

Publicidade

DIRECÇÃO:
Nuno Simões

Execução Gráfica

FACSIMILE, Offset e Publicidade, Lda.
Rua Alexandre Sá Pinto, 177 - Tel. 21 364 99 95
1300-034 LISBOA

Tiragem: 2400 exemplares

Preço avulso: 2500\$00

Assinatura anual-quatro números:
15 000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)

Distribuição gratuita aos sócios da SPQ

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direcção de «Química». São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas.

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

Publicação subsidiada pela
Fundação para a Ciência e Tecnologia

2 notícias spq

5 congressos

artigo

7 Moléculas em Interfaces:
Uma História de Filmes
à Superfície da Água

A. L. SIMÕES GAMBOA E EDUARDO J. M. FILIPE

15 Tendências Recentes na União
Europeia Relativamente às
Emissões de Dioxinas
para a Atmosfera

JOÃO C.M. BORDADO E JOÃO F.P. GOMES

18 Tensioactivos e polímeros solúveis
em água

– de um entendimento molecular a aplicações técnicas

MARIA DA GRAÇA MIGUEL

ensino

24 “Uma Abordagem dos Conceitos
de Ácido e Base para o 8º Ano
de Escolaridade”

PEDRO F. M. OLIVEIRA E SUSANA M. V. CARREIRA

antologia

29 As Primeiras “Universitárias”
– Na Ciência Portuguesa

RAQUEL GONÇALVES

milénio

33 O Silêncio dos Cristais

TERESA SÁ E MELO

software

42 “Softciências” – Um Consórcio para
Promover o Uso das Tecnologias
Informáticas do Ensino das Ciências

JOÃO CARLOS PAIVA, VICTOR M. S. GIL E CARLOS FIOLEAIS

Editorial

Este "Química" (se calhar, neste número é mais apropriado escrever Esta "Química"...), embora não tenha sido programado para ser temático, acabou por reunir três excelentes contribuições em torno do tema genérico "As mulheres na Universidade e na Ciência". Assim, na rubrica Artigos são relatados alguns aspectos históricos ligados ao envolvimento da jovem Agnes Pockels no estudo dos filmes de Langmuir (que talvez devessem chamar-se de filmes de Pockels...). Na rubrica Antologia, temos também uma excelente digressão pelo mundo das "Primeiras Universitárias Portuguesas", autênticas pioneiras num mundo essencialmente masculino. Finalmente (the last but not the least...) na rubrica Milénio "O Silêncio dos Cristais", um artigo de contra-ponto à selecção feita pela FECS dos 100 Químicos Europeus do Milénio e cuja lista foi publicada no "Química" nº 76. É com um prazer muito especial que vemos

abordado de maneira séria e empenhada, e sobretudo espontânea, por três grupos diferentes, e independentes, o tema do papel das mulheres na Ciência. Embora a época coberta só vá até ao princípio do século XX trata-se de um tema que ainda hoje, na fronteira entre o século XX e o século XXI, continua a ter actualidade. Na nossa opinião, claro! Aqui fica um desafio para o debate e para a reflexão. Seria injusto terminar este Editorial sem nos referirmos às restantes contribuições: um excelente artigo de divulgação sobre polímeros tensoactivos e, na rubrica de Ensino, sempre tão avidamente esperada, um interessante artigo sobre o modo de abordar os conceitos de ácido e base para o 8º ano de escolaridade. Um bom ano lectivo 2000/2001.

A Direcção

n o t i c i a s s p q

Ligação química Brasil-Portugal: participação portuguesa na 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (Poços de Caldas, Minas Gerais, 23-26 de Maio de 2000)

Por iniciativa da Sociedade Brasileira de Química, a 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (ver na pág. 4 a reprodução do cartaz que publicitou a Reunião), realizada no ano em que se comemoram os cinco séculos do descobrimento do Brasil, foi subordinada ao tema "A ligação química Brasil-Portugal". A Sociedade Portuguesa de Química apoiou com entusiasmo a ideia, que se transformou assim num projecto conjunto luso-brasileiro. Com o apoio da FCT, foi enviada ao Brasil uma delegação de seis membros. A Conferência de abertura, proferida por Francisco Radler de Aquino Neto (UFRJ), teve por tema "O papel da Química na ligação Brasil-Portugal em tempos de globalização". O programa científico do Encontro incluiu duas conferências plenárias

proferidas por portugueses: "A luz que dá voz às moléculas", por José Artur Martinho Simões (FCUL) e "Modificação química dos metalocenos de Mo e W: a evolução de um sistema em Química Organometálica", por Carlos C. Romão (ITQB), e ainda dois Simpósios Luso-Brasileiros, cada um dos quais com dois oradores portugueses e dois oradores brasileiros. No Simpósio I, foram proferidas as conferências "O triunfo da quiralidade na Natureza e no laboratório" por Anita Marsaioli (Univ. de Campinas), "Avanços em Espectrofotometria", por Elias Zagatto (Univ. de S. Paulo), "Fotocromismo de sais sintéticos de flavílio. Um futuro colorido para a memória?", por Fernando Pina (UNL) e "Influência da Química Orgânica no desenvolvimento da Química Terapêutica", por Madalena



Em Campinas (SP), parte da delegação portuguesa com o presidente da SBQ. Da esquerda para a direita: Mário Berberan e Santos (IST), Oswaldo Alves (UNICAMP), João Rocha (UA), José Artur Martinho Simões (FCUL), Carlos Romão (ITQB), Fernando Pina (UNL) e Maria João Melo (UNL; acompanhante).

Pinto (FFUP). No Simpósio II, foram proferidas as conferências "Microquímica e macroiônica de polímeros e colóides", por Fernando Galembeck

(Univ. de Campinas), "Química e nanotecnologia supramolecular", por Henrique Toma (Univ. de S. Paulo), "Titanosilicatos microporosos e outros

sólidos zeolíticos novos”, por João Rocha (Univ. de Aveiro), e “Fullerenos em estados electrónicos excitados”, por Mário Berberan e Santos (IST). Para além da delegação da SPQ, é de registar a participação a título individual de vários outros químicos portugueses, quer no programa da reunião, quer no Simpósio (satélite) Ibero-Americano de Catálise (Pedro T. Gomes, IST).

A reunião da SBQ, com ca. de 3000 participantes, 1500 comunicações em cartaz, mini-cursos e várias dezenas de comunicações orais organizadas em sessões temáticas, traduz a vitalidade da comunidade química brasileira, em franco crescimento e com um dinamismo e qualidade de nível internacional. A SBQ edita actualmente três periódicos, disponíveis na sede da SPQ: “Química Nova”, “Química Nova na Escola”, e “Journal of the Brazilian Chemical Society”. Este último tem vindo a aumentar o seu factor de impacto, que é já o mais elevado da América Latina na área da Química.

O programa não científico do Encontro incluiu uma sessão especial, em que a SPQ e a SBQ trocaram presentes (da SBQ, uma placa metálica gravada sobre uma base de ágata; da SPQ, uma colecção de gravuras sobre os locais históricos da Química em Portugal, e uma série de quatro moedas em prata da INCM sobre o descobrimento do Brasil) e assinaram um protocolo de cooperação (ver caixa).

A delegação portuguesa visitou ainda a Universidade de Campinas (SP) e o sincrotrão adjacente (com uma incorporação brasileira de 75%, é único na América Latina. Teve um custo de ca. de 10 milhões de contos e foi inaugurado em 1997).

A delegação portuguesa teve um acolhimento inexcelente por parte da SBQ, em particular por parte do Prof. Oswaldo Alves (Presidente da SBQ) e da Prof. Maria Vargas (Corpo Editorial do JBCS), mas também por muitos outros químicos brasileiros. O maior conhecimento mútuo proporcionado por esta iniciativa, que deverá sem dúvida ser continuada, terá consequências positivas no estreitamento das relações científicas entre os dois países.

Grupo de Cromatografia

Desde meados de Junho do corrente ano que está finalmente constituído o Grupo de Cromatografia da Sociedade Portuguesa de Química, após deliberação durante a reunião do Conselho Directivo.

A iniciativa da formação do grupo, levada a cabo pelo Prof. J.M.F. Nogueira do DQB/FCUL e actual presidente, teve como principal evento a realização do 1º Encontro Nacional de Cromatografia que decorreu na Fundação Calouste Gulbenkian em Lisboa, entre 13 e 15 de Dezembro de 1999. A organização desta conferência foi efectuada com a colaboração da Profª. Ana Costa Freitas e do Prof. Marco Gomes da Silva do DQ/FCT/UNL.

No referido simpósio, intitulado *Fundamentos, Desenvolvimentos e Aplicações*, participaram cerca de 150 conferencistas vindos de todo o país, es-

tando igualmente representadas em stands as mais importantes empresas nacionais da área da química analítica do sector da cromatografia.

A presença de três participantes estrangeiros convidados, nomeadamente do Prof. Pat Sandra da Universidade de Gent-Bélgica, do Prof. Armin Mosandl da Universidade de Frankfurt/Main-Alemanha e do Dr. Zoltan Juvanckz do Instituto da Qualidade da Água-Hungria, deram o mote aos mais recentes desenvolvimentos na área da cromatografia a nível internacional.

Cerca de sessenta apresentações científicas entre lições convidadas, comunicações orais e comunicações em painel foram efectuadas, tendo o denominador comum sido a troca de ideias, experiências e a divulgação das mais diversas temáticas entre todos os cien-

tistas nacionais que implementam as técnicas cromatográficas.

O razoável sucesso do evento que teve a participação de muitos jovens conferencistas, contribuindo com mais de trinta novos sócios para a Sociedade Portuguesa de Química, culminou com a atribuição de dois prémios às melhores comunicações apresentadas, que se saldou com duas bolsas a estudantes de pós graduação para participação no 23º *International Symposium on Capillary Chromatography*, que se efectuou em Riva del Garda-Itália em Junho do corrente ano.

No próximo ano está previsto o 2º *Encontro Nacional de Cromatografia* que será brevemente anunciado, apelando-se por isso mesmo a todos os potenciais cientistas interessados que enriqueçam o evento com a respectiva participação.

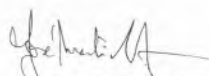
PROTOCOLO DE COLABORAÇÃO ENTRE A SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA E A SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA

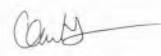
Com o objetivo de estreitar as relações, na área de Química, entre as comunidades científicas de Portugal e do Brasil, e de estimular o surgimento ou a continuação de projetos comuns no âmbito da investigação científica, do ensino e da indústria, a SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA (SPQ) e a SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ) decidem implementar, a partir desta data, o conjunto de ações enumeradas a seguir.

1. Criação de um sistema que confira aos cientistas brasileiros e portugueses igualdade de direitos no que respeita à filiação na SPQ e SBQ. Assim, os sócios da SBQ que desejarem ser sócios da SPQ terão tratamento idêntico ao aplicado a cidadãos portugueses e satisfarão o mesmo valor da quota, acrescida, no caso de publicações periódicas ou outras, dos respectivos custos dos portes de correio. Aplica-se o mesmo em relação a sócios da SPQ que desejarem filiar-se na SBQ. Os custos de correio do Brasil para Portugal e de Portugal para o Brasil serão definidos, respectivamente, pelas direções da SBQ e da SPQ.
2. Permuta regular de todas as publicações periódicas da SPQ e da SBQ, bem como troca de informações, em especial no âmbito editorial.
3. Promoção e divulgação de textos de Química brasileiros em Portugal e portugueses no Brasil, quer através de anúncios nos boletins e revistas respectivos, quer através da distribuição ou da venda desses textos.
4. Criação de grupos de trabalhos conjuntos, visando uma maior uniformização da nomenclatura química em língua portuguesa e discussão de aspectos da Química de interesse das duas Sociedades.
5. Organização de encontros conjuntos das duas Sociedades.

O presente Protocolo poderá ser revisto sempre que qualquer uma das duas Sociedades o deseje.

Poços de Caldas (Minas Gerais), 25 de Maio de 2000.


José Artur Martinho Simões
Presidente
SOC. PORTUGUESA DE QUÍMICA


Oswaldo Luiz Alves
Presidente
SOC. BRASILEIRA DE QUÍMICA

**Brasil
500**

Pt

a
ligação química
**Brasil /
Portugal**

23^a

**Reunião
Anual**

Sociedade
Brasileira
de Química

Poços de Caldas, MG
23 a 26 de maio
de 2000

Br

endereços eletrônicos

23rasbq@dq.ufscar.br
paulosbq@dq.ufscar.br
<http://www.s bq.org.br>

Simpósio de Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear

Divisão de Química Orgânica da Sociedade Portuguesa de Química

a realizar no Departamento de Química, Universidade de Aveiro - 30/10/2000

Organização

Prof. António M. d'A. Rocha
Gonçalves, Universidade de
Coimbra
Presidente da Divisão de
Orgânica da Sociedade
Portuguesa de Química
Dr. Artur M. S. Silva, Universidade
de Aveiro
Dr. Teresa M. V. D. Pinho e Melo,
Universidade de Coimbra

Programa

9:00 – Os Princípios da Ressonância
Magnética Nuclear
Rui Brito (Departamento de
Química, Universidade de
Coimbra)
10:00 – *Modelling Proton Chemical
Shifts for the Organic Chemist*
Raymond Abraham
(Universidade de Liverpool, UK)
11:00 – Intervalo para café
11:30 – *Espectroscopia de*

*Ressonância Magnética Nuclear na
Elucidação Estrutural de Compostos
Orgânicos: Fundamentos e
Estratégias*
Artur Silva (Departamento de
Química, Universidade de
Aveiro)

12:30 – Almoço

14:00 – *Ressonância Magnética
Nuclear do Estado Sólido*
João Rocha (Departamento de
Química, Universidade de
Aveiro)
15:00 – *Espectroscopia de*

*Ressonância Magnética Nuclear na
Elucidação Estrutural de Compostos
Orgânicos: Estabelecimento do
Esqueleto Carbonado e Aplicações*
Artur Silva (Departamento de
Química, Universidade de Aveiro)

16:00 – Intervalo para café

16:30 – *1D- and 2D-Nuclear
Overhauser Techniques for Structural
Research in Chemistry*
Harald Günther (Universidade de
Siegen, Alemanha e Editor da
revista Organic Magnetic
Resonance).

Simpósio de Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear

Boletim de Inscrição _____

Apelidos _____

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ C.P. _____

Tel. _____ Fax _____ e-mail _____

Data limite de inscrição - 15 de Setembro de 2000

(Prioridade de selecção por ordem de inscrição)

Associado da SPQ 7 500\$00

Não Associado da SPQ 10 000\$00

Pagamento: Cheque n° _____ do Banco _____

dirigido a CHYMIOTECHNON no valor de _____

O Boletim de Inscrição deverá ser enviado para:

Dr Teresa Pinho e Melo

Departamento de Química, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra

c o n g r e s s o s

Congressos, Conferências e Reuniões Científicas

FECS

History of Chemistry

Maio, 19-24, 2001

Thessaloniki, Grécia

Prof. Dr. Evangelia Varela

e-mail: varela@chem.auth.gr

SPQ

*XIV Encontro Luso-Galego de
Química*

Novembro, 22-24, 2000

Lisboa, Portugal

Secretariado do XIV Encontro

Luso Galego de Química

Departamento de Química,

Universidade do Minho

Largo do Paço

4700-320 Braga, Portugal

Tel: +351-253-604386/70

Fax: +351-253-678983

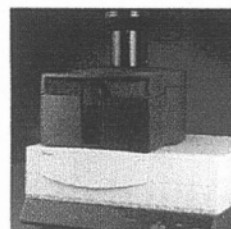
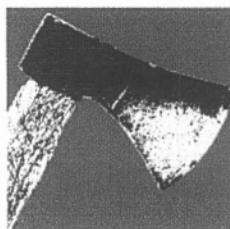
Website:

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

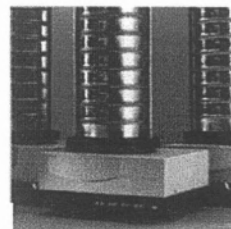
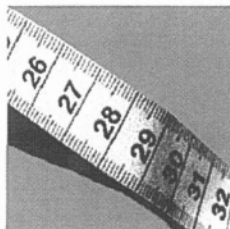
Retsch



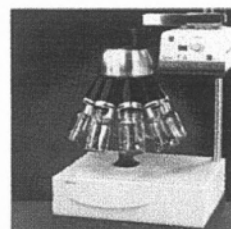
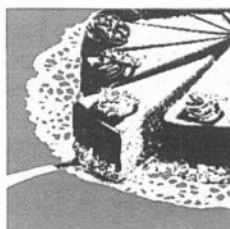
Moinhos



Agitadores de peneiros/peneiros



Divisores de amostras



**Análise granulométrica automática
CAMSIZER / CRYSTALSIZER**

Dry sieving
AS 200
36 μ m – 16 mm

Laboratory
standard

Sedimentation
LUMOSD
1 – 100 μ m



Image processing
CAMSIZER
36 μ m – 16 mm

SIZER TECHNOLOGY

White light refraction
CRYSTALSIZER
1 μ m – 2 mm

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

01-352 72 93

02-948 68 68

O Importador Exclusivo

LISBOA

PORTO

Campo Mártires da Pátria, 109

Rua de Real, 1210 – A/B – Moreira

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

Moléculas em Interfaces: Uma História de Filmes à Superfície da Água

A. L. SIMÕES GAMBOA e EDUARDO J. M. FILIPE*

Uma substância colocada na interface entre o ar e um líquido no qual é insolúvel pode espalhar-se e formar um filme muito fino, em muitos casos com a espessura de uma só molécula. Uma história científica que começa há pouco mais de cem anos e dá origem a uma técnica e ao equipamento precursor das modernas balanças de Langmuir.

UMA CARTA PARA LORD RAYLEIGH

Em Janeiro de 1891 [1], Lord Rayleigh recebeu uma carta de uma jovem alemã, Agnes Pockels, acerca do comportamento e propriedades de “superfícies de água contaminadas”. Na sua carta, Fräulein Pockels pede desculpa pelo seu atrevimento – dirigir-se a uma pessoa tão conceituada, a fim de lhe dar a conhecer observações relacionadas com assuntos que ele próprio tem vindo a investigar, sendo ela uma pessoa sem formação universitária sequer, uma “plebeia da ciência”!

Agnes Pockels (1862-1935), por razões de ordem pessoal, não pôde frequentar a universidade depois dos estudos liceais. Não obstante, as suas experiências, feitas com equipamento simples e levadas a cabo numa cozinha, deram origem a um dos mais importantes instrumentos para o estudo de filmes insolúveis na interface líquido-gás: a balança de filme de Langmuir.

Na sua carta [2], ela começa por descrever o seu método para aumentar ou diminuir em qualquer proporção a superfície de um líquido:

“numa tina rectangular em estanho, de 70 cm de comprimento, 5 cm de largura e 2 cm de profundidade, cheia de água até à beirinha, é colocada uma tira de estanho de 1.5 cm de largura, perpendicularmente ao comprimento da tina, à superfície da água, dividindo-a em duas metades. Deslocando esta partição para a direita ou para a esquerda, a superfície em cada lado pode ser aumentada ou diminuída, e o deslocamento pode ser medido numa escala colocada à frente da tina, ao longo do seu comprimento.”

Refere em seguida que mede a tensão superficial em qualquer ponto da tina através da força necessária para destacar da superfície da água um pequeno disco de 6 mm de diâmetro, força essa medida com uma balança de braços desiguais e peso deslizante. Usando este equipamento, Agnes Pockels tirou várias conclusões pioneiras acerca do comportamento da superfície da água, nomeadamente:

– “contaminando”, ou seja, colocando à superfície da água líquidos tais como óleos ou álcoois, verificando-se que a tensão superficial da água varia com o tamanho da superfície: ao diminuir a área “contaminada”, a tensão superficial mantém-se constante até certo ponto e depois, abruptamente, começa a diminuir. “Alargando” de novo a superfície, a tensão superficial aumenta até permanecer de novo constante. Pockels descreveu o facto dizendo que a superfície da água podia existir em dois estados diferentes: a condição normal, em que o deslocamento da partição não provoca nenhuma variação na tensão superficial e a condição anómala, em que qualquer variação da área altera a tensão superficial.

– quanto mais pura estiver a superfície da água, maior terá que ser a redução de área para que se atinja a condição anómala.

– ao mover a partição de um extremo para o outro da tina, a “contaminação” fica confinada no lado em que a área está a ser reduzida, e a superfície que fica para trás é “nova” e limpa, formada a partir do seio da água da tina.

Tudo isto pode parecer hoje bastante óbvio! É preciso não esquecer no entanto que se está em 1891, 30 anos antes de McBain e Salmon terem sugerido a existência de micelas e 45 anos antes de Hartley ter proposto um modelo para a arquitectura das mesmas. Situando ainda melhor, está-se menos de 20 anos depois de van der Waals ter apresentado a sua equação e 30 anos antes do modelo atómico de Rutherford. A própria existência de moléculas é ainda um assunto em debate. Agnes

Pockels não sabia pois explicar o que se passava na sua tina de estanho, como hoje é possível fazer.

Lord Rayleigh (1842-1919) promove a publicação da carta de Pockels na *Nature*, em Março de 1891. É justo que se faça aqui um tributo à conduta deste grande cientista. Outros, em circunstâncias idênticas, poderiam ter simplesmente ignorado a carta da jovem, ou usado os seus métodos fazendo, ou não, uma pequena menção à autora.

Em 1892, Agnes publica outro artigo na mesma revista [3]. Neste, descreve como procede para colocar quantidades muito pequenas de substância à superfície da água. Primeiro, dissolve alguns miligramas do “contaminante” a estudar num solvente volátil. Então, depois de limpar tanto quanto possível a superfície da água na tina - fazendo deslizar várias vezes a barreira ao longo do seu comprimento - transfere, gota a gota, uma pequena quantidade de solução para a superfície. Aguarda então algum tempo até que o solvente evapore, diminuindo então o tamanho da superfície até que ela se torne *anómala*. Pockels mediu assim as áreas a partir das quais há uma diminuição brusca da tensão superficial para várias substâncias à superfície da água, nomeadamente azeite, óleo de semente de colza, óleo de papoava, resinas, ácido esteárico, entre outros. A partir destas áreas, da concentração e do volume da solução depositada, pôde calcular a espessura dos seus filmes de contaminantes à superfície da água.

Lord Rayleigh repete experiências análogas às de Pockels, em equipamento semelhante ao por ela descrito, e confirma aquilo a que chama o “*carácter impressionante da lei descoberta pela menina Pockels*”. Uma superfície de água contaminada pode apresentar-se tal que esse contaminante não produza qualquer efeito sobre a tensão superficial; contudo, a partir de uma certa quantidade de contaminante por unidade de área, a tensão diminui bruscamente. Para Lord Rayleigh, estes resultados só podiam ser explicados considerando



Agnes Pockels² nasceu a 14 de Fevereiro de 1862 em Veneza. Três anos depois nascia o irmão, Friedrich. A família viveu no norte de Itália vários anos, onde o pai servia como membro do exército Real Austríaco. Esta região, infestada pela malária, deixaria marcas indeléveis na saúde da família, o que contribuiu para marcar definitivamente o destino de Agnes. Em 1871 regressam à Alemanha, para Brunswick, na Baixa Saxónia. Aí Agnes frequenta o Liceu Municipal para Raparigas e desenvolve, segundo as suas próprias palavras, “*um apaixonado interesse pelas ciências naturais, especialmente pela*

física”. Não prossegue no entanto os estudos na universidade como era seu desejo, dado que na época o acesso à universidade estava vedado às mulheres e mais tarde, quando esta situação começou a mudar, os pais, frequentemente doentes, pediram-lhe que não o fizesse. Agnes, a única filha, assumiu assim a responsabilidade de tomar conta dos pais desde muito nova e permaneceu em casa durante toda a vida. Decide no entanto continuar a sua educação pelos seus próprios meios, estuda através de um pequeno livro de texto que tem à disposição e, a partir de 1883, através de livros fornecidos pelo irmão, entretanto estudante em Göttingen e que mais tarde se tornaria professor de física na Universidade de Heidelberg. Os livros não são suficientes para satisfazer a necessidade desta rapariga de “saber mais”, nomeadamente no que diz respeito à abordagem matemática da física, e estuda sozinha matérias teóricas, tais como cálculo diferencial. Desenvolve, a partir dos 18 anos, um trabalho experimental admirável, que leva a cabo em casa, na cozinha. Com 20 anos, inventa a tina com barreira deslizante, estabelece o método para colocar substâncias insolúveis em água à superfície da mesma e a técnica para obter uma superfície de água “limpa”. Estas técnicas são hoje o procedimento padrão usado em química de superfícies. Agnes escreve sobre os seus resultados ao então professor de física da universidade de Göttingen, que não demonstrou interesse por eles. Mais tarde, quando Lord Rayleigh começa a publicar artigos na mesma área, decide escrevê-lhe. Lord Rayleigh acha os resultados de Pockels notáveis e, após troca de mais alguma correspondência com a autora, manda a primeira carta para publicação na *Nature*. Assim, em 1891 Agnes Pockels vê o seu trabalho reconhecido e publicado pela primeira vez, dez anos depois das suas descobertas. Na *Nature*, prefaciando a tradução da carta da jovem, Lord Rayleigh explica as razões do seu interesse: “*A primeira parte da carta de Miss Pockels cobre quase o mesmo terreno de algum do meu mais recente trabalho, e está em harmonia com ele. A última secção parece muito sugestiva, colocando, senão respondendo completamente, a muitas questões importantes*”. Este reconhecimento não deixou de estimular o trabalho de Agnes, que publicou mais 13 artigos entre 1891 e 1918, dois deles também na *Nature*. Traz-lhe também o reconhecimento na Alemanha e o convívio com físicos alemães, sendo a maior parte destes artigos publicados em revistas alemãs. Os seus dois últimos artigos são publicados em 1926 e 1933, com 72 anos. Os anos de interrupção ficaram a dever-se à Primeira Grande Guerra, à morte do irmão e à sua própria saúde frágil.

Em 1931 Agnes Pockels recebeu o prémio Laura Leonard, juntamente com Henri Devaux, pela *Investigação Quantitativa das Propriedades de Camadas Superficiais e Filmes Superficiais* e em 1932 recebeu o doutoramento *honoris causa* pela universidade Carolina Wilhelmina de Brunswick. Por ocasião do seu septuagésimo aniversário, Ostwald escreve em 1932 num artigo de revisão sobre o trabalho de Pockels: “*qualquer colega que faça hoje em dia investigação em camadas ou filmes superficiais reconhecerá que os fundamentos para o método quantitativo neste campo foram estabelecidos em observações feitas 50 anos atrás*”. A área mínima ocupada por um filme superficial monomolecular, cerca de 20 Å²/molécula, ficou conhecida como *ponto de Pockels*. O conjunto do seu trabalho, efectuado em condições tão adversas a todos os níveis, pode considerar-se verdadeiramente admirável.

Agnes Pockels morreu em 1935 em Brunswick com 73 anos.

a existência de moléculas e publica, em 1899, a sua interpretação molecular para o fenómeno, na qual surge, pela primeira vez, o conceito de camada monomolecular [4]. Segundo ele, se o número de “moléculas de óleo” numa superfície de água fôr suficientemente pequeno, as repulsões entre moléculas não se fazem sentir e, nestas condições, a tensão superficial é a mesma que a da água pura. Ao diminuir a superfície, haverá um ponto a partir do qual as forças repulsivas entre as “moléculas de óleo” se começarão a fazer sentir, opondo-se à redução da mesma. Adoptando para as “moléculas de óleo” o modelo de esferas rígidas da Teoria dos Gases, continua Lord Rayleigh, isso acontecerá quando as moléculas começarem a estar em contacto. Assim, a tensão superficial permanece constante até ao ponto em que se tem uma camada completa à superfície da água com a espessura de uma molécula. Neste ponto, a tensão começará a diminuir subitamente.

