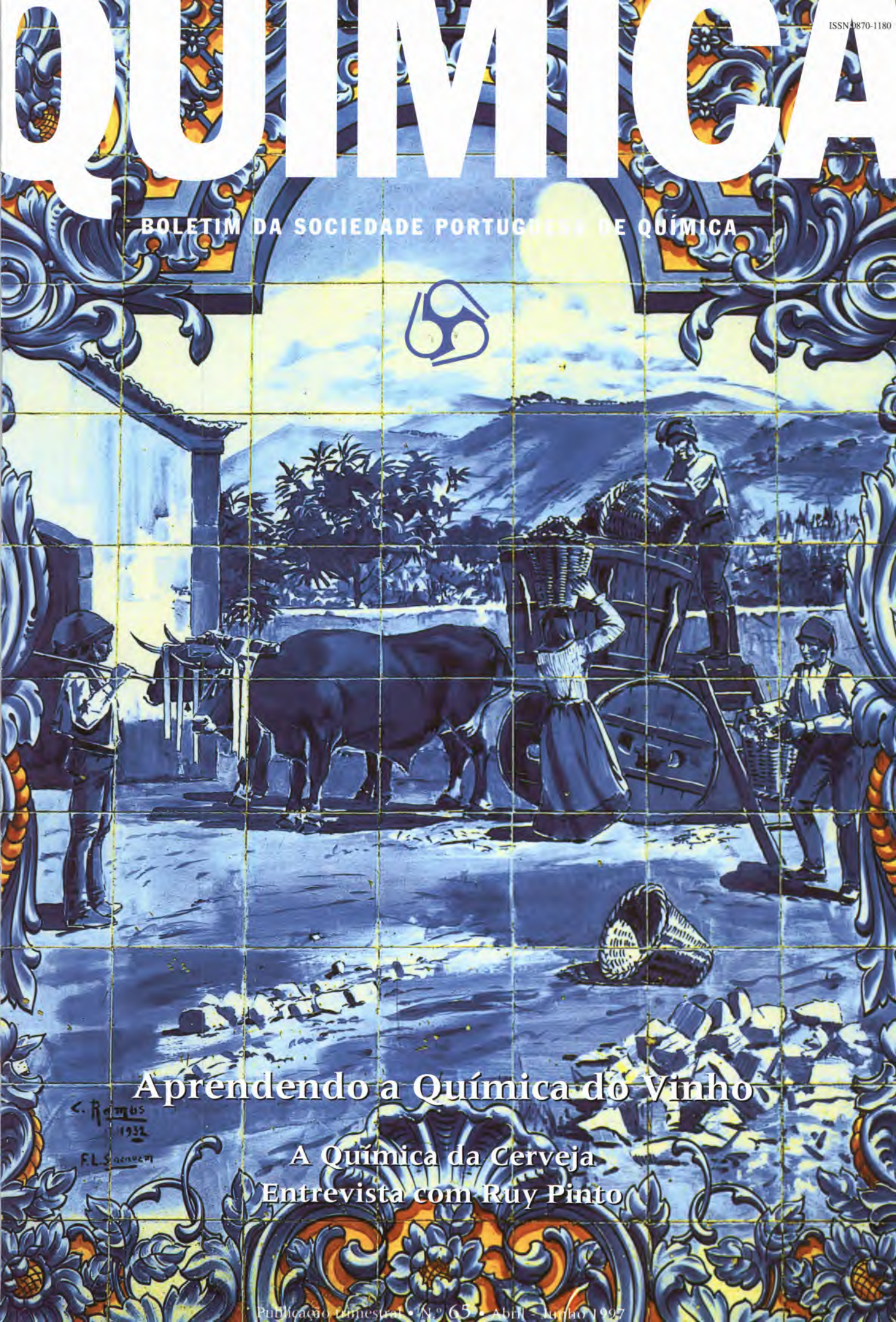


# QUÍMICA

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



## Aprendendo a Química do Vinho

C. Remus  
1932

F.L. Saenem

### A Química da Cerveja Entrevista com Ruy Pinto

# Chemical Web Marketing & Technology

CWM&T is  
a resource to  
assist chemical  
companies in under-  
standing the marketing  
opportunities, the trends,  
and the pitfalls of conducting  
profitable business on the Internet

**A FREE**  
monthly publication  
delivered via email

To subscribe, send an email to:  
[cwmt@chemconnect.com](mailto:cwmt@chemconnect.com)  
with 'subscribe' in the subject line

## Free Monthly Publication

brought to you by...

**ChemConnect** - The leading Internet resource for  
connecting chemical buyers and sellers worldwide.

Website: [www.chemconnect.com](http://www.chemconnect.com)

Email: [info@chemconnect.com](mailto:info@chemconnect.com)

---

**BetaCyte** - The chemical Internet presence provider  
<http://www.betacyte.com> • [info@betacyte.com](mailto:info@betacyte.com)

On the WWW: <http://www.betacyte.com/cwmt.shtml>

**BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA**

Na capa:

As vindimas  
(painel de azulejos do  
mercado de Santarém)

**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 65 - Maio-Junho 1997

**Redacção e Administração**

Avenida da República, 37 - 4.º 1050 LISBOA  
Telefone: (01) 793 46 37 - Telefax : (01) 795 23 49  
<http://spq.org>

**Director**

Mário N. M. S. Berberan e Santos

**Directores-Adjuntos**

Miguel Castanho, Benilde J. V. Saramago, Pedro C. Simões

**Direcção Gráfica**

Luís Moreira (TVM Designers)

**Secretária de Redacção**

Cristina Campos

**Comissão Editorial**

Rita Delgado (IST),  
Luís Rocha San Miguel (RAR, S.A.)  
Maria Gabriela Cepeda Ribeiro (UM),  
José A. Martinho Simões (FCUL)

**Colaboradores**

António Amorim da Costa (UC), João Paulo Leal (INETI)  
Manuel E. Minas da Piedade (IST)

**Publicidade**

DIRECÇÃO:  
Miguel Castanho

**Tratamento de texto e paginação**

Cristina Moreira

**Execução Gráfica**

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

Tiragem: 2400 exemplares

Preço avulso: 2500\$00

Assinatura anual-quatro números:  
9000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)  
10000\$00 (Estrangeiro / via aérea)

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

Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica

2 notícias

3 notícias SPQ

4 notícias IUPAC

6 artigos  
A Química da Cerveja

MANUEL PEREIRA GALVÃO

13 Aprendendo a Química do Vinho

JOÃO PEDRO ALPUIM

28 entrevista  
Professor Ruy E. Pinto

39 ensino  
Ensino Lúdico

ÁLVARO M. FOLHAS FERREIRA

42 técnicas experimentais  
A Sonoquímica

FERNANDO GLENADEL BRAGA

48 publicações

50 novos produtos

## Novas Licenciaturas em Química

No último número de *Química* foi noticiada uma nova licenciatura em Química, a iniciar-se em 1997/98, no Instituto Superior Técnico, em Lisboa. Não será no entanto a única estreia, pois soube-se agora que as Uni-

versidades do Algarve e de Évora principiam no mesmo ano lectivo idênticos cursos, com, respectivamente, 20 alunos e 25 alunos.

O número total de vagas para o 1º ano, em universidades pú-

blicas, ascende actualmente a 650 em Química, 140 em Bioquímica e 260 em Engenharia Química. Acrescem ainda as vagas em instituições privadas, como o Instituto Piaget, em Almada (Ciências Químicas e do

Ambiente, 100 vagas).

Em áreas afins, o número de vagas a nível nacional, em universidades públicas, é o seguinte: Matemática, 1330; Biologia, 870; Física, 680; Medicina, 475; Farmácia, 405.

instituição	licenciatura	numerus clausus em 97/98	média do último aluno entrado em 96/97
U. do Minho (Braga)	Química (Controle de Qualidade de Matérias Plásticas)	30	10,1
	Química (Controle de Qualidade de Materiais Têxteis)	20	9,6
U. do Porto (Porto)	Química	90	13,3
	Engenharia Química	60	10,7
	Bioquímica	50	15,4
U. de Aveiro (Aveiro)	Química (Bioquímica e Química Alimentar)	25	11,8
	Química (Química Analítica)	25	11,0
	Química (Química Industrial e Gestão)	25	10,4
	Engenharia Química (Engenharia e Gestão do Produto)	25	11,6
	Engenharia Química (Polímeros e Agromateriais)	25	10,0
U. da Beira Interior (Covilhã)	Química Industrial	45	8,8
U. de Coimbra (Coimbra)	Química	45	12,2
	Química Industrial	45	11,2
	Engenharia Química	40	13,7
	Bioquímica	35	15,6
U. de Lisboa (Lisboa)	Química (Química, Química Tecnológica, Ensino da Química)	120	11,8
	Bioquímica	30	14,9
IST-UTL (Lisboa)	Química	40	nova lic.
	Engenharia Química	70	13,7
U. Nova de Lisboa (Almada)	Química Aplicada	55	10,9
	Engenharia Química	40	12,4
U. de Évora (Évora)	Química	25	nova lic.
U. do Algarve (Faro)	Química	20	nova lic.
	Bioquímica	25	13,0
U. da Madeira (Funchal)	Química	25	10,1
	Ensino da Química	15	9,5

## Rectificação

No artigo "Fuegos artificiales: la química de las percepciones fugaces", da autoria de Felix

M. Goñi, o endereço do autor foi incompletamente indicado. A referência completa é: Departamento de Bioquímica, Universidad del País Vasco, Aptdo. 644,

48080 Bilbao, Espanha.

## SPQ na Internet

A SPQ tem já página (em construção) na Internet. O endereço é <http://spq.org> (após Agosto). Recorde-se

que até aqui apenas o boletim *Química* estava disponível na Internet, graças ao apoio da Universidade

Nova de Lisboa, e ao trabalho do Prof. Jorge Lampreia (UNL), em conjunto com Patrick van der Valk

(Betacyte). Esta última empresa continuará a assegurar a presença da SPQ na Internet.

## Divisão de Educação - Conferências na sede

Têm vindo a realizar-se, como previsto, as conferências quinzenais de fim de tarde, às terças-feiras. Foram já pro-

feridas as seguintes: "Breve história do Universo", pelo Prof. Dias de Deus (IST); "Produtos Naturais", pela Dr<sup>a</sup>

Regina Tavares (INETI); "Uma defesa da memória", pelo Prof. Jorge Calado (IST); "A vida dos iões metálicos",

pelo Prof. José Moura (UNL). Prevê-se a publicação de algumas das palestras no *Química*.

## Encontros temáticos e sectoriais da SPQ

Este ano realizaram-se já os seguintes Encontros: *Síntese, Reactividade e Estrutura em Química Inorgânica*, 3<sup>o</sup> Encontro de Química de Alimentos, 3<sup>o</sup> Encontro da Divi-

são de Catálise, e 3<sup>o</sup> Encontro de Radicais Livres. Irão ainda realizar-se os seguintes: 3<sup>o</sup> Encontro de Espectrometria de Massa (1-3 de Setembro), EUCO-CC2 (2-6 Se-

tembro), 2<sup>o</sup> Encontro de Química Orgânica (17-19 de Setembro), 2<sup>o</sup> Encontro de Química dos Glúcidos (21-25 Setembro), 3<sup>o</sup> Encontro de Química-Física (20-22 de Novem-

bro), e XI Encontro Luso-Galego de Química (26-28 de Novembro). Para informações mais pormenorizadas ver a Secção sobre Congressos na página 4.

## Relatórios Anuais do ECCC e da FECS

Encontram-se à disposição dos sócios os relatórios anuais do ECCC e da FECS relativos a 1996.

## Doação à SPQ

Recebemos da Eng<sup>a</sup> Isabel Meleças Gago, nossa prezada sócia e professora aposentada do IST, o livro *Leçons Élémentaires de Chimie Moderne* (1871), bem

como um quadro, em esmalte de Limoges colorido, que reproduz uma pintura de Téniers de temática alquímica. As ofertas ficarão na sede da SPQ, que agradece.



## CA Selects na Biblioteca da SPQ

Na sequência de acordo com o serviço *Chemical Abstracts* da *American Chemical Society*, a SPQ passou a receber os CA

Selects "New Books in Chemistry" e "Computers in Chemistry", que poderão ser consultados na biblioteca da sede.

Recorda-se que a SPQ recebe, entre outros, os seguintes periódicos: *Chemistry International*, *Pure and Applied Chemistry*, *Quí-*

*mica Nova*, *Química Nova na Escola*, *Chemistry in Britain*, *Education in Chemistry*, e *Química e Indústria*.

## Novas obras na Biblioteca da SPQ

**Livros e folhetos adquiridos:** A.X. Corrêa Barreto, *Elementos de Química Moderna*, 2<sup>a</sup> ed., Lisboa, 1881; J. Santos e Silva, *Elementos de Análise Química Qualitativa*, 2<sup>a</sup> ed., Coimbra, 1883; E. Burnay, *Elogio Histórico do Dr. Agostinho Vicente Lourenço*, Lisboa, 1893; Achilles Machado, *Propriedades Colligativas das Soluções*, Lisboa, 1893; Charles Lepierre, *Estudo Chimico e Technológico sobre a Cerâmica Portuguesa Moderna*, Lisboa, 1899; A.J. Ferreira da Silva, *No-*

*tícia sobre a vida e a obra científica de Louis Henry*, Lisboa, 1913; *Química Geral*, apontamentos coligidos nas aulas do Ex<sup>mo</sup> Sr. Conselheiro Achilles Machado, Faculdade de Ciencias de Lisboa, 1927; A. Cardoso Pereira, *A vida e a obra de M. Berthelot*, Lisboa, 1928; K.P. Jacobsohn, *Estudos Bioquímicos sobre a Catálise Enzimática no sistema da Fumarse*, Lisboa, 1935; *Relatório do Secretário-Geral do XV Congresso Internacional de Química Pura e Aplicada*, Lisboa, 1957.

**Livros doados:** A. Wurtz, *Leçons Élémentaires de Chimie Moderne*, 1871. Oferecido pela Ex<sup>ma</sup> Sr<sup>a</sup> Eng<sup>a</sup> Isabel Gago.

**Publicações da IUPAC:** Livro de Actas do *Chemrawn IX: World Conference on the Role of Advanced Materials in Sustainable Development* (Sociedade Química Coreana, Seul, 1996); *Chemrawn IX: Perspectives and Recomendations* (IUPAC). O Secretariado da IUPAC em Oxford ([iupac@vax.oxford.ac.uk](mailto:iupac@vax.oxford.ac.uk)) enviará gratuitamente cópias desta úl-

tima brochura a quem o solicitar.

**Livros depositados:** H.E. Roscoe, *Lessons in Elementary Chemistry*, London, 1894; Álvaro Basto, *Noções de Análise Quantitativa*, Coimbra, 1924; J.M. Thomson, A.G., Bloxam, *Chemistry Inorganic and Organic with Experiments*, Londres, 1895. Confiadas à SPQ pelo Prof. A. Romão Dias.

**Vídeos:** *As Rochas Ornamentais e os Minerais Sintéticos* (IST, 1997). Oferta da Prof<sup>a</sup>. Clementina Teixeira.

# Congressos, Conferências e Reuniões Científicas

## IUPAC

### *International Conference on Interfaces Against Pollution*

Wageningen, Holanda  
Agosto, 10-13, 1997  
IAP97  
P.O. Box 8038  
6700 EK Wageningen  
The Netherlands  
Tel.: 31 317-482279  
Fax.: 31 317 483777  
email: iap97@fenk.wau.nl  
http://ftp.fenk.wau.nl/iap.html/

### *36th IUPAC Congress- Frontiers in Chemistry, New Perspectives for the 2000s.*

Genebra, Suíça  
Agosto 17-22, 1997  
Prof. Jacques Weber  
Section of Chemistry  
University of Geneva  
30, Quai Ernest-Ansermet  
CH-1211 Geneva 4, Suíça  
Tel.: 41-22 702 65 30  
Fax.: 41-22 702 65 18  
e-mail: weber@sc2a.unige.ch

### *13th IUPAC International Symposium on Plasma Chemistry*

Pequim, China  
Agosto, 18-22, 1997  
Dr. Lin He  
The Chinese Society of  
Theoretical & Applied  
Mechanics  
15 Zhong Guan Cun Road,  
Beijing 100080, China  
Fax.: (86-10) 62559588  
e-mail.: cstam@sun.ihep.ac.cn

### *12th Bratislava IUPAC International Conference on Polymers- Modified Polyolefins for Advanced Polymeric Materials.*

Bratislava, Eslováquia  
Agosto, 25-28, 1997  
12th Bratislava IUPAC  
International Conference on  
Polymers  
Polymer Institute of the Slovak  
Academy of Sciences  
Dúbravská cesta 9, 842 36  
Bratislava  
Slovak Republic  
Tel.: 42-7- 378 2198  
Fax.: SAVPOLYMER bratislava  
0042-7-375923  
e-mail: upolebor@savba.sk

### *Electron Transfer Processes and Reactive Intermediates in Macromolecular and Organic Chemistry - IUPAC Symposium*

Cracóvia, Polónia  
Setembro, 3-7, 1997  
Z. J. Jedlinski  
Polish Academy of Sciences  
Institute of Polymer Chemistry  
ul. Marii Curie - Sklodowskiej 34  
41-800 Zabrze, Poland  
Tel.: 048-32 171 60 77  
Fax.: 048-32 171 29 69  
e-mail:  
polymer@usctoux1.cto.us.edu.pl

### *IUPAC International Conference on Biodiversity and Bioresources-Conversion and Utilization*

Phuket, Tailândia  
Novembro, 23-27, 1997  
Prof. Dr. Sakarindr Bhumiratana  
"IUPAC Biodiversity  
Conference"  
National Center for Genetic  
Engineering and  
Biotechnology (BIOTEC)  
National Science and  
Technology Development  
Agency (NSTDA) Building  
73/1 Rama VI Road, Bangkok  
10400  
Thailand  
Tel.: 66-2-6448150-4 ext. 433,  
532, 534  
Fax.: 66-2-6448109

### *International Symposium on Calorimetry and Chemical Thermodynamics*

Universidade Estadual de  
Campinas, SP, Brasil  
Abril, 5-9, 1998  
Dr. Watson Loh  
Instituto de Química-Unicamp  
Caixa Postal 6154  
13083-970-Campinas-SP-Brasil  
Tel.: 55 19 239 3805  
Fax.: 55 19 239 7881  
Internet: wloh@iqm.unicamp.br

### *I International Conference on Trace Element Speciation in Biomedical, Nutritional and Environmental Sciences*

Neuherberg/Munique,  
Alemanha  
Maio, 4-7, 1998  
First Speciation Conference  
c/o Ulla Schrödel  
GSF - Forschungszentrum  
Congress Service  
Postfach 1129  
D- 85758 Oberschleissheim  
Germany  
Tel.: 089/3187-3030 (-2669)  
Fax.: 089/3187-3362

### *12th International Conference on Organic Synthesis*

Veneza, Itália  
Junho 28- Julho 2, 1998  
Organizing Secretariat  
DEPHA CONGRESS SRL  
Viale Majno, 21  
20122 Milano, Italy  
Tel.: 39 /2/ 76 00 81 90  
Fax.: 39 /2/ 78 24 00  
e-mail: Dephadue@mbox.vol.it