O IMPULSO DE LANGMUIR

Anos mais tarde, Irving Langmuir (1881-1957) interessou-se por estes resultados e dedicou-se profundamente ao estudo do tema. O seu contributo para a compreensão do comportamento de filmes monomoleculares à superfície da água foi tal que estes são hoje conhecidos pelo seu nome, bem como o equipamento usado para o seu estudo. No seu trabalho publicado em 1917 [5], Langmuir começa por se interrogar acerca das razões pelas quais os óleos¹ se espalham sobre a água. Segundo ele, a explicação reside no facto de cada molécula de óleo ser constituída por duas partes, uma hidrófila - à qual chama *grupo activo* - e outra hidrófoba. Considere-se o ácido eicosanóico, C₁₉H₃₉COOH, como exemplo (Figura 1). Não há dúvida de que o grupo carboxilo manifesta uma vincada afinidade pela água, demonstrada pela solubilidade dos ácidos orgânicos na mesma por oposição à insolubilidade



Fig. 1 - Estrutura da molécula de ácido eicosanóico.

dos hidrocarbonetos correspondentes. Assim, quando à superfície da água, as moléculas de ácido eicosanóico tenderão a dispôr-se com os grupos carboxilo em contacto com ela, enquanto que as "caudas hidrofóbicas" se orientarão para fora.

Neste trabalho, Langmuir determinou áreas e comprimentos de várias moléculas nos filmes respectivos. Para isso, espalhou um filme da substância a estudar na superfície da água, tal como Pockels, tornou-o "visível" soprando um pouco de pó-de-talco sobre a superfície, confinou-o usando duas barreiras móveis e mediu a área correspondente. Dividindo esta área pelo número de moléculas colocadas à superfície, obteve a área ocupada por cada molécula. A partir da densidade da substância obteve o volume ocupado e o comprimento das moléculas. Desta forma simples, obteve valores em geral concordantes com os que se obtêm hoje em dia, com equipamento bem mais sofisticado. Para a molécula de ácido esteárico, por exemplo, determinou uma área de secção recta de $22 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$; verificou que esta área é praticamente independente do comprimento da cadeia do ácido, em harmonia com o pressuposto de que as moléculas estão orientadas perpendicularmente à superfície; para a triestearina, $(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_3\text{C}_3\text{H}_5$, obteve uma área de secção recta de $66 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$, três vezes a do ácido esteárico, concluindo que cada grupo $-\text{COO}-$ ocupa aproximadamente a mesma área, quer ocorra num ácido ou num éster. A partir dos seus resultados, inferiu ainda que "uma cadeia hidrogenada deve ser encarada como extremamente flexível" - um factor que

será muito importante na interpretação do comportamento das monocamadas à superfície da água.

Para prosseguir os seus estudos, Langmuir desenvolveu o seu próprio método de medida da variação de tensão superficial da água produzida pelos filmes de óleo. Confinou-os à superfície da água entre duas barreiras constituídas por tiras de papel enceradas, móveis, sendo uma delas flutuante e acoplada a uma balança. Qualquer variação da tensão superficial resultante da compressão do filme provoca um deslocamento da barreira flutuante (ao longo do comprimento da tina) que pode ser compensado adicionando pesos ao prato da balança. Desta forma, Langmuir foi representando graficamente a força exercida pelo filme na barreira flutuante, em função da área disponível para o mesmo, a uma dada temperatura - isotérmica de Langmuir. Usando este método, estudou filmes de vários ácidos, álcoois e ésteres gordos, saturados ou insaturados. As áreas a partir das quais a força começa a aumentar, estão em excelente concordância com as determinadas anteriormente. Tornando os filmes visíveis, usando pó-de-talco, observa que, com a continuação da compressão, se atinge um ponto em que a superfície se "rompe", sendo visíveis linhas de esforço.

Langmuir interpreta a forma das curvas atribuindo as mudanças de declive observadas durante a compressão do filme a diferentes organizações do mesmo. Segundo ele, as monocamadas podem existir em condições distintas, correspondentes a estados sólido, líquido e gasoso, em analogia com os sistemas tridimen-

sionais. A transição dos filmes de gasoso para líquido pode ser contínua ou descontínua e, em determinadas condições, podem observar-se fenómenos bastante análogos aos fenómenos críticos dos gases. As suas interpretações para os fenómenos são claras e feitas usando analogias que as tornam particularmente fáceis de compreender. Veja-se por exemplo como explica o que acontece quando se comprime um filme de álcool cetílico, $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OH}$: "No ponto [em que a força deixa de ser zero] todas as moléculas de álcool cetílico jazem na superfície com o grupo OH em contacto com a água e as cadeias hidrogenadas na vertical. À medida que a força de compressão aumenta, as moléculas são sujeitas a forças análogas àquelas que actuam numa semente de melancia espremida entre os dedos da mão. Neste caso, pode ser exercida uma pressão muito considerável antes que a semente se mova; quando o faz, no entanto, é projectada com grande velocidade. Similarmente, a molécula de álcool cetílico pode ser sujeita a forças elevadas sem que estas causem o seu afastamento da superfície da água. Contudo, quando as forças atingem um certo valor, a molécula é ejectada. A energia envolvida pode ser muito maior do que aquela teoricamente requerida para separar um grupo OH da superfície da água".

COMO OLHAMOS HOJE PARA UM FILME DE LANGMUIR

Aquilo a que Langmuir chamava molécula com um grupo activo é o que hoje conhecemos por anfífilo do tipo hidrófobo-hidrófilo. Uma molécula anfifílica possui um carácter dual, do ponto de vista interactivo, isto é, apresenta simultaneamente afinidade por dois meios incompatíveis entre si. Os anfífilos mais conhecidos são os do tipo hidrófobo-hidrófilo, mas não menos importantes são os do tipo organofóbico - organofílico. É a natureza anfifílica de uma molécula que faz dela um agente tensoactivo ou surfactante, ou seja, que lhe confere a capacidade de adsorver selectivamente em interfaces baixando a tensão interfacial. Esta diminuição resulta da organização das moléculas de tenso-

activo, que se orientam por forma a atenuar a descontinuidade de energia coesiva entre os dois meios. A tensão interfacial atingirá um mínimo quando a interface estiver totalmente coberta por uma camada de moléculas de tensoactivo.

Os anfífilos podem ser solúveis ou insolúveis em determinado meio, dependendo das interacções que as duas partes constituintes estabelecem com esse meio. Quando são insolúveis, ficam aprisionados na interface líquido-vapor, das quais a interface ar-água é a mais estudada. Quando se dissolve uma molécula hidrófoba-hidrófila, insolúvel em água, num solvente não aquoso volátil, e se deposita esta solução gota a gota na superfície da água, o solvente vai evaporar deixando, na maior parte dos casos, um filme monomolecular. Ao “varrer” a superfície da água com uma barreira, reduz-se a área disponível para o filme, o que faz com que as moléculas se aproximem até formar uma monocamada comprimida e ordenada (Figura 2). À medida que se reduz a área da monocamada, a tensão superficial baixa até ao momento em que as moléculas estão empacotadas o mais próximo possível umas das outras - depois disto, a continuação da compressão resulta no colapso do filme. Se se representar a pressão superficial, π (π é a diferença entre a tensão

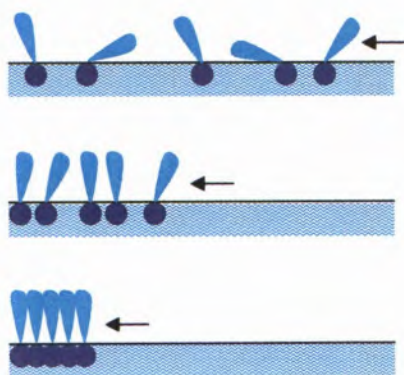


Fig. 2 - Representação esquemática da compressão de uma monocamada de um tensoactivo hidrofóbico (bloco azul claro) - hidrofílico (bloco azul escuro) à superfície da água, até à formação de um filme condensado.

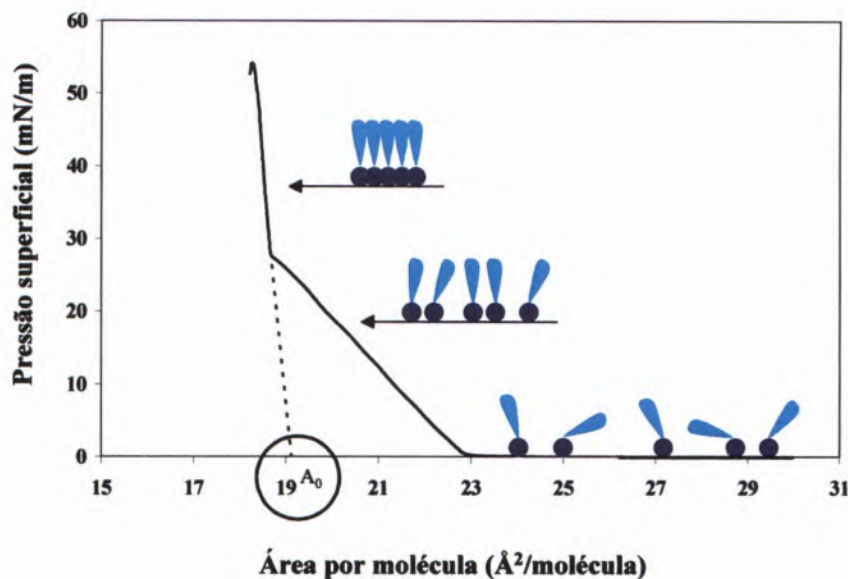


Fig. 3 - Isotérmica de ácido eicosanóico na interface ar-água (21°C). Extrapolação de A_0 .

superficial da água pura, γ_0 , e a tensão superficial da água coberta por filme, γ) em função da área disponível por molécula, A , durante a compressão, a temperatura constante, obtem-se uma isotérmica cuja forma é uma “impressão digital” bidimensional da molécula. A pressão superficial é a mesma grandeza que a força exercida pelo filme nas medidas de Langmuir. Na Figura 3 representa-se uma isotérmica π vs A de um filme de moléculas de ácido eicosanóico, $C_{19}H_{39}COOH$. A cada troço da isotérmica corresponde um arranjo espacial diferente das moléculas na interface.

Na Figura 4 encontra-se esquematizado um exemplo de uma moderna balança de Langmuir. A tina é usualmente construída em Teflon, dadas as características anti-aderentes deste material, simultaneamente hidrófobo e liófobo. Existem fundamentalmente dois métodos de medida da pressão superficial [6], o método de Langmuir e o método de Wilhelmy. O método de Langmuir é um método diferencial e foi já referido anteriormente. O método de Wilhelmy, absoluto, usado por Rayleigh e Agnes Pockels, é também o usado normalmente hoje em dia e descre-

ve-se sucintamente em seguida. Uma placa rectangular, geralmente em vidro, quartzo, platina ou papel, de dimensões conhecidas (l - comprimento, w - largura, t - espessura), é suspensa na interface ar-água. As forças actuando sobre a placa são o seu peso, P , a impulsão, I , e as forças de superfície, S . A força vertical resultante, F , será

$$F = P - I + S$$

onde

$$S = 2\gamma(t+w)\cos\theta$$

θ é o ângulo de contacto da placa com o líquido (0° para o caso de uma placa de papel completamente molhada). No início da experiência $F = P - I + 2\gamma_0(t+w)$; depois de espalhar o filme, $F = P - I + 2\gamma(t+w)$. A diferença entre a força sentida pela placa de Wilhelmy imersa em água pura e em água coberta por surfactante é assim

$$\Delta F = 2(\gamma_0 - \gamma)(t+w) = 2\pi(t+w)$$

vindo então,

$$\pi = \Delta F / 2(t+w).$$

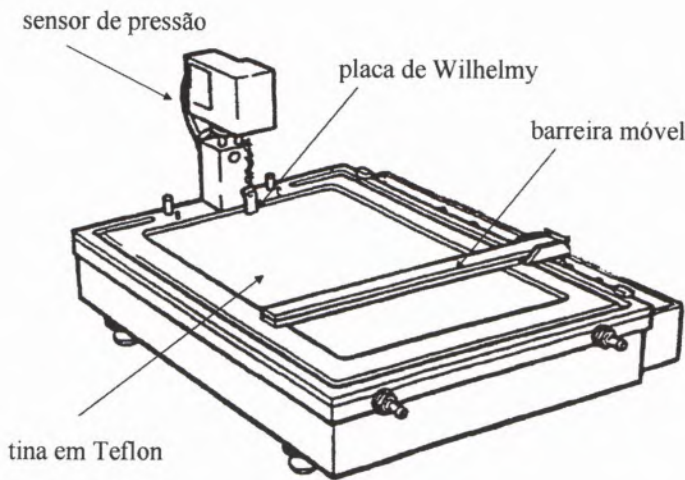


Fig. 4 - Exemplo de uma moderna balança de Langmuir. (cortesia de Nima Technology Ltd., England)

Em termos experimentais, para além dos cuidados habituais comuns a qualquer experiência – a pureza das substâncias a usar, a termostatização, a qualidade do equipamento, que obviamente tem de garantir uma correcta avaliação da área ocupada pelo filme e medição da pressão superficial – há também cuidados específicos, alguns já referidos por Agnes Pockels nas suas publicações. Por exemplo, qualquer substância estranha, vestígios de pó, de gordura (o simples tocar dos dedos) na tina e em todo o material usado na preparação e espalhamento das soluções, e até mesmo a “contaminação” do ar envolvente, podem interferir nos resultados. Assim, a tina deve estar resguardada de eventuais poeiras e vibrações, a água a usar deve ser de elevada pureza e a respectiva superfície repetidamente “aspirada” antes de cada experiência.

Complementarmente às medidas π vs A , existem hoje técnicas que podem ser usadas para tentar “ver” como é realmente uma monocamada – elipsometria, difracção de raios-X rasante, espectroscopia de fluorescência “à superfície” (quando se incorporam sondas fluorescentes nos filmes), reflexão especular de neutrões, por exemplo. Estas técnicas permitiram analisar a estrutura dos vários estados que ocorrem durante

a compressão de uma monocamada e revelaram a existência de outras fases para além das que Langmuir tinha inicialmente proposto.

MUDANÇAS DE ESTADO A DUAS DIMENSÕES

Na Figura 5 representa-se uma isotérmica π vs A genérica, onde se assinalam os vários estados por que passa uma monocamada. A baixas pressões e grandes áreas por molécula, a monocamada comporta-se

como um gás a duas dimensões, G , que passará sucessivamente, à medida que for comprimida, a uma fase líquida expandida, LE , uma ou mais fases líquidas condensadas, LC , e finalmente a uma fase sólida, S . Dependendo da substância em estudo e da temperatura, estas fases podem ou não ser observadas. A isotérmica π vs A a duas dimensões pode ser considerada um análogo de uma isotérmica P vs V tridimensional.

Analise agora mais em detalhe as mudanças de estado de uma monocamada na interface água-ar, tomando uma vez mais como exemplo moléculas de ácidos gordos [7].

Quando a área disponível por molécula é grande quando comparada com a sua área de secção recta, as moléculas comportam-se como um **gás a duas dimensões**, G , que pode ser descrito pela equação de estado de um gás ideal bidimensional

$$\pi A = kT$$

em que A - área por molécula, k - constante de Boltzmann, T - temperatura.

Como modelo para o estado gasoso, imaginamos os grupos polares hidrófilos em contacto com a água e as cadeias alquílicas “deitadas” na superfície, “varrendo” a área de um círculo de raio l , sendo l o compri-

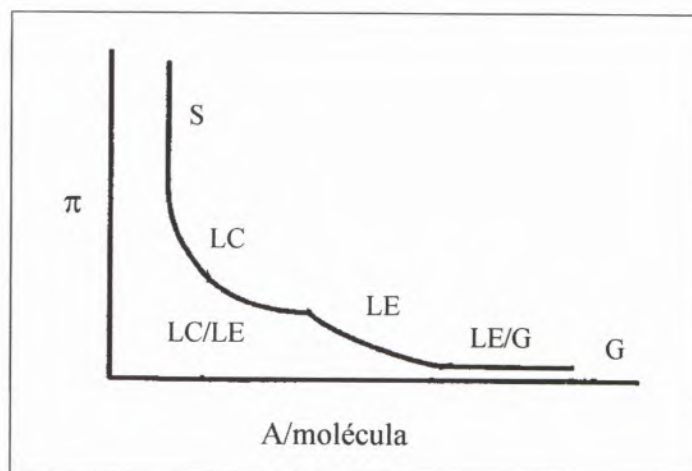


Fig. 5 - Isotérmica π vs A representando os estados genéricos de uma monocamada: G – gasoso; LE – líquido expandido; LC – líquido condensado; S – sólido.

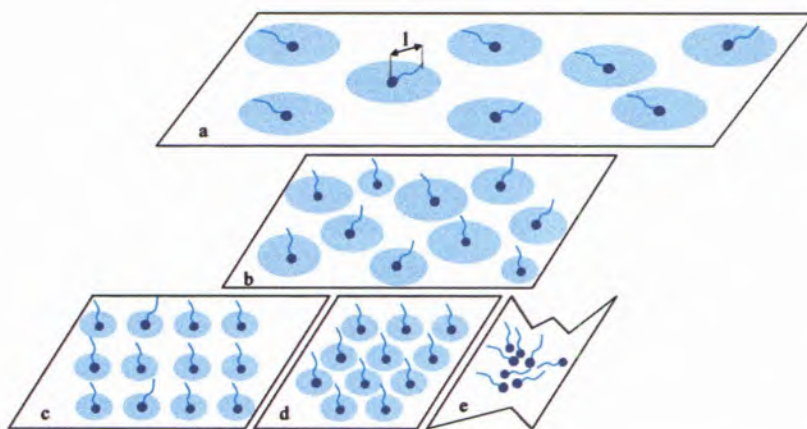


Fig. 6 - Representação esquemática de alguns estados de uma monocamada durante a compressão (as zonas a azul claro correspondem à área "varrida" por molécula): a – gasoso; b – líquido expandido; c – líquido condensado; d – sólido; e – colapso.

mento da cadeia (Figura 6a). No estado gasoso a tensão superficial é aproximadamente igual à da água pura e portanto π permanece zero. A superfície da água encontra-se na *condição normal* de que falava Pockels.

Quando o filme deixa de se comportar como gás ideal, podem usar-se equações de estado para gases bidimensionais não ideais, tais como $\pi(A-A^0)=kT$, onde A^0 é a área excluída por molécula, ou a equação de van der Waals modificada para duas dimensões, $(\pi a/A^2)(A-A^0)=kT$.

Com a continuação da compressão, as moléculas "sentem" cada vez mais a proximidade umas das outras e o filme começa a organizar-se. π começa a aumentar e a superfície da água entra na *condição anômala*, diria agora Agnes Pockels. A fase gasosa condensa, passando primeiro a uma fase denominada **líquido expandido**, LE. Esta mudança de fase dá-se através de uma transição de primeira ordem, apresentando a isotérmica um patamar. A entalpia de vaporização, ΔH , pode ser obtida a partir da variação das isotérmicas com a temperatura, usando uma equação análoga à de Clapeyron, para duas dimensões.

$$\frac{d\pi}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta A}$$

Uma vez que os grupos polares das moléculas permanecem solvatados em ambos os estados G e LE, esta entalpia de vaporização reflecte sobretudo a interacção entre cadeias alquílicas, que se estendem agora para fora da água (Figura 6b). A temperaturas mais baixas, o filme gasoso pode passar directamente para uma fase líquida condensada sem nenhuma descontinuidade detectável na isotérmica π vs A .

À medida que a área disponível vai diminuindo, o filme torna-se cada vez mais ordenado (Figura 6c). Como já foi referido, dependendo da substância em estudo e da temperatura, mais ou menos **fases condensadas** podem ocorrer. Muitas destas fases foram classificadas como mesofases, com ordem orientacional de longo alcance e ordem translacional de curto alcance. Estas mesofases são interpretadas como análogas das mesofases nemáticas e esmécticas exibidas pelos cristais líquidos tridimensionais. A Figura 7 representa um diagrama genérico que ilustra as fases e mesofases condensadas que podem ser detectadas em monocamadas de ácidos gordos. A título de exemplo, descrevem-se brevemente as principais características destas fases. A fase condensada mais desordenada, L_1 , corresponde a um arranjo isotrópico bidimensio-

nal (no plano) das moléculas. A fase L_2 é uma fase líquida condensada em que a área por molécula é suficiente para permitir a sua rotação livre, e em que as moléculas estão inclinadas em relação à normal à interface de um ângulo que varia com a pressão. As fases L_2' e L_2'' diferem da fase L_2 essencialmente na direcção da inclinação das moléculas. Na fase S, as cadeias estão orientadas perpendicularmente à superfície, numa célula unitária rectangular. Na fase LS as moléculas estão também orientadas perpendicularmente à superfície, mas em empacotamento hexagonal.

Finalmente, a isotérmica apresenta um troço linear de declive quase infinito, indicando que a monocamada atingiu uma estrutura em que é praticamente incompressível. Na **fase sólida**, CS, a monocamada é análoga a um sólido cristalino, possuindo ordem orientacional e translacional de longo alcance (6d). Neste ponto a menor compressão conduz ao **colapso** do filme, que perde assim a sua arquitectura monomolecular (Figura 6e). As moléculas de tensoactivo são então ejectadas da monocamada, tal como "sementes de melancia espremidas entre os dedos da mão".

Por vezes, as isotérmicas de algumas substâncias exibem transições que não são de primeira ordem (π varia durante a transição) e que não conseguem ser explicadas pelos modelos e equações de estado atrás referidas. Para interpretar estas fases desenvolveu-se um modelo em que se supõe que os anfífilos formam estruturas do tipo **micelas superficiais** [8].

UM MUNDO DE FILMES À SUPERFÍCIE DA ÁGUA

É praticamente impossível conseguir descrever de uma forma sucinta a diversidade de trabalhos realizados nesta área, a enorme variedade de substâncias estudadas e especialmente transmitir a grande originalidade revelada em boa parte dos

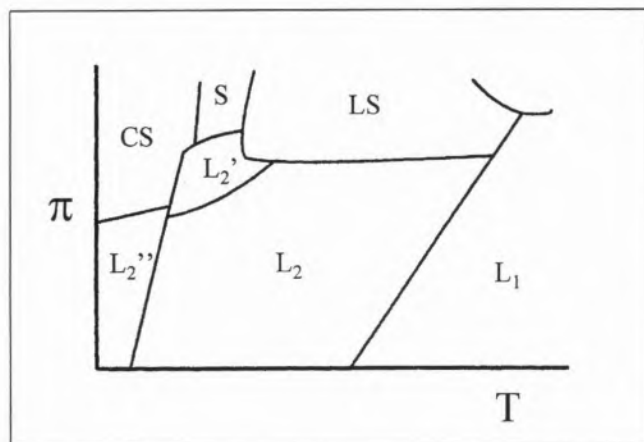


Fig. 7 - Diagrama π vs T genérico representando as mesofases detectadas em monocamadas de ácidos gordos.

mesmos, tanto a nível da concepção, como na sua concretização ou aplicação.

Para além dos tensoactivos "tradicionais" - álcoois, ácidos, ésteres, aminas, de cadeia longa, saturada ou insaturada, simples ou ramificada - muitos outros tipos de substâncias têm sido estudados, sozinho ou em filmes mistos [9,10]. Detergentes com importância tecnológica, como os de cadeia perfluorada [11, 12], compostos com relevância biológica, como os fosfolípidos, proteínas e vitaminas, e polímeros anfífilos [13, 14], de grande potencialidade em Ciências dos Materiais, são apenas alguns exemplos que merecem ser destacados. Os trabalhos envolvendo filmes mistos revestem-se de especial importância quando se pretende estudar interações entre moléculas ou grupos específicos.

O efeito da presença de iões metálicos na subfase tem sido também objecto de estudo, em particular a sua influência na estrutura de filmes contendo moléculas receptoras como os heterociclos (éteres coroa e outros), ou os calixarenos [15], com relevância na área do reconhecimento molecular [16].

De grande importância são os estudos de filmes de Langmuir envolvendo moléculas com grupos cromóforos, que permitem eviden-

ciar as relações entre os fenómenos de luminescência observados ou inibidos com a posição e a mudança da orientação desses grupos na monocamada [14, 17, 18]. São particularmente relevantes os filmes de pigmentos biológicos, nomeadamente clorofila *a*, carotenóides ou hematina [6, 19].

As membranas biológicas são constituídas essencialmente por bicamadas de fosfolípidos, na qual estão inclusas outras macromoléculas, por exemplo proteínas. Algumas das funções vitais desempenhadas pelas proteínas nas células, estão frequentemente relacionadas com a sua orientação ou mudança de orientação numa membrana. Dada a sua semelhança estrutural, as monocamadas têm sido usadas como modelo simplificado das membranas biológicas, numa tentativa de mimetizar alguns dos processos que ocorrem nos organismos vivos.

Embora na sua grande maioria os trabalhos sobre monocamadas tenham sido realizados na interface ar-água, encontram-se também descritos alguns estudos de filmes na superfície de subfases orgânicas [20] e mercúrio [21].

Particularmente importante para a compreensão da estabilidade das monocamadas, foi a descoberta recente de que moléculas sem grupo hidrofílico também podem

formar filmes na interface ar-água. É o caso do perfluoroeicosano [22], $C_{20}F_{42}$ e dos alcanos parcialmente fluorados [23]. Face a estes novos resultados, um dos requisitos que se julgava essencial para que uma substância se espalhasse à superfície da água formando um filme monomolecular, a anfifilicidade, teve que ser revisto.

Os filmes de Langmuir têm ainda a interessante propriedade de, sob certas condições, poder ser transferidos para substratos sólidos, lamelas de quartzo ou wafers de silício, por exemplo, sem se desorganizarem. Este facto não só permite o seu estudo por outras técnicas impossíveis de utilizar *in situ*, como abre caminho a um vastíssimo campo de aplicações. As monocamadas transferidas da interface ar-água para um substrato sólido são em geral conhecidas por filmes de Langmuir-Blodgett. Mas essa será uma próxima história!

* Centro de Química Estrutural, Complexo I, Instituto Superior Técnico 1049-001 Lisboa


NOTAS

- 1 As substâncias às quais se chama "óleos" e "gorduras sólidas" nestes textos são ácidos, alcoóis e ésteres gordos.
- 2 Fotografia de Agnes Pockels (Origem desconhecida; possivelmente no Arquivo da Royal Chemical Society, Londres) in "CONTRIBUTIONS OF 20TH CENTURY WOMEN TO PHYSICS." CWP <<http://www.physics.ucla.edu/~cwp>>

BIBLIOGRAFIA

1. Giles, C. H.; Forrester, S. D. Chem. Ind. **1971** 43.
2. Pockels, A. Nature **1891** 43, 437.

3. Pockels, A. Nature **1892** 46, 418.
4. Lord Rayleigh, Phil. Mag. **1899** 48, 337.
5. Langmuir, I. J. Am. Chem. Soc. **1917** 39, 1848.
6. Gaines, G. In Insoluble Monolayers at Liquid-Gas Interfaces; Interscience Publishers, 1966.
7. Adamson, A. W.; Gast, A. P. In Physical Chemistry of Surfaces; John Wiley & Sons, 1997; 6th ed., cap. IV.
8. Israelachvili, J. Langmuir **1994** 10, 3774.
9. Bibo, A. M.; Knobler, C. M.; Peterson, I. R. J. Phys. Chem. **1991** 95, 5591.
10. Dörfler, H.; Koth, C.; Rettig, W. Langmuir **1995** 11, 4903.
11. Kissa, E. In Fluorinated Surfactants; Marcel Dekker: New York, 1994; vol. 50.
12. Acero, A. A.; Li, M.; Lin, B.; Rice, S. A.; Goldmann, M.; Azouz, I. B.; Goudot, A.; Rondelez, F. J. Chem. Phys. **1993** 99, 7214.
13. Gaines, G. L., Jr. Langmuir **1991** 7, 834.
14. Feng, F.; Mitsuishi M.; Miyashita, T.; Okura, I.; Asai, K.; Amao, Y. Langmuir **1999** 15, 8673.
15. Ishikawa, Y.; Kunitake, T.; Matsuda, T.; Otsuka, T.; Shinkai, S. J. Chem. Soc. Commun. **1989** 736.
16. Kurihara, K.; Ohto, K.; Tanaka, Y.; Aoyama, Y.; Kunitake, T. J. Am. Chem. Soc. **1991** 113, 444.
17. Wistus, E.; Mukhtar, E.; Almgren, M.; Lindquist, S. Langmuir **1992** 8, 1366.
18. Slyadneva, O.; Slyadnev, M.; Tsukanova, V.; Inoue, T.; Harata, A.; Ogawwa, T. Langmuir **1999** 15, 8651.
19. Petty, M. C. In Langmuir-Blodgett films - an introduction; Cambridge University Press, 1996; cap. IV.
20. Jarvis, N. L.; Zisman, W. A. J. Phys. Chem. **1959** 727.
21. Ellison, A. H. J. Phys. Chem. **1962** 66, 1867.
22. Li, M.; Acero, A. A.; Huang, Z.; Rice, S. A. Nature **1994** 357, 151.
23. Gaines, G. L., Jr. Langmuir **1991** 7, 3054.