### *7th International Chemistry Conference in Africa and 34th Convention of the South African Chemical Institute*

Durban, República da África do Sul  
Julho, 6-10, 1998  
The Secretary  
7th ICCA & 34th SACI  
Convention  
Department of Chemistry  
University of Natal  
Durban 4041  
South Africa  
Tel.: 27 31 260 3090  
Fax.: 27 31 260 3091  
e-mail: 7icca@che.und.ac.za

### *18th Discussion Conference on Macromolecules: Mechanical Behaviour of Polymeric Materials*

Praga, República Checa  
Julho, 20-23, 1998  
P.M.M. Secretariat  
c/o Institute of Macromolecular  
Chemistry  
Academy of Sciences of the  
Czech Republic  
Heyrovského nám. 2, CZ-162 06  
Praha 6  
Czech Republic  
Tel.: 420 (2) 360 341  
Fax.: 420 (2) 367 981  
e-mail: sympo@imc.cas.cz

### *9th International Symposium on Novel Aromatic Compounds*

Hong-Kong  
Agosto, 2-7, 1998  
Prof. Henry N. C. Wong  
Chairman, ISNA-9  
Department of Chemistry  
The Chinese University of  
Hong-Kong  
Shatin, New Territories  
Hong-Long

### *9th IUPAC International Congress on Pesticide Chemistry*

Londres, Inglaterra  
Agosto, 2-7, 1998  
Dr. John F. Gibson  
9th IUPAC International  
Congress on Pesticide Chemistry  
The Royal Society of Chemistry  
Burlington House  
London W1V 0BN, UK  
Tel.: 44-171-437 8656  
Fax.: 44-171-734 1227

### *8th International Symposium on Solubility Phenomena*

Niigata, Japão  
Agosto, 5-8, 1998  
Kiyoshi Sawada  
General Secretary of the 8th  
ISSP  
Department of Chemistry,  
Faculty of Science  
Niigata University, Niigata 950-21,  
Japão  
Tel.: 81 25 262 6265  
Fax.: 81 25 262 6116  
e-mail: issp@sc.niigata-u.ac.jp

### *XXXIII International Conference on Coordination Chemistry-The Chemistry of Metal Ions in Everyday Life*

Florença, Itália  
Agosto 30-Setembro 4, 1998  
33rd ICCS Secretariat,  
Department of Chemistry  
University of Florence,  
Via Gino Caponi,7  
50121 Firenze, Italy  
Tel.: 39-55-245990  
Fax.: 39-55-2478366

### *21st IUPAC Symposium on Chemistry of Natural Products*

Pequim, China  
Outubro, 11-16, 1998  
Prof. Xibai QIU  
Secretariat of ISCNP-21  
c/o Chinese Chemical Society  
p.o. Box 2709, Beijing 100080  
China

**SPQ**

**EUCO-CC2**  
**Second European Conference on Computational Chemistry**  
 Setembro 2-6, 1997  
 Prof. Fernando Fernandes  
 EUCO-CC2 Organising Committee  
 Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências  
 Rua Ernesto de Vasconcelos, Bloco C1, Piso 5  
 1700 LISBOA  
 Tel.: 01-7500133  
 Fax: 01-750088  
 e-mail: qsilva@cc.fc.ul.pt  
 URL.: <http://elixir.cc.fc.ul.pt/euco-cc2>

**2º Encontro Nacional de Química Orgânica da SPQ**  
 Setembro 17-19, 1997  
 Instituto de Tecnologia Química e Biológica  
 Maria Teresa Barros  
 Departamento de Química da FCT/UNL  
 2825 Monte da Caparica  
 Tel.: 01-294 83 61  
 Fax.: 01-294 85 50  
 e-mail: 2enqo@itqb.unl.pt

**3º Encontro Nacional de Química-Física da SPQ**  
 Novembro 20-22, 1997  
 Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa  
 Secretariado do 3º Encontro Nacional de Química-Física  
 a/c D. Maria José Carapinha  
 Edifício Departamental  
 Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL  
 Quinta da Torre  
 2825 Monte da Caparica

**XI Encontro Galego Português de Química**  
 Ferrol, Espanha  
 Novembro, 26-28, 1997  
 Secretaría del XI encontro Galego Português de Química  
 Colegio Oficial de Químicos ANQUE de Galicia  
 Rúa Urzáiz, 1, 2ª dcha. 36201 Vigo (Pontevedra)  
 Tel.: 986 43 79 15  
 Fax.: 986 22 06 81

**ESEAC'98 - 7th European Conference on ElectroAnalysis**  
 Coimbra, Portugal  
 Maio, 24-28, 1998  
 Prof. Dr. C. M. A. Brett / ESEAC'98  
 Departamento de Química  
 Universidade de Coimbra  
 3049 Coimbra, Portugal  
 Tel.: 039-35295

**Geral**

**XXXII International Conference on Coordination Chemistry**  
 Santiago, Chile  
 Agosto, 24-29, 1997  
 Prof. Dr. Juan Costamagna  
 Chairman XXXII-ICCC  
 Departamento de Química  
 Faculdade de Ciencia  
 Universidad de Santiago do Chile  
 Casilla 307, Santiago, Chile  
 Tel.: +56-2-681 1644  
 Fax.: +56-2-681 2108  
 email.: jcosta@lauca.usach.cl

**3º Encontro Nacional de Espectrometria de Massa**  
 Lisboa, Portugal  
 Setembro 1-3, 1997  
 Fundação da FCT/UNL or CeFITec  
 2825 Monte da Caparica, Portugal  
 Tel.: 1-2948553, 1-2954464  
 Fax.: 1-2954461  
 e-mail: fundacao@mail.fct.unl.pt

**VI th European Conference on Solid State Chemistry**  
 Zurique, Suíça  
 Setembro, 17-20, 1997  
 Mrs. E. Fahrnbühl  
 ECSSC '97  
 Laboratory of Inorganic Chemistry  
 Universitätstr. 6  
 CH 8092 Zürich  
 Tel.: 41-1-6329101  
 Fax.: 41-1-6321149  
 e-mail: ECSS@inorg.chem.ethz.ch

**XXX Colloquium Spectroscopicum Internationale**  
 Melbourne, Austrália  
 Setembro, 21-26, 1997  
 The Meeting Planners  
 108 Church Street  
 Hawthorn Victoria 3122 Australia  
 Tel.: +61-3-9819 3700  
 Fax.: +61-3-9819 5978

**EUROCORR'97**  
**The European Corrosion Congress**  
 Trondheim, Noruega  
 Setembro, 22-25, 1997  
 SEVU, Congress Department  
 NTNU, Gløshaugen  
 N-7034 Trondheim, Norway  
 Tel.: 47 73 59 52 47  
 Fax.: 47 73 59 51 50

**World Congress on EMULSION**  
 Bordéus, França  
 Setembro, 23-26, 1997  
 CME  
 50 place Marcel-Pagnol  
 92100 Boulogne-Billancourt, France  
 Tel.: 33-1-47 61 76 89  
 Fax.: 33-1-47 61 74 65

**Euro Food Chem IX Conference on Authenticity and Adulteration of Food - the Analytical Approach**  
 Setembro, 24-26, 1997  
 Graz, Austria  
 Dr. Reto Battaglia  
 P. O. Box 266  
 CH-8031 Zurich, Suíça  
 Fax.: 41-1 2772170  
 e-mail: Reto.Battaglia@mgb.migros.inet.ch

**V Encontro Nacional de Fotoquímica**  
 Universidade do Minho, Braga  
 Outubro, 10-11, 1997  
 Prof. Dr. João A. Ferreira  
 Departamento de Física  
 Universidade do Minho  
 4709 Braga Codex  
 Tel.: 53-604324  
 Fax.: 53-678981  
 e-mail: ja-ferreira@fisica.uminho.pt

**4th FGIPS Meeting in Inorganic Chemistry European Mediterranean Conference in Inorganic Chemistry**  
 Corfu, Grécia  
 Outubro, 14-18, 1997  
 Dr. Aglaia Koutsodimou  
 NCSR "Demokritos"  
 Institute Physical Chemistry  
 Gr-15310 Ag. Paraskevi, Attikis Grécia  
 Tel.: 30-1 6513111-9 ext.: 131  
 Fax.: 30-1 6511766  
 e-mail: koutsad@cyclades.nrccs.ariadne-t.gr

**I International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Agriculture, Industry, Health and Environment**  
**III Workshop on Nuclear Physics**  
 Havana, Cuba  
 Outubro, 28-30, 1997  
 L. Desdín  
 Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear  
 P.O.B. 6122, Habana, Cuba  
 Tel.: 537-221518  
 Fax.: 537-221518/331188  
 e-mail: root@ceaden.cigb.edu.cu

**Computational Chemistry and the Living World: From Sequence to Function**  
 Chambery, França  
 Abril, 20-25, 1998  
 Division de Chimie Physique  
 Computational Chemistry and the Living World  
 Laboratoire de Chimie Physique  
 11, rue P. et M. Curie  
 75005 Paris  
 Tel.: 01 44 27 62 70  
 Fax.: 01 44 27 62 26

**14th International Conference on Physical Organic Chemistry**  
 Florianópolis, Brasil  
 Agosto, 16-21, 1998  
 Prof. Eduardo Humeres  
 Department of Chemistry  
 Universidade Federal de Santa Catarina  
 Campus Universitário - Trindade  
 88040-900, Florianópolis, SC, Brazil  
 Tel.: 55-48-231-9219  
 Fax.: 55-48-231-9711  
 e-mail: humeres@mbx1.ufsc.br  
 humeres@qmc.ufsc.br  
<http://www.cfm.ufsc.br/icpoc/14/>

# A Química da Cerveja

MANUEL PEREIRA GALVÃO\*

Sumariamente, a cerveja pode ser definida como uma bebida alcoólica, produzida quando o mosto, um extracto aquoso de malte e lúpulos, é metabolizado fermentativamente por leveduras. Esta poderia ser uma definição de cerveja retirada de qualquer dicionário. Parece um processo simples, não é? Na realidade a produção de cerveja envolve hoje em dia um entendimento profundo da química e bioquímica das matérias primas, da levedura e de todas as variáveis de um complexo mas fascinante processo. Só assim é possível proporcionar aos consumidores uma tão grande diversidade de cervejas com diferentes aromas e gostos como a que existe por todo o mundo onde esta bebida é consumida. A ciência e tecnologia cervejeiras cobrem um leque vasto de disciplinas como a microbiologia, a bioquímica, a genética, a fisiologia microbiana e a química. É difícil identificar todos os constituintes responsáveis pelo gosto e aroma, ou seja pelas características organolépticas da cerveja. Ao longo dos anos têm sido caracterizadas várias vias de síntese química e bioquímica que levam à formação da maioria dos compostos capazes de estimular os receptores nervosos que se encontram nas cavidades bucal e nasal dos humanos e provocar as sensações que normalmente temos quando bebemos uma cerveja. Cerca de 800 compostos diferentes são actualmente conhecidos na cerveja, sendo o seu contributo para as características globais da bebida variável.

O cervejeiro procura com os conhecimentos actualmente disponíveis condicionar ou estimular a produção desses compostos com o objectivo de produzir uma bebida com características próprias, que agrade aos consumidores, com uma qualidade regular e que se mantenha inalterada ao longo do tempo. Isso é conseguido por uma criteriosa escolha das matérias primas (água, malte e lúpulo), das estirpes de leveduras utilizadas e pela parametrização e controlo das inúmeras variáveis do processo produtivo.



## A IMPORTÂNCIA DAS MATÉRIAS PRIMAS

### A ÁGUA

A água é o principal componente da cerveja (aproximadamente 93%). É ela o suporte das combinações mais ou menos harmoniosas de todos os compostos químicos presentes nesta bebida. As características físico-químicas da água influenciam propriedades da cerveja como o aroma, o gosto, a limpidez, a cor e a espuma. Foi a qualidade da água utilizada na produção de cerveja que tornou famosas algumas cidades ou locais como Pilsen, Burton-on-Trent, Dortmund, Munique, e Viena. A água utilizada na produção de cerveja deve fornecer apenas alguns minerais úteis para o processo e deve ser desprovida de matéria orgânica e contaminação microbiológica. A presença de alguns iões na água é relevante para as características da cerveja produzida. O sulfato,  $SO_4^{2-}$ , por exemplo contribui para um gosto seco e amargo, enquanto que o ião cloreto,  $Cl^-$ , acima de determinado nível confere um gosto adocicado e mais encorpado. O excesso de sulfatos pode também influenciar a quantidade de compostos voláteis sulfurados produzidos durante a fermentação, como o  $H_2S$  e o  $SO_2$ .

Alguns iões derivados do ferro, conferem à cerveja um gosto metáli-

co, quando existem em teores superiores ao recomendado. No entanto, os iões férrico e ferroso estão envolvidos na formação de compostos que conferem cor à cerveja e alguns sais de ferro têm uma influência positiva na espuma, embora lhe possam por vezes conferir uma cor acastanhada.

A água pode também influenciar indirectamente as características da cerveja. O pH tem extrema importância na modulação da actividade de certos enzimas presentes no malte, e no grau de extracção de vários compostos presentes no malte e no lúpulo, durante a primeira etapa do processo produtivo, a produção do mosto.

### O MALTE







Molécula de amilose - resíduos de glicose ligados por ligações  $\alpha$ -1,4

O malte, cevada maltada é a principal fonte de substâncias químicas com actividade sensorial (gustativa ou olfactiva), encontradas na cerveja, seja por via directa seja através das transformações que ocorrem durante a produção do mosto e a fermentação. No malte encontram-se uma multitude de compostos que incluem ácidos gordos voláteis, furanos, aldeídos, cetonas, fenóis, proteínas, glícidos, compostos sulfurosos, melanoidinas, polipéptidos e polifenóis. Alguns destes compostos desaparecerão enquanto outros irão sofrer modificações durante o processo cervejeiro. Essas modificações podem ser químicas, como por exemplo a oxidação ou a degradação térmica; ou bioquímicas, pela actuação da levedura.

A fracção glicídica é a predominante na constituição do malte. Durante a produção de mosto, as moléculas de amido presentes no malte são hidrolizadas enzimaticamente e transformadas em polissacarídeos, trissacarídeos, dissacarídeos e oses. Os primeiros sobrevivem até ao produto final, sendo os principais responsáveis pela viscosidade e densidade da cerveja, propriedades que se relacionam com o "corpo" da bebida. Os restantes glícidos, de menor grau de polimerização são metabolizados pela levedura durante a fermentação em complexas vias de catabolismo e de anabolismo.

Um exemplo importante de transformação química de um composto presente no malte é a formação do dimetilsulfureto (DMS) pela degradação térmica do aminoácido S-metilmetionina (SMM). O DMS é um composto sulfurado que se estiver presente na cerveja em concen-

trações superiores a 30-40 ppb pode conferir-lhe um aroma bastante desagradável.

As proteínas presentes no malte têm extrema importancia, pela fonte de compostos azotados que constituem, essencial à boa performance fermentativa das leveduras e também pelo aporte enzimático fundamental na fase de produção do mosto. Os polipéptidos são um dos principais constituintes da espuma da cerveja, ao serem adsorvidos à superfície das bolhas de  $\text{CO}_2$  que se libertam no copo. Os aminoácidos participam na formação de compostos responsáveis pela cor da cerveja- as melanoidinas-, que se formam pela reacção dos primeiros com açúcares, pela acção do calor. Estas reacções receberam o nome do químico que primeiro identificou as melanoidinas- Maillard.

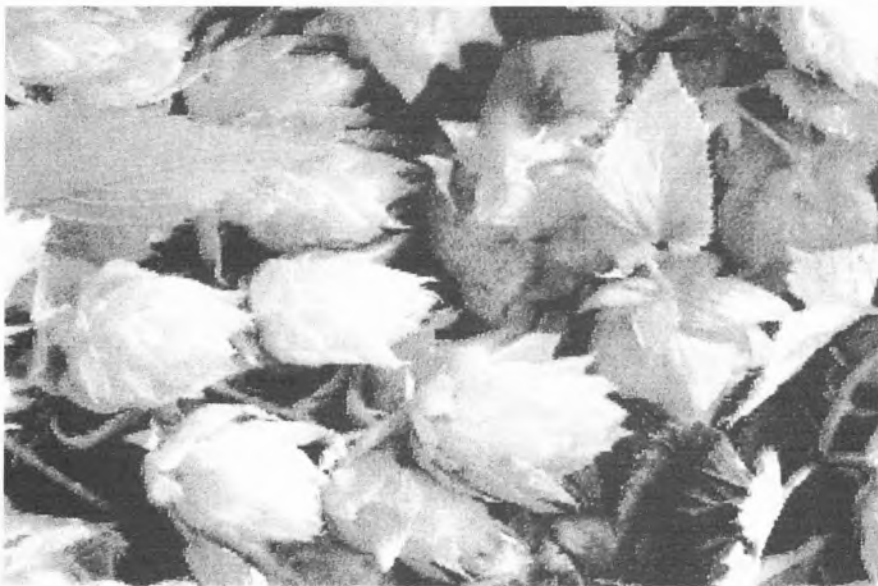
A fracção lípidica do malte (cerca de 3% da sua matéria seca) não é, na sua maior parte, solubiliza-

da durante a fabricação do mosto. No entanto, a porção solubilizada constitui também uma potencial fonte de compostos organolepticamente activos. Alguns destes compostos podem posteriormente dar origem a produtos responsáveis pela degradação do sabor e aroma da cerveja ao longo do tempo. Nesta fracção, são importantes na velocidade da fermentação e no equilíbrio entre os compostos aromáticos das famílias dos álcoois e dos ésteres, os ácidos gordos de cadeia longa (palmítico, esteárico, oleico e linoleico).

## O LÚPULO

Desde os primórdios da produção de cerveja que se utilizam especiarias e plantas aromáticas para introduzir aromas especiais nesta bebida. Destas plantas, apenas o lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é utilizado hoje em dia, numa escala comercial.

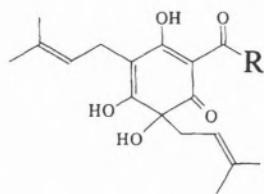
O lúpulo é uma planta da família das *Cannabinaceae*. Apenas as plantas femininas do Lúpulo produzem as inflorescências, designadas por cones, utilizados na industria cervejeira. É a partir destes cones que é extraída a fracção resinosa onde se encontram os compostos que irão conferir o gosto amargo à cerveja, os ácidos  $\alpha$ . Este grupo de compostos sofre uma isomerização



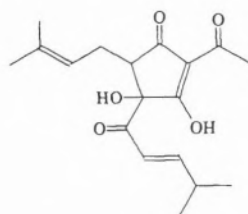
durante a fase final da produção do mosto, a ebulição, que os converte nos iso- $\alpha$ -ácidos, que são muito mais amargos que os correspondentes ácidos  $\alpha$ .

**Ácidos  $\alpha$  (humulonas)**

- R = -CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> - humulona
- CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> - cohumulona
- CHCH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> - adhumulona



**Iso- $\alpha$ -ácidos (isohumulonas)**



A natureza aromática dos lúpulos é devida aos óleos essenciais que constituem cerca de 0,5 a 1,5 % do peso dos cones. Já foram identificados mais de 200 compostos químicos com aroma, pertencentes às famílias dos compostos sulfurosos, dos terpenos, dos ésteres, dos éteres, dos álcoois, das cetonas e dos ácidos.

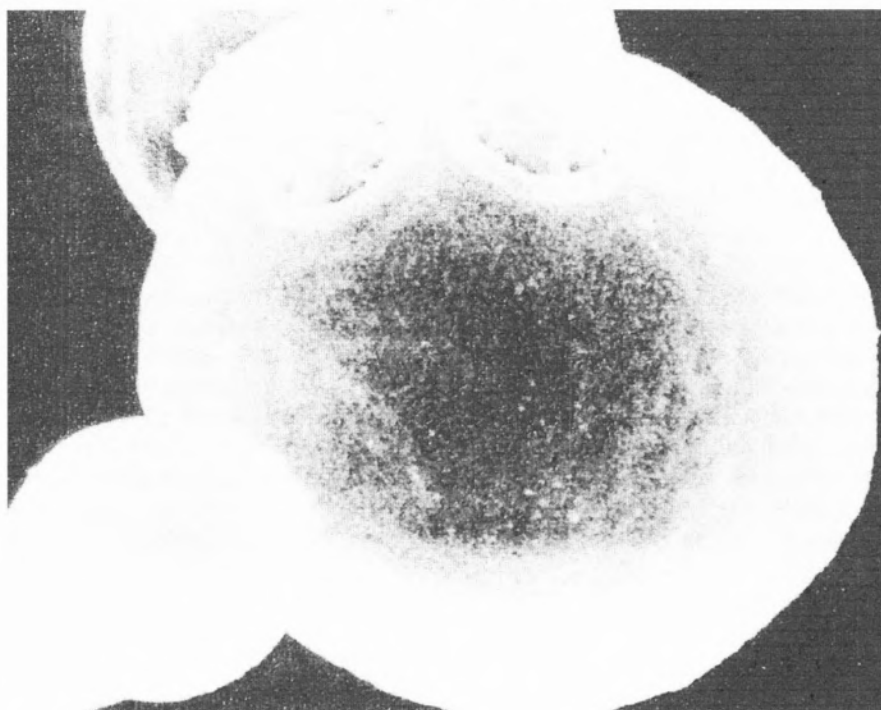
Composto	Gama de concentrações no Lúpulo (% p/p)	Influência no aroma e gosto da cerveja
mircenos	0,2 - 0,6	
pinenos	0,1 - 0,3	
cariofileno	0,003 - 0,005	aromático
farnaseno	0,05 - 0,08	sabor a terpenos
humuleno	0,07 - 0,1	
ésteres oxigenados	0,08 - 0,15	aroma floral
lípidos	2 - 4	
taninos	3 - 5	sabor adstringente

**A LEVEDURA**

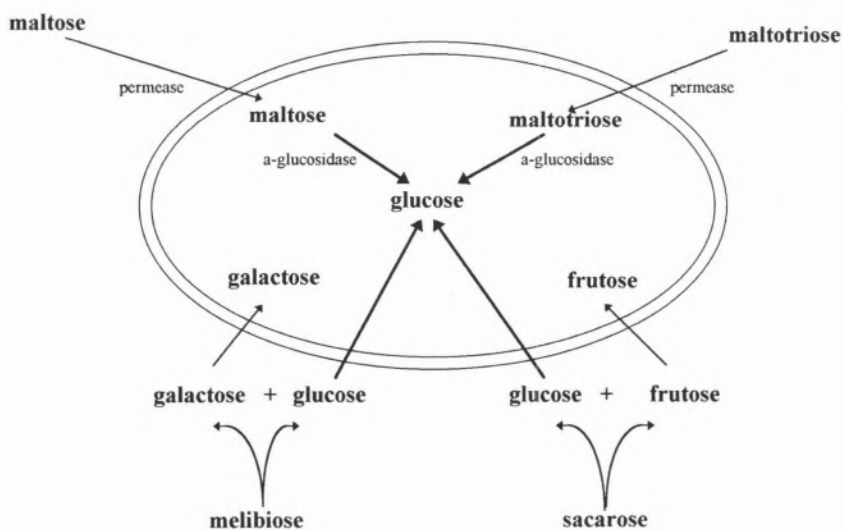
Só pela acção da levedura se pode transformar o mosto (extracto aquoso do malte e do lúpulo) em cerveja. A alteração fundamental que este microorganismo desencadeia é a metabolização dos tri, di e monossacarídeos e a excreção de

etanol e CO<sub>2</sub>, que constituem as bases de todo o espectro de aromas e sabores da cerveja.

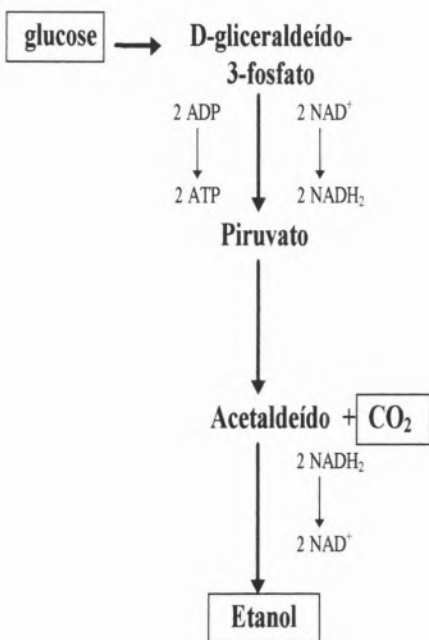
Os glúcidos assimiláveis pela levedura são convertidos em glucose que é metabolizada pela via glicolítica a piruvato que, por sua vez é convertido em etanol e CO<sub>2</sub>, tendo como produto intermediário o acetaldeído.



**Absorção dos Glúcidos**



### Metabolismo dos Glúcidos Produção de Etanol e CO<sub>2</sub>

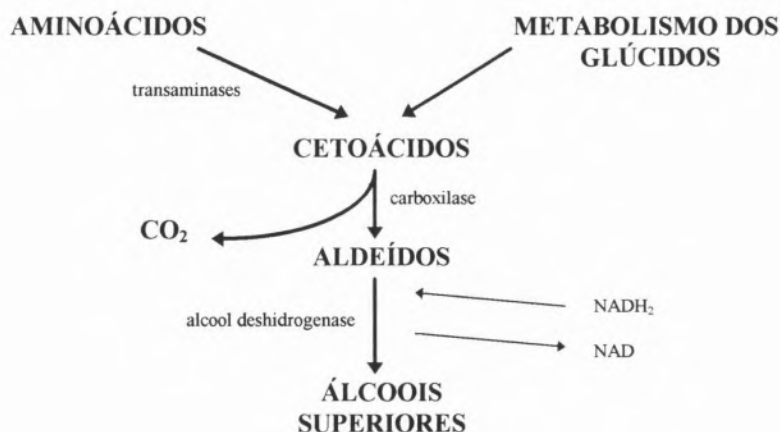


Sendo um organismo vivo, a levedura apresenta uma complexa e intrincada rede de vias metabólicas responsáveis pela degradação de alguns compostos químicos e pela síntese de outros. Estirpes de levedura diferentes produzem quantidades diferentes dos vários compostos, quando fermentam um mosto com características idênticas.

Os compostos produzidos pela levedura pertencem na sua maioria a um dos seguintes grupos químicos:

**Álcoois** - Para além do etanol existe um grande número de outros álcoois na cerveja. Estes álcoois, vulgarmente designados por álcoois superiores constituem uma parte importante dos produtos formados durante a fermentação. São compostos extremamente aromáticos e têm um papel importante nas características organolépticas da cerveja. A sua formação está relacionada com o metabolismo dos sacarídeos presentes no mosto e com o metabolismo dos aminoácidos, em particular com um

### Bioquímica da Formação de Álcoois Superiores



### Álcoois Superiores Derivados de Aminoácidos

Aminoácido	Álcool superior
Valina	Isobutanol
Treonina	Propanol
Isoleucina	2-Metil-1-butanol
Leucina	3-Metil-1-butanol
Fenilalanina	Feniletanol

produto intermédio desse metabolismo - os cetoácidos. A estirpe de levedura escolhida para a fermentação é determinante para os níveis finais de álcoois superiores na cerveja.

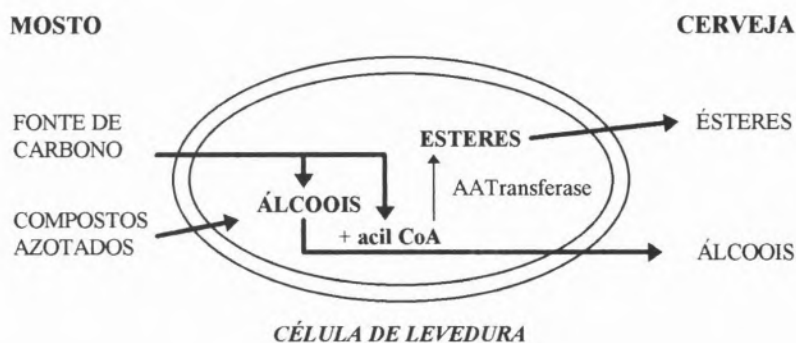
**Ésteres** - A maioria dos ésteres encontrados na cerveja resulta do metabolismo da levedura. As reações de esterificação não enzimáticas são em geral, insignificantes. Estes compostos são, conjuntamente com os álcoois superiores, responsáveis pelo "bouquet" de algumas cervejas. Os ésteres são sintetizados a partir de um álcool e de um ácido orgânico da família dos acil-CoA (compostos transportadores de grupos acilo, produtos intermédios do metabolismo dos ácidos gordos). A síntese dos ésteres é catalisada pelos enzimas da família das acetil-álcool transferases (AAT). O acil-CoA mais comum é o acetil-CoA e o álcool mais abundante na cerveja é

Álcool	Concentração na cerveja	Limiar de percepção
n-propanol	4 - 60 mg/l	800 mg/l
isobutanol	4 - 57 mg/l	200 mg/l
3-metil-1-butanol	25 - 133 mg/l	70 mg/l
2-feniletanol	5 - 102 mg/l	125 mg/l

o etanol. Daí que o éster presente em maior quantidade seja o acetato de etilo que apresenta um aroma a solvente ou verniz. Outro éster com bastante influência no aroma da cerveja é o acetato de isoamilo, que se forma pela esterificação do 3-metilbutanol e do acetil-CoA. Este éster possui um característico aroma a banana, detectado quando os seus níveis ultrapassam o limiar de percepção olfativo. Embora muitos factores, entre os quais as variáveis do processo fermentativo, afetem a síntese de ésteres, é provavelmente a estirpe de levedura a principal responsável pela formação destes compostos.

Éster	Concentração na cerveja	Limiar de percepção
Acetato de etilo	8 - 48 mg/l	33 mg/l
Hexanoato de etilo	0,1 - 1,5 mg/l	0,23 mg/l
acetato de isoamilo	0,8 - 6,6 mg/l	1,6 mg/l
acetato de isobutilo	0,03 - 0,25 mg/l	1,6 mg/l

### Bioquímica da Formação dos Ésteres



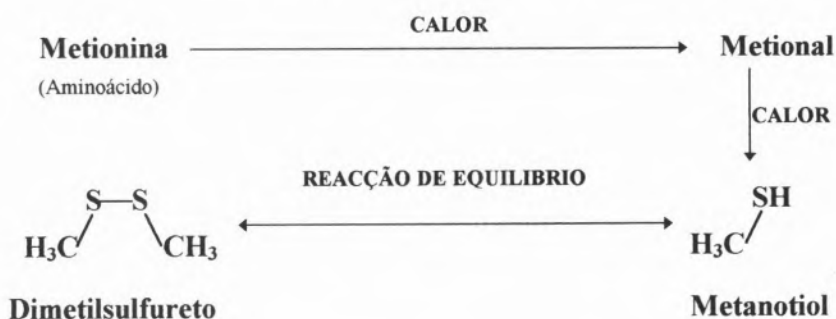
**Compostos sulfurosos** - O enxofre é um elemento extremamente importante na produção de cerveja pelos compostos que pode formar e que contribuem significativamente para as características organolépticas da bebida. Normalmente os compostos sulfurosos não são desejáveis, embora alguns tipos de cerveja sejam caracterizados por "vestígios" em alguns destes compostos. Dentro deste grupo destacam-se o sulfureto de hidrogénio, o dimetilsulfureto, o dióxido de enxofre e os tióis. Embora quantidades vestigiárias destes compostos sejam aceitáveis ou até desejáveis em alguns tipos de cerveja, quando presentes em excesso, eles podem transmitir-lhe aromas desagradáveis.

Embora os compostos voláteis de enxofre possam já existir nos lúpulos e nos maltes, é durante a fermentação que a grande maioria se forma. Em condições normais de fermentação, o CO<sub>2</sub> formado que se liberta é suficiente para os arrastar para fora da cerveja, à medida que eles se vão formando.

#### Formação do Dimetilsulfureto - DMS

	Limiar de percepção
Dióxido de enxofre	15 - 30 µg/l
Sulfureto de hidrogénio	1 - 5 µg/l
Dimetilsulfureto	20 - 40 µg/l
3-Metil-2-buten-1-tiol	4 - 35 ng/l
Metanotiol	0,2 - 0,5 µg/l

#### Formação do Dimetilsulfureto - DMS



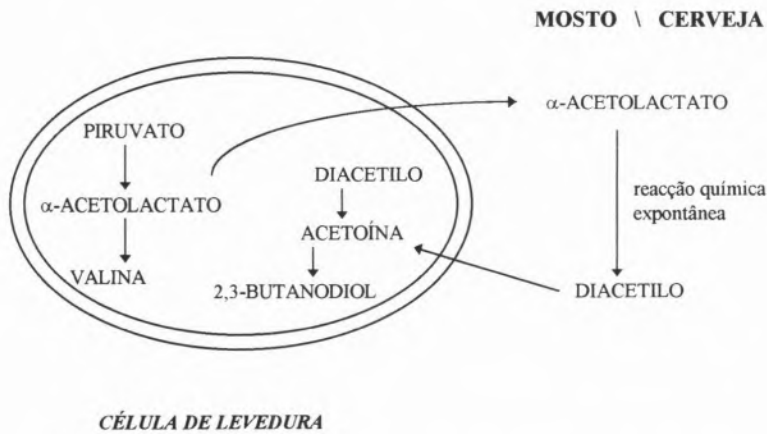
**Compostos com grupos carbonilo** - A importância destes compostos reside no seu elevado potencial aromático e na influência que têm na estabilidade organoléptica da cerveja ao longo do seu tempo de vida. Quantidades excessivas de compostos carbonilados são características de cervejas "velhas" e oxidadas. O efeito da presença de aldeídos na cerveja pode traduzir-se por um aroma a "palha / erva" como se verifica para o propanal, o 2-metil butanal e o pentanal ou por um gosto a "papel / cartão" como o conferido pelo 2-transnonenal e pelo furfural.

O acetaldeído é o aldeído presente em maior quantidade na cerveja. Este composto forma-se durante a fermentação, e é um produto intermédio na via de síntese do etanol a partir dos sacarídeos do mosto. O acetaldeído formado pode ser reduzido a etanol ou oxidado a ácido acético. Parte do acetaldeído excretado pela levedura pode também ser, no final da fermentação, reabsorvido e reduzido enzimaticamente a etanol. Quando presente em níveis superiores ao limiar de percepção olfactiva, o acetaldeído pode conferir à cerveja um aroma intenso a maçã.

Os compostos 2,3-butanodiona (comumente designado por diacetilo) e a 2,3-pentanodiona introduzem na cerveja um aroma e um gosto descritos muitas vezes como idênticos ao da manteiga de amendoim, do caramelo ou do mel. Nos últimos anos tem havido um grande interesse relativamente aos factores que influenciam a concentração de diacetilo na cerveja bem como às técnicas analíticas para a sua determinação. Estes dois compostos são vulgarmente designados por dicetonas vicinais por apresentarem dois grupos carbonilo adjacentes.

O diacetilo bem como a 2,3-pentanodiona são produzidos em grande quantidade nas fases iniciais da fermentação a partir de produtos intermédios do metabolismo dos aminoácidos, respectivamente o  $\alpha$ -acelactato e o  $\alpha$ -acetohidroxibutira-

### Bioquímica da formação do Diacetilo na Cerveja



to, excretados pela levedura. A redução destes compostos às dicetonas respectivas é um processo não enzimático que ocorre no exterior das células. As dicetonas são então reabsorvidas pela levedura e reduzidas enzimaticamente a compostos menos activos do ponto de vista organoléptico.

#### Influência das Dicetonas Vicinais no Aroma da Cerveja

	Limiar de percepção
Diacetilo	0,15 - 0,20 mg/l
2,3-pentanodiona	1,0 mg/l

#### AS VARIÁVEIS DO PROCESSO

##### BRASSAGEM (PRODUÇÃO DO MOSTO)

É durante a fase inicial do processo de brassagem que são extraídos do malte os sacarídeos, as proteínas e muitos outros compostos presentes no malte. Tanto os sacarídeos como as proteínas são então hidrolizados enzimaticamente, de uma forma controlada, tornando-os assimiláveis pela levedura. São vários os enzimas responsáveis por estas reacções hidrolíticas (amilases, proteases, peptidases, etc.), cada um dos quais com

temperatura e pH óptimos de actuação. O controlo destes dois parâmetros é por isso crucial durante o processo.

Após a extracção e hidrólise, as cascas dos grãos de malte são separadas do mosto, por uma filtração. Na fase final da brassagem, o mosto é levado à ebulição para inactivar todos os enzimas e precipitar algumas proteínas de elevada massa molecular que poderiam precipitar posteriormente na cerveja turvando-a.

É também durante a ebulição que são extraídos e isomerizados os ácidos alfa do lúpulo. Também este processo é muito dependente do pH, temperatura e tempo.

Após a ebulição, o mosto é clarificado num processo onde são removidos todos os colóides precipitados, constituídos essencialmente por proteínas e alguns lípidos. A quantidade de sólidos suspensos no mosto ("trub"), que passa para a fermentação tem efeitos determinantes no aroma da cerveja produzida. Ao promover a multiplicação celular, o "trub" altera os padrões da fermenta-

ção. Produzem-se mais compostos sulfurosos e mais compostos precursores de reacções oxidativas que aceleram o processo de envelhecimento da cerveja.

#### FERMENTAÇÃO

Foi já referido que as principais características organolépticas da cerveja derivam do metabolismo da levedura durante o processo fermentativo. Consequentemente, a composição do mosto e os parâmetros do processo que afectam o desempenho fermentativo da levedura afectam também a qualidade da cerveja. Estes factores estão interrelacionados e torna-se difícil caracterizar a influência que cada um deles exerce isoladamente no perfil sensorial (organoléptico) do produto final.

**A Estirpe levuriana** contribui de forma significativa para o carácter mais ou menos aromático da cerveja. Cada estirpe comporta-se de forma diferente para um dado conjunto de condições de fermentação. O técnico cervejeiro tem que ter em consideração o perfil aromático produzido por cada estirpe (compostos sulfurosos, ésteres, álcoois, etc.), quando faz a selecção da levedura a utilizar na produção de cerveja.