<p>Instituto Português da Qualidade <small>Ministério da Indústria e Energia</small></p> <p>CERTIFICADO DE CONFORMIDADE</p> <p style="text-align: right;">NUMERO</p> <p style="text-align: right;">96/CEP.410</p> <p>O INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE certifica que o Sistema da Qualidade da</p> <p>SOQUÍMICA - SOCIEDADE DE REPRESENTAÇÕES DE QUÍMICA, LDA. Rua Coronel Santos Pedroso, 15 1500 LISBOA PORTUGAL</p> <p>implantado na comercialização, manutenção e calibração de equipamentos de laboratório, cumpre os requisitos da Norma Portuguesa NP EN ISO 9002 - "Sistemas da Qualidade. Modelo de garantia da qualidade na produção, instalação e assistência após venda".</p> <p>O presente certificado é emitido ao abrigo do Decreto-Lei n.º 234/93 de 2 de Julho, e de acordo com a Directiva CNQ 22 - "Certificação de sistemas da qualidade de empresas. Metodologias e regras gerais".</p> <p>A presente certificação é válida por um período de três anos, renovável.</p> <p>Monte de Caparica, 18 de Junho de 1996</p> <p><i>Cândido dos Santos</i></p> <p>Cândido dos Santos Presidente</p>	<p><small>PORTUGUESE INSTITUTE FOR QUALITY</small> <small>Rua C da Avenida dos Três Vântos</small> <small>2525 MONTE DA CAPARICA</small> <small>Portugal</small> <small>Tel: (01) 294 81 00</small> <small>Fax: (01) 294 81 01</small></p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  SOQUÍMICA </div> <p style="text-align: center;">Sociedade de Representações e Química, Lda.</p> <p style="text-align: center;">Rua Coronel Santos Pedroso, 15 • 1500 LISBOA • Tel.: 716 51 60 • Fax: 716 51 69 Sede Social: Av. da Liberdade, 220-2º • 129 LISBOA CODEX Rua 5 de Outubro, 269 • 4100 PORTO • Tels.: 609 30 69 • Fax: 600 08 34 Email: soquimica@mail.telepac.pt; Internet: www.soquimica.pt</p>
---	---

Tendências Recentes na União Europeia Relativamente às Emissões de Dioxinas para a Atmosfera

JOÃO C.M. BORDADO¹ ; JOÃO F.P. GOMES²

1. A PROBLEMÁTICA RECENTE RELATIVA ÀS EMISSÕES DE DIOXINAS

Muito recentemente, novas pressões por parte do público devido a acidentes ou à divulgação de dados sobre saúde e toxicologia fizeram despoletar novos regulamentos e também novos processos industriais para o tratamento de gases contendo dioxinas e dibenzofuranos, os compostos policlorados de maior toxicidade actualmente conhecida [1], e que, por isso, constam da lista de substâncias químicas que se recomenda sejam banidas mesmo que tal implique uma modificação substancial nos processos industriais.

Em diversos países como a Bélgica e a França, onde ocorreram contaminações alimentares recentes, a pressão da opinião pública levou já à tomada de medidas para a redução das emissões gasosas destes compostos, fundamentalmente nas emissões das unidades de incineração.

Alguns países da União Europeia haviam já começado a desenvolver esforços nesse sentido e países como a Alemanha, Áustria, Holanda e Suécia começaram já a monitorizar regularmente essas emissões desde os finais da década de 80, tendo sido possível constatar nítidas reduções, nomeadamente em resultado da instalação de unidades de tratamento de gases [2].

Naturalmente que na Bélgica e em França a pressão da opinião pública tem vindo a ser incrementada pela cobertura da imprensa e, fundamentalmente, da televisão dada ao assunto, o que tem vindo a fazer com que as autoridades oficiais tenham vindo a decretar medidas cada vez mais restritivas sobre algumas actividades industriais.

Por exemplo, na Flandres, foram fechadas em Dezembro de 1997, 5 unidades de incineração de resíduos sólidos urbanos, por ter sido excedido o limite da emissão de 0,1 ng em equivalente tóxico por metro cúbico normal (TEQ/Nm³). Diversas unidades de incineração do mesmo tipo no

Norte da França foram também encerradas em 1998 por terem sido encontrados teores anormalmente elevados de dioxinas e dibenzofuranos no leite proveniente de quintas localizadas nas proximidades [3].

2. VALORES-LIMITE DE EMISSÃO DE DIOXINAS

Na verdade, a maior fonte de dioxinas e dibenzofuranos na União Europeia continuam a ser os incineradores de resíduos sólidos urbanos, alguns construídos há mais de 10 anos com tecnologias ultrapassadas, cuja contribuição para o total das emissões é estimada em cerca de 40% [3]. Em ordem decrescente de importância seguem-se as unidades de sinterização das siderurgias, unidades de combustão alimentadas a madeira ou resíduos lenhosos, incêndios florestais, emissões secundárias de produtos tratados com pentaclorofenol (PCP) e unidades de reciclagem de sucata automóvel e de metais não-ferrosos.

A instalação de equipamentos de depuração e controlo cada vez mais sofisticados deverá permitir que os níveis de emissão das instalações atrás referidas venham a decrescer significativamente no futuro próximo. Por esta ordem de ideias, será de esperar que esse tipo de procedimentos seja adoptado igualmente em relação aos incineradores de resíduos sólidos urbanos que poderão, assim, vir a tornar-se em fontes com contribuições mais reduzidas para as emissões globais de dioxinas e dibenzofuranos, como já acontece na Alemanha e na Holanda.

Nestes últimos países a atenção passou, então, a centrar-se na redução das emissões de outras fontes pontuais.

Contudo é importante realçar que nunca foi efectuada uma avaliação detalhada dos níveis de emissão das diversas fontes dos países da União Europeia. A maior parte das decisões sobre política ambiental e regulamentação dos níveis de emissão baseia-se em determinações efec-

tuadas nos Estados Unidos, a partir dos quais são efectuadas extrapolações para os países da União Europeia o que, naturalmente, conduz a resultados falíveis e de base científica pouco aceitável.

Assiste-se assim, à abertura de um vasto leque de oportunidades às empresas e laboratórios capazes de efectuar estas determinações experimentais, reconhecida a necessidade de efectuar os inventários das emissões relativamente a estes compostos nos países da União Europeia, esperando-se ainda que este movimento alastre aos países do antigo bloco de leste, tendo em vista a sua integração na União Europeia [4]. Numa segunda fase, quando os inventários estiverem completos, ou pelo menos mais avançados, irá certamente assistir-se à necessidade do desenvolvimento e aplicação de tecnologias necessárias à redução das emissões de dioxinas por forma a verificar-se a conformidade com os valores-limite fixados pela legislação.

Como se sabe, a nível da Comissão Europeia é a Direcção-Geral XI que procede à fixação dos valores-limite de emissão para fontes estacionárias. Precisamente pela inexistência de dados sobre as emissões de dioxinas na União Europeia, esta Direcção Geral iniciou um estudo de inventariação das emissões de dioxinas e identificação das principais fontes emissoras. Os regulamentos mais antigos a este nível são a Directiva 94/67/CE segundo a qual todos os incineradores de resíduos perigosos (tanto novos, como existentes) deverão cumprir com um limite de emissão de 0,1 ng TEQ/Nm³ nos gases e um limite de emissão de 0,5 ng/l nas emissões em fase líquida.

Em Outubro de 1998 foram introduzidos novos regulamentos para as instalações que procedem à queima de resíduos não perigosos, o que inclui a incineração e co-incineração de uma grande quantidade de resíduos tais como pneus, lamas de depuração, certos tipos de resíduos hospitalares, óleos usados e solven-

tes orgânicos. Este regulamento entrou em vigor em 1999 para instalações novas e em 2007 para instalações já existentes. Em ambos os casos o valor-limite de emissão para dioxinas é fixado em 0,1 ng TEQ/Nm³.

Alguns tipos de instalações industriais, actualmente já reconhecidas como fontes de emissões de dioxinas, não têm ainda valores-limite de emissão fixados, embora esses valores se encontrem actualmente em discussão. Estão nesse caso fontes das indústrias de fusão secundária de alumínio, sinterização de metais ferrosos e fornos de cimento que utilizem combustíveis alternativos. Por exemplo, na Alemanha foi já adoptado um valor-limite de emissão de 0,1 TEQ/Nm³ que entrou em vigor para crematórios em 1 de Maio de 2000.

Estima-se que a implementação das medidas necessárias ao cumprimento dos valores-limite irá custar mais do que 550 milhões de Euro por ano, estimando-se também que os benefícios ambientais e de saúde conduzirão a um lucro directo de 260 milhões Euro por ano [4].

Naturalmente que os governos nacionais ou mesmo locais podem impor valores-limite de emissão mais restritivos o que implica que, para ser avaliada a conformidade deverá ser tomado em consideração o avanço do estado-da-arte relativamente à quantificação dessas emissões, em particular no que diz respeito aos limites inferiores de detecção.

3. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA RELATIVAMENTE À REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE DIOXINAS

Historicamente, assistiu-se inicialmente à redução das emissões de dioxinas através da utilização de torres contendo carvão activado em leito fixo, soluções estas de "fim-de-linha", eficazes na redução dos níveis de emissão, mas com elevados custos de investimento e de operação.

Reconhecida a importância de utilizar carvão activado na adsorção de dioxinas e dibenzofuranos, os sistemas evoluíram para doseamento contínuo de uma lama de carvão ou de mistura de carvão e cal, normalmente após um precipitador electrostático.

À medida que os operadores e projectistas das instalações foram procurando sistemas igualmente eficazes, mas de menor custo, desenvolveram-se conceitos mais simples tais como instalações equipadas com sistemas de "absorção seca" que consideram um reactor de concepção optimizada e filtros de mangas, cumprindo igualmente com os valores-limite de emissão.

Dado que a destruição térmica de resíduos é a maior fonte potencial de emissão de dioxinas, tem-se investido muito, ultimamente, na investigação sobre os mecanismos da sua formação [5] e sobre o modo de efectuar as reacções de combustão na maior extensão operacionalmente possível onde as técnicas de modelação em dinâmica de fluidos desempenham um papel fundamental. Como consequência, diversos incineradores de resíduos sólidos urbanos encontram-se já equipados com sistemas de termografia para monitorizar as condições de combustão junto às grelhas e com o objectivo de obter as condições óptimas de combustão. Nalguns casos, os dados registados pelos sistemas termográficos são interpretados por sistemas baseados em lógica difusa instalados em computadores, que fazem a regulação da alimentação de resíduos a serem incinerados, assim como da alimentação de ar primário e secundário e dos queimadores auxiliares. De um modo geral, tem-se verificado [3] que as instalações que têm sistemas deste tipo instalados apresentam menores emissões de óxidos de azoto, monóxido de carbono, partículas e dioxinas quando comparadas com condições operacionais idênticas e antes da instalação dos sistemas atrás referidos.

Outros desenvolvimentos recentes incluem a instalação de sistemas melhorados de injeção de calcário ou outros aditivos, melhores materiais filtrantes nos filtros de mangas, sistemas de destruição catalítica de dioxinas e lavadores de gases de alta eficiência.

Contudo, continua a ser necessário desenvolver sistemas de redução das emissões de dioxinas para as indústrias de processamento de metais não-ferrosos e do fabrico do aço, em que têm sido verificados poucos desenvolvimentos, quanto comparados com o caso da incineração de resíduos [6].

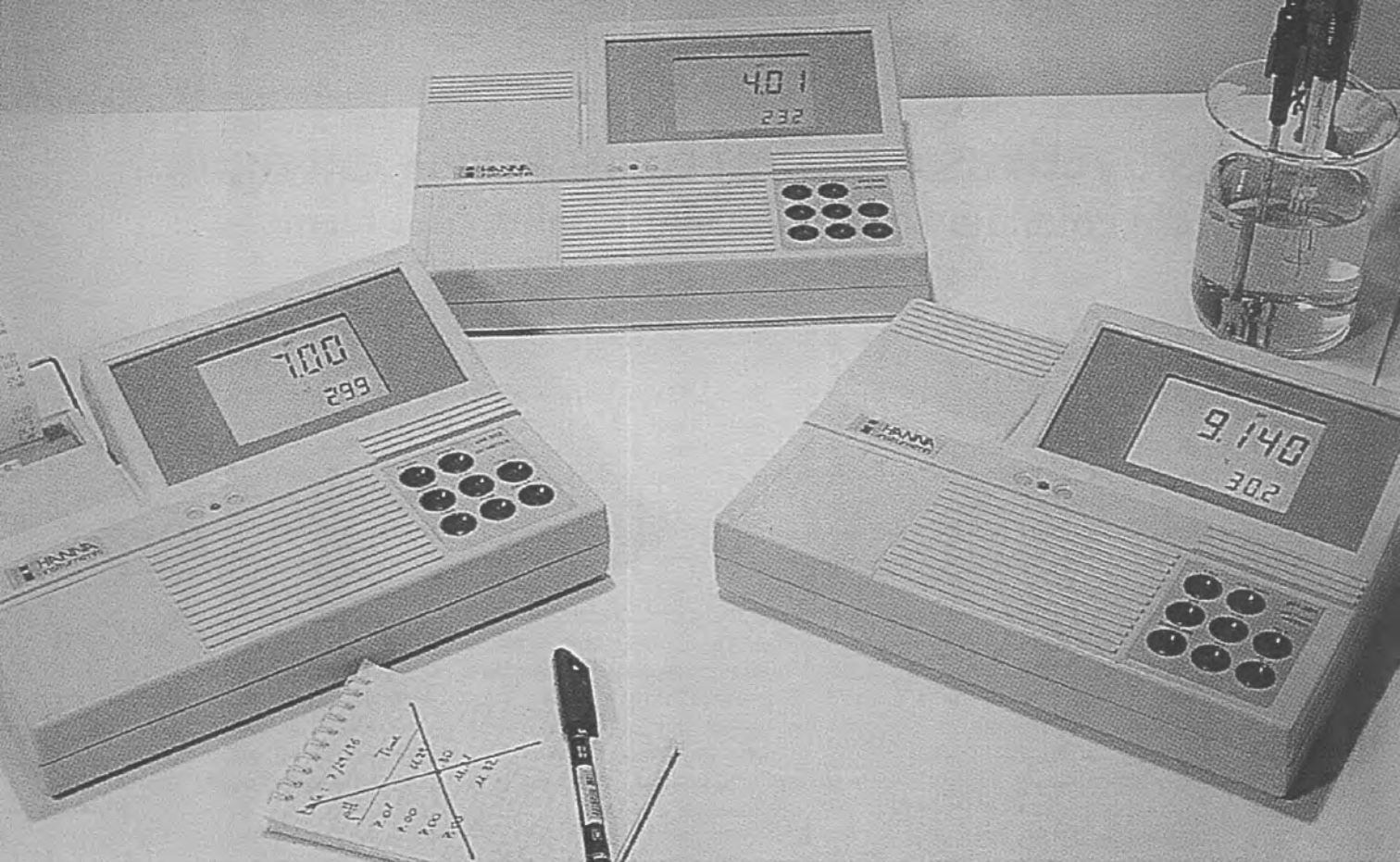
Por exemplo, na Alemanha, em que este último sector apresentou grandes desenvolvimentos no passado recente, as unidades de sinterização das siderurgias são responsáveis, já hoje, por maiores quantidades de dioxinas do que os incineradores de resíduos sólidos urbanos.

¹ Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex

² Centro de Tecnologias Ambientais, Instituto de Soldadura e Qualidade, Apartado 119, 2781 Oeiras Codex

BIBLIOGRAFIA

1. Fanelli, R., Gartini, S., "Human exposure to dioxin", *New Horizons in Biological Dosimetry*, 167, Wiley-Liss Eds., New York, 1991.
2. Crandall, M.S., Kinnes, G.M., Hartle, R.W., "Levels of chlorinated dioxins and furans in the-ree occupational environments", *Chemosphere*, 25, 255 (1992).
3. Schwager, J.; Appel, T., *Pollution Engineering International*, Summer 1999, 28.
4. Philipp, C.; "Dioxins", *Enviro Service Int.*, Munique, 1999.
5. Bordado, J.C.M., Gomes, J.F.P.; *Ingenium*, 11-33, 95 (1999).
6. Bordado, J.C.M.; Ferreira, H.M.S.; Gomes, J.F.P., *Química*, 72, 15 (1999).



MEDIDORES DE pH DE ALTA TECNOLOGIA FÁCEIS DE USAR E ECONÓMICOS

pH 300

Medidor de pH/mV/°C de bancada

pH 301

Medidor de pH/mV/iões/°C de bancada

pH 302

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

De acordo com as GLP

From

HANNA
instruments
ISO 9000 CERTIFIED

... of course

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

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

Tensioactivos e polímeros solúveis em água – de um entendimento molecular a aplicações técnicas

MARIA DA GRAÇA MIGUEL*

INTRODUÇÃO

As misturas polímero-tensioactivo são ubíquas em tecnologia e desempenham um papel de extrema importância nos sistemas biológicos. O controlo das interacções entre macromoléculas e compostos anfifílicos é a chave de variadíssimas formulações e de funções biológicas essenciais. A extensa gama de aplicações baseia-se fundamentalmente na sua adsorção a diferentes superfícies, de que são exemplo os processos de limpeza e a estabilização de dispersões, e nas suas propriedades de solução, como os aspectos de auto-agregação. Polímeros e tensioactivos são utilizados muitas vezes em conjunto para atingir, por exemplo, estabilidade coloidal e controlo reológico [1-3]. Neste artigo será dada uma breve visão das interacções polímero-tensioactivo e seleccionadas algumas das aplicações nesta área. No sentido de chamar a atenção para um assunto de crucial importância actual, inicia-se com alguns exemplos sobre a aplicação destes sistemas a questões energéticas, após o que serão considerados aspectos básicos gerais destes sistemas. Far-se-à depois referência ao desenvolvimento de novos sistemas-gel, bem como a potenciais aplicações na formulação de fármacos.

INTERACÇÕES POLÍMERO-TENSIOACTIVO E TECNOLOGIA

Durante as últimas décadas a química de colóides e superfícies tem atraído vastos interesses ligados ao problema da energia. Em muitos casos é significativo o papel conjugado de compostos anfifílicos, como tensioactivos e polímeros solúveis em água [4-9]. Mencionamos três situações em que princípios simples levaram a desenvolvimentos importantes e à motivação da investigação fundamental, a qual contribuiu consideravelmente para a compreensão dos processos de adsorção e auto-agregação de polímeros e tensioactivos.

A primeira situação a considerar é o desenvolvimento de suspensões carvão-água, como substituintes do petróleo como combustível. Nas suspensões carvão-água [4], dispersa-se carvão finamente dividido em água, a um nível de ca. 70-75%. Sem aditivos, observar-se-ia rapidamente a separação por sedimentação ou uma viscosidade tão elevada que tornaria difícil o bombeamento e a atomização. Os aditivos têm como papel introduzir forças repulsivas, reduzir a fricção entre partículas, e criar uma rede molecular “solta” que retarda a velocidade de sedimentação.

Diferentes grupos de investigadores têm utilizado de alguma forma diferentes princípios no desenvolvimento das suspensões carvão-água. Um exemplo de formulação consiste num sistema baseado essencialmente em três compostos químicos [5]. Um dos aditivos é a lecitina, um lípido zwitteriónico, que adsorve fortemente à superfície do carvão e cria uma forte interacção repulsiva de curta distância entre partículas (interacção muitas vezes referida como “força de hidratação”, contudo este termo pode ser enganoso). Um outro, um copolímero de bloco, hidrofílico-hidrofóbico, do tipo poli(óxido de etileno)-poli(óxido de propileno), que adsorve fracamente à superfície das partículas e origina uma interacção repulsiva a maiores distâncias, a que se chama estabilização estere. O terceiro aditivo, um polissacarídeo de elevado peso molecular, como o xantato de celulose, origina uma rede molecular.

O segundo caso respeita ao desenvolvimento de técnicas de desidratação da turfa, um recurso potencial de energia em muitos países. A turfa pode ser, após desidratação, uma fonte de energia importante [6], contudo, o problema principal é o elevado teor de água, superior a 90%, e a dificuldade de desidratação. Vários estudos mostraram que o problema não reside na “ligação” da água, mas num efeito coloidal, e de superfície, na permeabilidade da água [7]. Assim, pressionando a água para fora da turfa, partículas

pequenas, frequentemente de tamanho coloidal, obstruem os poros e impedem efectivamente o transporte de água. Estas partículas, dada a sua carga negativa, são estabilizadas electrostáticamente, mas através de floculação a água pode ser muito mais facilmente removida. Como consequência, foi desenvolvida uma técnica na qual são adicionadas pequenas quantidades de um tensioactivo catiónico, de um polieletrólito catiónico, ou a combinação destes. A Figura 1 mostra como, com a poli-imina, o tempo necessário para obter o conteúdo de água ao nível desejado pode baixar significativamente.

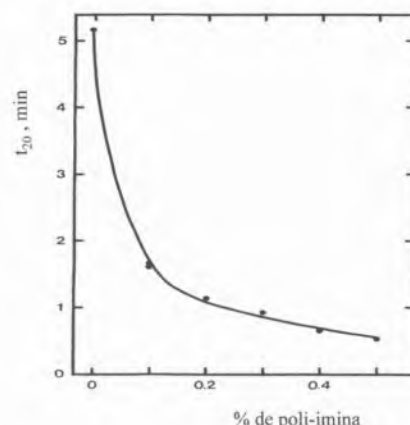


Fig. 1. Devido a interacções coloidais, a adição de um polímero ou tensioactivo de carga positiva à turfa (carga negativa) facilita a desidratação. A figura mostra o tempo necessário para que, sob pressão, se atinja um conteúdo sólido de 20%. (Adaptada da Ref. 7.)

Finalmente, o terceiro caso diz respeito ao desenvolvimento de técnicas de recuperação de petróleo, recorrendo a microemulsões e outras soluções de tensioactivos. Com técnicas convencionais cerca de 60-70% de petróleo fica nos poços, principalmente devido à sua localização em poros muito estreitos. Inúmeros esforços têm sido feitos para reduzir esta percentagem e diferentes técnicas sugeridas e ensaiadas em experiências de laboratório e de campo. Uma das mais comuns baseia-se no bombeamento de uma solução de tensioactivo e/ou polímero nos poços

[8]. As soluções de tensoactivo podem alterar as tensões interfaciais e reduzir a área de contacto entre as gotas de óleo e os poros da pedra, facilitar o desprendimento e, portanto, o transporte de petróleo.

Para o movimento do petróleo através dos poros estreitos são desejáveis tensões interfaciais óleo/água muito baixas, ca. 10^{-6} N/m. Tais condições podem ser atingidas em sistemas de tensoactivo-hidrocarboneto-água chamados microemulsões, que são soluções isotrópicas de três componentes, homogêneas, de uma simples fase. Por escolha apropriada do tensoactivo, ou mistura de tensoactivos, uma pequena quantidade, ca. 1%, é suficiente para misturar iguais volumes de água e hidrocarboneto. Os dois solventes são segregados localmente, com o tensoactivo a formar um filme divisório monomolecular [9,10]. Contudo, mesmo o uso de tão baixa quantidade de tensoactivo não é rentável em termos económicos, dado os actuais preços do petróleo. O facto de um polímero adicionado em pequenas quantidades a uma solução de tensoactivo poder, sob certas condições, baixar de uma forma significativa a tensão interfacial óleo-água, tem suscitado um enorme interesse nos sistemas polímero-tensoactivo nesta área.

ASPECTOS BÁSICOS DAS INTERACÇÕES POLÍMERO-TENSOACTIVO

Os exemplos anteriores, dirigidos a um problema específico, servem para ilustrar a importância das interações polímero-tensoactivo. Goddard discutiu genericamente algumas aplicações e identificou diferentes mecanismos [1]. Mostrou, em particular, que as aplicações se baseiam em diversos factores como a depressão do ponto de turvação de uma solução de polímero, solubilização, aumento de viscosidade, diminuição da concentração do monómero de um tensoactivo, modificação das propriedades de adsorção e capacidade de formação de espuma.

Uma descrição muito útil dos sistemas polímero-tensoactivo é feita em termos de auto-agregação do tensoactivo no polímero, ou da auto-agregação do tensoactivo induzida pela presença do polímero. Nesta perspectiva, os princípios de auto-agregação de tensoactivos, em geral bem estabelecidos, podem ser utilizados para prever características importantes dos sistemas polímero-tensoactivo. Os tensoactivos são compostos anfífilicos, que ao combinar as propriedades de solutos polares com as de hidrocarbonetos apresentam porções hidrofílicas e lipofílicas muitas vezes bem segregadas. Isto leva a uma ambivalência em sistemas aquosos, e por sua vez a adsorção a interfaces — água/ar, água/hidrocarboneto, água/sólido, água/macromolécula ou a auto-agregação, isoladamente ou com co-solutos de maior ou menor massa molecular.

A auto-agregação é uma forma eficiente de eliminar o contacto relativamente desfavorável, sob o ponto de vista energético, entre a parte lipofílica e o meio aquoso, mantendo um contacto com a água para os grupos polares. Este fenómeno conduz à formação de agregados micelares, tipicamente esféricos a baixa concentração, mas em muitos casos cilíndricos a concentração mais elevada. Estas soluções micelares, que não apresentam ordem a longa distância, são apenas um exemplo de agregados de tensoactivo caracterizados por um polimorfismo extremamente rico.

No que respeita a sistemas diluídos, as isotérmicas de ligação oferecem uma descrição alternativa, existindo vários estudos que elucidam as características de ligação de um tensoactivo a um polímero, e demonstram que o processo de ligação é cooperativo e começa a uma *concentração de agregação crítica, cac* (Fig. 2). Neste e noutros aspectos importantes, a dependência da concentração de várias propriedades físico-químicas é idêntica à da auto-agregação de tensoactivos em micelas; por exemplo, a *cac* varia qualitativamente

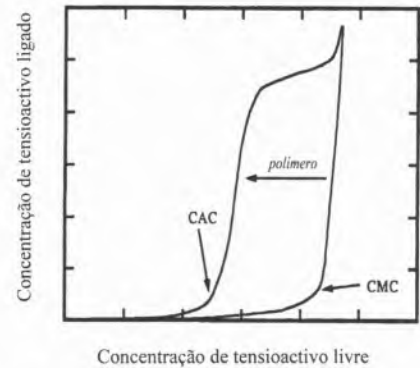


Fig. 2. A isotérmica de ligação de um tensoactivo a um polímero sem unidades hidrofóbicas distintas, pode ser interpretada como o abaixamento de cmc do tensoactivo pelo polímero, ou como um processo fortemente cooperativo. (Adaptada da Ref. 11.)

do mesmo modo que a *concentração micelar crítica (cmc)* com o comprimento da cadeia alquílica do tensoactivo [2]. Isto sugere que, como alternativa a interpretar a associação em termos de ligação do tensoactivo ao polímero, pode ser mais apropriado considerar o efeito do polímero na micelização do tensoactivo. Um polímero não-iónico faria baixar a cmc como resultado da presença de segmentos anfífilicos e lipofílicos, enquanto que no caso de um polielectrólito, a interacção seria explicada por efeitos electrostáticos. Tensoactivos não-iónicos não se ligam em geral a polímeros; este facto pode estar relacionado com a alta estabilidade das micelas não-iónicas (baixa cmc), o que implica pouco ou nenhum ganho em energia na formação de micelas na presença da cadeia de polímero.

Independentemente do modo como se considera a interacção, a descrição que emerge do estudo termodinâmico dos sistemas diluídos é a de agregados do tipo micelar de moléculas de tensoactivo ao longo da cadeia do polímero [11]. A proximidade do contacto micela-polímero variará consideravelmente com a natureza dos sistemas, de um contacto mais "apertado" em polímeros que contêm segmentos hidrofóbicos, para um contacto mais "solto" em certos sistemas polielectrólito-tensoactivo

iônico. Estudos de dispersão de nêutrons, ressonância magnética nuclear e de supressão de fluorescência apoiam a descrição geral de uma estrutura do tipo "colar de pérolas" [12] (Fig. 3).