Variações na quantidade de células de levedura presente no início da fermentação, taxa de inoculação, traduzem-se em diferentes padrões de crescimento, com influência directa no aroma da cerveja alterando as proporções relativas de compostos voláteis. Um crescimento controlado em cada fermentação é uma das principais preocupações do cervejeiro, pois só assim se consegue garantir uma regularidade nas características do produto.

**A temperatura** influencia quantitativamente cada reacção bio-

Enzima	Substrato	pH Óptimo	Temperatura
α - Amilase	Amido	5,5 - 6,0	55 - 65 °C
β - Amilase	Amido	4,0 - 6,0	45 - 55 °C
Proteases	Proteínas	4,0 - 5,0	< 50 °C
Peptidases	Peptidos	4,2 - 5,0	< 55 °C

química do metabolismo da levedura. Temperaturas mais altas acentuam a velocidade de fermentação, a produção de álcoois e promovem a conversão extracelular dos precursores das dicetonas vicinais.

O oxigénio dissolvido e o teor em ácidos gordos saturados e insaturados no mosto no início da fermentação influencia a actividade metabólica das células da levedura, uma vez que o oxigénio é essencial para a formação de compostos que participam na formação de novas células. O controlo da quantidade de oxigénio dissolvido é importante para o crescimento uniforme da levedura e para a produção consistente de compostos organolepticamente activos.

A geometria dos fermentadores tem também um papel importante na fermentação, devido aos efeitos que a pressão hidrostática exerce sobre a quantidade de CO<sub>2</sub>, que permanece em solução e sobre as correntes de convexão que se geram durante a fermentação. A taxa de crescimento da levedura e a produção de compostos aromáticos decrescem sob as concentrações elevadas de CO<sub>2</sub> dissolvido que existem em tanques de geometria cilíndrica vertical. As diferenças que existem nas características da fermentação entre tanques verticais e horizontais resultam de diferenças na agitação natural provocada pela libertação do CO<sub>2</sub> formado. Na prática os tanques verticais não devem ter uma altura superior a duas vezes o diâmetro.

## MATURAÇÃO

A Maturação da cerveja diz respeito fundamentalmente ao "fixar" das características organolépticas da bebida e à sua estabilização física (coloidal). No final da fermentação, existem na cerveja "jovem" muitos sabores e aromas que devem ser eliminados ou corrigidos. O processo de maturação reduz os níveis destes compostos produzindo um aroma e um sabor "mais limpos".

A maturação é normalmente levada a cabo após a remoção da maior parte da levedura no final da fermentação, com o arrefecimento da cerveja até temperaturas próximas dos 0°C e a permanência a essa temperatura durante um período mais ou menos longo. Durante esta fase, as células de levedura que permanecem em contacto com a cerveja reabsorvem as dicetonas vicinais e convertem-nas enzimaticamente em compostos que não apresentam actividade organoléptica. A contínua libertação de CO<sub>2</sub> durante a maturação, embora menos acentuada contribui também para eliminar o excesso de alguns compostos voláteis indesejados.

## FILTRAÇÃO \ EMBALAGEM

Após a maturação é necessário que a cerveja seja filtrada para que se obtenha no final uma bebida com uma limpidez e um brilho cristalinos. Durante esta fase do processo são feitos alguns ajustes nos níveis de CO<sub>2</sub> dissolvido (carbonatação), tão característico na cerveja e desejado pelos consumidores.

Na última fase de produção é feito o acondicionamento. Este pode ser feito em latas, garrafas ou barris e não é menos importante do que qualquer uma das fases anteriores do processo. Mesmo depois de acondicionada, a cerveja continua a ser alvo de transformações químicas que podem em casos extremos levar à deterioração do aroma e gosto bem como ao aparecimento de turvação. A maioria das alterações que levam ao envelhecimento da cerveja dentro da respectiva embalagem são devidas a processos de oxidação química, que envolvem álcoois superiores e melanoidinas. Os níveis de oxigénio dissolvido na cerveja embalada são determinantes para a sua estabilidade organoléptica e física. O oxigénio desencadeia a formação de compostos altamente reactivos que levam não só ao aparecimento de aldeídos como à formação de complexos entre proteínas e po-

lifénóis que precipitam e turvam a cerveja. Também a cor da cerveja aumenta com o tempo em consequência de reacções de oxidação dos taninos. A cor do vidro das garrafas protege a bebida dos efeitos da luz que, em determinados comprimentos de onda, desencadeia também algumas reacções que levam à degradação da bebida. Por forma a aumentar a estabilidade da bebida, o cervejeiro tem como principal preocupação, durante o acondicionamento, manter os níveis de oxigénio dissolvido tão baixos quanto possível. Consegue-se assim que a cerveja chegue até aos consumidores com o gosto e o aroma frescos que a caracterizam.

Apenas foram focados neste trabalho alguns dos aspectos mais importantes do processo cervejeiro, com o objectivo de explicar as bases químicas subjacentes às características desta bebida, clarificando as várias fases de um processo complexo e fascinante em relação ao qual o conhecimento está constantemente a evoluir e provavelmente um dos que envolvem hoje em dia mais investigação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à CENTRAL DE CERVEJAS, S.A. a autorização para publicação deste trabalho.

\* Central de Cervejas, S.A.

Estrada de Alfarrobeira, Apartado 15  
2626 Vialonga

## BIBLIOGRAFIA

- C.W. Bamforth, et al., *ASBC Journal*, 51 (1993) 79.  
J., Stead, *The Brewer*, September, 1996, 389-400.  
D. E., Briggs, et. al., *Malting and Brewing Science*, Chapman and Hall.  
W.A., Hardwick, *Handbook of Brewing*, Marcel Dekker, Inc.

# Aprendendo a Química do Vinho

JOÃO PEDRO ALPUIM\*

Faz-se aqui uma travessia pela química do vinho em que se abordam alguns dos seus aspectos mais importantes do ponto de vista enológico. Os diferentes compostos que constituem o vinho e a sua química são, por isso, discutidos na medida em sejam responsáveis ou concorram para determinada propriedade organoléptica\*\*. Assim, depois de uma passagem rápida pelos processos biotecnológicos da fermentação, descrevem-se, sucinta e sucessivamente, os processos e as substâncias do paladar doce, do paladar ácido, onde se discutem os conceitos enológicos de acidez e se compara com o de pH, e do paladar salgado; seguem-se os compostos e os processos da cor, as substâncias da nutrição e, finalmente, o problema do aroma, e alguns compostos com ele relacionados são abordados.

## 1. APRESENTAÇÃO

O vinho é uma bebida muito antiga. Era já um hábito alimentar entre os sicilianos, no ano 2000 a.C.. Os egípcios conheceram-no e beberam-no muito cedo. Na *Iliada* e na *Odisseia*, Homero refere-se sempre ao vinho nos banquetes dos seus heróis. Os romanos iriam transportar consigo a técnica da cultura da vinha durante a expansão do seu império.

No século III d.C. as zonas vinhateiras da Europa eram já, sensivelmente, as mesmas de hoje.

O vinho existe, portanto, há muito mais tempo do que a química e do que a ciência moderna. Ele é, no entanto, um produto quimicamente complexo! É, também, um produto natural e como tal deve ser bebido.

A definição enológica<sup>1</sup> e legal do vinho diz-nos que é o produto obtido exclusivamente pela fermentação alcoólica, total ou parcial, de uvas frescas ou do mosto de uvas frescas. Não é, em todo o caso, menos verdade — e disso se ocupa a enologia — que,

sem a intervenção humana, a natureza não nos deixaria pinga de vinho intacto, pois, mais ou menos rapidamente, todo o vinho evolui naturalmente para vinagre.

Assim, desde que o homem colhe uvas e as esmaga, ou as deixa fermentar inteiras, com o objectivo de obter vinho, tem-se visto a braços com a dificuldade, e esta não é pequena, de o conservar para beber, ou, pior ainda, transportar para ser bebido por outros, noutros locais.

A compreensão racional do processo da conservação do vinho só o desenvolvimento da química e da microbiologia puderam permitir. De facto, quando hoje sabemos que existem no vinho mais de 600 compostos químicos diferentes, incluindo todas as funções mais importantes da química orgânica, quando nos apercebemos da variedade microbiológica eventualmente existente num tonel de vinho, não podemos deixar de sorrir perante as dificuldades encontradas pelos nossos antepassados romanos e outros, muito mais recentemente, ao tentarem conservar com saúde as suas ânforas, pipas, almudes ou garrafas contendo o precioso produto das suas colheitas.

A química do vinho é, assim, qualquer coisa de complexo que ainda hoje não é totalmente conhecida, embora as modernas e poderosas técnicas espectroscópicas e cromatográficas, por exemplo, tenham permitido em anos recentes avanços gigantescos na compreensão dos processos naturais que se produzem no interior do vinho (no princípio deste século, apenas se conheciam pouco mais de meia dúzia de substâncias como constituintes do vinho; há 40 anos, cerca de 50; hoje, mais de 600).

Na determinação das características químicas de um vinho estão sobretudo envolvidas a Química Analítica e a Química-Física. Isto porque o vinho é uma solução e, assim, a sua química é determinada não só pela sua composição analítica, mas também pelo jogo dos equilíbrios químico-físicos envolvidos, equilíbrios ácido-base, equilíbrios de oxidação-redução, de solubilidade, etc.

Um outro aspecto importante na análise do vinho cujos progressos recentes têm sido muito importantes é o do estabelecimento de correlações entre as propriedades organolépticas do vinho, ou seja, as características perceptíveis pelos nossos sentidos<sup>2</sup> — e que justamente lhe conferem o título de bebida mais nobre entre todas — e o seu fundamento químico-físico. Será tendo em conta este último critério que iremos tratar, em traços gerais, da composição do vinho neste trabalho.

É ainda apenas através da análise química que é possível detectar a maior parte das fraudes no fabrico do vinho. Embora não seja esse o tema que nos ocupa aqui, importa, no entanto, salientar que, conquanto a classificação de fraudulentos numa grande parte dos processos que o são, não ofereça dúvidas e seja perfeitamente clara e definitiva — trata-se de falsificações — outros casos há em que a fronteira não é tão nítida e a classificação de um processo como fraudulento pode variar mesmo de país para país.

Por exemplo, enquanto que em Portugal é proibido o enriquecimento do mosto - seja sob a forma de adição de sacarose ou de mosto concentrado - com vista ao enriquecimento alcoólico do produto final, noutros países mais setentrionais<sup>3</sup> essas técnicas são geralmente aceites e, até, imprescindíveis. Foi um químico francês do século passado, Chaptal, quem a descobriu e lhe concedeu a importância que tem nessas regiões de clima mais frio e pouco soalheiro onde é autorizada.

Noutros casos, a fronteira entre o legal e o fraudulento situa-se ao nível da concentração em determinado composto, apresentada pelo vinho. Está neste caso o teor em metanol; está neste caso ainda o teor em dióxido de enxofre, adicionado como conservante, ainda hoje insubstituível no conjunto das técnicas de estabilização e conservação de qualquer tipo de vinho.

Os teores máximos autorizados em SO<sub>2</sub> livre (gasoso) dissolvido no vinho, variam entre os 70 e os 100

mg/l, conforme os tipos de vinho. Acima destas concentrações, o emprego do dióxido de enxofre é proibido.

A título de curiosidade, consta que foi de uma tentativa de estabilização dos vinhos do Douro exportados e muito apreciados em Inglaterra, mas muitas vezes deteriorados durante o transporte, que surgiu o Vinho do Porto. A ideia era conservar os vinhos por adição de uma grande quantidade de álcool vínico (aguardente) tornando o produto mais estável. A graduação alcoólica habitual seria mais tarde recuperada. Sucedeu, no entanto, que os vinhos enriquecidos com aguardente se tornaram mais apreciados ainda pelos ingleses do que os próprios vinhos de base, originando assim a grande procura e comércio do hoje famoso Vinho do Porto.

Seguidamente referir-nos-emos aos constituintes químicos do vinho, agrupando-os segundo o critério acima referido e que consiste em considerá-los na perspectiva da sua contribuição para os factores organolépticos. Em muitos casos há uma correspondência exacta e estrita entre as características sensoriais do vinho e os compostos químicos que lhes dão origem. Outras vezes, um mesmo composto ou família de compostos influi sobre aspectos diversos e totalmente distintos do ponto de vista da análise sensorial.

Sucede ainda que uma determinada característica organoléptica de um vinho é frequentemente o resultado da combinação particular de uma certa composição química e aquilo que impressiona os nossos sentidos é o resultado não de uma, mas de um conjunto de moléculas químicas que simultaneamente concorrem para o efeito observado.

Permita-se-nos, ainda, lembrar que este não é um trabalho exaustivo sobre a constituição química do vinho e que, por outro lado, a lista final dos seus constituintes não se encontra tão pouco concluída.

Assim, faremos referência apenas a alguns daqueles cerca de 600 compostos actualmente já identifica-

dos, entre os quais se contam perto de 200 ésteres, 140 ácidos, 50 alcoóis e compostos de carbonilo, cerca de 30 compostos azotados, 20 acetais, lactonas, fenóis e compostos sulfurados e ainda 10 furanos e epóxidos.

## 2. A BIOTECNOLOGIA

O vinho é o produto da fermentação alcoólica do sumo de uvas frescas. A fermentação alcoólica é o processo microbiológico através do qual seres vivos unicelulares — as leveduras — obtêm a sua energia vital. A fermentação é apenas um dos processos que pode fornecer energia aos micro-organismos. O outro é a respiração, mais rentável em termos energéticos, mas que se dá apenas na presença e com a utilização do oxigénio do ar. À respiração anaeróbia (sem ar) chama-se fermentação; como coloca menos energia à disposição das células dos micro-organismos, estes têm de aproveitar toda a "matéria prima" ao seu dispôr. No caso da fermentação alcoólica, as leveduras transformam todo o açúcar disponível em álcool. Os açúcares fermentáveis existentes no mosto são a glucose e a frutose. O álcool produzido pelas leveduras é o etanol.

A glucose é uma aldo-hexose (cadeia em C-6) e a frutose é uma ceto-hexose (fig.1).

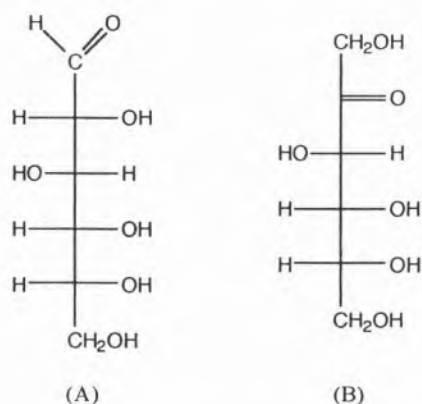


Fig. 1 - Glucose (A) e frutose (B) são os principais açúcares da uva. A glucose é uma aldo-hexose e a frutose é uma ceto-hexose.

Existem também pentoses no mosto das uvas, sob formas combinadas, que são libertadas durante a fermentação. No entanto, as pentoses não são fermentadas pelas leveduras. Glucose e frutose formam o dissacárido sacarose (fig.2).

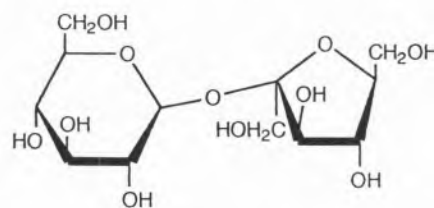


Fig. 2 - A sacarose é o dióxido não redutor de glucose e frutose. A glucose está na forma  $\alpha$ -piranose e a frutose, na forma  $\beta$ -furanose. A sacarose é, por isso, 1- $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\beta$ -D-frutofuranósido.

Os açúcares são produtos da fotossíntese nas folhas da videira e existem como alimento de reserva no material lenhoso da planta. A sacarose é, no entanto, hidrolisada a glucose e frutose e o amido em glucose, sendo estes dois monossacáridos que migram para o bago de uva onde são armazenados ao longo da maturação. Ambos são da série D, na videira e no mosto. Existem nas formas piranose (anel de 6 membros) e furanose (anel de 5 membros), e, em solução, formam uma mistura dos isómeros  $\alpha$  e  $\beta$  (figs.3 e 4).

Na uva verde há mais D-glucose do que D-frutose. Contudo, ao longo da maturação a relação GLU/FRU diminui e, na uva madura de casta europeia, a razão G/F é de 0,95. As leveduras vão, ainda, fermentar muito mais rapidamente a glucose do que a frutose, de forma que a relação baixa sempre até ao fim da fermentação. Por isso, nos vinhos com fermentação interrompida ou nos traços de açúcares redutores por fermentar dos vinhos secos<sup>4</sup> a razão GLU/FRU é muito pequena. Esta constitui, aliás, a forma de detectar se o mosto foi enriquecido por adição de sacarose.

A transformação dos açúcares redutores em etanol faz-se através de uma complexa série de mais de 30 reacções químicas sucessivas,



cada uma das quais é catalizada por um enzima específico, fazendo parte da ferramenta biológica das leveduras. Cada uma destas reacções vai produzindo também produtos secundários que depois se vão encontrar no vinho em maior ou menor concentração (sempre muito baixa, em comparação com o etanol). Alguns destes são a glicerina, os ácidos succínico, acético, láctico e pirúvico, o acetaldeído, polialcoóis e um grande número de outras substâncias presentes em quantidades muito pequenas. A fermentação produz ainda CO<sub>2</sub> que se liberta sob a forma de gás, ficando ainda assim uma pequena parte dissolvida no vinho. Foi Lavoisier quem mostrou que o açúcar se transformava em álcool e dióxido de carbono, mas foi Pasteur quem se apercebeu que apenas cerca de 90% do açúcar dava álcool e CO<sub>2</sub>, o resto originando todos os outros produtos secundários. A fermentação alcoólica pode ou não ser seguida, no vinho, da fermentação maloláctica do ácido málico pelas bactérias lácticas. Esta fermentação, que se dá espontaneamente se o vinho for suficientemente rico em ácido málico (uvas não excessivamente maduras), tiver pH favorável (4-5) e concentração suficiente de aminoácidos e vitaminas necessárias ao desenvolvimento das bactérias lácticas, consiste numa transformação do ácido málico em ácido láctico com libertação de dióxido de carbono e formação de uma pequena quantidade de ácido acético, entre outros produtos.

O principal interesse desta fermentação, praticada sempre nos vinhos tintos que se destinam a envelhecer bem como em certos vinhos jovens de elevada acidez, reside no abaixamento da acidez titulável e no aumento do pH, visto que o ácido láctico é mais fraco do que o ácido málico<sup>5</sup>. Alguns dos estudos e

avanços mais importantes na biotecnologia do vinho residem actualmente no estudo desta fermentação e na preparação e venda de culturas das espécies de bactérias lácticas mais favoráveis, sobretudo em termos do controlo da formação de produtos secundários. Existem vários tipos de bactérias lácticas (bacilos e cocos) no vinho e as condições óptimas de cultura variam com as espécies, o que também constitui factor de escolha, de acordo com a composição do vinho cuja fermentação se pretende.

### 3. OS COMPOSTOS QUÍMICOS DO VINHO

#### 3.1 As substâncias do paladar doce

O etanol é, depois da água, o constituinte maioritário do vinho: nos vinhos de mesa o seu teor varia entre 8,5% e 14% em volume, e é superior a 17% nos vinhos generosos. Ele determina, juntamente com a água, as características do meio<sup>6</sup>. As constantes de ionização dos ácidos têm valores diferentes no etanol e assim, o pH do meio é influenciado pela presença deste. O sabor do etanol, aliás como o de muitas outras substâncias cujas moléculas contêm muitos grupos OH como função principal, é adocicado e relativamente macio na boca. Como se disse, ele é de longe o principal produto da fermentação alcoólica (cerca de 90%) dos açúcares do mosto.