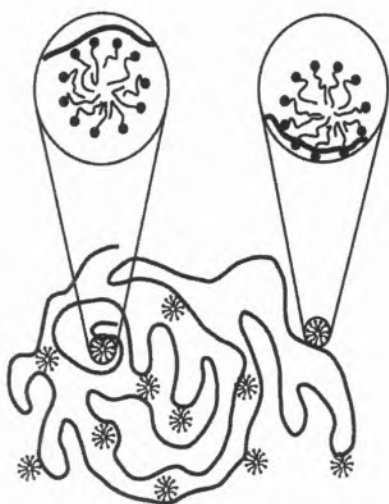


Fig. 3. Modelo de "colar de pérolas" para uma associação tensoactivo-polímero. (Adaptada da Ref. 2.)

Se considerarmos a formação de estruturas e propriedades reológicas, parece natural uma discussão em termos de ligação de tensoactivo ao polímero e o efeito desta nas interações intra- e intercadeias. O efeito

dependerá da relação entre a concentração efectiva de polímero e a concentração onde começa a sobreposição das cadeias, c^* . No caso de um tensoactivo iônico, quando ligado a um polímero não-iônico, espera-se que cause expansão do polímero, e contracção no caso de um polieletrólito de carga oposta. Isto conduz a um aumento e a um decréscimo de viscosidade, respectivamente, em soluções diluídas. Para soluções semi-diluídas ou concentradas, o efeito é mais complexo; a ligação do tensoactivo pode aumentar ou baixar c^* . Um mecanismo de grande interesse é, para concentrações acima de c^* , a possibilidade de uma micela interaccionar com mais do que uma cadeia de polímero (Fig. 4). Este tipo de reticulação tem obviamente um enorme efeito nas propriedades reológicas destes sistemas.

FORMAÇÃO DE GEL NUM SISTEMA DE UM POLÍMERO NÃO-IÔNICO E UM TENSOACTIVO IÔNICO

Para muitos polímeros não-iônicos usados em várias aplicações, como éteres de celulose e copolímeros de bloco, óxido de etileno-óxido de propileno, o ponto de turvação é

um fenómeno muito importante que depende, mais ou menos significativamente, da presença de diferentes co-solutos [13]. Em particular, a adição de tensoactivos iônicos causa um aumento drástico do ponto de turvação, mesmo a baixa concentração.

Os polímeros não-iônicos interaccionam normalmente com tensoactivos iônicos [1,11,12]. Estes sistemas mistos têm sido considerados muito relevantes na produção de *novas estruturas e formulações com novas propriedades reológicas*, uma vez que os efeitos físicos de reticulação podem ser modelados pelo tensoactivo iônico e pela temperatura. Como estes polímeros se tornam menos polares a temperaturas mais elevadas [13] oferecem melhores núcleos para a auto-agregação de tensoactivo a uma maior temperatura; num regime de semi-diluição poderá ser mesmo possível a reticulação de cadeias do polímero por micelas de tensoactivo.

Os éteres de celulose não-iônicos, como etil-hidroxietyl de celulose (EHEC), constituem um exemplo interessante. O grau de substituição dos grupos etilo e hidroxietilo pode variar, o que permite obter um polímero com um ponto de turvação desejado; a estrutura na Figura 5 representa uma substituição comum que conduz a um ponto de turvação ca. 70 °C. Uma solução aquosa de EHEC ca. 1% mostra um aumento moderado de viscosidade comparativamente à água; efeito este que diminui com a temperatura. Na presença de uma pequena quantidade de tensoactivo (0.1-0.5%), a viscosidade é relativamente baixa e as soluções são normalmente fluidas a baixa temperatura. Contudo, aumentando a temperatura observa-se um enorme aumento de viscosidade, como se ilustra na Figura 6. A baixa temperatura, as soluções apresentam uma viscosidade baixa e as propriedades reológicas são dominadas por efeitos de viscosidade, enquanto a temperatura mais elevada a viscosidade aumenta significativamente e os efeitos elásticos tornam-se dominantes [14]. O

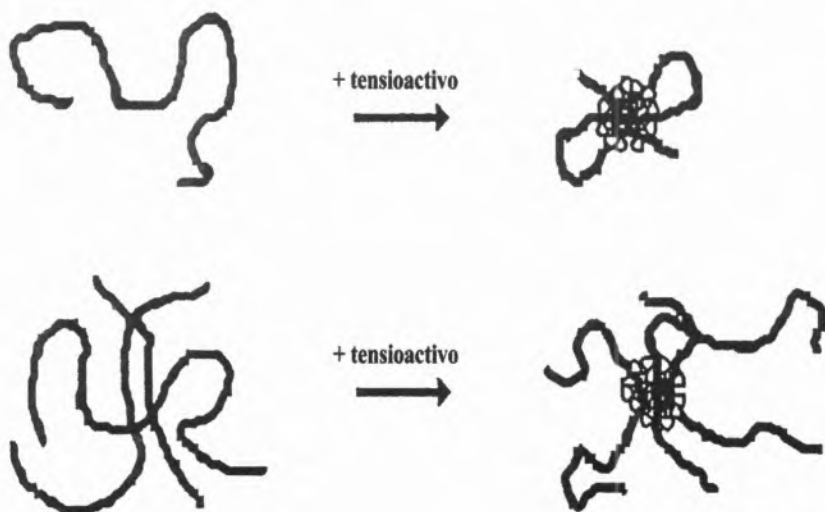


Fig. 4. Visualização da reticulação de cadeias de polímero por micelas de tensoactivo para soluções de polímero diluídas e semi-diluídas ou concentradas, respectivamente.

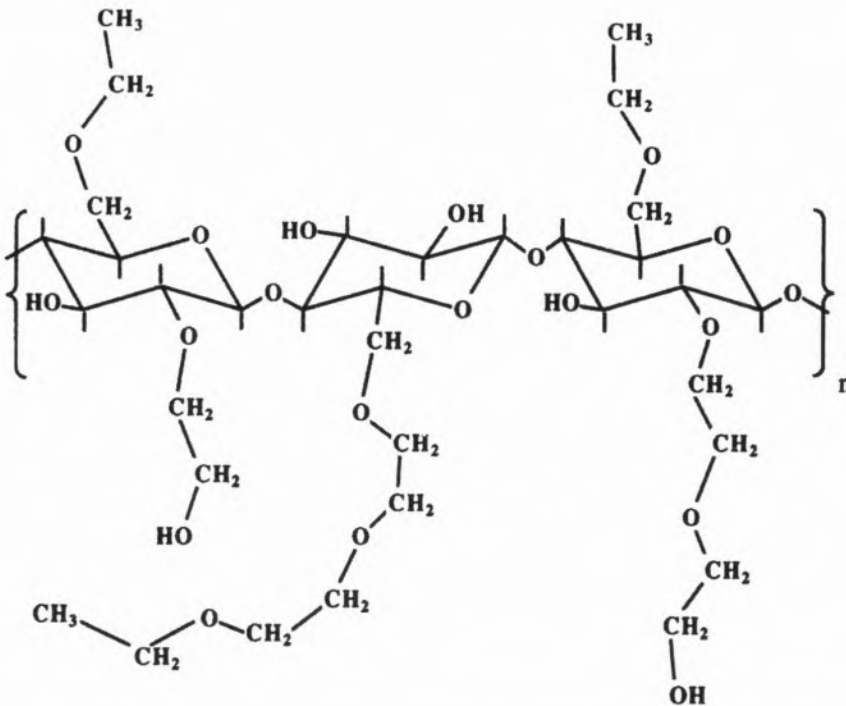


Fig. 5. Estrutura molecular de um segmento de etil-hidroxietyl de celulose (EHEC).

sistema pode assim ser caracterizado como variando de uma solução viscosa para um gel, com o aumento da temperatura; o processo é reversível e o gel "funde" por arrefecimento. O mecanismo molecular é aparentemente o de uma reticulação combinada com auto-agregação de tensoactivo, sendo este processo facilitado a temperatura elevada, onde o polí-

mero é mais hidrofóbico. A temperatura à qual se dá a formação deste gel está relacionada com o ponto de turvação do sistema polímero-água e pode ser escolhida de acordo com o grau de substituição.

FORMAÇÃO DE GEL INDUZIDA POR TEMPERATURA E APLICAÇÕES FARMACÊUTICAS

Como farmacologicamente activos – fármacos solúveis em água podem ser geralmente dissolvidos em sistemas polímero-tensoactivo – estes sistemas, que apresentam uma baixa viscosidade à temperatura ambiente mas formam espontaneamente um gel à temperatura do corpo humano, oferecem um novo impacto na administração e transporte controlado de fármacos [15,16]. O processo de gelificação é independente da presença de outras espécies no meio e requer concentrações muito baixas de polímero e tensoactivo (<1%). Além disso, o sistema é compatível com diferentes modos de

administração e apresenta uma longa estabilidade. Outros sistemas aquosos de polímero conhecidos por gelificar *in situ* requerem concentração elevada de sal, baixo pH ou concentração elevada de polímero.

O tipo de EHEC usado nestas aplicações tem um ponto de turvação na zona de 30-35 °C. Este polímero forma um gel após subida de temperatura, quando presente um tensoactivo iónico em concentração apropriada; no caso do dodecilsulfato de sódio (SDS) é 0.05-0.15%. A mistura EHEC-tensoactivo iónico que forma um gel em sucos gástrico e intestinal simulados, retardando assim a libertação de substâncias activas, é um líquido bebível à temperatura ambiente.

SISTEMAS POLIELECTRÓLITO-TENSOACTIVO

Enquanto nos sistemas de polímeros não-iónicos a interacção polímero-tensoactivo é modelada pela temperatura, em sistemas de polímeros iónicos espera-se que a concentração de electrólito seja o factor decisivo nas interacções. De facto, observa-se normalmente que um polielectrólito e um tensoactivo de carga oposta se agregam para formar um gel que se dissolve por adição de um electrólito [17].

Uma forma muito útil de caracterizar estes sistemas é através de diagramas de fase. A Figura 7 mostra o comportamento típico de um sistema constituído por um tensoactivo iónico, um polielectrólito e água, para diferentes concentrações do electrólito. Na ausência de electrólito há uma forte agregação do polímero e do tensoactivo, com a formação de uma fase gel em equilíbrio com uma solução muito diluída. A adição de electrólito faz diminuir as atracções electrostáticas levando à dissolução do gel e à eliminação da separação de fase. Contudo, para concentrações de electrólito suficientemente elevadas, observa-se novamente uma separação em duas fases. Esta separação de fase é todavia de uma nature-

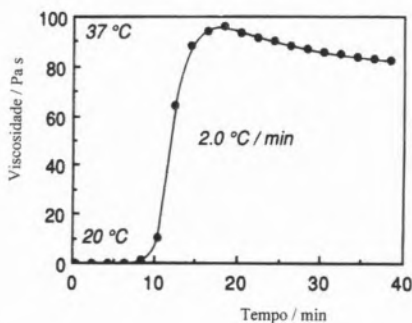


Fig. 6. Um aumento da temperatura, de 20°C para 37°C, de uma solução de um polímero não-iónico (EHEC, 1%) e de um tensoactivo iónico, dodecilsulfato de sódio (SDS, 3mM), leva a um aumento significativo de viscosidade e à formação de gel. (Adaptada da Ref. 15.)

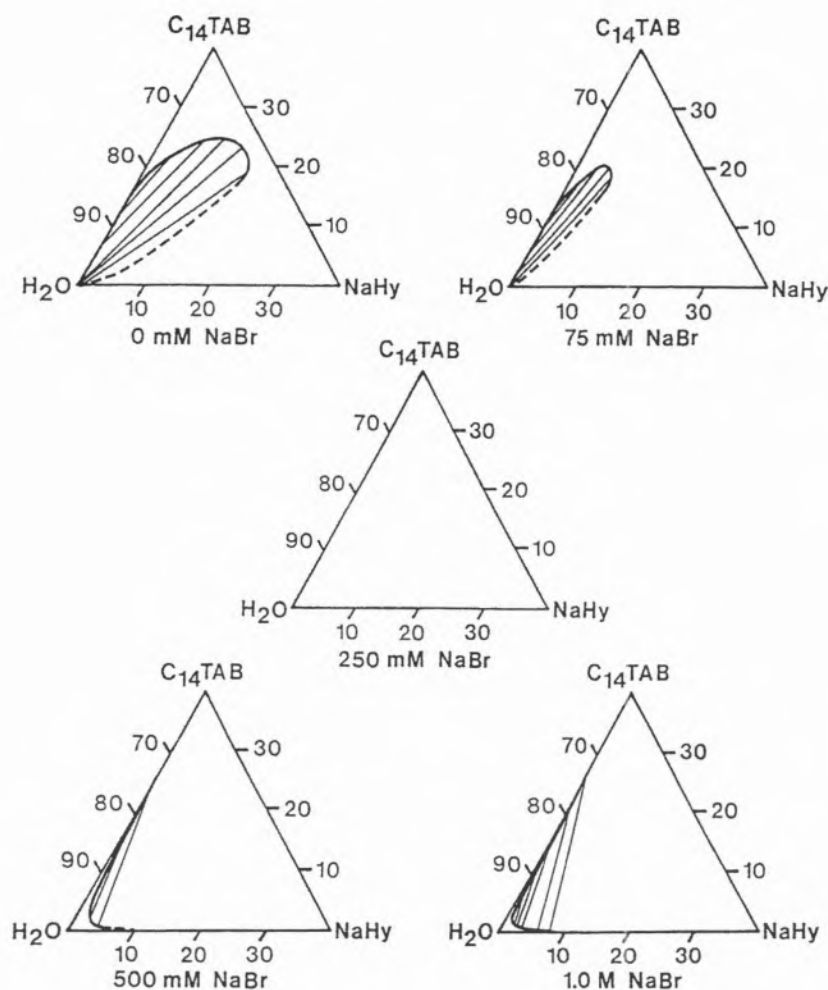


Fig. 7. Diagrama de fase pseudo-ternário para um sistema de um polissacarídeo aniônico, hialuronato de sódio, NaHy, e um tensoactivo catiónico, brometo de tetradeciltrimetilamónio, $C_{14}TAB$, a diferentes concentrações de sal, NaBr. (Adaptada da Ref. 17.)

za diferente da descrita anteriormente, e resulta em duas fases constituídas por soluções de baixa viscosidade, uma rica em polímero e outra rica em tensoactivo. Consequentemente, com o aumento da concentração do electrólito o sistema passa de uma natureza associativa para segregativa. As implicações deste comportamento de fase em processos de purificação e separação são óbvias.

Para sistemas de tensoactivos e polímeros de carga semelhante os diagramas de fase mostram um comportamento segregativo na ausência e na presença de electrólito.

DESENVOLVIMENTO E PERSPECTIVAS

Este artigo dá apenas uma breve referência a tópicos seleccionados num campo de grande actualidade. Os sistemas mistos de polímeros e tensoactivos ocorrem em numerosos produtos e processos, além disso a interacção entre moléculas anfífilas e macromoléculas é a base de muitos mecanismos e funções biológicas. Os esforços de investigação têm-se dirigido para sistemas em solução diluída, para os quais já existe um bom entendimento da maior parte dos as-

pectos básicos. Sabe-se, por estudos de supressão de fluorescência e de NMR que, na presença de polímero, se formam agregados de tensoactivo idênticos a micelas normais. O contacto entre polímero e agregados de tensoactivo pode ser mais ou menos próximo, dependendo da natureza do polímero. O primeiro caso encontra-se nos polímeros modificados hidrofobicamente e os agregados podem ser caracterizados como micelas mistas [18]. Em polielectrólitos típicos há um contacto menos próximo e os solutos interaccionam principalmente via interacção electrostática de longa distância. A determinação sistemática de números de agregação para diferentes tipos de sistemas de tensoactivos é de extrema importância na extensão dos conhecimentos neste campo [19].

Estudos sistemáticos em sistemas concentrados são menos frequentes, embora possam ser considerados da maior relevância no que respeita a aplicações. A reticulação de cadeias de polímero por micelas de tensoactivo é, portanto, um aspecto importante, pelo que estudos estruturais de sistemas reticulados, em particular novos sistemas gel, contribuem efectivamente para o desenvolvimento de produtos em diversas áreas, como na administração de fármacos e formulações de tintas. Um outro aspecto interessante é o estudo de diagramas de fase que são normalmente ricos em informação sobre as interacções nestes sistemas [3].

Para o progresso conceptual neste campo é importante sublinhar a analogia entre os sistemas polímero-tensoactivo-água e os sistemas de dois polímeros-água, bem como o uso dos conhecimentos já estabelecidos sobre a auto-agregação de tensoactivos [20]. Igualmente relevante é o desenvolvimento de estudos em condições nas quais o tensoactivo pode formar agregados mais extensos do que as micelas esféricas "mínimas", em particular o estudo da compatibilidade entre diferentes fases líquido-cristalinas, mormente fases lamelares, e polímeros de diferentes tipos [21].

Os sistemas mistos de tensoactivos catiónicos e aniónicos, referidos como cataniónicos [22], oferecem excelentes possibilidades no controlo da densidade de carga e estrutura dos agregados, levando, por exemplo, à formação de vesículas termodinamicamente estáveis [23,24]. Sistemas de vesículas cataniónicas e polielectrólitos, com e sem modificação hidrofóbica, mostram uma certa analogia com sistemas polímero-micela [25]; é ainda de extrema relevância o desenvolvimento de estudos da interacção destes agregados com DNA [26].

AGRADECIMENTOS

A autora agradece aos Professores H. Burrows e B. Lindman os valiosos comentários ao manuscrito. Agradece também à Fundação para a Ciência e a Tecnologia a concessão de uma bolsa no âmbito do Programa FMRH, e o apoio através do projecto Praxis XXI(2/2.1/QUI/411/94), que lhe permitiram desenvolver trabalho de investigação nesta área.

* Departamento de Química
Universidade de Coimbra, 3049 Coimbra
(e-mail:mgmiguél@ci.uc.pt)

REFERÊNCIAS

1. E.D. Goddard, K.P. Ananthapadmanabhan (eds), *Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993.
2. B. Jönsson, B. Lindman, K. Holmberg, B. Kronberg, *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution*, John Wiley & Sons, New York, 1998.
3. L. Piculell, B. Lindman, G. Karlström, Phase behavior of polymer/surfactant systems, in *Polymer-Surfactant Systems*, J.C.T. Kwak (ed), Marcel Dekker, New York, 1998.
4. T. Tadros, *Inst. Chem. Eng. Symp. Ser.*, 1985, p. 1.
5. L. Stigson, B. Lindman, *PCT Int. Appl. WO 8300* (1983) 500, *SE Appl.* 8114 (1981) 645; *Proc. Engineering*, April 1985, p. 11; L. Stigson, *Aufbereit-Tech.* **26** (1985) 513; A. Bergh, *Kem. Tidskr.* **7** (1983) 10.
6. Proc. 6th Int. Peat Congress, Duluth, MN, 1980.
7. B. Jönsson, E. Petersson, B. Lindman, *Fuel*, **66** (1987) 785.
8. D.O. Shah, R.S. Schechter, *Improved oil recovery by surfactant and polymer flooding*, Academic Press, New York, 1977.
9. K. Shinoda, B. Lindman, *Langmuir*, **3** (1987) 135.
10. A. Kabalnov, B. Lindman, U. Olsson, L. Piculell, K. Thuresson, H. Wennerström, *Colloid Polym. Sci.*, **274** (1996) 297.
11. B. Lindman, K. Thalberg, Polymer-surfactant interactions - recent developments, in *Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*, E.D. Goddard, K.P. Ananthapadmanabhan (eds), CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993, p. 203.
12. B. Cabane, *J. Phys. Chem.* **81** (1977) 1639; B. Cabane, R. Duplessix, *J. Physique* **43** (1982) 1529.
13. B. Lindman, A. Carlsson, G. Karlström, M. Malmsten, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **32** (1990) 183.
14. A. Carlsson, G. Karlström, B. Lindman, *Colloids Surf.*, **47** (1990) 147.
15. B. Lindman, A. Carlsson, K. Thalberg, C. Bogentoft, *L'actualité chimique*, 1991, p. 187.
16. K. Thalberg, B. Lindman, *Langmuir*, **7** (1991) 277.
17. K. Thalberg, B. Lindman, G. Karlström, *J. Phys. Chem.*, **95** (1991) 6004.
18. I. Iliopoulos, T.K. Wang, R. Audebert, *Langmuir*, **7** (1991) 617.
19. P.P. Infelta, M. Grätzel, J.K. Thomas, *J. Phys. Chem.* **78** (1974) 190; M. Tachiya, *Chem. Phys. Lett.* **33** (1975) 289; M. Almgren, J.-E. Löfroth, J. van Stam, *J. Phys. Chem.* **90** (1986) 4431.
20. L. Piculell, B. Lindman, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **41** (1992) 149.
21. P.G. de Gennes, *J. Phys. Chem.*, **94** (1990) 8407.
22. A. Khan, E. Marques, *Cationic Surfactants*, in *Specialists Surfactants*, I. D. Rob (ed); Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London, 1997, p. 37.
23. E.W. Kaler, A.K. Murthy, B.E. Rodriguez, J.A. Zasadzinski, *Science*, **245** (1989) 1371.
24. E. Marques, A. Khan, M.G. Miguel, B. Lindman, *J. Phys. Chem.*, **97** (1993) 4729.
25. E. Marques, O. Regev, A. Khan, M.G. Miguel, *Langmuir*, **15** (1999) 642.
26. M.G. Miguel, E. Marques, R. Dias, S.M. Mel'nikov, A. Khan, B. Lindman, *Colloids and Surfaces*, **112** (1999) 157.



Equipamento de Laboratório

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

Vidros e Plásticos de Laboratório

Distribuidores NORMAX

Material Didáctico

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

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

“Uma Abordagem dos Conceitos de Ácido e Base para o 8º Ano de Escolaridade”*

PEDRO F. M. OLIVEIRA E SUSANA M. V. CARREIRA **

INTRODUÇÃO

Todo o processo de ensino-aprendizagem deve ter como objectivo referencial o de levar os alunos a obter o máximo conhecimento que lhes for possível sobre aspectos importantes, tanto para o seu futuro, como para o do mundo onde vive e, conseqüentemente, para as gerações futuras. Segundo esta premissa, é, segundo algumas opiniões, difícil formar alunos sem centrar o ensino nos próprios.

No presente trabalho descreve-se uma estratégia levada a cabo com duas turmas do 8º ano, na componente de química da disciplina de Ciências Físico Químicas (C. F. Q.), no ano de 1998 – 1999.

A proposta apresentada aos alunos foi concebida segundo uma perspectiva construtivista da aprendizagem e, por isso, centrada nos próprios. O trabalho experimental teve um grande relevo ao longo de todo o processo, pois tornaria possível ao aluno, atingir quer os objectivos propostos pelo programa, quer os que em particular pretendíamos ver desenvolvidos: aquisição de competências de comunicação, utilização de fontes (humanas e materiais) para a recolha de informação com vista à resolução laboratorial dos problemas, despertar a curiosidade e fomentar a capacidade de apreciação acerca do mundo quer natural quer artificial e, finalmente, utilizar os conceitos e os valores éticos da ciência e da tecnologia para a resolução de problemas do quotidiano, através de decisões responsáveis.

A ABORDAGEM

É no 8º ano de escolaridade que os alunos são pela primeira vez confrontados com a disciplina de C. F. Q.. No início, quando são questionados, a maioria demonstra curiosidade e expectativas elevadas sobre a disciplina. No entanto, verifica-se que é também neste ano que alguns se desinteressam e colocam a disci-

plina na prateleira dos ‘casos perdidos’. No sentido de não gorar expectativas, promover a curiosidade dos alunos e uma aprendizagem significativa, o professor deve também actuar como um foco de dinamização e promoção da disciplina. Acreditamos que isso pode ser conseguido recorrendo à resolução de problemas pertinentes, para os alunos e para a sua formação, envolvendo, preferencialmente, assuntos sobre ciência, tecnologia e sociedade.

Quando se planificou a abordagem, pensou-se em dois caminhos possíveis a seguir: no primeiro, os alunos seriam colocados de início perante um problema para o qual teriam que encontrar a solução; no segundo, seria fornecida informação inicialmente e só depois colocado o primeiro problema. Como é óbvio, ambas as abordagens partem de problemas fechados (o professor é que os coloca ao aluno), mas pressupõem filosofias diferentes.

Se colocássemos o problema de início, partíamos da suposição que a atitude dos alunos (devido às suas ideias prévias) face ao problema e a orientação por parte do professor, seriam suficientes para se desencaixar toda uma dinâmica que permitisse atingir os objectivos que tínhamos estabelecido inicialmente. Colocando o problema após o fornecimento de ferramentas teóricas, o aluno teria logo de início algumas pistas para se guiar e seria, em princípio, mais linear e simples a resolução dos problemas que fossem surgindo. Optámos pela segunda via, pois, na altura, pareceu-nos ser a mais indicada.

O grau de dificuldade, em termos de autonomia e tomada de decisões por parte dos alunos, foi-se tornando progressivamente mais complexo à medida que se avançava na planificação e desenvolvimento da abordagem.

A abordagem refere-se aos conceitos relativos às reacções de ácido-base, referentes à unidade temática ‘Transformações Químicas e o Mundo à nossa Volta’, do 8º ano de escolaridade, da disciplina de C. F. Q..

MODELO DE PLANIFICAÇÃO

A planificação e aplicação dos conteúdos relativos às reacções de ácido-base passou pelas seguintes fases:

1. informação sobre o comportamento de soluções ácidas e básicas e escala de pH (ficha de actividades 1 – introdução);
2. aplicação prática dos conhecimentos adquiridos, através da identificação, pelos alunos, de diversas soluções (de uso no dia-a-dia e no laboratório) usando indicadores de ácido-base (ficha de actividades 1 – realização experimental);
3. colocação do problema 1: *‘o teu pai não sabe se o solo do quintal é adequado para semear batatas. Sabendo que tu estás a estudar química, pede a tua ajuda para decidir sobre o assunto. Como o aconselharias?’* (ficha de actividades 2);
4. identificação e discussão de possíveis etapas para a resolução do problema;
5. preparação de um indicador caseiro, pelos alunos, que pesquisaram e propuseram o procedimento experimental e o material adequado (ficha de actividades 3);
6. identificação experimental, feita pelos alunos, do comportamento ácido-base de uma amostra de solo e determinação do seu pH (ficha de actividades 3);
7. resposta ao problema colocado na fase 3;
8. colocação do problema 2: *‘como corrigir o pH do solo de forma a que este seja adequado ao tipo de cultura?’* (ficha de actividades 4);
9. pesquisa elaborada pelos alunos sobre a forma de solucionar o novo problema e sua resolução prática;
10. realização de um relatório individual, na forma de uma *estória*, da actividade realizada e resolução dos problemas.

EXECUÇÃO DA PLANIFICAÇÃO

Fase 1. A informação sobre o

comportamento de soluções ácidas e básicas e escala de pH foi fornecida recorrendo à ficha de actividades n.º 1. Leu-se a introdução da ficha de actividades, tendo sido solicitado a anotação das palavras e conceitos que fossem novos ou que não fossem claros. A clarificação e operacionalização de alguns conceitos foram conseguidas recorrendo à fase 2.

Fase 2. Recorrendo-se a uma actividade experimental (ficha de actividades n.º 1), na qual se pretendia identificar soluções ácidas e soluções básicas recorrendo a diferentes tipos de indicadores, fez-se a aplicação prática dos conceitos abordados na fase. Os conhecimentos teórico e práticos adquiridos nas duas fases iniciais seriam posteriormente necessários para o desenvolvimento da abordagem.

Ficha de actividades n.º 1

Como se podem identificar soluções ácidas e soluções básicas?

Introdução

As palavras acidez e ácido fazem parte da linguagem do dia a dia. Os agricultores falam muitas vezes em acidez de certos solos. Quando se ingere determinados alimentos em excesso, sente-se uma incómoda acidez no estômago. Tanto a acidez dos solos como a acidez do estômago devem-se à presença de soluções ácidas – soluções aquosas de substâncias que se designam por ácidos (ácido vem da palavra latina que significa azedo, amargo).

Há substâncias que indicam se uma dada solução é ou não é ácido. Designam-se, por isso, por indicadores. Um dos indicadores que se costuma utilizar é a solução azul de tornesol - que adquire coloração vermelha na presença de soluções ácidas. Também se pode usar papel de tornesol, que é um papel embe-

bido em solução de tornesol.

Um ácido, pode ser definido em termos operacionais (recorrendo a um operação ou a uma acção): é um composto cujas soluções aquosas têm comportamento ácido, isto é, avermelham a solução azul de tornesol.

Também para as soluções básicas existem indicadores que as identificam - solução alcoólica de fenoltaleína (por exemplo). Esta solução é incolor, e toma a cor carmim (tonalidade avermelhada) em soluções básicas.

Designa-se então por substância básica, alcalina ou, simplesmente, base as substâncias que dissolvidas em água originam soluções básicas.

Uma solução básica, é portanto, uma solução que avermelha a solução alcoólica de fenoltaleína.

Há muitos compostos que, em solução aquosa, não têm comportamento ácido nem comportamento básico. Por exemplo, uma solução de açúcar ou uma solução de sal de cozinha não são nem ácidas nem básicas. As soluções deste tipo dizem-se soluções neutras ou soluções de comportamento neutro.

Após termos classificado uma solução de determinado material como básico ou alcalino, ou como ácido, pode pôr-se a questão do grau de basicidade ou de acidez. Um dos processos de medir a maior ou menor acidez ou a maior ou menor basicidade de uma solução consiste em determinar o chamado pH da solução. O pH de uma solução pode ser determinado utilizando um indicador universal, que é uma mistura complexa de vários indicadores. Apresenta-se geralmente impregnado numa fita de papel acompanhado de uma escala de cores.

A esta escala de cores corresponde uma escala numérica - escala de pH. Os diferentes valores de pH têm o seguinte significado:

- valores inferiores a 7: a solução tem carácter ácido, à temperatura de 25 °C;

- valor igual a 7: a solução é neutra, isto é, não é ácida nem é básica, à temperatura de 25 °C;

- valores superiores a 7: a solução tem carácter básico, à temperatura de 25 °C.

Quanto mais próximo de zero for o valor do pH, maior é a acidez da solução. Quanto mais próximo de 14 for o valor do pH, maior é a basicidade da solução.

Pode fazer-se variar o pH de uma solução (ou de um meio qualquer) juntando um ácido a uma base até se obter o pH desejado para a mistura final; é assim que, por exemplo, se controla a acidez do estômago, de alimentos, da água de consumo.

Realização experimental

Material

- Tubos de ensaio
- Papel indicador universal
- Ácido clorídrico
- Água destilada
- Suporte de tubos de ensaio
- Vinagre
- Sonasol
- Cal
- Indicadores de ácido-base
- Sumo de limão
- Kompensan
- Hidróxido de sódio

Procedimento

1. Coloca um pouco de cada material num tubo de ensaio. Se esse material for sólido, dissolve-o num pouco de água destilada. Junta à solução algumas gotas de um dos indicadores.

2. Regista na tabela as cores observadas nas soluções finais.

3. Repete o procedimento de forma a testares todos os indicadores.

4. Repete os passos anteriores para os vários materiais escolhidos.

5. Determina o pH de cada amostra, usando o papel indicador de pH.

Resultados

Preenche a tabela em baixo (cores dos indicadores em várias amostras).

Indicador	Material						

Q1 - Conclui sobre o carácter ácido, básico ou neutro dos materiais estudados.

Q2 - Faz uma lista dos materiais que ensaiaste, ordenando-os de acordo com o aumento do pH. Qual o material com comportamento mais ácido? E o mais básico

Fase 3. Colocação do problema 1 (recorrendo à ficha de actividades n.º 2). Após a introdução da ficha de actividades n.º 2, ficou evidente a importância do problema da produção agrícola e alguns factores que podem contribuir para o aumento da sua produtividade.

Fase 4. Esta fase foi dedicada à discussão, primeiro, dentro e, depois, entre os vários grupos, e à identificação de etapas para a resolução do problema e sua posterior análise. No fim, estabeleceram-se as etapas que seriam seguidas pelos vários grupos: preparação de um indicador de ácido-base, identificação do comportamento ácido-base do solo e determinação do seu pH.

Ficha de actividades n.º 2

Problema 1: o teu pai não sabe se o solo do quintal é adequado para semear batatas. Sabendo que tu estás a estudar química, pede a tua ajuda para decidir sobre o assunto. Como o aconselharias?

Introdução

Apesar de todo o progresso tecnológico e científico que se tem conseguido, principalmente na segunda metade do séc. XX, uma avaliação moderada revela que cerca de 10% da população mundial está em estado de subalimentação e cerca de 1/3 sofre de má nutrição. A fome, sendo ainda um fenómeno universal não é uma imposição da natureza. Esta situação é criada por factores culturais, sociais e, especialmente, pela organização económica e gestão de recursos. Para a sua resolução é pois necessário ter em conta:

a. A criação de condições sociais e económicas que levam o Homem a fixar-se à terra, evitando o êxodo rural que um pouco por todo o lado se verifica: muitos agricultores em países pouco desenvolvidos não têm condições para comprar máquinas, sementes de qualidade e fertilizantes. A agricultura praticada não é rendível.

Atenta nos seguintes números (que exprimem rendimentos agrícolas comparados).

1- O leite produzido por 1 vaca norte-americana é produzido por 15 vacas indianas. O arroz produzido por

hectare de arrozal australiano é produzido por 7 hectares de arrozal laociano.

2-	
Um agricultor	Alimenta em média
Norte-americano	15 pessoas
Europeu	11 pessoas
Peruano	6 pessoas
Brasileiro	5 pessoas
Indiano	4 pessoas

3-	
Percentagem de população	agrícola
África	78 %
América do Norte	23 %
América do Sul	43 %
Ásia	76 %
Europa	38 %

Q1 - Que reflexões fazes sobre os números referidos

Q2 - Aponta causas para a variação destes números

b- Controlo de crescimento populacional.

Nos últimos 20 anos a população mundial aumenta cerca de 100 milhões por ano:

Ano	População / milhões
1550	400
1650	500
1750	700
1850	1 300
1950	2 500
1960	3 000
1970	3 600
1980	4 000
1990	5 000
1999	6 000

c- É necessário uma nova e melhor utilização dos solos através de técnicas que possam melhorar a produtividade agrícola

As culturas protegidas ou culturas em estufas resultam da impossibilidade, que ainda existe, de o Homem controlar os factores climáticos nas culturas efectuadas ao ar livre. Factores como a temperatura, humidade, quantidades de dióxido de carbono, podem, dentro de uma estufa ser facilmente controlados.

Embora a química possa exercer qualquer alteração nos factores anteriormente referidos, é, contudo, nos

factores associados ao solo onde exerce uma influência mais vasta e de maior interesse prático.

Mas, de que necessitam as plantas para se desenvolver? Além de água as plantas necessitam para o seu desenvolvimento de nutrientes, pequenas quantidades de cálcio, magnésio, sódio e enxofre, pequeníssimas quantidades de cobre, zinco, magnésio e boro e grandes quantidades de azoto, fósforo e potássio. Não admira que os fertilizantes (adubos), frequentemente à disposição do agricultor, sejam compostos como o NH_4NO_3 , o NH_4SO_4 , o nitrato de cálcio, o sulfato de potássio, o NaNO_3 , o $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, ou mistura destes sais. O seu uso deve, segundo vários estudos têm indicado, ser controlado e feito de forma racional.

Q3 - Escreve o nome ou indica as fórmulas dos compostos anteriormente referidos. (recorre se necessário a uma tabela de iões).

De uma maneira geral a indústria química põem à disposição do mercado dois tipos de fertilizantes: fertilizantes simples (contendo apenas um macronutriente principal), como é o caso dos fertilizantes de azoto (fertilizantes N), normalmente na forma de sulfato de amónio, nitrato de amónio, ureia ou fertilizantes de fósforo (fertilizantes P, os designados superfosfatos) e fertilizantes compostos (contendo mais do que um macronutriente principal), fertilizantes de azoto, fósforo ou fósforo e potássio ou azoto, fósforo, potássio – fertilizantes NPK.

Também o pH dos solos é um factor determinante para as culturas de certas espécies. Assim, para melhorar a produção agrícola é, muitas vezes, necessário corrigir o pH dos solos, isto é, baixar ou elevar o pH de acordo com o tipo de cultura.

O quadro abaixo indica a zona de pH dos solos para melhor produção de algumas plantas com interesse na alimentação.

Fase 5. Após a consulta e análise da bibliografia indicada (que podia ser encontrada na biblioteca da escola, na

	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0
Luzerna		_____					
Cevada	_____						
Trigo		_____	_____				
Nabos			_____	_____			
Centeio				_____	_____		
Batatas				_____	_____		
Cebolas		_____					
Couve		_____	_____				
Alho- porro	_____						

Q4 – Diz quais os factores, referidos no texto, que podem influenciar a produtividade agrícola.

(Adaptado de Cardoso, A. Correia (1993))

biblioteca municipal de Aveiro ou fornecida em fotocópias, de forma a ser acessível para a maioria dos alunos), realizou-se uma exposição e debate entre os grupos de forma a escolher o indicador e a forma como seria preparado. Nesta fase era importante estabelecer quais os requisitos que o indicador preparado deveria possuir, de forma a funcionar como indicador de ácido-base. Posteriormente verificou-se que não era possível determinar o pH do solo recorrendo apenas ao indicador que tinha sido preparado, sendo necessário recorrer a outro indicador ou a um sensor de pH que permitisse quantificar a acidez ou basicidade do solo.

Fase 6. Para determinar o pH do solo, colocou-se uma amostra de solo num recipiente com água destilada (durante um dia), sendo depois decantada e filtrada a solução resultante. A determinação do pH dessa solução, foi determinado recorrendo-se a sensores de pH e a fita de indicador universal (desta forma foi possível verificar a concordância entre valores e a diversificação de técnicas).

Fase 7. Resposta ao problema 1. Durante todas as fases, foi aconselhado e incentivado aos alunos a tomada de notas nos seus cadernos das respostas às questões que forma surgindo nas fichas de actividades, às suas observações, resultados, descrição dos seus problemas, dificuldades e de outros aspectos que achassem pertinentes.

Ficha de actividades n.º 3

Como podes determinar o pH de um solo?

Introdução

Por vezes, ocorrem mudanças de cor em situações inesperadas, nas quais nem sequer se pensava que poderiam acontecer reacções de ácido-base.

Por exemplo, notas mudança de cor quando deixas cair chá preto líquido na banca da cozinha que contém vestígios de detergentes. O chá torna-se esverdeado.

Também sabes que o arroz de couve-roxa tem uma cor arroxeadada. Porém, se misturares couve roxa com salada temperada com vinagre a cor muda para rosa.

O chá preto e a couve-roxa são indicadores caseiros de ácido-base.

Tu próprio podes preparar indicadores recorrendo a produtos naturais, tais como beterrabas, amoras ou vinho tinto, além da couve-roxa e do chá preto.

Etapa 1 – Preparação de um indicador ácido-base.

1- Elabora um procedimento experimental para a preparação de um indicador 'caseiro' de ácido-base. Para isso deves ter em atenção o seguinte:

- descrição do procedimento experimental;
- material necessário.

2- Verifica se a solução preparada pode servir como indicador de ácido-base.

Etapa 2 – Determinação do pH da amostra de solo.

1 - Usando o indicador preparado anteriormente, elabora um procedimento experimental para a determinação do pH da amostra do solo. Para isso deves ter em atenção o seguinte:

- descrição do procedimento experimental;
- material necessário.

2 - Conclui sobre as características ácido-base da amostra de solo.

Fase 8. A colocação do problema 2 (através da leitura da ficha de actividades n.º 4) permitiu o reforço e maturação dos conceitos abordados anteriormente, bem como a introdução de novos conceitos.

Fase 9. Após pesquisa de informação, realizou-se um pequeno debate, entre os grupos, de forma a identificar as variáveis que se deveriam ter em conta e estabelecer etapas para a resolução do problema. Ficou definido que, em função do pH do solo e do mais favorável para o tipo de cultura que se pretendesse cultivar, se poderia, ou não, ter que adicionar uma substância que em solução tivesse propriedades básicas ou, outra, com propriedades ácidas. Foram escolhidos dois fertilizantes diferentes, um, em solução apresentava pH inferior a 7, o outro, superior a 7. O controlo do pH da solução final também era importante devendo ser controlado (usando um dos métodos já descritos atrás) à medida que se adicionava a solução de fertilizante indicado à solução resultante da amostra de solo.

Ficha de actividades n.º 4

Problema 2: Como corrigir o pH do solo de forma a que este seja adequado ao tipo de cultura?

Q1 - Quais as culturas (das que já estudaste) que são adequadas à tua amostra de solo?

Q2 - Quais as culturas (das que já estudaste) que não são adequadas à tua amostra de solo?

Q3 - Como deverás proceder de forma a que o solo do quintal possa ser adequado à cultura de batatas? No caso do solo do quintal ser adequado à cultura de batatas, como procederias para o tornar adequado a uma das culturas que referiste em **Q2**.

Fase 10. Para concluir a actividade, foi solicitada a elaboração de um relatório individual do qual constasse: a *estória* de toda a actividade, as opiniões (críticas) pessoal e do grupo, a resposta às questões colocadas nas fichas de actividades e aos problemas.

APRECIACÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Antes da abordagem ter sido apresentada aos alunos, foi feito um levantamento (através de um questionário) sobre o que esperavam da Química. Das diversas opiniões recolhidas, destacam-se '*... adquirir conhecimentos básicos, necessários à compreensão de problemas científicos e sua solução ...*', '*... conhecer melhor o porquê das coisas ...*', a utilidade futura da química, a realização de experiências e '*... perceber muitas coisas que acontecem no dia-a-dia, que nós vemos todos os dias, mas não sabemos porque é que elas acontecem ...*'.

A abordagem sobre reacções ácido-base concluída e desenvolvida foi, no início, exigente para os alunos pois foi necessário da parte de cada um deles uma participação activa e autónoma, individual e em grupo. As dificuldades surgidas foram no entanto ultrapassadas tendo sido registado, progressivamente, um aumento de interesse, de participação e de actividade. Verificou-se ainda uma melhoria de aproveitamento por parte da maioria dos alunos.

Esta abordagem dos conceitos de ácido e base para o 8º ano de escolaridade foi uma situação nova para nós na altura e envolveu algum esforço de preparação e aplicação, muito diverso do necessário para uma abordagem

tradicional. É necessário mais tempo de preparação para a sequência dos conteúdos e de cada aula. O professor terá que ter em atenção aspectos que tradicionalmente não estão relacionados com a química escolar, ou seja, deverá abrir os seus horizontes. Uma perspectiva CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) assim o exige.

Optou-se por uma abordagem fechada pois permite uma progressão faseada e com alguma orientação para os alunos o que nos pareceu ser adequado à fase de maturidade escolar em que se encontravam. Além disso permite também ao professor o controlo da preparação das diversas etapas bem como a gestão do tempo, aspecto importante no cumprimento da programa.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos orientadores de estágio Dr. Bruno Graça, Dr. José Costa e Dra. Marília Thomaz, que nos ajudaram a completar com sucesso o estágio e a levar a bom termo esta abordagem; à Dra. Isabel Martins, nossa professora de Didáctica das Ciências, que sempre nos motivou e apoiou nas actividades ligadas ao ensino, sua promoção e divulgação. Sem ela esta iniciativa não teria sido possível.

* Trabalho apresentado no I Encontro da Divisão de Ensino e Divulgação de Química (DEDQ), realizado entre 30 de Setembro e 1 de Outubro de 1999 na Universidade de Aveiro.

** Professores estagiários do 4º grupo A, na Escola Secundária José Estevão, em Aveiro, em 1998 – 1999.

BIBLIOGRAFIA

Cardoso, A. Correia (1993). *A Centralidade do Trabalho Laboratorial nos Novos Programas de Química*. Lisboa: Plátano Editora.

Chang, Raymond (1994). *Química – 5ª Edição*. Lisboa, Madrid, : Mc Graw Hill.

Cruz, Maria N.; Martins, Isabel P. (1996) *Química Hoje! Livro de texto do 8º ano*. Porto: Porto Editora.

Lopes, J. Bernardino (1994). *Resolução de Problemas em Física e Química – Modelo para Estratégias de Ensino – Aprendizagem*. Lisboa: Texto Editora.

As Primeiras “Universitárias” – Na Ciência Portuguesa

Raquel Gonçalves*

Nas últimas décadas do século XIX - principalmente após o Ultimato inglês - acentuou-se o desencanto da vida nacional. A dúvida permanente numa regeneração das circunstâncias envolvidas teve como consequência um desequilíbrio social e existencial.

A instrução que o povo português (não) tinha passa a ser motivo de forte preocupação por parte de eruditos. Cinco milhões de habitantes era o quantitativo aproximado de almas lusas povoando continente e ilhas adjacentes. Destes, um recenseamento estimara em um milhão os que *sabiam ler e escrever*; tendo sido incluídos na contagem os que conseguiam soletrar ou escrever o seu nome próprio... Muito significativo: a fracção feminina fora considerada quase nula.¹

Salvo raríssimas excepções e em raras actividades, as mulheres são *inexistentes*.

A educação das mulheres portuguesas, como forma da sua emancipação, surge em força neste período, não só por actuação e voz pública das próprias mulheres, onde se destacam os nomes de Maria Amália Vaz de Carvalho, Caíel (pseudónimo de Alice Evelina Pestana Coelho), Guiomar Torreão, Carolina Michaëlis de Vasconcelos e Ana de Castro Osório, mas também pelas obras de autores masculinos de que se salientam «A Mulher e a Vida ou a mulher considerada debaixo dos seus principais aspectos: instrução secundária» do professor da Universidade de Coimbra José Joaquim Lopes Praça, datada de 1872, e «A Mulher em Portugal: obra póstuma publicada em benefício de uma criança» de D. António da Costa, Ministro da Instrução, em 1892, a qual, como o próprio nome indica, veio a público após à sua morte e de forma muito incompleta.

Só em Novembro de 1906 é criado em Portugal o primeiro liceu feminino.

A Universidade (a Universidade de Coimbra) insere-se na regra. Vive em clima de decadência institucional-cultural, de hesitações e incoerências. E as críticas vêm, não só do exterior, mas igualmente de mestres e alunos: uns, defendem uma reestruturação do ensino que a torne num campo de investigação e dinamização criativa; outros, pretendem a sobrevivência de uma estrutura clerical. A forte agitação que levou ao encerramento das aulas em Março de 1902 alastrou às Politécnicas de Lisboa e do Porto e veio a repetir-se em Março de 1903, Janeiro de 1906 e Março de 1907; esta última, tendo como pretexto a reprovação do candidato a doutor José Eugénio

Dias Ferreira, insere-se num movimento muito mais generalizado de contestação ao governo de João Franco. Em Maio de 1907 são mesmo encerradas as matrículas na Universidade e a greve académica estende-se pelas escolas de todo o país.

Mas há mulheres que as percentagens não vêm e outras escolas de ensino superior que serão universidades. Juntemos as duas partes e, neste espaço e tempo de intersecção, encontraremos *as primeiras universitárias*.

1. NA ESCOLA POLITÉCNICA

Portugal tem uma lenda que inclui *Publia Hortensia de Castro e Évora*, nascida em Vila Viçosa no século XVI. Terá frequentado a Universidade de Évora, sob controlo jesuíta. Terá mesmo escrito uma tese de licenciatura, subordinada ao tema



Fig. 1 - Hora da Leitura – A taxa de analfabetismo feminino no final do século XIX era elevadíssima

Elisa Augusta da Conceição Andrade

Elisa Andrade, natural de Lisboa, foi a primeira mulher portuguesa que frequentou, em regime de voluntariado, uma instituição de ensino superior em Portugal. Ingressou, em 12 de Outubro de 1880, com 25 anos, na Escola Politécnica de Lisboa (mais tarde, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa). O livro de «Matrículas e Exames» do Arquivo da Escola confirma a sua estadia até 1884. Completou a 6ª Cadeira, *Química Inorgânica*, em Julho de 1881 (13 valores) e a cadeira de *Análise Química e Química Orgânica*, em Agosto de 1882 (10 valores). Quanto à 5ª Cadeira, *Física Experimental*, onde se matriculou em três anos consecutivos, só fez exame em Outubro de 1883 (10 valores). Em Julho de 1883 finalizou a 8ª Cadeira (11 valores) e em Julho de 1884 a 9ª Cadeira (12 valores).

Terá Elisa Andrade prosseguido os estudos? Algumas fontes indicam que terminou Medicina em 1889, que abriu consultório *para senhoras e crianças* e que terá mesmo realizado operações no primeiro hospital do país. Se assim foi, deve ser considerada a primeira médica portuguesa. Outras fontes, contudo, referem serem desconhecidos processo escolar e dissertação de licenciatura, presumindo-se que terá desistido.

«Filosofia Moral». E mais conta a lenda: que teve presença na Universidade de Coimbra, onde com seu irmão (Jerónimo de Castro) estudou Humanidades e Filosofia. Sempre vestida de homem, mantendo a sua identidade em segredo.

Mas segredo não é, decerto, nem lenda, a presença de **Elisa Augusta da Conceição Andrade** na Escola Politécnica de Lisboa (mais tarde, Faculdade

Amélia Cardia dos Santos Costa

Amélia Costa foi, seguramente, uma das primeiras cinco médicas portuguesas. Em 12 de Outubro de 1883 matriculou-se na Escola Politécnica, na classe de aluno ordinário. Entre esta data e Julho de 1887, frequentou e obteve aprovação em 5 disciplinas, o que lhe deu acesso à frequência da Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa. A sua inscrição nesta escola foi solicitada em Outubro de 1886. Na Escola Médico-Cirúrgica frequentou e obteve aprovação em 12 disciplinas. Terminou o curso em 20 de Julho de 1891, em «acto grande», com a defesa da dissertação impressa *A Febre Hystérica*. Tinha 35 anos de idade.

Foi a primeira mulher a trabalhar no internato hospitalar. Fundou uma Casa de Saúde, em 1908, na Estrela, instituição considerada modelar. Alguns anos mais tarde, abandonou a prática da Medicina e dedicou-se a estudos filosóficos e espiritas. Publicou contos, romances (*Visionário, Pecadora, Alforria e Na Atmosfera da Terra*), dirigiu *O Mensageiro Espirita* e colaborou em diversos jornais e revistas (*Ilustração Portuguesa, Século, Diário de Notícias*, etc.). Foi membro da Associação das Ciências Médicas e da Federação Espirita Portuguesa.

de Ciências da Universidade de Lisboa), no ano de 1880. Tinha 25 anos. O livro de matrículas confirma a sua estadia nesta Escola até 1884.

Elisa Andrade deve ser considerada, pois prova em contrário não existe, a primeira mulher portuguesa a frequentar o ensino superior.²

Em 1882 e 1883, **Sofia Rosa da Silva e Amélia Cardia dos Santos Costa**, respectivamente, iniciaram também os seus estudos superiores na Escola Politécnica. Aí fizeram os anos preparatórios de Medicina, tendo seguido para a Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa, onde terminaram o curso em 1891.

O ritmo de acesso feminino ao ensino na Escola Politécnica de Lisboa foi muito lento. Até 1895 não se encontram matriculadas mais de 2 ou 3 alunas (entre 1888 e 1993 não existe qualquer matrícula), o mesmo acontecendo entre 1896 e

Adelaide de Jesus Damas Brazão e Cabette

Adelaide Cabette, natural de Elvas, nasceu em 1867, descendente de uma família modesta. Desde muito cedo foi obrigada a participar no sustento familiar através do seu trabalho numa fábrica local. Em consequência, não frequentou a escola primária, o que não a impediu de aprender a ler pelos seus próprios meios. Casou aos 18 anos de idade com Manuel Cabette, homem de qualidades invulgares, que a incentiva a estudar. Conclui, então, a instrução primária aos 22 anos, prossegue os estudos e licencia-se em Medicina, na Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa, em 1900, com 33 anos de idade. A maternidade e a criança foram os seus primeiros interesses como médica e pedagoga. Teve consultório aberto, deu aulas de puericultura e publicou muitos trabalhos. Presidiu à *Alma Feminina*, revista do Conselho Nacional das Mulheres Portuguesas. Foi membro da Sociedade das Ciências Médicas, co-fundadora da Liga Republicana das Mulheres Portuguesas (1909) e presidente do Conselho Nacional das Mulheres Portuguesas. Abraçou os ideais maçónicos, onde foi iniciada em 1907.

Recentemente, a escritora Lídia Jorge retirou-a do esquecimento e deu-lhe vida em *A Maçon*, peça em dois actos encenada em “navio fantasma” como símbolo dinâmico e enigmático, representada no Teatro Nacional (1997):

Tão perto e tão longe - Adelaide Cabette morreu em 1935, mas da sua personalidade singular e do seu desempenho social notável, como médica, pedagoga, publicista e benemérita, passado pouco mais de meio século, restam notícias vagas, partilhadas por muito poucos. Este esquecimento, porém, não se deve apenas ao espírito redutor de 1926, sagaz em sepultar, durante longas décadas, o nome daqueles que haviam querido a libertação. As raízes mais fortes do apagamento desta figura mergulham na dissensão do tempo que lhe foi contemporâneo, atravessado pela prática da cisão e da vingança que caracterizaram as primeiras décadas deste século. Adelaide Cabette, uma lutadora tão persistente quanto rebelde, viria a estar ligada a várias cisões, que ela mesmo interpretaria, sobretudo, a partir da sua perspectiva feminista de vanguarda, em colisão com as mulheres que aceitaram o minguado papel permitido pelos políticos da Primeira República.

Lídia Jorge, *A Maçon* (1997)

1899. O ano de 1895 é excepcional para a Escola Politécnica: 4 alunas figuram nos seus livros de matrículas.

Merece especial referência o ano de 1894, ano em que se matricula *Adelaide de Jesus Damas Brazão e Cabette*, de 27 anos, natural de Elvas.

Em data incerta,³ mas também na Escola Politécnica, ter-se-á matriculado outra mulher pioneira do feminismo militante: *Carolina Beatriz Ângelo*. Licenciou-se igualmente na Escola Médico-Cirúrgica de Lisboa e, tal como Adelaide Cabette, evidenciou-se na luta pela igualdade de direitos e oportunidades, contribuindo para um melhoramento do estatuto social da mulher.

Carolina Beatriz Ângelo

Carolina Ângelo nasceu na Guarda, em 1877. Licenciou-se em Medicina em 1902. Foi, muito provavelmente, a primeira mulher a praticar cirurgia em Portugal.

Fundou e foi presidente da Associação da Propaganda Feminina, organização formada a partir de membros dissidentes da Liga Republicana das Mulheres Portuguesas. Foi uma defensora convicta dos direitos das mulheres. A participação feminina nos escrutínios nacionais sempre lhe pareceu o factor dominante na luta pela igualdade de direitos e usufruto de plena cidadania.

Tendo ficado viúva, lutou pelo seu direito de voto baseada na própria lei existente. (O direito de voto era concedido aos cidadãos maiores de 21 anos, que soubessem ler e escrever, *ou fossem chefes de família*.) Requeceu a sua inscrição como eleitora e, após luta em tribunal, ganhou o processo. O juiz de tal contenda foi o Dr. João Baptista de Castro, pai da conceituada feminista Ana de Castro Osório. Carolina Ângelo foi, então, a primeira mulher a exercer o direito de voto no nosso país - nas eleições legislativas de 28 de Maio de 1911. Este pioneirismo estende-se a todo o universo latino.

A sua morte ocorreu pouco depois, em 3 de Outubro de 1911.

Não foi uma vitória feminista, mas foi um acto de rebeldia contra o preconceito da superioridade de sexo.

Revista *Alma Feminina*, Janeiro-Fevereiro de 1922

Como corolário do voto de Carolina Ângelo, a lei foi alterada (3 de Julho de 1913; ratificada em 1 de Julho de 1915), tendo sido eliminada radicalmente do sufrágio universal (!) a possibilidade de voto aos analfabetos... e aos cidadãos portugueses do sexo feminino.

Em 1916, o Senado defendeu o voto para as mulheres diplomadas, o que foi recusado pela Câmara dos Deputados. Nova insistência em 1918, pelo deputado Jacinto Nunes, teve igual fim. Só em 1931, o direito de voto foi concedido a algumas mulheres, *as que possuísem um curso secundário ou superior*.

2. NA ACADEMIA POLITÉCNICA

Foi em 1891 que mais duas mulheres terminaram Medicina, na Escola Médico-Cirúrgica do Porto. Foram elas as duas irmãs *Aurélia e Laurinda de Morais Sarmiento* que tinham iniciado os seus estudos na Academia Politécnica (mais tarde, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto), em 1885. Por sua vez, *Maria Leite da Silva Tavares Paes Moreira* iniciara-se um ano antes, com a idade de 27 anos, sendo a primeira mulher a integrar este instituto de ensino superior. Finalizou Medicina em 1892.