O teor em etanol de um vinho é função do estado de maturação das uvas que lhe deram origem e, portanto, da sua riqueza em açúcares fermentáveis. O teor em etanol está, também, estreitamente associado à qualidade do vinho, embora não seja o único factor desta. Mas uma concentração em etanol suficientemente alta indica um ano de boa maturação, com todos os fenómenos favoráveis que lhe estão associados. Por outro lado, nem todas as variedades de videiras nem de solos são capazes

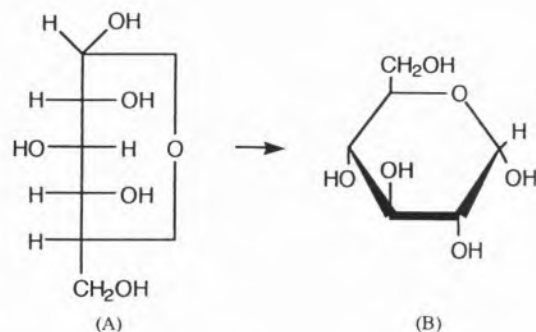


Fig. 3 - Estrutura cíclica da glucose,  $\alpha$ -D-glucopiranoose. Representações de Tollens (A) e de Haworth (B).

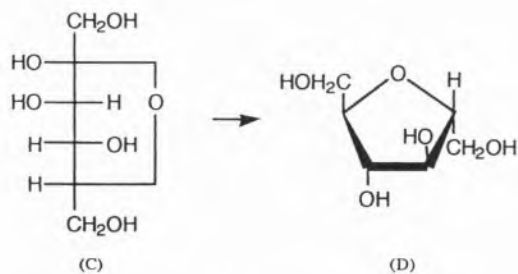


Fig. 4 - Estrutura cíclica da frutose,  $\beta$ -D-frutofuranose. Representações de Tollens (C) e de Haworth (D)

de produzir mostos suficientemente açucarados, mesmo em anos favoráveis, o que quase sempre é um indicador de falta de aptidão para produzir vinhos de qualidade.

O terceiro composto em abundância no vinho é o glicerol (fig.5), que se forma durante a fermentação alcoólica. A sua concentração no vinho varia entre 6 e 15 g.l<sup>-1</sup>. É também um factor de qualidade porque confere macieza ao vinho e porque atesta uma fermentação bem conduzida (temperatura, acidez, arejamento, sulfitação<sup>7</sup>).

É interessante o facto de as uvas podres conduzirem a um enriquecimento em glicerol. Isto deve-se ao facto de o fungo da podridão, *botrytis cinerea*, produzir glicerol a partir dos açúcares do mosto.

Os outros compostos que contribuem para o paladar doce são, naturalmente, os açúcares e, também, os polióis deles derivados (fig.5).

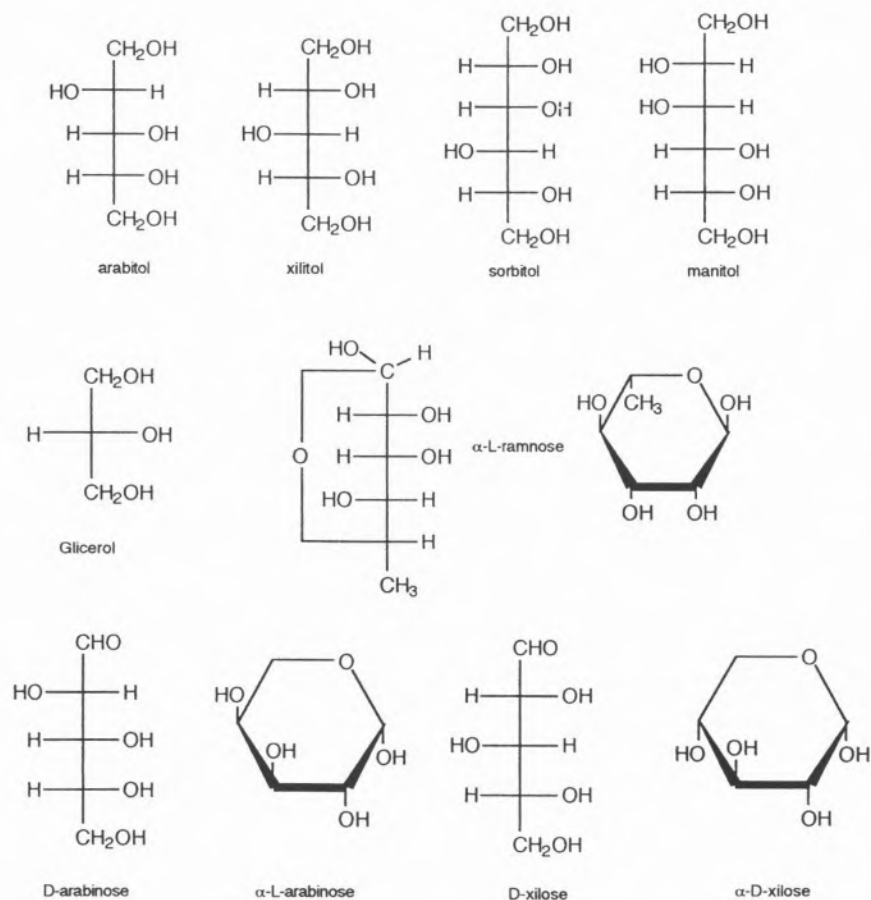


Fig. 5 - As moléculas das substâncias do paladar doce.

Os açúcares são os residuais da fermentação (glucose e frutose) e as pentoses não fermentáveis entre as quais se contam a arabinose, a ramnose e a xilose (fig.5). Uma pequena parte das duas primeiras bem como um pouco de glucose pode resultar da hidrólise enzimática (pelas glicosidases da uva) ou química de heterósidos polifenólicos ou terpénicos. De todos os açúcares a glucose é o que tem maior poder edulcorante (mais do que a sacarose).

Os polióis derivam das hexoses e das pentoses, encontrando-se no vinho sorbitol e manitol, provenientes das primeiras, e arabinol, xilitol e adositol, com origem nas segundas. O manitol pode aparecer em maiores concentrações em vinhos doentes, em que alguma frutose tenha sido fermentada por bactérias lácticas heterofermentárias.

### 3.2 As substâncias do paladar ácido

Em enologia, nenhum dos três conceitos de acidez habitualmente usados — acidez fixa, acidez volátil e acidez total — corresponde ao pH. No entanto, é o pH que controla muitos dos processos químicos que têm influência nas características sensoriais do vinho. Por isso, o conhecimento e o controlo do pH do vinho tornam-se cada vez mais importantes para o enólogo. De facto, é este o único conceito que descreve a acidez real, efectiva, correspondente à concentração do ião  $H^+$  em solução.

#### 3.2.1 O pH do vinho.

O vinho tem pH ácido, variando entre cerca de 2,8 e 3,8. Ou seja, a concentração  $[H^+]$  pode variar numa proporção de 1 para 10. Além disso,

no mesmo vinho, o pH varia ao longo da fermentação e, depois, durante a conservação.

Citaremos alguns fenómenos muito importantes em enologia e que dependem do pH:

(i) O sabor que apresentam os ácidos do vinho depende do pH (mas não só, como veremos). Por outro lado, uma concentração elevada de iões  $H^+$  transmite ao vinho um paladar "magro" (delgado) e seco.

(ii) As diversas bactérias não conseguem atacar os constituintes do vinho que lhe são específicos se o pH for demasiado baixo. Mesmo que seja suficientemente alto, o resultado do ataque é diferente, consoante o pH.

Por exemplo, a pior doença que pode acontecer a um vinho, a "volta", que é a decomposição do ácido tartárico pelas bactérias, só ocorre a pH superior a 3,5. A fermentação maloláctica — de grande importância, como se referiu — embora ocorra a todos os valores de pH, é, no entanto, facilitada por um valor mais alto de pH.

(iii) As casses férricas e cúpricas, que são precipitações de compostos ou de complexos insolúveis de ferro III e cobre II, ocorrem a um pH óptimo entre 3,0 e 3,5.

(iv) As precipitações de bitartarato de potássio (sarro) que são um dos acidentes mais vulgares, sem gravidade, que ocorrem com qualquer vinho, têm um pH de probabilidade máxima de ocorrência a cerca de 3,6.

(v) Por arejamento, o sulfito utilizado como conservante e antioxidante no vinho, é oxidado a sulfato, o que baixa o pH do vinho por ser o anião de um ácido forte, levando-o a "secar". Este termo é usado para traduzir a sensação gustativa que ocorre quando se prova um vinho com pH muito baixo. É por isto que os vinhos brancos não podem conservar-se em cascos de madeira (onde a oxidação se dá a um ritmo acelerado).

(vi) O poder anti-séptico e o cheiro que o dióxido de enxofre confere ao vinho aumentam muito com

a concentração em iões  $H^+$ , visto que a fracção não dissociada de  $SO_2$  dissolvido é maior.

**3.2.2 Acidez fixa, volátil e total**

Em enologia, a acidez total corresponde à acidez titulável; dá, portanto, informação sobre a concentração analítica da totalidade dos ácidos presentes no vinho, dissociados ou não.

Como a maior parte dos ácidos do vinho são ácidos orgânicos e, por isso, relativamente fracos, eles encontram-se em equilíbrio com as suas bases conjugadas numa extensão dada pelos respectivos  $pK_a$ . Devido à presença de catiões metálicos e de  $NH_4^+$ , eles podem precipitar sob a forma de sais numa extensão controlada agora pelos respectivos  $K_{ps}$ . A fracção que se encontra na forma de sal não contribui para a acidez total.

O enólogo considera ainda a acidez total como a soma da acidez fixa e da acidez volátil. A primeira, é constituída pelos ácidos orgânicos não voláteis, não ionizados, presentes no vinho. A segunda, pelos ácidos voláteis obtidos por destilação directa ou por corrente de vapor.

Os principais ácidos que contribuem para a acidez fixa são os ácidos orgânicos originários da uva e da(s) fermentação(ões). Os ácidos inorgânicos, existentes em pequena quantidade, estão totalmente na forma de sais ao pH do vinho e contribuem, assim, para o paladar salgado, não tendo paladar ácido.

Os ácidos voláteis são o ácido acético e os ácidos carboxílicos alifáticos da série acética. Todos eles possuem um aroma rançoso e picante (ácidos fórmico, propiónico, butírico, etc.).

O teor em ácido acético no vinho dá-nos uma indicação sobre o seu "estado de saúde" actual e sobre as doenças que teve no passado. De facto, forma-se sempre algum ácido acético durante as fermentações alcoólica e maloláctica, caso esta se tenha dado. No entanto estes teores são pequenos, da ordem dos 0,2 a 0,3 g·l<sup>-1</sup> (0,4 g·l<sup>-1</sup> se tiver havido maloláctica). Teores superiores a estes,

sobretudo em vinho jovens, testemunham acidentes na fermentação alcoólica ou ataques bacterianos. Estes resultam das bactérias acéticas que, em aerobiose — quando o vinho fica exposto ao ar — oxidam o etanol a ácido acético. Este processo químico conduz também à formação de acetato de etilo, indesejável pelo cheiro desagradável e sabor picante que traz ao vinho.

As bactérias lácticas heterofermentárias são também susceptíveis de atacar, na ausência de ar, diversos outros constituintes do vinho, com formação de ácido acético.

Estes conceitos enológicos de acidez são um tanto formais do ponto de vista químico, no entanto, eles são úteis na análise do vinho e na dedução de critérios de qualidade de vinificação e de controlo da conservação e do envelhecimento. Quando, por exemplo, se produz aguardente por destilação do vinho, toda a acidez volátil passa ao destilado enquanto os ácidos da acidez fixa ficam no resíduo.

Os teores máximos de acidez volátil são regulamentados por lei, para defesa do consumidor. Em Portugal, a acidez volátil não pode ser superior a 1,2 g·l<sup>-1</sup> expressa em ácido acético.

A acidez fixa é um dos critérios para distinguir vinhos produzidos em diferentes regiões vinícolas e, por esse motivo, também ela é regulamentada nos D.O.C.<sup>8</sup>.

A relação entre acidez fixa e teor em etanol influi decisivamente na sensação de conjunto que o vinho produz na boca do provador, e muitos outros exemplos seriam possíveis que ilustram a utilidade de tais conceitos de acidez na prática quotidiana do enólogo.

O emprego generalizado do  $SO_2$ , como conservante, bem como a dissolução do  $CO_2$  originário das fermentações, conduz a um ligeiro aumento da acidez total e volátil, por formação dos ácidos sulfuroso e carbónico. Estes teores devem ser determinados e descontados quando se faz a determinação da acidez.

Os ácidos da acidez fixa têm origem na uva ou são produtos da fermentação. Os mais importantes são, no primeiro caso, os ácidos tartárico, málico e cítrico; no segundo caso, os ácidos láctico e succínico. Os outros ácidos existentes no vinho têm concentrações muito baixas (< 0,1 g·l<sup>-1</sup>) com excepção dos ácidos urónicos derivados dos açúcares, alguns dos quais podem aparecer em quantida-

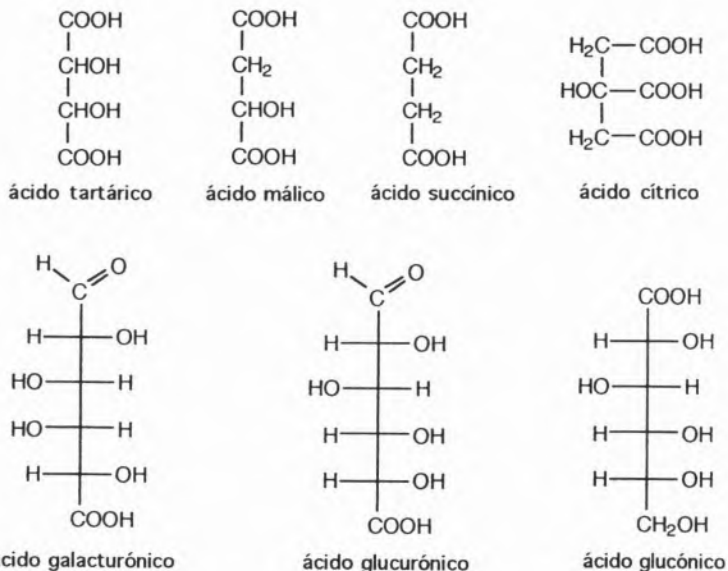


Fig. 6 - Alguns ácidos do vinho.

des superiores a  $2 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  (ácidos galacturónico, glucónico, tetrahidroxidiácido e glucurónico) (fig.6).

Os fenóis e compostos fenólicos, ácidos, são responsáveis no vinho não pelo sabor ácido, mas pelo sabor adstringente e amargo. Serão tratados à parte.

### 3.2.3 Os principais ácidos do vinho.

#### O ácido tartárico

É o principal ácido do vinho ( $2$  a  $5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ). É também o ácido específico da uva e do vinho. A não ser aqui, encontra-se muito pouco na natureza.

Dos cinco ácidos que citaremos é o mais resistente ao ataque pelas bactérias e é também o mais forte. É, além disso, o único que põe problemas na estabilização do vinho por causa dos seus sais pouco solúveis<sup>9</sup>. Com efeito, o enriquecimento em álcool do vinho em relação ao mosto, diminui a solubilidade dos tartaratos (de cálcio, sobretudo) e bitartaratos (de potássio), ocorrendo precipitações por vezes quando menos se desejaria (quando se põe uma garrafa de vinho no frigorífico, por exemplo). O uso de linhas de frio e técnicas de centrifugação e filtração tem-se mostrado eficaz na solução deste problema. Muito útil é também o emprego do ácido metatartárico que se adiciona antes do engarrafamento e que actua como um colóide protector: ele liga-se aos centros de nucleação dos cristais de bitartarato, envolvendo-os e impedindo o seu posterior crescimento, inibindo a precipitação.

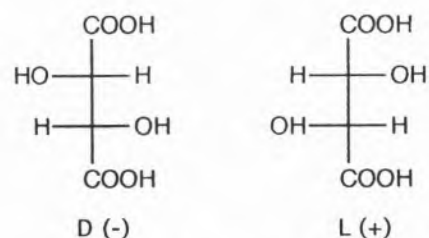


Fig. 7 - Isómeros do ácido tartárico: apenas a forma D existe na uva

Em certos casos de insuficiência de acidez, a lei autoriza a adição de ácido tartárico. A terrível doença da *volta*, hoje totalmente erradicada se a vinificação for racionalmente conduzida, consiste na degradação do ácido tartárico nos ácidos acético e láctico ou acético e succínico, conforme o ataque provenha da bactéria *lactobacillus plantarum* ou da bactéria *lactobacillus brevis*.

#### O ácido málico

Abundante na uva verde, o ácido málico vai diminuindo ao longo da maturação até cerca de  $1$  a  $8 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  no mosto. As leveduras degradam também uma pequena parte (entre  $10$  e  $25\%$  do total) em ácido pirúvico, que entra depois no ciclo da fermentação alcoólica e dá etanol. Quando se pratica a fermentação maloláctica, ele é transformado pelas bactérias lácticas em ácido láctico L (+).

#### O ácido láctico

Não existe na uva. É formado pelas leveduras pela via do ácido pirúvico na fermentação alcoólica ( $0,2$  a  $0,4 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) ocorrendo em qualquer vinho, pelo menos nessas concentrações.

Nos vinhos submetidos à fermentação maloláctica, a concentração vem acrescida de  $1$  a  $2,5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ . No entanto, outras reacções indesejáveis desencadeadas por ataque bacteriano podem ocorrer, também com formação de ácido láctico (por exemplo, no caso citado da *volta* do vinho).

Nestes casos — teores superiores a  $3 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  — o vinho está estragado.

O ácido láctico formado pelas leveduras é sobretudo o enantiómero D (-). Ao contrário, o L (+) é o único produzido pelas bactérias.

#### O ácido succínico

É um produto da fermentação alcoólica. Pode também formar-se a partir dos ácidos glutâmico e málico. Ao contrário dos anteriores, ele é muito estável aos ataques bacterianos. Além disso, o seu paladar não é verdadeiramente ácido, mas antes salino, amargo e intenso, provocando a salivação. É, de todos estes ácidos, o de sabor mais rico.

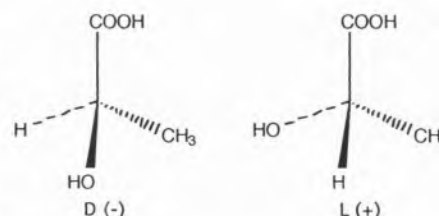


Fig. 8 - Enantiómeros do ácido láctico.

A detecção dos ácidos voláteis no vinho, ou dos ésteres seus derivados funcionais, tem prosseguido com rapidez crescente nos tempos mais recentes, sobretudo devido ao uso generalizado da cromatografia em fase gasosa na análise enológica. Conta-se hoje por algumas centenas o número desses compostos já detectados no vinho, alguns em muito pequenas concentração ou apenas vestígios.

### 3.3 As substâncias do paladar salgado

Como se disse, estas substâncias são os sais dos ácidos inorgânicos parcialmente ionizados. A sua determinação quantitativa faz-se pela identificação dos catiões metálicos encontrados nas cinzas do vinho. Estas, por sua vez, resultam da combustão do extracto seco, que é o que se obtém quando se evapora o vinho à secura.

Todas as substâncias minerais encontradas foram absorvidas pela videira (sobretudo do solo) e aquelas que se encontravam no bago da uva na altura da vindima passaram ao mosto e, depois, ao vinho.

Dos catiões presentes nas cinzas, como carbonatos e óxidos, o  $\text{K}^+$  é de longe o mais abundante ( $0,5$  a  $2,0 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) seguido de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ( $50$  a  $150 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). O cálcio é mais abundante do que o magnésio, na uva. No entanto esta relação aparece invertida no vinho, devido à precipitação do tartarato de cálcio durante a conservação, sobretudo a baixa temperatura.

O sódio,  $\text{Na}^+$ , existe no vinho em concentrações da ordem da dezena de  $\text{mg}$  por litro. Este valor pode subir no caso de vinhos provenientes de solos salgados.

Os íons  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  podem aparecer em concentrações superiores ao  $\text{mg/l}$ . O teor do vinho em ferro e cobre depende muito do material utilizado na vindima, no esmagamento das uvas e na adega. Falta de cuidado neste aspecto podem conduzir a problemas graves no vinho acabado: casses fêrrica e cúprica que são precipitações e alterações que ocorrem pela complexação de  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  com vários constituintes do vinho.

Todos os outros catiões presentes apresentam concentrações inferiores ao  $\text{mg/l}$ .

Os principais aniões inorgânicos, além do sulfito e bissulfito, carbonato e bicarbonato (originários do  $\text{SO}_2$  usado como conservante e da dissolução de  $\text{CO}_2$  formado na fermentação, respectivamente), são o fosfato, o sulfato e o cloreto.

A presença de fosfatos no mosto em concentrações da ordem dos  $700 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  é fundamental para o desenvolvimento da fermentação, em particular na glicólise que envolve diversos passos de fosforilação. No vinho, o teor em fosfatos varia de 20 a  $160 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , para os brancos, e de 50 a  $300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , para os tintos.

Os sulfatos encontram-se em quantidades que vão de 150 a  $300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Estes valores podem aumentar em consequência da oxidação do sulfito a sulfato, durante a conservação.

A concentração em cloretos é da ordem dos  $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , apenas. Do mesmo modo do que para o sódio, estes valores podem elevar-se para vinhos originários de solos salgados.

O silício e o boro fornecem também aniões, que se encontram no vinho em doses de 5 a  $20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Outros elementos estão ainda presentes mas em concentrações inferiores ao  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .

### 3.4 As substâncias da cor.

A coloração apresentada pelos compostos químicos é devida a transições electrónicas quando absorvem radiação de comprimento de onda na região do visível. As transições electrónicas cuja diferença de ener-

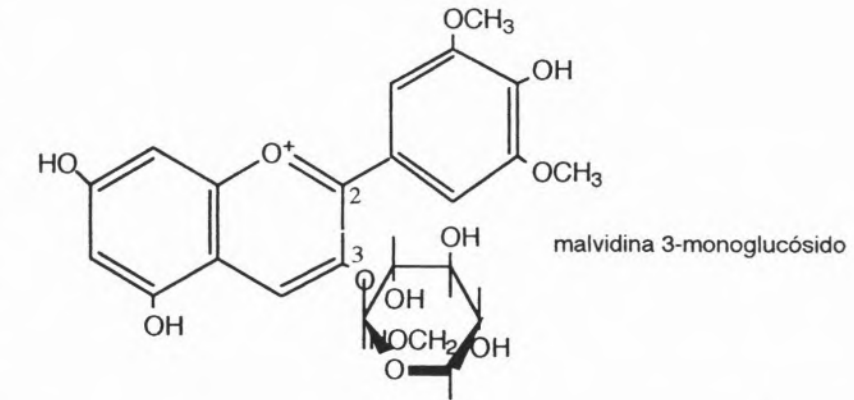


Fig. 9 - Antocianina monoglucósido.

gia corresponde a essas absorções são geralmente  $\pi \rightarrow \pi^*$ . As ligações duplas fornecem este tipo de orbitais moleculares; estas transições podem, também, dar-se entre orbitais atômicas de átomos contendo pares de electrões não ligantes ( $n \rightarrow \pi^*$ ). Os compostos fenólicos e os polifenóis, que existem no vinho, são os responsáveis pela cor. Estes compostos possuem um ou vários anéis fenólicos substituídos com um ou mais grupos OH e, por vezes, outras funções (alcóxilo ou ácido, por exemplo).

Polimerizam com facilidade, originando moléculas com grandes cadeias de ligações duplas conjugadas que são, em muitos casos, determinantes na coloração que eles exibem. A grande importância que estes compostos têm no vinho não se es-

gota, no entanto, nesta sua característica corante:

- influenciam de maneira determinante a percepção gustativa que temos de um vinho, conferindo-lhe a “estrutura” e o “corpo”;

- têm acção bactericida e são constituintes da vitamina P, contribuindo assim para a qualidade do vinho como nutriente;

- interferem de modo determinante no processo de envelhecimento do vinho, visto que a evolução da cor e do paladar com o decorrer do tempo se devem a reacções envolvendo os compostos fenólicos.

Infelizmente, e apesar dos progressos realizados nos últimos anos a partir do desenvolvimento de muitas técnicas modernas de análise, a química destes compostos não está ainda muito bem compreendida.

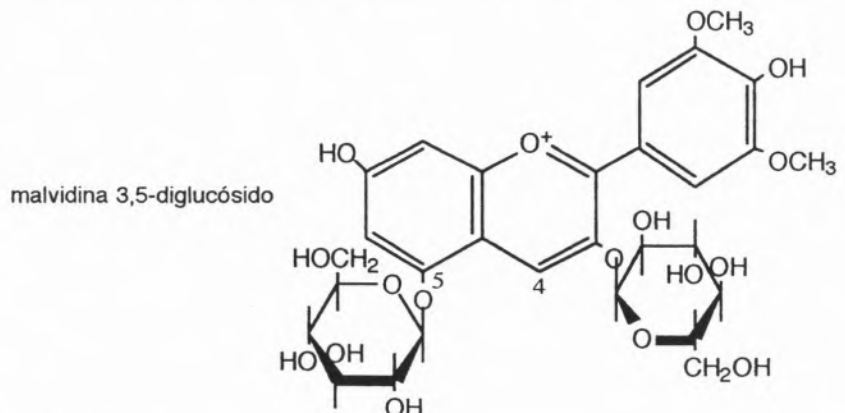


Fig. 10 - Antocianina diglucósido.

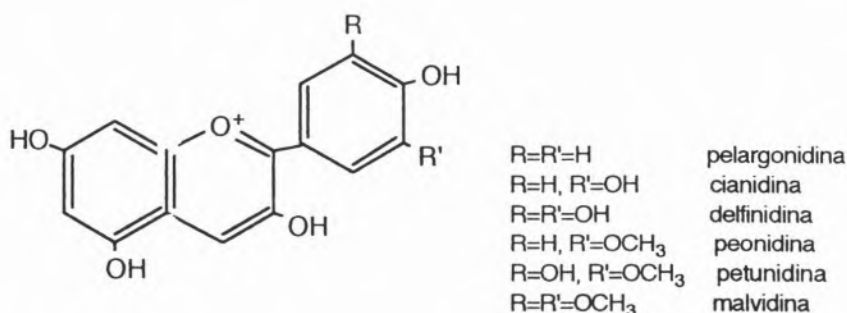


Fig. 11 - As Antociadininas.

Os compostos fenólicos são geralmente divididos em quatro grupos: antocianinas, flavonas, ácidos fenólicos e taninos.

**Antocianidinas e antocianinas**

As antocianinas são glucósidos das antocianidinas (figs. 9 e 10). Estas últimas são compostos flavonóides (fig.12). Os flavonóides são o grupo mais extenso e diversificado das substâncias fenólicas.

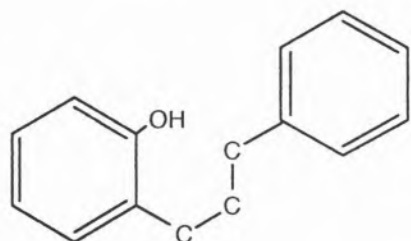


Fig. 12 - Estrutura flavonóide.

A designação *flavonóide* provém das flavonas (fig.13) por ser esta uma das formas mais comuns da estrutura flavonóide no mundo natural. São em geral solúveis na água e são, como se referiu, muitas vezes coloridas, sendo responsáveis pela maioria das cores das flores, frutos e folhas das plantas. Discutiremos, por isso, um pouco mais detalhadamente esta propriedade.

Tanto as flavonas como as antocianidinas (fig.11) são cromogénios, isto é, absorvem luz na região do visível através da excitação dos electrões dos seus grupos cromóforos (a região, na molécula, onde se dá essa absorção). São, além disso,

de tipo dador-aceitador complexo. Isto significa que possuem grupos substituintes nos anéis A e B (ver fig.13) electrodadores (grupos -OH e -OCH<sub>3</sub>, geralmente) que, por efeito mesomérico, interactuam com o grupo electroaceitador que, neste caso, é o heteroátomo do anel central (ou um substituinte eventualmente presente, geralmente nas posições 3 ou 5).

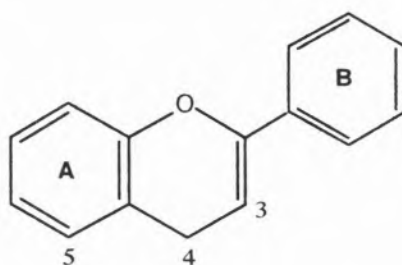


Fig. 13 - Flavona

Esta interacção faz-se através do sistema de ligações conjugadas dos anéis, mas o átomo de oxigénio no anel central pode também participar na conjugação, através do par de electrões n, não ligantes. Daí o nome de *aceitador complexo* dado a um cromóforo tal como este átomo de oxigénio, que contribui para o sistema conjugado, através do qual se realiza a interacção dador-aceitador, sendo ele, simultaneamente, o próprio aceitador. Como consequência deste fenómeno o *hiato* de energia entre os orbitais moleculares ligantes e antiligantes é reduzido, aumentando o comprimento de onda máximo de

absorção. Assim, um composto que, de outro modo, absorveria no ultravioleta passa a absorver no visível, tornando-se colorido. Se o composto já era colorido, como é o caso de muitas antocianidinas e flavonas, muda de cor, na direcção do vermelho.

É, agora, evidente a razão pela qual a coloração das antocianidinas depende do pH, visto que este interfere com o sistema dador-aceitador conjugado: em meio ácido forma-se um catião, por protonação, que é vermelho; no seu estado normal (pH 7), as antocianidinas são púrpura, e tornam-se azuis em meio alcalino, pela formação do anião. Esta característica permite que sejam usadas como indicadores.

É claro que, quando falamos das cores das antocianidinas, referimo-nos às cores observadas que não são, como se sabe, as cores da luz branca absorvida pela molécula, mas antes as cores complementares destas. Assim, quando o composto exhibe a cor vermelha, ele absorve a 490-500 nm (verde azulado); quando é púrpura, absorve no verde a 500-560 nm e, quando é azul, absorve a 580-595 nm no amarelo.

Ao pH do vinho (2,8-3,8) 20-25% das antocianinas são vermelhas (fig.14); é a estas que o vinho tinto novo deve a sua cor. O vinho branco, cuja fermentação se faz sem maceração das películas nem das partes sólidas dos cachos, não contém antocianinas nem flavonas ou a sua concentração é tão reduzida que é insuficiente para influir na cor do vinho.

De facto, não se sabe ainda muito bem o que é que dá a cor ao vinho branco, embora os compostos fenólicos a ela estejam, sem dúvida, associados. Sabe-se, por exemplo, que os complexos de Fe<sup>+</sup> com os ácidos orgânicos ou com compostos fenólicos possuindo dois grupos OH em posição *orto* são amarelos e estes estão certamente presentes no vinho branco influenciando na sua cor final.

De notar ainda que, devido à localização das antocianinas na película da uva, com a excepção de algumas (poucas) castas, ditas tintureiras,

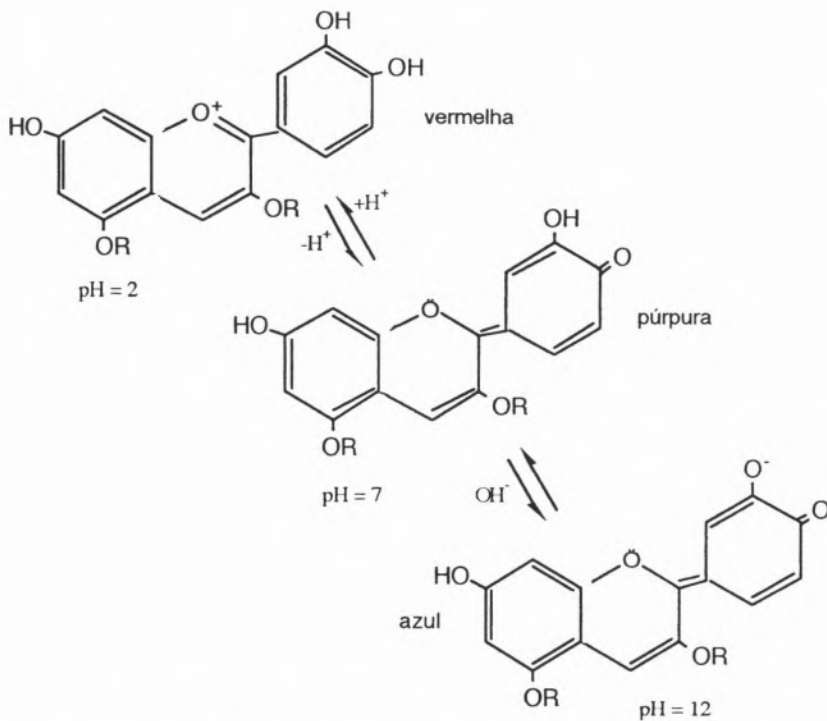


Fig. 14 - A cor das antocianidinas depende do pH.

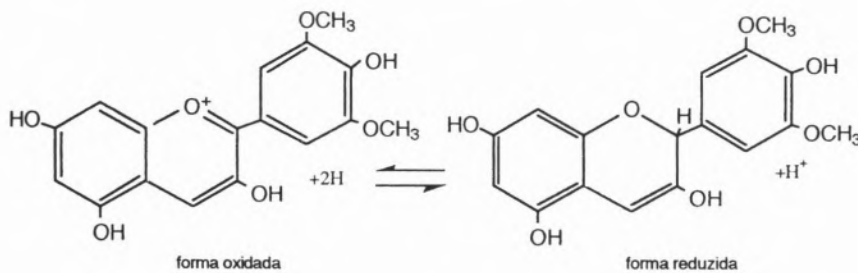


Fig. 15 - As antocianidinas sofrem oxidação-redução de forma reversível. A forma reduzida, mais abundante nos vinhos novos, é incolor.

em que elas também se encontram na polpa, pode obter-se sem qualquer dificuldade vinho branco a partir de uvas tintas, sendo a inversa impossível.

Como se viu, as antocianinas são heterósidos das antocianidinas. Assim, conquanto não se conheçam nos vinhos mais do que 50 antocianidinas, diferindo umas das outras nos grupos substituintes R e R' (fig.11) e das quais a mais abundante é a malvidina, existem muito mais antocianinas, quer sejam monoglu-

cósidos, diglucósidos ou derivados acilados destes.

A presença de diglucósidos é específica de algumas variedades de vinha ditas americanas, resistentes à filoxera e por isso usadas como porta-enxertos - *vitis riparia* e *vitis rupestris*. O carácter 'presença de diglucósidos' transmite-se, segundo as leis da genética, com o modo dominante. Assim, o cruzamento de *vitis vinifera* (vinha europeia) com *vitis riparia* ou *vitis rupestris* produz uma população de híbridos de primeira geração

todos eles possuindo diglucósidos.

O carácter recessivo - 'ausência de diglucósidos' - pode no entanto reaparecer, por exemplo em novo cruzamento de um híbrido de primeira geração com vinha europeia (*vitis vinifera*). A análise dos diglucósidos de um vinho tinto indica-nos, assim, se ele provém de *vitis vinifera* ou se é um produto híbrido.

As antocianidinas podem ainda influir na cor dos vinhos tintos, durante a conservação, de outras formas para além da já referida. Por um lado, elas reagem com o SO<sub>2</sub> livre (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sempre presente nos vinhos, como conservante e anti-oxidante, desde o fim da fermentação. A reação, provavelmente na posição 2 da molécula, dá origem a um composto incolor que está em equilíbrio com o sal do ião flavílio, descolorando, o vinho. À medida que o SO<sub>2</sub> livre desaparece durante a conservação, o composto original é regenerado, e com este também a cor original.

Por outro lado, as antocianidinas polimerizam com os taninos ao longo do envelhecimento. Os polímeros que daí resultam já não são vermelhos mas sim acastanhados, tornando-se mais escuros à medida que a cadeia cresce, acabando por passar ao estado coloidal ou precipitar quando o peso molecular se torna muito grande. Isto, por um lado, descora o vinho e, por outro, contribui para o tom acastanhado próprio dos vinhos velhos.

Como se viu num dos exemplos anteriores, as antocianidinas sofrem oxidação-redução de forma reversível. Nos vinhos novos a concentra-

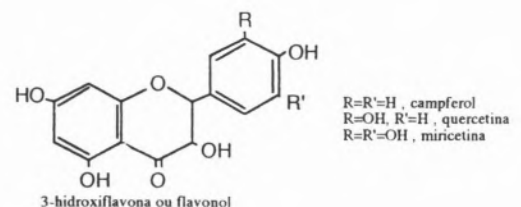


Fig. 16 - As flavonas não são, ao contrário do que se julgou por muito tempo, responsáveis pela cor do vinho branco.