Em conjunto com as três presenças femininas no ensino superior em Lisboa atrás citadas, estamos em presença das primeiras cinco médicas portuguesas.

O acesso ao ensino superior na Academia Politécnica do Porto segue de perto o ritmo muito lento da sua congénere lisboeta.

As irmãs Morais Sarmiento

As irmãs *Aurélia e Laurinda de Morais Sarmiento* foram as primeiras mulheres que terminaram Medicina na Escola Médico-Cirúrgica do Porto, após frequência e aprovação nas cadeiras preparatórias na Academia Politécnica. Em 30 de Setembro de 1886, as irmãs matricularam-se na Escola Médica, onde estudaram as seguintes matérias (equivalentes às da Escola Médica em Lisboa): 1ª Cadeira - *Anatomia*; 2ª Cadeira - *Fisiologia*; 3ª Cadeira - *Farmacologia ou Matéria Médica*; 4ª Cadeira - *Patologia e Terapêutica Externas*; 5ª Cadeira - *Medicina Operatória (Operações)*; 6ª Cadeira - *Obstetrícia (Partos)*; 7ª Cadeira - *Patologia Interna*; 8ª Cadeira - *Clínica Médica*; 9ª Cadeira - *Clínica Cirúrgica*; 10ª Cadeira - *Anatomia Patológica*; 11ª Cadeira - *Higiene e Medicina Legal* e 12ª Cadeira - *Patologia Geral*.

Cinco anos volvidos, exactamente em 9 de Novembro de 1891, ambas concluíram o curso. No «acto grande», Aurélia de Morais Sarmiento defendeu a tese *Hygiene da Primeira Infância*, tendo obtido como resultado «aprovação plena». O mesmo resultado foi atribuído a Laurinda na defesa da dissertação *Hygiene do Vestuário Feminino*.

A família Morais Sarmiento, natural de Aveiro, era possuidora de grandes tradições liberais. O pai, Anselmo Evaristo de Morais Sarmiento, tinha uma cultura invulgar (fundou e dirigiu a *Gazeta Literária do Porto*, entre outros periódicos) e um posicionamento social de intolerância sobre a ancestral situação de inferioridade da mulher. Foi caso único na época que todos os seus cinco filhos, quatro raparigas e um rapaz, obtivessem graduação universitária. Além das duas filhas mencionadas, a terceira de nome *Guilhermina* terminou igualmente Medicina e a quarta, *Rita*, formou-se na Academia Politécnica, sendo a primeira Engenheira Civil portuguesa.

3. NA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Só em 1891, no dia 8 de Outubro, a Universidade de Coimbra recebeu a primeira jovem: *Dometilla Hormizinda Miranda de Carvalho* de 20 anos de idade. Estudou Filosofia e Matemática. Até 1896 foi a única mulher a frequentar esta Universidade (entraram, então, *Maria do Carmo Teixeira Marques* e *Sofia Júlia Dias*, ambas para Matemática). Dometilla de Carvalho terminou o curso em 1898. Mais tarde, enveredou por Medicina que concluiu em 1905.

Dometilla Hormizinda Miranda de Carvalho

Dometilla de Carvalho, natural da freguesia de S. Martinho de Travanca, concelho da Feira, foi a primeira mulher a obter a licenciatura (Matemática e Filosofia) pela Universidade de Coimbra, em 1898. Tinha 27 anos. Em 6 de Agosto desse ano, assim se pôde ler no Diário de Notícias:

A sra. D. Dometilla Miranda de Carvalho, que é formada nas faculdades de filosofia e matemática, obtendo sempre honrosas classificações, tenciona receber o grau de doutor na faculdade de Coimbra, caso único, que nos conste, naquela prestigiosa universidade.

A distinta académica irá a Lisboa oferecer a sua pasta de quintanista com o seu retrato a sua majestade a rainha sr^a D. Amelia, que tem sido a sua protectora e convidando-a para madrinha do seu doutoramento.

Diário de Notícias, 6 de Agosto de 1898

Posteriormente, cursou Medicina, tendo-se formado em 1905. Dedicou-se ao ensino, onde atingiu posição dominante - foi reitora do Liceu D. Maria Pia (o primeiro liceu feminino, criado em 9 de Agosto de 1906 - e à política. Em 1935, tornou-se deputada da Assembleia Nacional. Igualmente talentosa na literatura, deixou escritas novelas e poesia.

4. O PROGRESSO: NOMES SEM ACASO

Em 1910, quando foi implantada a República, apenas 23 mulheres estavam matriculadas em instituições de ensino superior em Portugal. A Universidade de Coimbra, ainda a única existente, era frequentada por 1262 alunos, sendo 5 do sexo feminino.

Em 1911 (22 de Março) surgiu o decreto que criou a Universidade de Lisboa e a Universidade do Porto, reunindo cada uma delas as escolas de ensino superior já existentes.

Foi durante a segunda década do século XX que começaram a surgir das universidades portuguesas raparigas que se distinguiram nas suas profissões. Citamos o caso das médicas Eufrosina Teixeira, Branca Rumina e Sara Benoliel e das cientistas Branca Edmée Marques, Seomara da Costa Primo e Matilde Bensaúde, entre outras.

Nos anos 80, a mulher estudante atingiu no ensino universitário (na generalidade, mas não por especialidades) a mesma representatividade que tem na estrutura demográfica portuguesa. Nos anos 90, ultrapassou-a. Hoje, mais raparigas do que rapazes frequentam a universidade e, mais significativo ainda, muitas mais terminam o seu curso superior.

A evolução citada trouxe, como é evidente, um contributo positivo para o estatuto social da mulher e para o seu usufruto de plena cidadania.

* Departamento de Química e Bioquímica,
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

BIBLIOGRAFIA E NOTAS

GUIMARÃES, Elina, *Mulheres Portuguesas, ontem e hoje*, col. «Cadernos Condição Feminina», nº 24, Lisboa, 1989.

MORAIS, Maria Mantero e CARVALHO, José Eduardo, *A Presença das Mulheres no Ensino Superior em Portugal*, col. «Cadernos da Condição Feminina», nº 37, Lisboa, 1993.

PATRÍCIO, Manuel Ferreira, *A Instrução Pública: os limites de uma reforma*, em *Portugal Contemporâneo*, dir. António Reis, vol. 2, Publicações Alfa, Lisboa, 1996.

PRAÇA, José Joaquim Lopes, *A Mulher e a Vida ou a mulher considerada debaixo dos seus principais aspétos: instrução secundária*, Livraria Portuguesa e Estrangeira, Coimbra, 1872.

SANTOS, Cândido - *A Mulher e a Universidade do Porto*, Universidade do Porto, 1991.

SERRÃO, Joaquim Veríssimo, *História de Portugal 1890-1910*, vol. X, Verbo, Lisboa, 1990.

SILVA, Alda Pereira, CASACA, Cecília e MASCARENHAS, João Mário, *Adelaide Cabette - Alma de Mulher*, Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa, 1997.

SILVA, Maria Regina Tavares e VICENTE, Ana, *Mulheres Portuguesas - Vidas e Obras Celebradas, Vidas e Obras ignoradas*, Ditos & Escritos, nº 1, Comissão para a Igualdade e Direitos das Mulheres, 1991.

SILVA, Maria Regina Tavares, *A Mulher - Bibliografia Portuguesa Anotada (Monografias, 1518-1998)*, Edições Cosmos, Lisboa, 1999.

¹ O recenseamento, rigoroso, de Dezembro de 1911 indica os seguintes valores: 5950056 habitantes no continente e ilhas, contendo a cidade de Lisboa 435359 habitantes, isto é, cerca de 7,3% do total e a cidade do Porto 194000, aproximadamente 3,2%; a taxa de analfabetismo geral cifrou-se em 75,1% (82-83% nas mulheres; 65-68% nos homens), sendo muito superior no interior do continente e nas ilhas.

² O Arquivo do Curso Superior de Letras, criado em Lisboa em 1859, encontra-se em muito mau estado e não permite detectar as primeiras presenças femininas.

³ Os livros de matrículas da Escola Politécnica, entre 1894 e 1899, não evidenciam o seu nome.

O Silêncio dos Cristais

TERESA SÁ E MELO*

*À minha Avó materna¹
a primeira mulher livre
que conheci.*

Este texto tem como objectivo divulgar junto dos meus e das minhas colegas, em ciências exactas, o papel das mulheres em investigação, sobretudo o daquelas a quem devemos algumas das mais importantes descobertas científicas, como por exemplo, a da estrutura molecular do benzeno.

Nunca compreendi e ainda hoje constitui para mim um mistério, a razão pela qual não é fácil encontrar em Portugal, um químico ou um físico (de Professor Catedrático a Assistente)², que tenha conhecimento de que uma descoberta tão fundamental como a da estrutura plana e hexagonal do benzeno foi realizada por uma mulher em 1928 e em 1929: **Kathleen Yardley Lonsdale** (1903-1971)[1,2].

O trabalho fundamental de Kathleen Yardley (Lonsdale por casamento), incidiu sobre a análise estrutural de algumas centenas de compostos por cristalografia de raios-X.

Definir a estrutura molecular de um cristal era encontrar a solução de um *puzzle* a três dimensões, com a localização correcta de cada átomo na molécula, após infinitos e fastidiosos cálculos feitos à mão [3].

O seu artigo "*X-ray evidence on the structure of the benzene nucleus*" é notável pela clareza pedagógica e pela síntese do estado dos conhecimentos da época (anos vinte), no domínio da difracção dos raios-X [2].

Coloca nove perguntas relativas à molécula de benzeno, entre as quais "*is the ring hexagonal in shape?*" e "*is the ring plane...?*", comprovando experimentalmente cada uma das respostas, ao longo das 14 páginas deste artigo [2].

Os grupos de simetria e a estrutura de cada cristal foram compilados em tabelas publicadas em 1924 por Kathleen Lonsdale, em co-autoria com William Thomas Astbury [4]. A representação das respectivas orbitais moleculares, sigma e pi, foi publica-

da por esta autora, em 1937 e 1939 [5,6].

Para se ter uma ideia da importância destes dados experimentais, basta dizer que as tabelas cristalográficas, conhecidas por "*Astbury-Yardley Tables*" [4], constituíram durante largos anos a ferramenta indispensável para os estudos desenvolvidos posteriormente em vários domínios [3], especialmente em biofísica.

Destacamos as descobertas realizadas, com base na técnica de cristalografia dos raios-X, desde o princípio do século até aos anos cinquenta [3]:

- da estrutura hexagonal e planar do benzeno por **Kathleen Yardley Lonsdale** [1,6].

- da ligação de hidrogénio nos hidróxidos metálicos por J.D.Bernal e **Helen D. Megaw** [7].

- da estrutura molecular das proteínas e do ADN por W.T. Astbury e **Florence Bell (Sawyer por casamento)** [8].

- da estrutura molecular em dupla hélice do ADN por **Rosalind E. Franklin** [9].

- das estruturas moleculares da penicilina, da vitamina B-12, da insulina, etc., por **Dorothy Mary Crowfoot (Hodgkin por casamento)** [10].

Das cinco investigadoras acima sublinhadas, com trabalhos fundamentais e ainda hoje de referência obrigatória, apenas Dorothy Hodgkin obteve o prémio Nobel da Química, em 1964 [10].

Mas não se pense que as mulheres invadiam o domínio da cristalografia no princípio deste século. Olhando para o índice histórico sobre os *Fifty Years of X-ray Diffraction* (P.P.Ewald), [3] publicado em 1962, verificamos que apenas 3% eram mulheres, num total de 1200 nomes de pessoas dedicadas à cristalografia.

Em Portugal em 1981, de um total de 20 pessoas a trabalhar neste domínio, 35% eram mulheres em contraste com os países mais desenvolvidos como os Estados Unidos, onde a percentagem feminina era, no mesmo ano, de 14% de cristalógrafas num total de 8174 [3].

Esta e outras pequenas histórias



Kathleen Yardley Lonsdale (1903-1971)⁵

fazem parte de um estudo, com um notável "faro arquelógico", paradoxalmente realizado por americanas, e publicado no livro *Women of Science, Righting the Record*, em 1990 [3].

Tive dele conhecimento em 1990 em Paris, e a sua leitura incomodou-me duplamente. Incomodou-me, por eu ignorar a existência de algumas investigadoras geniais, em física e em química, apesar da minha formação académica (lic^a em Química-Física, em Coimbra, em 1973) e da minha cultura científica básica naqueles domínios (Doutorada em Biofísica, em Paris, em 1983). Mas a minha ignorância sobre a existência daquelas cientistas, incomodou-me ainda mais como mulher e como cidadã, sendo eu férrea defensora da participação política e social das mulheres.

De uma forma inconsciente e involuntária estava também a fazer parte do *status quo* da Academia³ e a afastar as mulheres de terem tido, **nem que fosse por mera hipótese académica**, algum papel na elaboração do saber científico. Pelos vistos o silêncio, além de académico era endémico.

Está fora do âmbito do meu saber, e deste artigo (cuja visão não pretende ser universal), fazer a prova sobre o carácter não neutro das práticas científicas.

Há imensos textos na História das Ciências e na Filosofia das Ciências, cujos saberes evoluíram em época recente no sentido de elucidar esta questão.

Dorothy Crowfoot Hodgkin (1910-1994)⁵

A saber, que a actividade científica e a sua divulgação, tal como qualquer outra actividade humana, não é nem neutra nem assexuada (vide bibliografia).

Porque o silêncio além de académico é endémico, e nunca é demais repeti-lo, um artigo recente destacando “Os 100 Químicos Europeus do Milénio” é disso uma mostra exemplar [11], estando na base da elaboração do presente texto.

Ali podemos ver reproduzida uma lista dos 100 químicos europeus distinguidos pelos seus pares, e elaborada pela Federação das Sociedades Químicas Europeias [11].

Porque os nossos e as nossas colegas, em toda a Europa, vivem e trabalham exactamente naquele contexto de silêncio endémico, os nomes das mais notáveis mulheres de ciência não foram lembrados, nem votados para aquela lista, pelos seus pares.

O meu desejo é que este texto (ligeiramente mais que um simples artigo de divulgação) e outros textos idênticos, possam servir para diminuir o fosso de silêncio a que foram votados os trabalhos pioneiros de algumas das grandes damas das ciências exactas.

Muito embora tenha de reconhecer que, constatar o modo arbitrário como se constroi e divulga o saber científico no meio das ciências ditas exactas, é uma actividade mental extremamente penosa.

É ainda mais penoso porque,

conceptualmente, falar de “homens de ciência” é lidar com um conceito “universal e objectivo”, ao passo que falar de “mulheres de ciência” é universal e objectivamente considerado tratar-se de um assunto ausente do saber canónico.

No entanto, a Filosofia da Ciência também nos ensina, “que é desta tensão entre o paradigma e a dissonância” de uma outra representação do mundo, que pode surgir a criatividade [12].

Naturalmente que alguns de nós já conheciam o caso gritante do “inocente” e “nobilíssimo” silêncio da Academia nos anos 50, sobre a química-física **Rosalind Elsie Franklin** (1920-1958) [9,13].

Apesar do seu papel pioneiro na descoberta da estrutura em dupla hélice do ADN, o Nobel foi atribuído em 1962, ao “ambicioso triunvirato” [3] constituído pelos seus colegas Maurice Wilkins, James Watson e Francis Crick [14,15].

Rosalind Franklin morre em 1958 aos 37 anos [3], sem nunca ter sido citada nos trabalhos publicados pelos seus colegas.

Nas três *Letters* publicadas independentemente no mesmo volume da *Nature* de 1953 [14] (por ela e por aqueles autores do King’s College), apenas o dela fornece a prova experimental para a descoberta da estrutura molecular em dupla hélice do ADN. Os outros autores basearam as suas conclusões nos diagramas de raios-X de Rosalind Franklin, a qual tinha entretanto mudado de laboratório, do King’s College para o Birkbeck College de Londres.

De facto, é interessante notar que na *Letter* de Wilkins acima referida, a proposta para a estrutura molecular do ADN é baseada nos resultados experimentais obtidos nesse ano por Rosalind Franklin [14], e nos de 1938 obtidos por Astbury e Florence Bell [8].

A *Letter* de Watson e Crick não contém nenhuma evidência experimental para o modelo de dupla hélice proposto [14].

Para se ter uma ideia da “candura” do pensamento de tão brilhantes

cientistas basta ler um artigo de James Watson publicado na revista *Science* em 1985: ...“*The person in charge of biology is either a woman or unimportant. They had to put a woman some place. They only had three or four opportunities, so they got someone in here. It’s lunacy*” [16].

Talvez um menor número de colegas conheça o caso da bióloga **Barbara McClintock** (1902-1992), que elaborou em 1951 a teoria sobre o transporte dinâmico da informação genética, da célula para o organismo, no milho [17].

Esta teoria sobre os genes de regulação e do genoma como identidade dinâmica, foi descoberta por Barbara McClintock dez anos antes do modelo do genoma proposto por Jacques Monod e François Jacob, no famoso artigo sobre “*Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins*” [18], publicado em 1961.

O trabalho de McClintock só foi reconhecido pela nobilíssima Academia, trinta anos depois, com a atribuição do prémio Nobel em Medicina e Fisiologia em 1983, a uma senhora já muito velhinha com 83 anos.

Mais vale tarde que nunca! [19,20].

Uma questão que nos podemos colocar é a de saber por que razão os nossos colegas da História das Ciências nunca se preocuparam em analisar as relações científicas num casal, mesmo quando era evidente, como no caso de **Mileva Maric** e

Rosalind Franklin (1920-1958)⁵

Albert Einstein [21], que o nível académico e científico era idêntico e de nível superior em ambos os cônjuges [22].

Só recentemente encontramos estudos como o de Carolyn Merchant sobre "*Women, Ecology and the Scientific Revolution*", publicado em 1980, onde é analisada a influência inovadora das mulheres em ciência.

Talvez para me aliviar a consciência, elaborei em 1990, um artigo em colaboração com Helena Bastos, publicado na revista *Vértice* [23] e intitulado "*O género da Ciência - Dinâmica de um processo em Portugal*". Conseguíamos provar pela primeira vez que as mulheres universitárias, tanto no acesso como no grau de licenciatura, eram **não só maioritárias como competitivas** no nosso país. Estatisticamente mostrávamos que o seu peso ultrapassava largamente a percentagem feminina da população portuguesa [23].

Mal imaginávamos que alguns anos depois, muitas outras publicações viriam a comprovar o mesmo, desencadeando uma larga controvérsia nos jornais e TV nacionais. Alguns conhecidos analistas chegaram mesmo a defender uma alteração do tipo de ensino ministrado no secundário de forma a contrariar a "natural" e bem conhecida maturidade psicológica das jovens raparigas relativamente aos rapazes.

Apesar do seu peso maioritário e competitivo como licenciadas (muito superior a 60%), é notória a existência de filtros de discriminação que travam tanto o ingresso como Assistentes, como o avanço para o topo da carreira académica, como Prof. Associadas e Catedráticas (cerca de 10%). Este facto é tanto mais relevante quanto se verifica uma capacidade de 100% para a realização de doutoramentos, em ciências exactas (30%), para todas aquelas que conseguiram entrar na carreira académica como Assistentes (30%) [23].

Idênticos dados foram recentemente publicados em 1997, para os cursos de informática nos USA, entre 1983 e 1993. No artigo intitu-

lado "*The incredible shrinking pipeline*" (www.mines.edu), a autora Tracy Camp demonstra o mesmo "afunilamento" à medida que se caminha para o doutoramento e para os níveis superiores da carreira académica.

Logo após aquele trabalho, a pergunta que se nos deparava naturalmente era a de saber até que ponto os temas e métodos de investigação assim como as respectivas orientações científicas seriam influenciados [19] por aquela "intempestiva" e recente invasão feminina no feudo masculino dos centros de elaboração do saber. Até hoje não nos foi possível trabalhar aquela questão. Talvez porque incomoda muita gente (a mim em primeiro lugar), talvez porque o silêncio faz parte da sabedoria ancestral das mulheres, ou talvez porque já atingimos aquela sabedoria da meia-idade que nos faz ter a intuição do poeta que canta uma verdade indizível.

Em Física, o mais famoso caso silenciado pela Academia diz respeito à descoberta do processo da cisão nuclear realizado por **Lise Meitner** (1878-1968), no decorrer dos anos trinta, em colaboração com o seu sobrinho Otto Frisch [24].

Apesar daquele trabalho pioneiro, o prémio Nobel da Química foi atribuído, em 1944, a Otto Hahn pela mesma descoberta! [25,26,27] A Europa estava em guerra e Lise Meitner, por ser judia, "desapareceu" por uns anos dos laboratórios germânicos.

Foi ela quem descobriu e classificou dois novos emissores *beta* na série do *rádio*. Estabeleceu a relação entre os raios *beta* e *gamma* da desintegração radioactiva e observou os primeiros positrões a partir dos raios *gamma* [3].

O seu trabalho mais conhecido, intitulado "*Desintegration of uranium by neutrons; a new type of nuclear reactions*", foi publicado na *Nature* em 1939 [28].

Deu o nome ao elemento transurânico Meitnerium, descobrindo também o elemento 91, Protactinium, com Otto Hahn.



Lise Meitner (1878-1968)⁶

O conceito de cisão ("*fission*") foi introduzido em analogia com o termo utilizado na divisão celular de uma bactéria, por sugestão do bioquímico americano William A. Arnold [29].

Ironicamente, Lise Meitner foi agraciada pela Academia alemã com o prémio Otto Hahn em 1954!

Estamos a falar de uma grande dama da física que durante décadas foi a colega e companheira de discussões de Max Planck, Stefan Meyer, Albert Einstein, Niels Bohr, Walther Nernst, Heinrich Hertz e Erwin Schrödinger [3].

Outra física famosa é **Maria Goeppert-(Mayer** por casamento), que viveu no período de 1906 a 1972. Obteve o seu doutoramento em Física teórica em 1930 em Göttingen, aos 24 anos, com uma tese sobre "*On elementary processes with two photon jumping*". Casou com o químico americano Joseph Mayer e instalou-se nos USA durante a 2ª guerra mundial.

Recebeu o prémio Nobel da Física em 1963 (com J.Jensen), por ter descoberto o modelo nuclear em camadas [30] e ter descrito o acoplamento spin-órbita [31,32].

Os seus trabalhos, nomeadamente sobre os níveis electrónicos de mais baixa energia do benzeno e o livro sobre mecânica estatística, são ainda hoje citados, e constituem livros de texto no domínio [3].

Nenhum e nenhuma de nós tem o direito de ignorar as dificulda-

des que se apresentavam às mulheres em ciência e fazer de conta que não existem mentalidades como as de um físico tão famoso como Max Planck (1858-1947, prémio Nobel em 1918).

Ele afirmava em 1897: *"If a woman has a special gift for the tasks of theoretical physics...I do not think it right, both personally and impersonally, to refuse her the chance and means of studying for reasons of principle. On the other hand, I must keep to the fact that such a case must always be regarded just as an exception. Generally, it cannot be emphasized enough that nature herself prescribes to a woman her function as mother and housewife"* [27].

O que fica patente neste discurso do eminente Max Planck é uma prática científica instituída como **dogma "natural"**. A saber, que **a associação mulher-cientista contém em si dois conceitos antagónicos**.

Contava Lise Meitner na sua conferência em 1959 sobre *"The status of women in the professions"* [33]: *"Era meu hábito assinar os artigos apenas com o meu apelido. Um dia, o editor da revista recebeu uma carta em que um dos coordenadores da prestigiada Enciclopédia Brockhaus pedia o meu endereço, dado que pretendia que eu escrevesse um artigo sobre radioactividade.*

Ao responder, o meu editor revelou que eu era mulher. O responsável da Brockhaus ripostou, agora bastante irritado, que era impensável incluir na sua enciclopédia um artigo escrito por uma mulher!" [29]

Lise Meitner continuou relatando a sua vida de cientista: *"O grande químico orgânico Emil Fischer foi relutante em deixar-me trabalhar no seu laboratório com Otto Hahn. Proibiu-me mesmo de entrar nas salas onde Hahn e outros colegas masculinos realizavam as investigações experimentais...Fui então falar com Fischer e ele disse-me que a sua relutância em aceitar mulheres nas suas aulas tinha por origem a preocupação de que o cabelo exótico de uma aluna (russa) pegasse fogo quando estivesse a trabalhar com o bico de Bunsen!...*

Em consequência desta proibição, não pude iniciar os meus estudos de ra-

diouímica durante vários anos" [3,29].

Mas não foi a única impedida de trabalhar em ciência. Lise Meitner conta ainda que o grande matemático David Hilbert, ao tentar obter da Faculdade de Göttingen autorização para a sua assistente, **Emily Amalie Noether (1882-1935)**, cientista de talento, poder candidatar-se à *privat dozent* para integrar os corpos da Faculdade, encontrou tanta hostilidade que, indignado, exclamou: *"Mas meus senhores, uma Faculdade não é propriamente uma piscina!"* [3,29].

Note-se que Emmy Noether, filha do matemático Max Noether, é a criadora da álgebra moderna tendo introduzido a teoria dos grupos (anéis), hoje conhecida pelo seu nome, no artigo publicado em 1921 *"Idealtheorie in Ringbereichen"*. Einstein referia-se a ela, em carta endereçada a Hilbert, como a de uma pessoa com *"um profundo pensamento matemático"*. De facto, o trabalho de Emmy Noether sobre a teoria das invariantes (*Invariante Variationsprobleme*, 1918) conduziu às formulações conceptuais da teoria geral da relatividade de Einstein. Esta é uma questão recente e vem referida nos trabalhos de história da matemática de J.J. O'Connor e E.F. Robertson, em www-history.mcs.st-andrews.ac.uk.

O recente livro com as cartas da filha de Galileu ao pai [34] é rico em fornecer-nos o contexto dos homens de ciência daquela época (1564-1642), ao qual voltarei mais à frente.

A sua leitura fez-me reflectir sobre o paralelismo entre os **dogmas da Igreja Católica** e os **paradigmas em Ciência**, conceito introduzido em 1962 por Thomas Kuhn, no seu conhecido livro sobre *"A estrutura das revoluções científicas"* [35].

É o próprio Kuhn que nos explica a mudança conceptual do pensamento científico moderno, no prefácio da sua obra posterior, *"A tensão essencial"* [36], publicada em 1977:

"Logo depois de ter completado um primeiro esboço em 1961, de A estrutura (das revoluções científicas), escrevi...um

ensaio sob o título A função do dogma na investigação científica, publicado em 1963. Comparando-o com A tensão essencial (de 1977), torna-se claro e imediato o alargamento da minha noção de paradigma" [28]. E acrescenta: *"De algum modo, é uma reminiscência da posição familiar (posição filosófica tradicional no sec. XVII) que considera a teoria ptolomaica,...ou a teoria calórica como meros erros, confusões ou dogmatismos que uma ciência mais liberal ou inteligente podia ter evitado, desde o início"* [36].

Daí a mudança conceptual de dogma para paradigma. E já agora, porque não paradogma^{4?}

Os bons Espíritos, os Eleitos pela Razão, intelectualmente recusaram sempre ter que admitir que a Ciência, tal como a Igreja, também tinha os seus dogmas, as suas *"regras de jogo"*, ditas objectivas e universais.

De facto, todos nós acreditamos piamente que tendo a ciência um carácter universal por definição, baseado na prova e independente do sujeito teorizante, ela se encontra forçosamente isenta dos pecados profanos, do comum dos mortais.

Intelectualmente é-nos difícil admitir que o saber adquirido através de práticas científicas fortemente sexuadas está longe de ser universal, neutro ou assexuado.

Porque, como afirmam algumas investigadoras, se não se pode dizer neutro, a conclusão imediata é que é arbitrário [19,22].

A inocente crença de que a universalidade é um conceito realista constitui o ícone da Academia, o seu credo, o seu direito romano [37].

Não é pois de espantar que um **dogma tão "natural"** como o da existência de uma **contradição entre ser mulher e ser cientista** não tenha sido completamente refutado. De facto, ser mulher e ser cientista, ainda hoje se situa ao nível da **"anomalia" em ciência**.

No dizer de Thomas Kuhn, "há factos cuja existência serve, não para contradizer ou refutar o paradigma, mas para serem considerados como anomalias" [12].

A constatação de que é no pró-

prio interior da comunidade científica que se encontram os maiores entraves à difusão das novas ideias e conhecimentos foi largamente divulgada por Thomas Kuhn, Alexandre Koyré, Gaston Bachelard e recentemente Isabelle Stengers. No nosso país, há uma excelente contribuição para esta “anomalia”, no livro de Sebastião Formosinho, sobre os entraves da Academia ao aparecimento de um novo modelo teórico por ele inventado [38].

Para provar como as nossas velhas Universidades europeias se sentem tão protegidas e confortadas nas suas doutrinas estabelecidas basta dar o exemplo de Galileo Galilei (1564-1642).

As pessoas em geral e os cientistas em particular só têm deste caso a memória de um processo obscurantista aplicado pelo Santo Ofício, o qual colocou o **Diálogo [39] de Galileo, publicado em 1632**, no index dos livros proibidos até 1835. A primeira tradução do seu livro “*Discorsi e dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze*”, foi realizada em 1638, por Louis Elzevier (Leiden) ainda em vida de Galileo [34].

No entanto, poucos o sabem e muitos se esquecem, que a **difusão desta obra e a sua introdução como livro de texto nas Universidades foi realizada apenas 200 anos [34] depois da 1ª visão “celestial” do mundo!**

Também é verdade que a Universidade de Pisa, que teve o privilégio de contar com Galileo entre os seus “lentes” em 1589, o agraciou com um grau honorífico, apenas em 1892, [34] i.e, 300 anos depois de ter usufruído do seu magistério!

Claro que a Igreja Católica Romana só condescendeu em reconhecer a importância daquele pensamento brilhante e “transcendente” em 1992, i.e 360 anos depois da publicação do *Diálogo*.

Poderíamos até fazer um pequeno exercício de cálculo da velocidade de refutação de um paradigma em ciência.

Volto a frisar que é este último exemplo, o do obscurantismo intelectual “dos outros”, ou da dita “*posição filosófica tradicional pouco inteligente*”, que nos conforta ideologicamente nas verdades “paradigmáticas” do nosso Templo científico.

Conceptualmente construímos o templo ideológico onde nos movemos através da ideia de uma ciência em abstracto, edificada ao longo dos séculos de forma universal, com base na existência de prova.

A existência de prova científica cai por terra e não é válida durante 200 anos, como vimos no caso de Galileo.

Por outro lado, o sujeito teoricante está fortemente implicado com a sua mentalidade, cultura, vícios e preconceitos “naturais”, como acabámos de mostrar.

Neste contexto, o saber científico de Kathleen Yardley Lonsdale é tido como uma provocação para a Razão dos Eleitos, um conhecimento não sancionado pela Academia. Assim, ela foi afastada dos livros canónicos e colocada no esquecimento, na segunda fila, atrás dos eleitos seus contemporâneos.

Parafraseando George Steiner, diríamos que o seu epitáfio no túmulo da esperança seria “*Lamento, mas é tarde demais!*” [37]

Será que acabarão por existir sábios nossos contemporâneos que, tal como René Descartes (1596-1650) e Pierre de Fermat (1608-1665) o fizeram [34], se colocarão solidariamente na defesa de Galileo Galilei e das suas “inenquadráveis” descendentes?

Sobre o desenvolvimento da Lógica, Francis Bacon (1561-1626) afirmava em 1620, que ela servia mais para corroborar os erros do senso comum do que para atingir a verdade (citado por Sebastião Formosinho).

Mas voltando à lógica imposta pelo dogma “natural” sobre o qual me debruço neste texto, i. e, a contradição entre ser mulher e ser cientista.

Pessoas tão eminentes como Max Planck (1858-1947) não poderiam nem deveriam fazer a economia

de uma cultura científica. Tão brilhante cientista deveria pelo menos saber da existência das mulheres que divulgaram o saber científico na Europa, nos séculos XVIII e XIX.

Por exemplo, a obra científica mais notável dos finais do sec. XVII, o tratado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Isaac Newton, publicado em 1687, foi introduzida em França por uma mulher, **Émilie de Breteuil** (1706-1749), Marquise de Chatelêt em 1759. Foi ela que traduziu e explicou esta obra aos leigos, constituindo aliás até hoje, a única tradução existente em França [40].

A propósito deste trabalho, Voltaire (1694-1778) comentou: “*On a des prodiges: l’un, que Newton ait fait cet Ouvrage; l’autre qu’une Dame l’ait traduit et l’ait éclairci*” [40].

Note-se que Newton (1642-1727), nasceu no ano da morte de Galileo [34].

Sabemos recentemente que nos séculos XVII e XVIII, entre as mulheres consideradas “sábias”, existiam mais científicas que literárias versadas nas línguas eruditas, o grego e o latim, visto naquela época lhes ser vedada a entrada nas instituições académicas [40].

Mais à frente descrevo o caso de uma portuguesa do séc. XVI, conhecedora das teses de Aristóteles.

Há várias mulheres que elaboraram ou popularizaram os conhecimentos da física e astronomia nos séculos passados [41]. No séc. XIX temos o exemplo de **Mary Somerville** (1780-1872), que publicou “*On the connexion of the Physical Sciences*” em 1834. É citada por Thomas S. Kuhn na obra acima referida [36], por afirmar:

“*O progresso da ciência moderna, especialmente nos últimos cinco anos, foi notável devido à tendência para unir ramos separados da ciência. Existe um tal elo de união que não se pode atingir competência em nenhum dos ramos, sem se ter conhecimentos dos outros*”.

Também no séc. XIX, **Jane Haldemond Marcet** (1769-1858) popularizou a química no seu livro “*Conversations on Chemistry*”, publica-

do em 1805. Este livro que teve 16 edições até 1853, revelou ao muito jovem Michael Faraday, o princípio do conhecimento das coisas naturais, como o próprio afirmou [3].

Parece haver **um enorme fosso entre quem adquire o saber e quem o representa**. Será um vício intelectual inerente apenas aos séculos passados?

É de notar que esta forma de silenciar o trabalho pioneiro e histórico dos pares femininos não é apanágio exclusivo dos *fellows* masculinos em Ciência!

Na *lecture* apresentada por Dorothy Hodgkin (1910-1994), quando ela recebeu o prémio Nobel da Química em 1964, pode ler-se: "...the crystals were grown under the watchful eyes of Kathleen Lonsdale, who brought them to me from London" [10].

No entanto, na bibliografia desta sua *lecture* com 28 referências, não consta nenhum artigo da famosa Dame Kathleen Lonsdale, *Fellow* da *Royal Society* de Londres desde 1945.

Note-se que Kathleen Lonsdale não era propriamente a amiga mais velha que colaborava "maternalmente" no trabalho de fazer crescer os cristais para as experiências da jovem Dorothy Hodgkin. Kathleen Lonsdale trabalhou até morrer em 1971, criando novos cristais, alguns com o seu nome (Lonsdalite) e publicando os seus últimos artigos em 1968 e 1971.

Finalmente, Dorothy Hodgkin dedicou-lhe um artigo de memória biográfica em 1975 [3].

Em química, grande parte das técnicas experimentais ainda hoje utilizadas foram descobertas por mulheres. Actualmente, a maioria dos nossos e das nossas colegas de ciências exactas não têm disso conhecimento.

A seguir indico alguns casos que foram retirados do livro *Women of Science* [3], (salvo quando indicado), não sendo a lista exaustiva:

Agnes Pockels (1862-1935) foi a fundadora da química das superfícies e inventou "a method of extending or reducing the surface

area of water by means of a wire or metal strip placed over it", publicado na *Nature* em 1891 e 1892 [42].

Yulua Vsevolodovna Lermontova (1846-1919) desenhou o equipamento para a separação, que realizou pela 1ª vez em Moscovo, dos hidrocarbonetos do petróleo utilizando catalizadores metálicos.

Marie Semenova Schraiber (1904-) inventou a cromatografia em camada fina TLC, em 1938.

Emma Perry Carr (1880-1972) compilou o 1º catálogo dos espectros de absorção de hidrocarbonetos, purificados no seu grupo de trabalho, e tidos como referência padrão pelo American Petroleum Institute, a partir dos anos trinta.

Maude Menten (1879-1960) é co-autora com Leonor Michaelis (1875-1940) da descoberta em 1913, da famosa equação Michaelis-Menten para a análise da velocidade das reacções das enzimas com os substratos. Inventou em 1944, um teste bioquímico para a detecção da enzima fosfatase alcalina, no fígado.

Erika Cremer (1900-) é a fundadora da cromatografia gasosa. Desenhou o equipamento e desenvolveu a técnica de cromatografia gasosa, enviada para publicação em 1945. Descobriu ainda novas substâncias para uma detecção selectiva.

Gertrude B. Ellion (1918-) sintetizou os fármacos e estabeleceu os protocolos clínicos ainda hoje utilizados no tratamento da hiperuricémia e da leucemia, obtendo o prémio Nobel em Medicina, em 1988, juntamente com o seu colega George Hitching.

Mary Osborn que introduziu o uso do gel de SDS para medir o peso molecular das proteínas. O seu artigo em conjunto com Klaus Weber (*J.Biol.Chem.* 244,4406, 1969) foi o 4º artigo mais citado durante largas dezenas de anos, até 1988 [43].

A melhor forma de silenciar e esquecer é-nos fornecida exemplarmente pelos livros de texto, nomeadamente pelas **Enciclopédias de Ciência e Tecnologia**, como por exemplo a de Isaac Asimov

(1976). Aí são descritos 1187 "homens de ciência" e apenas 10 "mulheres de ciência." [3] Destas dez, 5 são Prémio Nobel, em contraste com os 1187 onde não há 50% com o mesmo nobilíssimo saber. Qual foi o critério para a escolha desta representação do saber científico?

Em Portugal, das letras às ciências, salvo raras excepções, pouco se conhece sobre a actividade científica das mulheres, do século passado até hoje.

No entanto, desde o século passado muitas foram as que frequentaram cursos em ciências exactas nas duas Universidades, de Coimbra e Lisboa, e que obtiveram os seus doutoramentos no início deste século, publicando os trabalhos em revistas internacionais, pelo menos a partir de 1922.

De facto, inúmeras mulheres portuguesas realizaram trabalhos em ciências exactas, no início do século, cujo impacto e peso inovador está ainda longe de ser avaliado.

Era importante aceder aos originais dos artigos por elas publicados, através das instituições científicas portuguesas onde trabalharam. Gostaria de o poder realizar se para isso tiver algum *engenho e arte*.

A seguir indico alguns casos, do princípio do século, enumerando simplesmente os nomes que retirei de duas fontes (salvo quando indicado) [44,45]:

A 1ª mulher na Universidade de Coimbra no séc. XVI [46] a ter o seu grau de Bacharel em Filosofia foi a alentejana **Públia Hortênsia de Castro** (1548-1595).

A história é relatada como se se tratasse de uma lenda. Vestiu-se "de rapaz sem que ninguém o suspeitasse, debaixo da vigilância e protecção de seu irmão mais velho que também estudava", frequentou os cursos de filosofia e theologia em Coimbra (e em Évora). "Pronuncia o discurso de graduação em latim em que era versada...apesar de nem todos o perceberem, conseguiu transmitir ao auditório...pela agudeza de inteligência, o verdadeiro significado das suas ideias" [47].

Dizia dela o douto André de

Resende a Bartolomeu de Frias: “A coisa mais para ver foi Públia Hortênsia, rapariga de dezassete anos, tão versada nas máximas de Aristóteles que, disputando em conclusões públicas com muitos sábios, não achou argumento por mais caviloso que não resolvesse com a maior prontidão, e não menor graça” [48].

Existirão documentos da autoria desta jovem “sábia”?

Dos registos da Universidade de Coimbra [45] apenas consta o nome de **Domitilla Hormizinda Miranda de Carvalho** como sendo a 1ª mulher inscrita no curso de Matemática e no curso de Filosofia em 1891. Durante cinco anos foi a única mulher na Universidade, terminando aquelas duas licenciaturas 1898 e em 1895, respectivamente. Em 1899 matriculou-se ainda no curso de Medicina vindo a finalizar a sua terceira licenciatura em 1904/5.

Temos ainda o exemplo de duas farmacêuticas, **Esther Nogueira** e **Elvira Magro**, Assistentes da Faculdade de Farmácia de Lisboa, autoras dos artigos “*Considerações sobre alguns processos de depuração das águas destinadas à alimentação*” e “*Aguamento dos leites - métodos gerais de pesquisa - a determinação da densidade do sôro, factor base para a apreciação*”, publicados nas Actas do 1º Congresso Nacional de Farmácia, pp.198-207 e pp.208-211 de 1927, respectivamente [49].

É de notar que as duas conferências das referidas autoras foram lidas ao Congresso pelo Dr. Pinheiro Nunes! [49]

Sara Benoliel, naturalizada portuguesa em 1928, licenciada em Medicina com uma tese de doutoramento em 1926 sobre “*Modificações do líquido céfalo-raquidiano na meningite tuberculosa*”.

É autora de várias publicações em revistas médicas sobre a luta contra a tuberculose, sobre a vacina preventiva contra a difteria e sobre pediatria e puericultura, pelo menos até 1935.

Judite Belo, licenciada em Físico-Químicas, investigadora em Biologia no IPO, publicou vários artigos entre eles “*Teoria e significado das medições do pH*” e “*Reacções elementares singulares em Biologia*”.

Matilde Bensaude, doutorada em Ciências Biológicas em 1918 em Paris, investigadora do Instituto Bento da Rocha Cabral. É autora de numerosas publicações sobre fitopatologias nas culturas frutícolas em Portugal, entre 1918 e 1929.

Amélia Bacelar, licenciada em Ciências Naturais em 1920 e autora de diversas publicações internacionais no domínio da zoologia entre 1927 e 1932.

Ainda poderemos frisar o caso de **Branca Edmée Marques**, licenciada em Físico-Químicas, Assistente da Faculdade de Ciências de Lisboa desde 1924. Obteve o doutoramento em 1935, com trabalhos desenvolvidos em colaboração com Mme Curie, no Instituto do Rádio de Paris, entre 1931 e 1935. É autora de diversas publicações sobre o fracionamento dos sais de bário, pelo menos até 1939.

E ainda, **Lídia Salgueiro** e **Marieta da Silveira**, ambas licenciadas em Físico-Química em 1941 e ambas Doutoradas em 1945.

Seomara da Costa Primo, doutorou-se em Ciências Biológicas em 1942 e publicou os seus trabalhos científicos a partir de 1927 até 1943.

Branca Fernandes Rumina, licenciada em Medicina (Oftalmologista), com publicações científicas desde 1922 até 1942.

Maria Valadares, licenciada em Ciências Biológicas com trabalhos de investigação em genética e publicações internacionais entre 1937 e 1946.

Este texto coloca algumas objecções e interrogações “não de ordem filosófica mas humana”, sobre como se constroem alguns “símbolos canónicos” em Ciência. Seria necessária alguma intuição poética para vos assegurar o essencial, que não foi aqui descrito.

* *Centro de Química-Física Molecular, Complexo I, Instituto Superior Técnico*
e-mail: teresasamelo@ist.utl.pt

NOTAS:

1 Maria Amélia Medina Tavares de Almeida Carvalho Macedo.



Domitilla Hormesinda Miranda de Carvalho⁷

- 2 Alguma eventual excepção serve para confirmar a regra.
- 3 Designação referida à escola de Platão em Atenas.
- 4 Este termo foi-me sugerido pela minha colega, Ana Maria Botelho do Rego, no decorrer das nossas conversas sobre os dogmas em ciência.
- 5 Imagens reproduzidas com autorização a partir de “Contributions of 20th Century Women to Physics.” CWP, no endereço <http://www.physics.ucla.edu/~cwp>.
- 6 Imagem reproduzida com autorização. Ref.: Meitner, Lise, A4, AIP Emilio Segrè Visual Archives, Herzfeld Collection.
- 7 (Cortesia da Dra. Maria Reynolds de Sousa, CIDM).

BIBLIOGRAFIA

1. Kathleen Yardley “The structure of the benzene ring” *Nature*, 122, 810, 1928.
2. Kathleen Yardley “X-ray evidence of the structure of the benzene ring” *Trans. Faraday Soc.* 25, 352-366, 1929.
3. “Women of Science, Righting the Record” Ed. G.Kass-Simon and Patrícia Farnes, Ass.Ed. Deborah Nash Indiana University Press, 1990.
4. W.T.Astbury and Kathleen Lonsdale “Tabulated data for the examination of the 230 space groups by homogeneous X-rays” *Philosophical Transactions of the Royal Society A224*, 221, 1924.
5. Kathleen Lonsdale “Magnetic anisotropy and electronic structure of aromatic molecules” *Proc. Roy. Soc. London A159*, 149-161, 1937.
6. Kathleen Lonsdale “Diamagnetic anisotropy of organic molecules” *Proc. Roy. Soc. London A171*, 541-568, 1939.
7. *Proc. Roy. Soc. London*, A151, 384-40, 1935.
8. Cold Spring Harbor Symp. 6, 109, 1938.
9. Rosalind E. Franklin and R.G.Gosling “Evidence

for 2-chain helix in crystalline of sodium deoxyribonucleate" Nature, 172, 156, 1953 (e ainda dos mesmos autores em Nature 171, 740 1953).

10. Dorothy Crowfoot Hodgkin "The X-ray analysis of complicated molecules" Nobel lecture, Stockholm, Sweden 11 Dec. 1964 Science 150, 979-988, 1965.

11. Colin Russel, "Os químicos favoritos da Europa" Química, nº 76, 48, 2000.

12. Bruno Jarroson, "Invitation à la Philosophie des Sciences" Ed. Seuil, 1992.

13. S.Sayre, "Rosalind Franklin and DNA" W.W.Norton & Co, N.Y. 1975.

14. Watson J.D. and F.H.C. Crick Nature 171, 737, 1953 Wilkins M.H.F., A.R.Stocks and H.R.Wilson Nature 171, 739, 1953 Franklin Rosalind E. and R.G.Gosling Nature 171, 741, 1953.

15. F.H.C. Crick and J.D.Watson Proc.Roy Soc. A 223, 80, 1954.

16. Science 12, 160, 1985.

17. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 16:13-47, 1951.

18. J.Mol.Biol.3, 318-356, 1961.

19. "Feminist approaches to science", Ed. Ruth Bleir Pergamon Press, 1986.

20. Evelyn Fox Keller, "L'intuition du vivant. La vie et l'oeuvre de Barbara McClintock" Paris, Tierce 1983.

21. Albert Einstein 1879-1955, prémio Nobel da Física em 1921.

22. "Le sexe des sciences", Autrement, nº 6, Oct.1992.

23. Teresa Sá e Melo e Helena Bastos "O género da Ciência- Dinâmica de um processo em Portugal" Vértice, nº 29, 55-59, Agosto 1990.

24. Nature, vol.143, 471, 1939 Nature, vol.143, 637, 1939.

25. Patricia Rife, "Lise Meitner and the dawn of nuclear age" Birkhauser, 1999.

26. Ruth Sime, "Lise Meitner: a life in Physics" Univ. California Press, 1996.

27. Helge Kragh, Physics World, pp.45, March 2000.

28. Lise Meitner and "Desintegration of uranium by neutrons; a new type of nuclear reactions" Nature, vol.143, 239, 1939.

29. A.M.Nunes dos Santos, Maria Amália Bento e Christopher Aurette, "Mulheres na Ciência" Gradiva, Lisboa 1991.

30. "The shell model" Science 145, 999-1006, 1964.

31. "Nuclear configurations in the spin-orbit coupling model I:empirical evidence" Phys.Rev. 78, 16-21, 1959.

32. "Nuclear configurations in the spin-orbit coupling model II:theoretical considerations" Phys.Rev. 22-23, 1959.

33. Physics Today, 13, 17 Aug. 1960.

34. Dava Sobel, "Galileo's daughter" Fourth Estate, London 1999.

35. Thomas S. Kuhn "La structure des révolutions scientifiques" Flammarion 1972 (1ªedição USA ,1962).

36. Thomas S. Kuhn "A tensão essencial" Edições 70, Lisboa 1989.

37. George Steiner, "Errata", Gallimard 1998.

38. Sebastião Formosinho "Nos bastidores da Ciência" - Resistências dos cientistas à inovação científica" Gradiva, 1988.

39. Galileo Galilei, "I Dialoghi Sui massimi sistemi Tolemaico e Copernicano", Milano, Edvardo Sou-sogno, 1877 (408 pag.).

40. Jeanne Peiffer, "Le sexe des sciences" Autrement, nº 6, Oct.1992.

41. Caroline L. Hezenberg, "Women Scientists from Antiquity to the Present: an Index", West Cornwall: Locust Hill Press, 1986.

42. Nature 43, 437, 1891Nature 46, 418, 1892.

43. "European Handbook of Women experts in Science, Engineering and Technology", WITEC 1996.

44. "Livros Escritos por Mulheres", Catálogo da exposição organizado pelo Conselho Nacional das Mulheres Portuguesas Ed. Soc.Nac.Belas Artes, Lisboa 1947.

45. Joaquim Ferreira Gomes "A mulher na Universidade de Coimbra" Livraria Almedina, Coimbra 1987.

46. Diogo Manuel Ayres de Azevedo"Portugal ilustrado pelo sexo feminino" (citado por MªRegina Tavares da Silva, CCF nº21, 1987).

47. Eduardo Schwalbach Lucci "A mulher portuguesa" Lélo & Irmãos, Porto 1916.

48. Santos Guerra "O valor da mulher portuguesa d'aquém e d'além mar" Lisboa 1955.

49. João Rui C.R. Pita "1º Congresso Nacional de Farmácia-60 anos depois" Bol. Fac. Farm. Coimbra, 10, 59-82, 1986.



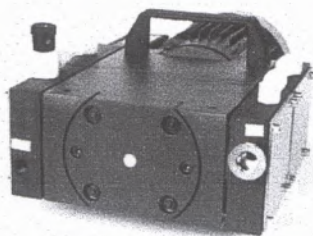
Kromatografia + EspeKtroscopia

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

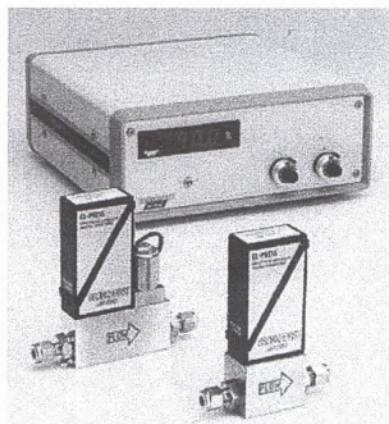
**Konik-Tech, S.A.
Rua Prof. Veiga Ferreira, 6B
1600 Lisboa
Telef. 21757 35 47
Fax. 21757 34 85
E-mail: lisboa@konik-group.com**

**Vendas: sales@konik-group.com
Marketing: marketing@konik-group.com
Serviço Técnico: SAT@konik-group.com
www.konik-group.com**

EQUIPAMENTO DE VÁCUO

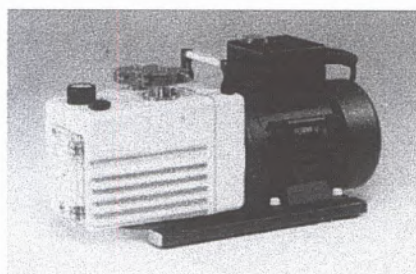


Sistemas de deposição térmica e de Sputtering
Detectores de fugas
Manipuladores de amostras



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

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



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

LIOFILIZADORES

OUTROS EQUIPAMENTOS

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

“Softciências” – Um Consórcio para Promover o Uso das Tecnologias Informáticas do Ensino das Ciências

JOÃO CARLOS PAIVA, * VICTOR M. S. GIL, ** CARLOS FIOLEAIS***

Descrevemos o projecto “Softciências”, uma acção comum das Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática que produziu e difundiu software para o ensino, aprendizagem e divulgação das ciências básicas de 1991 a 1999. Apresentamos em particular o CD-ROM “OMNICIÊNCIA 98”, que compila praticamente todos os materiais do projecto. A ênfase é colocada nos conteúdos de Química. Explicitamos as principais linhas de força que orientaram o projecto e algumas perspectivas do trabalho futuro nessa área.

INTRODUÇÃO

“Softciências” foi uma acção comum das Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática para produção e difusão de software para o ensino, aprendizagem e divulgação das ciências básicas. Essa acção pluridisciplinar foi apoiada pelo Ministério da Educação e, nos últimos tempos, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. A Sociedade Portuguesa de Física foi a gestora da acção.

A acção comum, iniciada em 1991 e terminada em 1999, produziu cerca de duas dezenas de programas de Física, Química e Matemática, que foram, individualmente e à medida que iam sendo terminados, distribuídos na comunidade escolar portuguesa.

Em 1998 o “Softciências” produziu e ofereceu a todas as escolas portuguesas, públicas e privadas, com ensino a partir do 8.º ano de escolaridade, o CD-ROM “OMNICIÊNCIA 98” (ver Figura 1), que beneficiou de apoio específico do Ministério da Ciência e Tecnologia. Trata-se de uma recolha de todos os programas de computador que a acção desenvolveu até então, assim como de algumas páginas “World Wide Web” (WWW) da Internet relativas ao ensino das ciências, que assim se tornam acessíveis localmen-



Fig. 1 - Écrã de entrada do CD-ROM “OMNICIÊNCIA 98”.

te sem custos de comunicação. O “OMNICIÊNCIA 98” actualiza e substitui um disco semelhante intitulado “OMNICIÊNCIA 97”, distribuído em 1997.

Uma vez que o disco “OMNICIÊNCIA 98” constitui um resumo actualizado da actividade desenvolvida pela acção comum, apresentamos os conteúdos do disco e indicamos algumas das suas utilidades. Os conteúdos do disco encontram-se à disposição da comunidade educativa no endereço <http://nautilus.fis.uc.pt/~softc/omni98>.

A acção comum “Softciências” teve uma vocação de serviço à comunidade dos professores e alunos de ciências (a Química e Física foram mais contempladas que a Matemática). Se, de início, a nossa preocupação foi o sistema de ensino português, tendo os conteúdos produzidos estado sempre que possível em sintonia com a última revisão curricular de ciências nos ensinos básico e secundário, o nosso serviço pôde também ser útil na generalidade dos países de língua portuguesa. Praticamente todos os nossos trabalhos en-

contram-se disponíveis na Internet, podendo ser visionados e capturados livremente em qualquer lado do mundo. Por exemplo, os nossos programas tornaram-se acessíveis a professores e alunos no Brasil, permitindo continuar relações de cooperação que estabelecemos com instituições daquele país [1]. Atendendo à evolução da Internet e obedecendo aos objectivos essenciais do projecto (não só a criação de materiais mas também a sua difusão!) abandonámos progressivamente a distribuição de recursos em modo “off-line”, em formato de disquete, privilegiando os canais telemáticos. Acontece que o CD-ROM é um formato compacto e económico, que pode complementar ou mesmo substituir com vantagem a informação “on-line” (por exemplo, quando as comunicações são lentas ou dispendiosas), embora a rede ofereça a vantagem da actualização permanente e o acesso regular de qualquer parte do mundo. No nosso caso, procurámos combinar os benefícios do “on-line” e do “off-line” através da dupla versão em disco e na Internet.

CONTEUDO DO CD-ROM

É o seguinte o conteúdo do CD-ROM "Omniciência 98":

1- 22 programas educativos (nove de Física, sete de Química, dois de Matemática e quatro de âmbito multidisciplinar). 2- Tabela Periódica Multimédia. 3- Catasoft F-98 (Catálogo de Software de Física).

4- READ Ciências (Recursos para o Ensino, Aprendizagem e Divulgação das Ciências).

5- Nonius (Recursos para o Ensino da Matemática).

6- WWW Qui (Recursos para o Ensino da Química).

7- Astrosoft (Recursos de Astronomia).

8- Novidades OMNICIÊNCIA na Web

O primeiro grupo (22 programas e Tabela Periódica Multimédia) é constituído por programas para o ensino das ciências. O segundo é constituído por diferentes páginas WWW de recursos para o ensino das ciências. Por último, as Novidades referem-se a uma ligação para actualizações na rede. Descrevemos de seguida e resumidamente o conteúdo de alguns itens, com ênfase particular na área da Química.