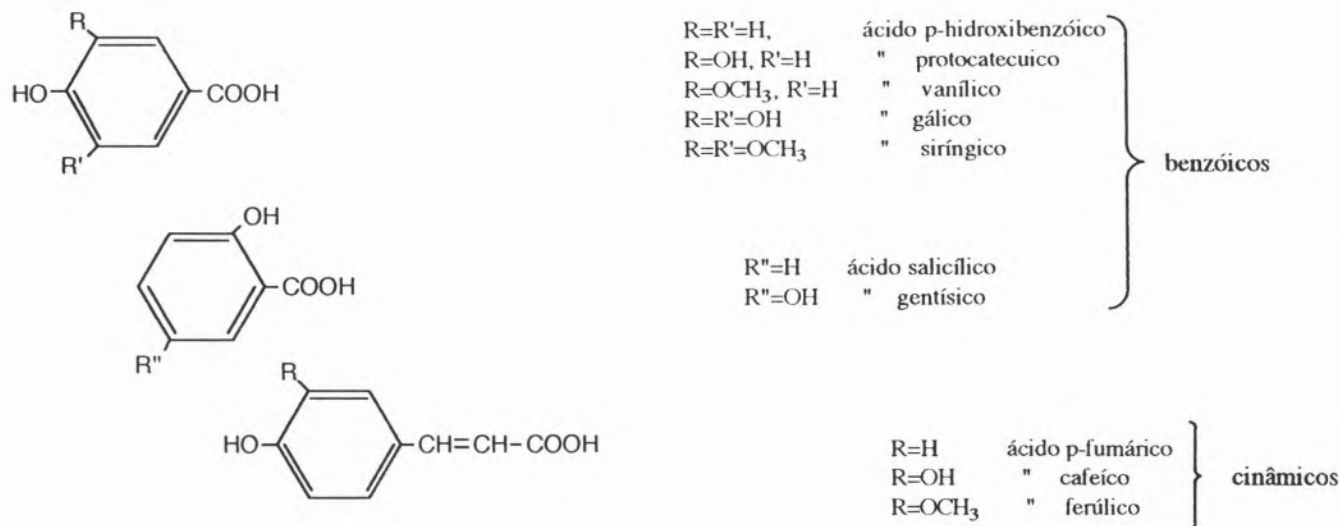


Fig. 17 - Os ácidos benzóicos e cinâmicos do vinho.

ção da forma reduzida incolor (fig.15) será máxima, oxidando-se depois progressivamente pelo contacto directo com o oxigénio do ar, ou dissolvido no vinho sobretudo no decurso das trasfegas. Neste caso, o envelhecimento proporciona cor.

De qualquer modo, o resultado final destas reacções envolvendo as antocianidinas, em termos do seu contributo para a coloração do vinho, é o determinado pela polimerização: há um decréscimo de intensidade da coloração com a idade e a cor evolui desde o vermelho-rubi no vinho novo até ao castanho-avermelhado no vinho velho. Não são, no entanto, as antocianidinas as únicas responsáveis, nem sequer as principais, por esta coloração típica dos vinhos velhos mas sim, como veremos, os taninos.

**Flavonas**

As flavonas são compostos flavonóides (figs.12 e 13) existentes nas flores e nos frutos como pigmentos amarelos. Existem no bago das uvas tintas como monoglucósidos (grupo OH na posição 3) dos flavonóis campferol, quercetina e miricetina (fig.16) e como monoglucósidos da quercetina. Não são, no entanto e ao contrário do que se pensou por muito tempo, os responsáveis pela cor do vinho branco.

Estes heterósidos hidrolisam facilmente e em consequência encontram-se nos vinhos tintos as agliconas livres dos três compostos mencionados (algumas dezenas de mg/l). Nos vinhos brancos, em que a maceiração pelicular está em geral ausente, apenas se encontram vestígios.

**Ácidos fenólicos**

A uva e o vinho contêm sete ácidos benzóicos e três ácidos cinâmicos (fig.17) diversamente hidroxilados e metoxilados, variando as suas concentrações de 0,1 a 30 mg/l. Encontram-se no estado livre ou esterificados pelo ácido tartárico. São responsáveis pelo escurecimento do mosto por oxidação enzimática (polifenoloxidase da uva e do fungo *botrytis cinerea*). No que respeita aos derivados cinâmicos, predomina a forma *trans* por ser mais estável.

A este grupo de compostos fenólicos pode acrescentar-se o tirosol cuja origem, ao contrário dos anteriores, não está na uva mas sim na fermentação, visto ser um produto desta, formado pelas leveduras a partir do amino-ácido correspondente, a tirosina. É por isso que, enquanto os primeiros quase não existem nos vinhos brancos, este último existe em geral em iguais quantidades nos vinhos brancos ou tintos.

**Taninos**

Os taninos são, com as antocianinas, os compostos fenólicos que mais influenciam as características do vinho, em especial do vinho tinto. De facto, enquanto o teor em tanino no vinho branco é da ordem das dezenas de mg/l, no vinho tinto essas quantidades sobem para níveis entre 1 e 3 g/l, cerca de cem vezes mais. Isto fica a dever-se à sua localização na película, grânhas e sobretudo nos engaços dos cachos: só na vinificação em tinto é que a extracção dos produtos dessas partes das uvas e do cacho é significativa; na vinificação em branco, geralmente de bica aberta, o contacto entre o mosto e as partes sólidas da vindima é reduzido ao mínimo.

Os taninos resultam da polimerização de compostos fenólicos elementares, tendo por isso elevado peso molecular, de 600 a 5000. Divi-

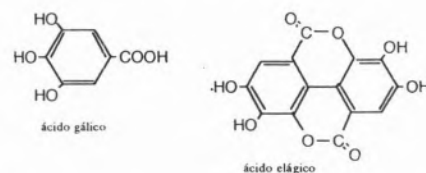


Fig. 18 - A estrutura dos taninos hidrolisáveis deriva dos ácidos gálico e elágico.



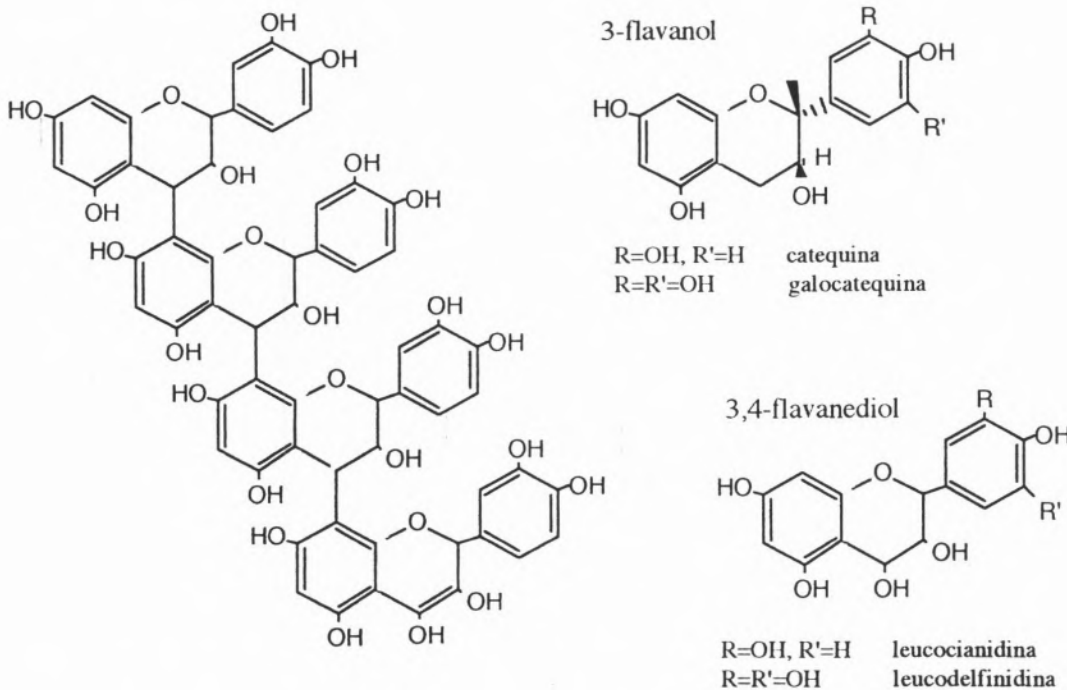


Fig. 19 - Os taninos de condensação (flavolanos) não hidrolisáveis são os originários da uva e do vinho. Aqui está representado um tetrâmero constituído por 4 unidades de catequina. À direita vêem-se os monómeros flavanol e flavanediol.

dem-se em hidrolisáveis e não hidrolisáveis ou pirocatequicos (ou de condensação). São estes últimos que existem na uva e na vinha. No entanto são os primeiros que se encontram geralmente no comércio, sendo a sua adição ao vinho legal, embora sem vantagens na maioria dos casos. A sua estrutura é derivada do ácido gálico ou da lactona do seu dímero, o ácido elágico (fig.18).

Estas moléculas estão unidas por ligações glucídicas com a glucose ou com os seus poliósidos (glucosanas) derivados.

Ao contrário dos anteriores, os taninos da uva e do vinho são compostos de estrutura flavanóide polimerizada (fig.19). Mais exactamente são polímeros de 3-flavanol-catequinas e, sobretudo, de 3,4-flavanedióis, as leucoantocianidinas. Estas últimas dão, por aquecimento em meio ácido na presença de ar, as antocianidinas, de que já falámos. Esta reacção não tem, no entanto, significado do ponto de vista biológico, não devendo os taninos ser considerados como derivados das antociani-

dinas, considerando-se a reacção apenas característica na análise para detecção das leucoantocianidinas (fig.20).

Os taninos são muito reactivos com as proteínas, formando compostos de elevado peso molecular, que precipitam. Essa característica é determinante no papel que os taninos desempenham no vinho: por um lado eles facilitam a clarificação espontânea ou por colagem com proteínas (albuminas, sangue de boi, etc.); por outro conferem aos vinhos que os contêm em abundância o seu sabor adstringente tão característico. Neste último caso, são

as proteínas e glicoproteínas da saliva que precipitam com os taninos, deixando de cumprir o seu papel de lubrificantes da cavidade bucal, daí resultando adstringência. É ainda esta característica que faz dos taninos inibidores enzimáticos, por combinação com a fracção proteica dos enzimas.

O grau de polimerização dos taninos no vinho aumenta com a idade. No entanto a estrutura desses polímeros não é ainda bem conhecida. Sabe-se que o seu peso molecular aumenta de entre 500-800, nos vinhos novos, até aos 3000-4000 nos vinhos velhos. É

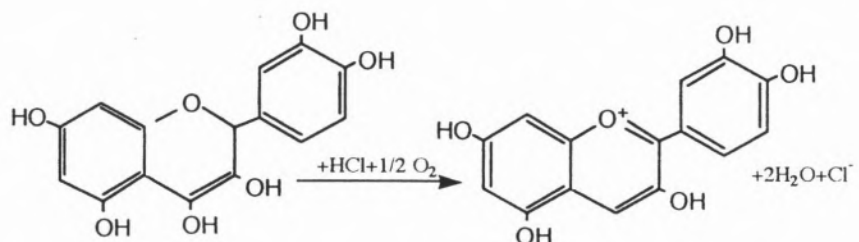


Fig. 20 - Reacção característica das leucoantocianidinas. flavanediol.

também possível que as antocianidinas participem na polimerização através de ligações em C-4 do anel central, originando um polímero misto com os taninos. Isto explicaria também o facto bem conhecido do desaparecimento gradual das antocianidinas ao longo do tempo durante o envelhecimento.

Em todo o caso sabe-se que é aos taninos polimerizados que se deve a cor nos vinhos velhos e não já às antocianidinas (ver secção sobre a cor). Na hipótese da condensação mista a estrutura da antocianidina continuaria a contribuir para a coloração do vinho, embora dentro do tanino condensado.

### 3.5 As substâncias da nutrição

Os diversos grupos de que temos falado até aqui são os que determinam o paladar. Falaremos a seguir de outros que, embora não influenciando neste - pelo menos em condições normais de conservação - têm, no entanto, influência na qualidade do produto final (estabilização, qualidade alimentar).

Estão neste caso os compostos azotados. Em geral, o enólogo deseja que eles não estejam presentes no vinho acabado, ou quanto menos melhor. Isto porque eles são um factor de risco na conservação, devido à instabilidade microbiológica que trazem consigo porque possibilitam o metabolismo de leveduras e microorganismos, sempre presentes no vinho feito. A esterilização, para além dos problemas técnicos e de custo que levanta, não se pode fazer sem prejuízo irrecuperável das qualidades organolépticas do vinho.

O grupo dos compostos azotados é constituído pelo catião amónio ( $NH_4^+$ ) e pelos compostos orgânicos contendo átomos de nitrogénio: aminoácidos, péptidos e proteínas; aminas primárias, secundárias e terciárias; derivados aminados das hexoses, as hexosaminas; nucleósidos e nucleótidos.

O teor em compostos azotados no mosto é muito superior ao que depois se encontra no vinho. Isso

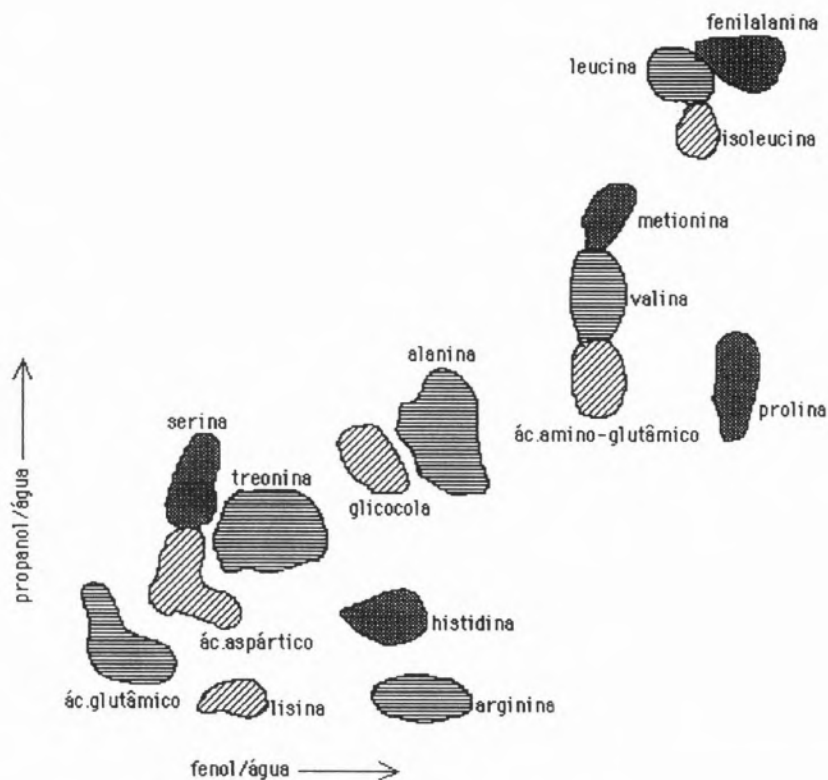


Fig. 21 - Cromatograma em papel, a duas dimensões, dos aminoácidos no vinho.

não é de admirar visto que as leveduras consomem durante a fermentação entre 60 e 70% do azoto total do mosto.

Nos vinhos tintos a quantidade de compostos de nitrogénio é maior do que nos brancos devido à diferença das técnicas de vinificação. A maceração das películas e dos engaços, nos primeiros, conduz a uma grande dissolução dos compostos azotados, que aí abundam, no mosto. Nos segundos, a separação imediata do sumo das partes sólidas

do cacho, impede essa dissolução. Apenas contém os compostos originários da polpa da uva que são sobretudo aminoácidos e péptidos e o catião amónio.

O catião amónio diminui de concentração no bago de uva ao longo da maturação, enquanto crescem os aminoácidos em número e em quantidade. A L-prolina é o mais abundante. É também dos mais abundantes no vinho feito por ser pouco metabolizável pelas leveduras. Estas produzem, ainda, du-

#### Quadro 1 - As vitaminas do vinho

nome do composto	nome da vitamina	concentração
ácido ascórbico	C	3-10 mg/l
ácido fólico	B <sub>9</sub>	1-20 g/l
ácido pantoténico	B <sub>5</sub>	0,2-1,8 mg/l
biotina	B <sub>8</sub> ou H	0,5-2,5 g/l
cobalamina	B <sub>12</sub>	20-70 mg/l
inositol	—	0,2-0,7 mg/l
nicotinamida	B <sub>3</sub> ou PP	0,4-2,0 mg/l
riboflavina	B <sub>2</sub>	0,1-0,5 mg/l
tiamina	B <sub>1</sub>	10-250 g/l

rante a fermentação, ácido L-glutâmico e algumas proteínas. No entanto o consumo que as leveduras fazem de compostos azotados é muito maior do que a quantidade que produzem e, daí, o teor final destes compostos no vinho ser baixo. Também os taninos ajudam à precipitação das proteínas e quase todos os tratamentos realizados na adega promovem essa precipitação.

Do grupo das substâncias da nutrição fazem ainda parte os polissacáridos e as vitaminas.

Os polissacáridos mais abundantes (0,1-3,0 g/l) no vinho provêm das paredes celulares da uva. São pectinas e protopectinas. Estas substâncias agem como colóides protectores influenciando os processos de clarificação.

As vitaminas que se encontram no vinho são as hidrossolúveis. O elevado teor em vitaminas na uva diminui durante a fermentação onde têm um papel importante no desenvolvimento das leveduras.

O quadro 2 mostra uma lista das vitaminas bem como das concentrações em que se encontram no vinho.

### 3.6 As substâncias do aroma

O aroma, ou seja, o conjunto das sensações que o vinho nos transmite através do olfacto, constitui uma das suas propriedades mais importantes do ponto de vista organoléptico. De facto, a riqueza das sensações que o vinho comunica na prova está estreitamente ligada ao aroma: as substâncias voláteis que o vinho liberta percorrem a boca até atingirem os receptáculos olfactivos da mucosa nasal, onde os sentimos como aromas.

As sensações que o vinho desencadeia na boca do provador são, assim, induzidas não apenas pelos sabores identificados nas diferentes partes da língua, mas resultam do conjunto sabores+aromas. Costuma exemplificar-se este facto provando um vinho de nariz fechado, ou seja, impedindo a circulação de ar pelos canais nasais e limitando assim a chegada dos compostos voláteis aos

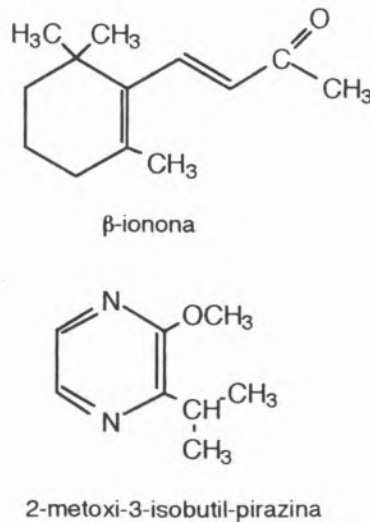


Fig. 21 - Algumas moléculas com importância no aroma do vinho.

receptáculos do aroma. A sensação que o vinho, por melhor que seja, causa nestas condições é sempre muito pobre e inesperadamente diferente da prova normal.

De notar que, evidentemente, nem todos os compostos voláteis têm aroma. A maioria não tem. No entanto, todos são vectores do aroma na medida em que quanto maior for a sua concentração na fase líquida, maior será a pressão de vapor do vinho e, portanto, maior será a frequência de chegada dos compostos específicos do aroma aos receptáculos nasais do olfacto.

Por outro lado, a intensidade de um aroma não depende apenas da concentração do composto químico correspondente na fase líquida. O nosso sentido olfactivo parece ser

bastante mais sensível a certos cheiros do que a outros.

De qualquer forma, o mecanismo do cheiro não está ainda hoje muito bem esclarecido e, com respeito aos vinhos, a correspondência entre cada aroma e o composto que o origina está longe de ser completamente desvendada, conhecendo-se apenas essa relação em muito poucos casos.

Parece também ser um facto que algumas substâncias podem produzir aromas diferentes consoante a sua concentração em fase de vapor. A mistura de vários aromas pode, ainda, resultar num novo aroma sem relação com nenhum dos aromas presentes. Tudo isto não faz senão dificultar ainda mais o estudo do assunto.