PROGRAMAS EDUCATIVOS

Le Chat

O programa "Le Chat", subtintulado "Simulações em Equilíbrio Químico" e cujo nome é um jogo da palavra gato e do nome do químico francês Le Châtelier, consiste basicamente numa ilustração no computador, de uma forma gráfica atractiva, dos fenómenos do equilíbrio químico. Em particular, visualizam-se as alterações produzidas em sistemas químicos gasosos por alterações de concentrações de reagentes ou produtos, temperatura ou pressão, em conformidade com o Princípio de Le Châtelier. Os autores são João Paiva, Antero Abruñosa e Victor Gil. Uma discussão

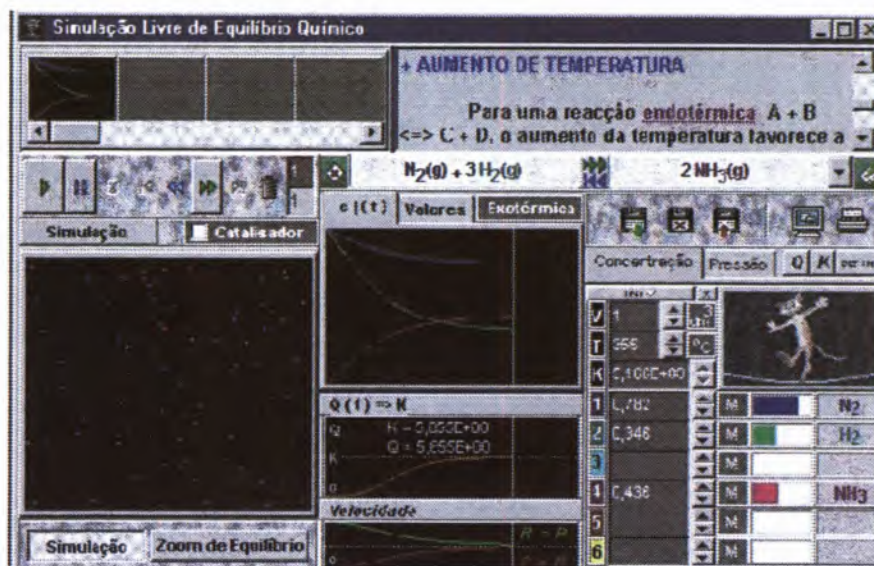


Fig. 2 - O programa Le Châtelier 2.0, para estudar o equilíbrio químico.

mais pormenorizada do programa encontra-se na tese de mestrado do primeiro autor [2] efectuada sob a co-orientação do último. Na versão 2.0 de "Le Chat", cujos autores são João Paiva, Ilídio Martins, Victor Gil e António Ferrer Correia, incluíram-se bastantes modificações e acrescentos de modo a melhorar e completar o programa (figura 2). Esta nova versão do programa pode ser capturada livremente na Internet em <http://nautilus.fis.uc.pt/~wwwqui>, estando também a ser distribuída em disquete [3].

Uma versão inglesa deste programa foi aceite para publicação no "Journal of Chemical Education - Software".

Jogo das Coisas

O "Jogo das Coisas" é um conjunto de jogos de «fazer pensar» que podem servir em todos os grupos disciplinares. Nasceu de uma experiência dos seus autores no domínio do ensino da Química ("Jogo das Substâncias Químicas"). A ideia, que consiste na "escolha secreta" pelo computador de uma substância de entre um dado conjunto e no

convite ao utilizador para adivinhar a substância escolhida, a partir das suas propriedades e usando o menor número possível de perguntas, foi bem acolhida por professores e alunos. O "Jogo das Substâncias" pode, por exemplo, ser bastante animado e conduzir a uma aprendizagem divertida da química das substâncias. Os autores do programa são Victor Gil, João Paiva e Fausto Cação.

Está disponível no CD-ROM um "Jogo das Coisas Multimédia", cujos autores são João Paiva, Ilídio Martins e Victor Gil, e que constitui, como o próprio nome indica, uma extensão multimedia do programa anterior, com todas as vantagens que são inerentes ao multimédia [4].

Millikan

O programa "Millikan" (a que demos o nome alternativo de "Electrão", temendo que o nome do físico norte-americano Robert Millikan não fosse suficientemente conhecido nas nossas escolas) pretende simular no computador uma das experiências científicas mais importantes deste século: a experiência de Millikan

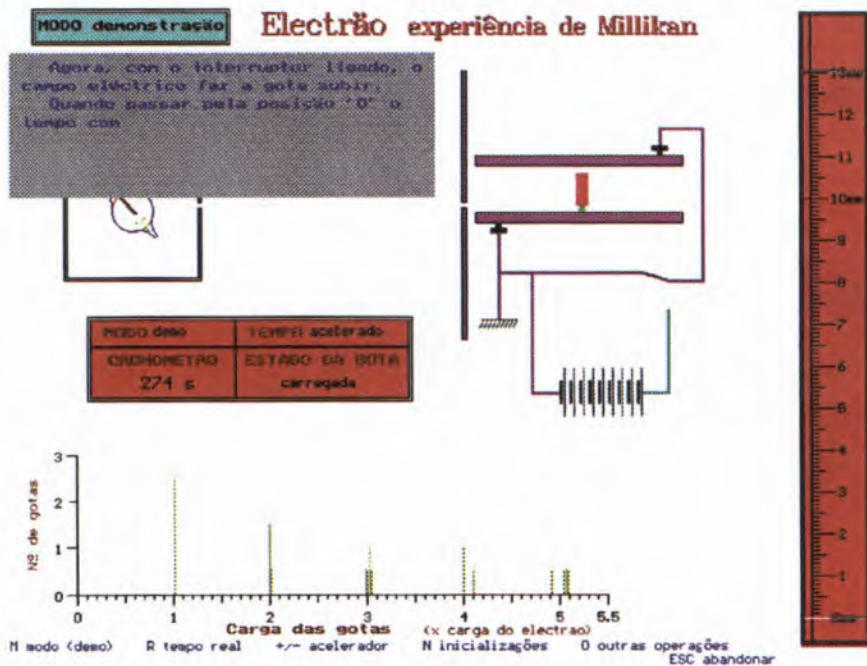


Fig. 3 - O programa Millikan, que simula a experiência de Millikan.

para medir a carga do electrão. Várias actividades escolares e para-escolares podem ser desenvolvidas em torno desta recriação (simular é, de certa forma, recriar e, se a simulação for bem feita, pode ser também recriar!) da experiência de Millikan, embora o estudo pormenorizado desta não seja objecto explícito dos actuais programas (figura 3). De facto, os únicos conhecimentos de Física que são necessários referem-se ao movimento de uma partícula com velocidade terminal, portanto sob a acção de forças cuja resultante é nula. Esta simulação pode ser feita de dois modos: automática e manualmente; no primeiro, basta correr a demonstração e, no segundo, o utente dispõe do controlo total de todas as variáveis. Como todas as simulações, não pretende de modo nenhum substituir a realização da experiência real mas sim elucidá-la. Para tornar a simulação mais realista incluímos erros nas medidas. Os autores do programa são Paulo César Simões, Paulo Saturnino e Carlos Fiolhais.

Zero

Esta é uma ferramenta informática destinada essencialmente a professores. O programa "Zero", actualmente na versão 3.0, concebe e aleatoriza testes de múltipla escolha, que podem estar associados a testes convencionais de resposta aberta. O programa permite posteriormente a correcção dos testes usando um "scanner". Permite igualmente a impressão nos testes preenchidos das avaliações e correcções respectivas. Tudo isto se faz sem grande dispêndio de tempo para o utilizador (daí o nome "zero"). Levando embora em conta as discussões sobre a problemática de testes de múltipla escolha [5], pretendemos que o professor, ao utilizar este programa, verifique as vantagens óbvias das novas tecnologias na sua profissão, nomeadamente libertando o tempo dispendido na correcção de provas para outras actividades bem mais interessantes e profícuas. O "Zero", tal como todos os outros programas aqui descritos, pode ser

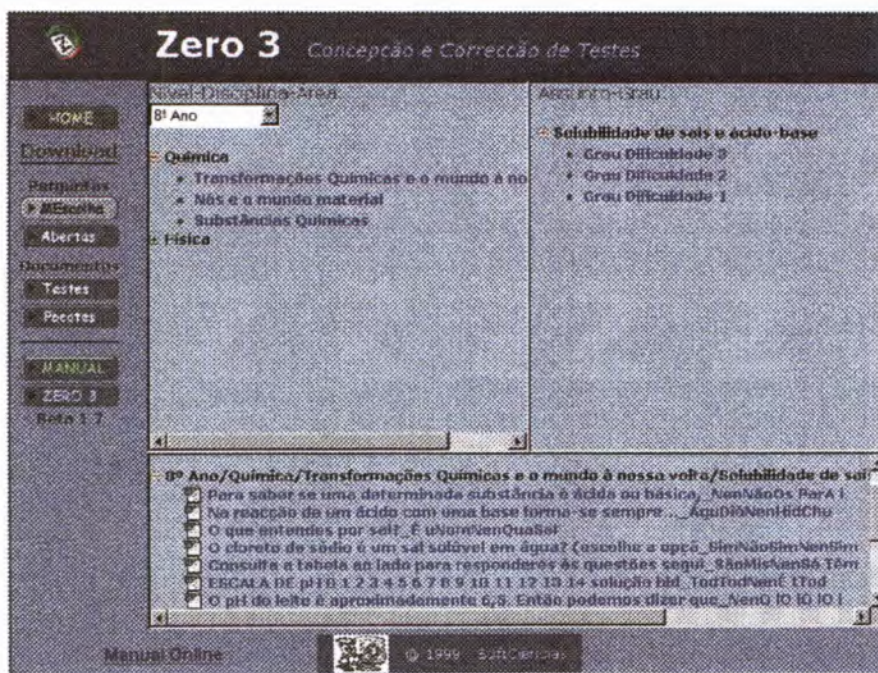


Fig. 4 - Perguntas para o programa Zero, disponíveis na Internet.

copiado livremente a partir do CD-ROM. Para gerar testes tem de se abrir a aplicação "Microsoft Word" depois de instalar o programa no disco rígido. A compatibilidade com o programa "Microsoft Word 6.0" representa uma grande vantagem mas tem alguns custos, tornando o programa "pesado". Por este motivo, está em preparação uma versão exclusivamente *on line* do programa "Zero". Na Internet, já estão disponíveis algumas questões para o 8º e do 12º ano (<http://nautilus.fis.uc.pt/~cec/zero3>). Os autores do programa são Carlos Paredes, Ilídio Martins e João Paiva.

Testa FQ 8-9, FQ 10-11, Q 12 e F12

O programa "Testa FQ 8-9" é um conjunto de 780 perguntas de escolha múltipla em Ciências Físico-Químicas (8º e 9º anos), elaborado com vista a ajudar professores e alunos nas tarefas de avaliação. As perguntas estão baseadas nos currículos nacionais. Este programa tem particular interesse para os utilizadores do programa "Zero", o programa de concepção e correcção óptica de testes de múltipla escolha atrás mencionado, mas pode ser usado independente dele (por exemplo, fotocopiado). Os autores do "Testa FQ 8-9" são João Paiva e Desidério Pires. Há, além deste, outros "Testas": "Testa FQ 10-11", de Desidério Pires e João Paiva, Testa "Q 12", de Carmo Andrade, João Paiva e Victor Gil e "Testa F12", de Graça Ventura e Carlos Fiolhais. No título, as letras F ou Q designam Física ou Química e o número designa os anos de escolaridade.

Resumindo, os programas produzidos pela Acção "Softciências" pretendiam, no espírito do título "Softciências", tornar as ciências "duras" mais "moles", mais fáceis de aprender, mas sem fazer concessões nem no rigor do ensino nem no esforço inerente a qualquer aprendizagem. Os vários autores, em geral professores do ensino superior e dos ensinos básico e secundário, têm-se

dedicado desde há bastantes anos à introdução de recursos computacionais no ensino, pelo que a preocupação pela conjugação dos aspectos técnico-informáticos com os aspectos pedagógico-científicos foi uma constante. Valorizou-se a interdisciplinaridade, para que a ciência não seja vista pelos alunos como um amontoado de disciplinas estanques. Assim, os nossos programas têm uma dimensão pedagógica alargada, dirigida ao incremento do gosto pelas ciências.

TABELA PERIÓDICA MULTIMÉDIA

A "Tabela Periódica Multimédia" é uma versão muito aumentada, repleta de imagens (fotos, desenhos, vídeos, animações) e sons, da "Tabela Periódica", versão 1.0, que é um dos programas educacionais do "Softciências". A "Tabela Periódica Multimédia" engloba uma colecção enorme e pormenorizada de dados de Química e de Física (ver figura 5): inclui informação biográfica, termodinâmica, cristalográfica, de compos-

tos e reacções químicas, espectroscopia atómica, isótopos nucleares, etc. De particular interesse é a mostra de 600 minerais incluída, feita com base na colecção do Museu de Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra. A versão 1.0, distribuída em disquete, tem a vantagem de correr em máquinas mais antigas, nomeadamente sem leitor de CD, e de incluir no seu manual roteiros de exploração adequados aos programas em vigor. No entanto, a versão do CD-ROM é obviamente a recomendada. Os autores são Carlos Fiolhais, João Cardoso, João Paiva, Miguel Marques e Victor Gil.

WWW QUI – RECURSOS PARA O ENSINO DA QUÍMICA

WWW Qui é uma página de recursos para os professores de Química que vão desde bases de dados de figuras a software educativo, passando por resumos em português de algumas dezenas de artigos do "Journal of Chemical Education". Destaque particular tem o assunto "Equilíbrio Químico", que inclui variada in-

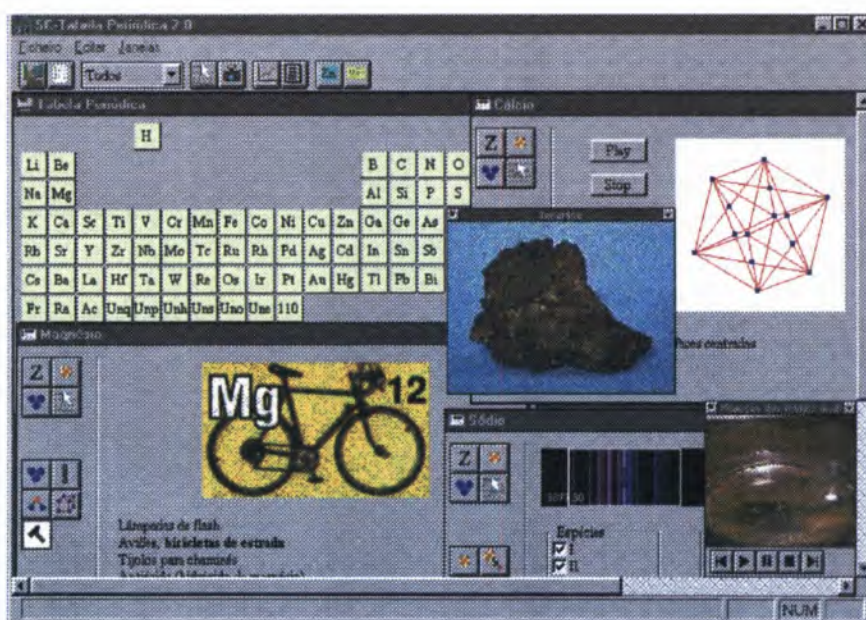


Fig. 5 - O programa "Tabela Periódica Multimédia".

formação. Os autores são João Paiva, Gustavo Botte e Victor Gil.

Novidades OMNICIÊNCIA na Web

Está disponível na Internet uma versão *on line* do CD-ROM (endereço: www.fis.uc.pt/~softc/omni98), onde se encontram algumas actualizações. Também existe aí uma área para sugestões. Das novidades, destaca-se a "WWW Fis" (Recursos para o ensino da Física), semelhante na sua estrutura ao "WWW Qui" e o "Roteiro de Ciência e Tecnologia para jovens" (inventário de recursos para jovens portugueses que se interessam por ciência, por Armando Vieira e Carlos Fiolhais e que vai ser publicado pela editora Ulmeiro). As páginas "WWW Qui" e "WWW Fi" foram apoiadas pelo projecto "Nónio", do Ministério da Educação, num projecto específico submetido pelo Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra.

Impacto do CD-ROM na comunidade escolar e conclusões

Tem sido muito boa a receptividade dos professores das áreas científicas ao "OMNICIÊNCIA 98" mas, evidentemente, essa recepção está limitada à outra, mais geral, das tecnologias da informação e comunicação nas escolas portuguesas.

As escolas portuguesas com ensino do 8º ao 12º anos foram equipadas em 1997 com um computador multimédia e respectiva ligação à rede, num programa do Ministério da Ciência e Tecnologia intitulado "Internet nas Escolas" (<http://www.uarte.mct.pt/internet-escola>). Tratou-se, na nossa opinião, de uma boa e oportuna iniciativa, até porque a rede informática utilizada pelas escolas é a mesma que liga as universidades e unidades de investigação (rede "Ciência, Tecnologia e Sociedade", gerida pela Fundação para a Computação Científica Nacional). O ensino das ciências só pode

beneficiar se estiver o mais perto possível das ciências e dos sítios onde elas se produzem. Contudo, e embora o programa "Internet nas Escolas" esteja em expansão, o material que existe nas escolas, por enquanto e em geral é limitado: só na biblioteca da escola se assegura um computador multimedia e ligado à rede por RDIS e, por outro lado, não são muitos os conteúdos em português (*on* e *off-line*) com interesse pedagógico que alunos e professores podem explorar. O nosso CD-ROM e o "Website" associado constituem um desses raros conjuntos de conteúdos devidamente validados: tem servido de incentivo à utilização do "hardware" existente e de porta de entrada nas tecnologias da informação (não é de mais insistir que informação em "bruto" não significa necessariamente conhecimento organizado!). Há que descobrir novas maneiras de fazer interessar mais os professores

pelos notáveis meios que estão ao seu dispor, uma vez que da parte dos alunos existe uma extraordinária receptividade a esses meios e estes cada vez mais se revelam instrumentos de estratégias pedagógicas eficazes [6]. Em Portugal, em nada tem ajudado a descoordenação que existe, de facto, entre o Ministério da Ciência e Tecnologia, que tem a tutela das iniciativas em prol da sociedade da informação, e o Ministério da Educação, uma estrutura burocrática e muito pesada, que tem neste âmbito programas próprios mas geralmente pouco eficazes. Os computadores acabam muitas vezes por ser apenas uma "montra" que pretende fornecer uma imagem de modernidade de escolas que, muitas vezes e em aspectos essenciais, estão antiquadas.

Não podemos afirmar que a utilização dos nossos recursos se faça em larga escala (em larga escala o

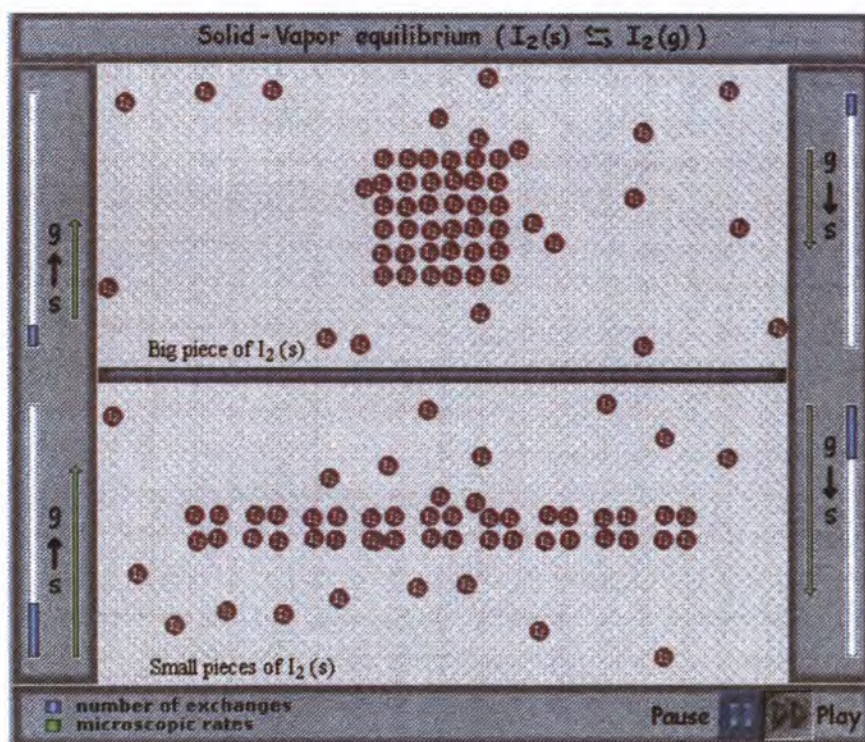


Fig. 6 – Um dos exemplos do «Moleculario»: visualização comparativa do equilíbrio sólido-vapor para um pedaço de iodo e para palhetas de iodo.

nosso ensino é ainda bastante tradicional e “reaccionário” à introdução de novos meios), mas os nossos materiais foram divulgados em jornais nacionais como, por exemplo, o “Público” e o “Expresso”, em alguns manuais escolares [7, 8, 9], em revistas pedagógicas de Química, Física e Matemática [10], assim como em revistas de informática. Temos conhecimento de experiências inovadoras de utilização pontual dos nossos programas educativos nas escolas

A vocação do nosso projecto cada vez mais se foi dirigindo, como dissemos, para as produções *on line*, uma vez que esse é o caminho futuro para projectos de natureza não comercial cujo objectivo já referido é servir a comunidade de professores e alunos. Terminado o projecto “Softciências”, o Centro de Física Computacional apoia actualmente várias produções *on line*, de entre as quais destacamos o «Moleculário» (figura 6), um protótipo de um projecto maior sobre a estrutura atómico-molecular da matéria [11] que o Exploratório Infante D. Henrique se propõe coordenar, realizar e divulgar. O endereço deste recurso é <http://nautilus.fis.uc.pt/~cec/molecularium>. Estas simulações são programadas em linguagem *Java* e apresentam a inegável vantagem de acessibilidade universal, ainda que encerrem algumas limitações de interface quando comparadas com as potencialidades dos melhores programas multimedia *off line*. A seu tempo, porém, cremos estar na Internet, o “palco” principal dos programas de computador para o ensino das ciências [12].

Apesar do que foi feito, pensamos que muito, quase tudo, está por fazer neste domínio, nomeadamente a realização de acções de formação de professores. O projecto “Softciências” encerrou formalmente, mas outros projectos surgiram com o seu desenvolvimento natural. Além dos sites “WWW Fi” e “WWW Qui”, bem como o “Molecularium”, já referidos, foi formado o Centro de Competência Nónio “Softciências”, reconhecido pelo Ministério da Educação, que presta assistência a 15 escolas de

todo o país, no que concerne à utilização de novas tecnologias de informação e comunicação (http://softciencias.ccg.pt/index_b.htm). Este centro é dirigido pelo Prof. Dr. Jaime Carvalho Silva e tem um plano de actividades, pelo menos, até ao final do ano 2001.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores e alunos que colaboraram na acção comum. Uma referência particular é devida ao Prof. Dr. Jaime Carvalho Silva, do Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. Agradecemos ainda ao Prof. Dr. Carlos Matos Ferreira, ex-Secretário Geral da Sociedade Portuguesa de Física, que sempre apoiou a acção comum.

* Escola Secundária de Penacova

** Departamento de Química da Universidade de Coimbra

*** Departamento de Física e Centro de Física Computacional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
email: jcpaiva@cygnus.ci.uc.pt

Contacto

O CD-ROM “OMNICIÊNCIA 98” pode ser obtido contactando:

SPF - Departamento de Física da Universidade de Coimbra
3000 COIMBRA PORTUGAL
Telef. 351- 239410113 ou 239410600 (ext. 524) Fax: 351-239829158
email: softc@nautilus.fis.uc.pt
Internet: www.fis.uc.pt/~softc

Algumas disquetes individuais do “Softciências” com os respectivos manuais podem ainda ser obtidas.

REFERÊNCIAS

1. Paiva, J. C. e Fiolhais, C., Omniciência 98: CD-ROM da Acção Comum “Softciências” em

Portugal. *Revista Brasileira de Informática na Educação* 5 (1999) 137.

2. Paiva, J. C., Simulações computacionais no Ensino da Física e da Química. Tese de Mestrado apresentada aos Departamentos de Física e de Química da Universidade de Coimbra, Coimbra (1994) (www.fis.uc.pt/~jcpaiva/mestrado).

3. Paiva, J. C., Ensino do Equilíbrio Químico: subtilezas e simulações computacionais. Tese de Doutoramento apresentada ao Departamento de Química da Universidade de Aveiro, Aveiro (2000) (www.fis.uc.pt/~jcpaiva/td).

4. Collins, J; Hammond, M. e Wellington, J., *Teaching and Learning with Multimedia*. London, Routledge, 1997.

5. Barnett-Foster, Debora; Nagy, Philip, A Comparison of Undergraduate Test Response Strategies for Multiple-Choice and Constructed-Response Questions. *Alberta Journal of Educational Research* 41 (1995) 18.

6. Russell, Joel W.; Kozma, Robert B.; Jones, Tricia; Wykoff, Joann; Marx, Nancy e Davis, Joan, Use of Simultaneous-Synchronized Macroscopic, Microscopic, and Symbolic Representations To Enhance the Teaching and Learning of Chemical Concepts, *Journal of Chemical Education* 74 (1997) 330.

7. Fiolhais, Carlos; Valadares, Jorge; Silva, Luís e Teodoro, Victor, *Física 8º ano*. Lisboa, Didáctica Editora, 1996.

8. Gil, Victor M. S., *Química, 12º ano*. Lisboa, Plátano Editora, 1996.

9. Aires, António J. M. E Oliveira, António S. G., *Modelação e Simulação Computacional* (introdução às tecnologias de informação). Rio Tinto, Edições Asa, 1996.

10. Leal, J. P., Análise do Programa Le Chat. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 54 (1994) 92.

11. Paiva, João C.; Gil, Victor M. S., The state of division of solids and chemical equilibria. *Journal of Chemical Education*. (2000, aceite para publicação).

12. Molner, Stephen P, The Art of Molecular Dynamics Simulation (by D. C. Rapaport) *Journal of Chemical Education* 76 (1999) 171.

➤ Ensaio físicos de materiais:

- Tracção
- Compressão
- Flexão

➤ Extensometria



Outros equipamentos que representamos EXCLUSIVAMENTE:



(Japão) – Balanças de precisão



(Alemanha) – Moinhos, análise granulométrica (peneiros)



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



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



EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

LISBOA PORTO

Campo Mártires da Pátria, 110

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

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

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

Telem. 0931 60 67 25 · 1150 LISBOA · PORTUGAL

Telem. 0931 53 16 98 · 4470 MAIA · PORTUGAL

Sodium and Potassium Hydroxide High Purity Pellets

EKA PELLETS

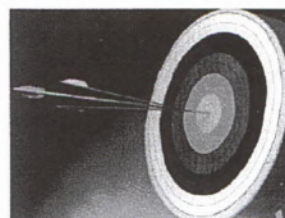
EKA CHEMICALS


AKZO NOBEL

Agentes exclusivos:

SOCIEDADE IMBRASEX LDA, Calçada do Carmo, N° 6 – 4° Dto., 1200 LISBOA

Telefone: 342.06.58/342.48.61 • Telefax: 346.48.50

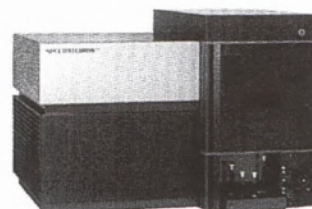


Espectrómetros para análise química.

▲INDÚSTRIA ▲AMBIENTE ▲EXTRACTIVA ▲QUÍMICA

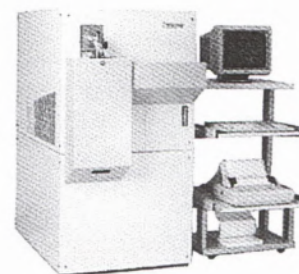
Emissão óptica

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



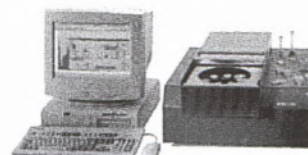
Faísca
Para a indústria metalúrgica e metalomecânica
120 – 800 nm

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



Raio-X

Por fluorescência, de energia dispersiva polarizada (EDXRF)



Glow discharge

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

Mais de 40 unidades instaladas.

Tecnologia alemã a preços económicos.

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

Importador exclusivo:



EQUIPAMENTOS DE ANÁLISE E ENSAIO, LDA.

L I S B O A P O R T O

Campo Mártires da Pátria, 110

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

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

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

Telem. 0931 60 67 25 · 1150 LISBOA · PORTUGAL

Telem. 0931 53 16 98 · 4470 MAIA · PORTUGAL