Dos compostos cuja identificação do aroma está feita tem importância o aroma das castas moscatéis que é originário nos compostos terpénicos (geraniol, nerol, a-terpinolol, limoneno, linalol, citronelol, farnesol) (fig.22). Em Portugal, onde as castas deste grupo são numerosas, o estudo destes compostos tanto na uva como no vinho tem sido seguido com interesse e, em particular, na Região dos Vinhos Verdes esse estudo tem incidido sobre a casta Loureiro, que é o membro regional dessa família de castas aromáticas.

Uma classificação clássica dos aromas do vinho consiste em dividi-los de acordo com a etapa da vinificação em que se formam: fermentário, pré-fermentário e post-fermentário, se se formam respectivamente durante, antes ou depois da fermentação.

Quadro 2 - Alguns compostos odoríferos, sua concentração no vinho e limiar de detecção pelo olfacto humano.

Composto	Concentração mínima detectável pelo olfacto em µg/l		Concentração no vinho em µg/l
	em água	em vinho	
etanol	105	—	9 x 10 <sup>7</sup> a 14 x 10 <sup>7</sup>
β-damascenona	10	1600	5 a 50
β-ionona	0,007	4,5	1 a 30
2-metoxi-3-isobutil pirazina	0,002	?	vestígios

tação. Chama-se ainda aroma varietal ao que é específico da casta (como no caso do Loureiro, referido acima).

### Aroma fermentário

A fermentação é a maior fonte de compostos voláteis do vinho e o aroma que daí resulta é, de certo

ções que variam entre os 2 e os 30 mg/l.

Os outros produtos voláteis com origem na fermentação existem em concentrações inferiores, com exceção dos que constam na tabela acima, e em especial o acetaldeído cuja concentração pode ir de 10 a mais de 100 mg/l.

uva e do vinho, mas é comum a todos os sumos de frutos e seus produtos de fermentação.

### Aroma varietal

É o aroma específico da casta. Já nos referimos à importância que os compostos terpênicos têm no aroma das variedades moscateis. Eles têm sido encontrados, além disso, em todas as castas aromáticas. Estes compostos podem surgir, no entanto, de duas maneiras: em parte existem já na uva como substâncias *odoríferas* (geraniol, nerol, linalol,...); noutra parte, são libertados, como também vimos, durante a fermentação dos heterósidos terpênicos. Neste caso chamam-se substâncias *odorígenas* ou precursoras de aroma.

Ao grupo dos odoríferos pertencem também algumas pirazinas nas quais se inclui a 2-metoxi-3-isobutilpirazina, aroma intenso que existe, por exemplo, na bem conhecida casta bordalesa Cabernet-Sauvignon. Este composto degrada-se, no entanto, rapidamente com a luz durante a maturação, restando apenas uma pequena quantidade na uva no momento da vindima.

Os ésteres etílico e metílico do ácido antranílico são, por sua vez, associados às furanonas, os responsáveis pelo cheiro característico do vinho americano.

Recentemente, crê-se que uma grande variedade de aromas identificados no vinho de longa data (mel, violetas, petróleo, fumo, etc.) resultam de substâncias carotenó-

Quadro 3 - Os principais compostos voláteis do vinho.

Alcoóis	Ésteres	Outros
etanol	acetato de etilo	acetaldeído
álcool isoamílico	acetato de isoamilo	acetoína
2-feniletanol	octanoato de etilo	diacetilo
isobutanol	hexanoato de etilo	$\gamma$ -butirolactona
propanol	propanoato de etilo	ácidos gordos
2-butanol	rutanoato de etilo	
1-butanol		
3-metiltiopropanol		

modo, a base aromática comum a todos os vinhos.

As leveduras formam variados compostos voláteis (quadro 3); a maioria são alcoóis e ésteres. Além do etanol, formam-se também alcoóis isoamílicos, 2-feniletanol, isobutanol, propanol, 2-butanol, 1-butanol, 3-metiltiopropanol, em concentrações que variam entre os 0,15 e 0,5 g/l, com exceção do último que existe apenas entre 0,5 e 2 mg/l.

Quanto aos ésteres, os mais abundantes são os que resultam da esterificação dos ácidos do vinho pelo etanol. Existem em concentra-

### Aroma pré-fermentário

Provém em grande parte de compostos de cadeia em C-6 (hexanol, *cis* e *trans*-hexanol e alcoóis correspondentes). Formam-se a partir dos ácidos linoleico e linolênico existentes na uva, sob a acção de enzimas, na presença do ar (fig.21). Os aromas daí resultantes são herbáceos e de má qualidade.

É nesta fase que os heterósidos de terpinóis das castas aromáticas são hidrolisados libertando as agliconas terpênicas. As pectinas (poliósidos da galacturose) também, por acção enzimática, libertam metanol. Este fenómeno não é específico da

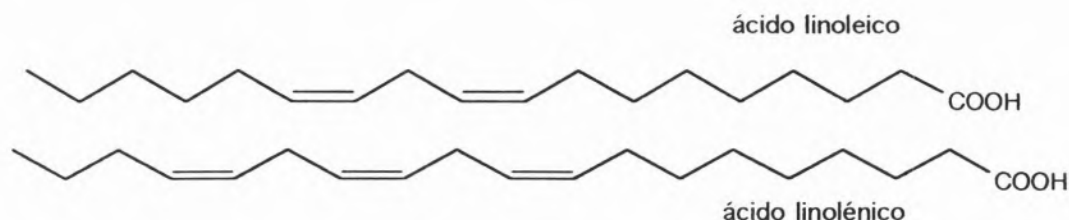


Fig. 22 - Ácidos *cis,cis*-9,12-octadecadienoico (linoleico) e *cis,cis,cis*-9,12,15-octadecatrienoico (linolênico). Ambos são precursores dos aromas pré-fermentários, herbáceos e de má qualidade.

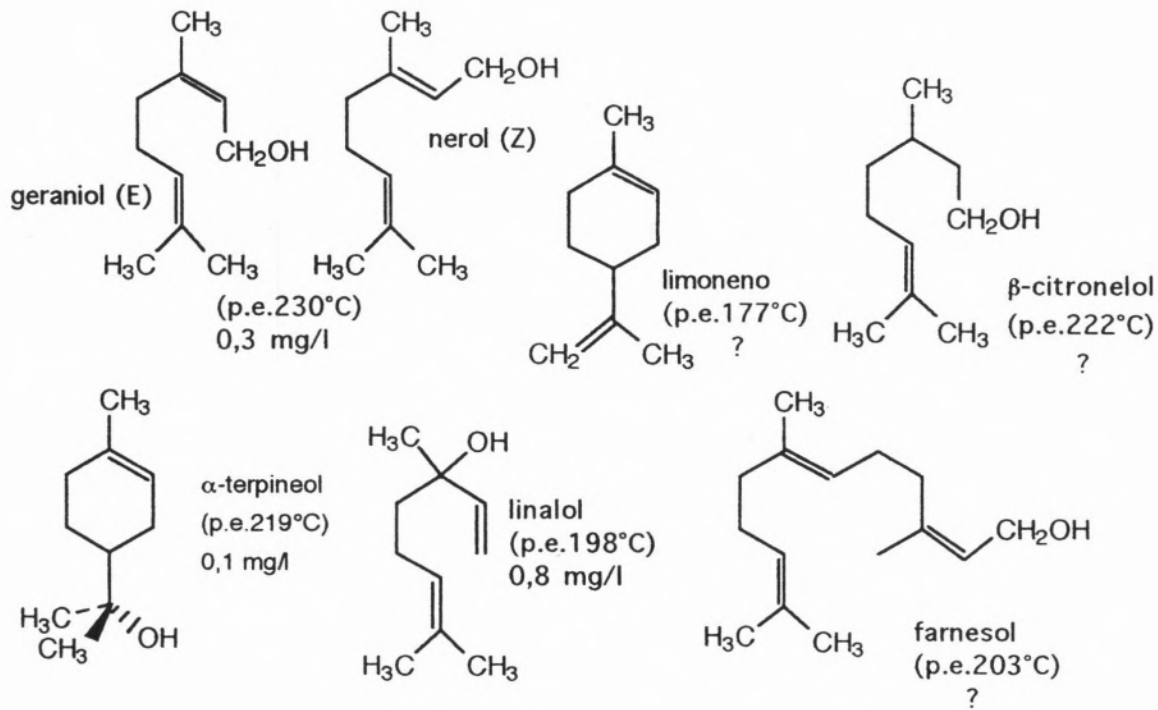


Fig. 23 - O aroma varietal das castas moscatéis tem origem nos compostos terpénicos.

des (carotenos e xantofilas) e de ácidos fenólicos. Os carotenos, presentes em doses que podem ir de 1 a 2 mg/l no mosto, são pelo menos, importantes precursores de aroma. Quer dizer, embora eles próprios não sejam possuidores de aroma vão no entanto sofrer reacções, frequentemente catalisadas por enzimas ou pela luz, em que se degradam e os terpenóides daí resultantes são já aromáticos.

A época em que se atribuíam o aroma dos vinhos a um suposto "éter enântico" já vai longe. Falta, no entanto, ainda mais algum tempo para se chegar à compreensão total do aroma e à identificação e localização dos compostos que lhe são próprios, nas uvas das diferentes castas, nas fermentações e no vinho.

#### NOTAS

\*\* perceptível sensorialmente pelo provador.

1 Enologia: conjunto das ciências e técnicas ligadas à produção, análise e melhoramento do vinho.

2 São quatro essas características: aroma, boca (paladar), cor e brilho.

3 Na Alemanha, por exemplo.

4 Vinhos secos são aqueles cujo teor em açúcar não fermentado não exceda os 3 g/l.

5 As constantes de ionização do ácido málico são  $K_{a1} = 4,0 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_{a2} = 8,9 \cdot 10^{-6}$  contra  $K_a = 1,4 \cdot 10^{-4}$ .

6 Durante muito tempo, o vinho foi considerado apenas uma solução de álcool em água.

7 Entende-se por sulfitação, em enologia, a adição de dióxido de enxofre ao mosto ou ao vinho e constitui uma prática tão comum quanto sensível, se feita racionalmente.

8 Sigla correspondente à designação oficial de Denominação de Origem Controlada.

9 Com excepção do ácido múico, que aparece quando as vindimas vêm atacadas de *botrytis cinera* (podridão).

#### BIBLIOGRAFIA

R.Baumes, "Six cents corps pour un bouquet", *Science et Vie*, nº 156 (hors série), Setembro, 1986, pág.90.

L. Campos, "Manual de Bioquímica", Biblioteca Universitária, Pub.Europa-América, Lisboa.

T.P. Coultate, "Food-The Chemistry of its Components", The Royal Society of Chemistry, London, 1984.

P. Karlson, "Manual de Bioquímica", Ed.Marin S/A, Barcelona, 1969.

L.H.Meyer, "Food Chemistry", The Avi Publishing Company, Inc., Westport Connecticut, 4th ed., 1982.

R. Morrison, R.Boyd, "Química Orgânica", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 7ªed., 1981.

E. Peynaud, "Conhecer e trabalhar o vinho", Livros Técnicos e Científicos Lda., Lisboa, 1982.

J. Ribéreau-Gayon, E.Peynaud, P.Sudraud, P.Ribéreau-Gayon, "Traité d'Œnologie", Tomes I, II et III, Dunod, Paris 1975, 1976.

C. Ricardo, A.Teixeira, "Moléculas biológicas", Didáctica Editora, Lisboa, 1977.

## PROFESSOR RUY E. PINTO

### O rasto de uma vida dedicada à Ciência «Dureza de trabalho e paixão»

Entrevista de Miguel Castanho

**Q - Como é ter uma vida dedicada à Ciência num país onde a Ciência nunca foi Cultura?**

REP - Esse é um problema mais de agora; quando eu era jovem era um pouco diferente. Havia poucos cientistas em Portugal mas havia desde o tempo da escola a preocupação de alguns professores, quer do Liceu quer da Universidade, em dignificar a Ciência e em darem ideia que era algo muito importante. Os jovens habituavam-se frequentemente a ter curiosidade pela Ciência, pelos conhecimentos científicos e pelos cientistas. Estes eram tomados um pouco como modelos, tal como outros intelectuais. Um Bento de Jesus Caraça e o aparecimento da Biblioteca Cosmos (nasceu em 1942) reflectem muito a Ciência como cultura.

**Q - Foi isso que o trouxe à Ciência?**

REP - Em parte julgo que sim, contudo no liceu não sabia o que ia ou queria ser. Eu fiz o ensino liceal no Liceu Pedro Nunes somente a partir do quarto ano, até aí estudei em casa. Gostava muito de desenho e pintura e lia muito. Interessava-me por áreas muito variadas. As coisas de que eu gostava envolviam Ciência e o que eu gostava mais era de Matemática porque era mais fácil...

**Q - A maioria dos leitores não vai concordar consigo...**

REP - Talvez, mas eu gostava. Também, na faculdade, gostava mais da Física do que da Química porque era mais lógica. Na Química o que me fascinava era a cor e a transformação da matéria, mas tinha de se decorar muito pois a Química era frequentemente muito descritiva. As coisas não eram muito racionais excepto na Química-Física.

No Liceu, tinha facilidade com a Matemática e com o Latim que era "tipo Matemática" e serviu-me muito para aprender Português. Gostava também muito de História da Filosofia, além da Física e da Química, não gostava da Biologia, embora o problema da vida me seduzisse muitíssimo.

**Na Química o que me fascinava era a cor e a transformação da matéria, mas tinha de se decorar muito pois a Química era frequentemente muito descritiva. As coisas não eram muito racionais excepto na Química-Física.**

**Q - Mas, de todas essas áreas, por que opta pela Ciência? Foi cativado pelos professores?**

REP - Eu não optei pela Ciência inicialmente, embora estivesse muito dirigido para a Ciência, em parte devido a alguns professores, mas quando acabei o Secundário fui para Arte. Depois, como o meu pai achava que Arte era uma coisa que não dava que comer e que era para indivíduos esquisitos, eu fui para o Técnico. O Técnico, naquele tempo, por um lado aumentou-me o interesse científico mas, por outro lado, afastou-me da engenharia. Encontrei aspectos interessantes. Por exemplo, em Física I, não havia o hábito das pessoas chegarem às aulas práticas e terem sempre em cima das mesas uma receita. Os estudantes tinham um problema que iam resolver, para concretizar na aula prática (pelo menos com o assistente da minha turma). Começavam por ir para a biblioteca estudar, depois propunham uma solução experimental que era discutida pelos vários estudantes e com o assistente, escrevendo-se um protocolo do trabalho que ia fazer-se na aula prática. Este é muito mais um estilo que eu vim a encontrar anos mais tarde em Inglaterra. Hoje as coisas não são assim. Bem sei que havia menos gente. Penso que o essencial é o desenvolvimento intelectual (capacidade e curiosidade das pessoas, aprendendo com o professor mas muito por si próprias). Recordo-me que o Prof. Mira Fernandes (de



Cálculo e Mecânica Racional), quando o criticavam por dar matemáticas tão duras para a formação de um Engenheiro, dizia que o que dava e exigia não era tanto para as pessoas aprenderem "demasiada" matemática, era mais para se desenvolverem intelectualmente.

**Q - É esse o papel do professor?**

REP - É esse o papel do professor!

**Q - Qualquer que seja a disciplina?**

REP - Qualquer que seja a disciplina!

**Q - Portanto, é pouco relevante a disciplina que o professor dá.**

REP - É!

**Q - É a atitude...**

REP - Sim, julgo que o principal é a atitude. Os assuntos devem ser escolhidos entre aqueles que parecem ser os pontos fundamentais e estruturais da área tratada. Não se devem dar

**Recordo-me que o Prof. Mira Fernandes (de Cálculo e Mecânica Racional), quando o criticavam por dar matemáticas tão duras para a formação de um Engenheiro, dizia que o que dava e exigia não era tanto para as pessoas aprenderem "demasiada" matemática, era mais para se desenvolverem intelectualmente.**

muitas coisas, mas antes orientar o aluno no sentido da procura da compreensão dos conceitos e pilares fundamentais onde tudo vai assentar. E daí para diante deve ser trabalho essencialmente do aluno, que naturalmente terá conversas com o professor sempre que achar conveniente para testar o resultado do trabalho que fez.

**Q - Isso implica uma certa conflitualidade permanente com os alunos, que não gostam propriamente desses esquemas.**

REP - Talvez, mas eu não tenho muita razão de queixa. Por exemplo, os alunos do primeiro ano da primeira licenciatura em Bioquímica [da FCUL], tiveram que fazer um esforço muito grande para ajudar a construir a licenciatura e com bastante sacrifício da parte deles. Por vezes nem sabíamos quem ia ser o professor na semana seguinte; andávamos à procura (no Técnico, em Medicina, na Universidade Nova, na Gulbenkian, etc.) de docentes possuindo cultura e fazendo investigação em áreas que transcendiam a "prata da casa" da Faculdade de Ciências. Era necessário ir buscar riqueza onde ela existia para que os jovens pudessem ter contacto com aqueles que conheciam os assuntos profundamente. Isto é fundamental. Os jovens dotados, de uma maneira geral, apercebem-se muito bem se o que está a ser dito é sentido. O que quero dizer é que, no fundo, no fundo, apenas 4 ou 5% dos estudantes tem características para serem universitários no sentido clássico. Depois, há talvez uns 5 a 10% que de entre estes são os melhores. A pedagogia para este tipo de estudiosos é essencialmente levá-los a trabalhar, a construir, a ir mais longe. Os outros, a meu ver, deveriam estar mais ligados a estruturas de outro tipo...

**Q - Mas esse não é o conceito de "geração rasca"?**

REP - Julgo que não, pois muitas vezes não são nada "rascas", são é diferentes de quem diz isso. Por vezes

até são pessoas altamente dotadas, o que não têm é a mesma maneira de ver. O que eu quero dizer é que não são do tipo de pessoas que independentemente da cultura que têm em casa (o que não quer dizer que isso não tenha importância) têm factores intrínsecos e pessoais, naturais e/ou desenvolvidos, que as levam a ter uma curiosidade e capacidade intelectual grande e a apaixonar-se pelas coisas. Aqueles que têm a sorte de ter em casa uma cultura razoável acabam, no fundo, por ser beneficiados porque já deram um passo à frente.

**Q - Mas essa outra massa para além desses 5% de verdadeiros universitários...**

REP - Eu acho que devem ter uma formação mais suave, não se exigindo tanto mas tendendo sempre a desenvolvê-los o mais possível.

**Q - Isso será o quê? Os Politécnicos?**

REP - Para mim um bom técnico tem que ter tido sempre uma boa preparação de prática científica e desenvolvimento fundamental de si próprio. Senão torna-se um repetidor e mesmo os técnicos, os bons técnicos, têm que ser, também, inovadores. Podem não ser pessoas muito dotadas para a investigação, chamemos-lhe fundamental, têm que ver as coisas mais no concreto, nos interesses mais imediatos, mas, no fundo, as suas qualidades para atingirem isso têm que ser também desenvolvidas.

**Q - Então o seu sistema ideal de ensino superior teria também Universidades e Institutos Politécnicos.**

REP - Eu diria que seria mais aquilo que hoje existe em Inglaterra: é tudo Universidade. O que é esquisito em Portugal é que os Politécnicos nascem quando a tendência do mundo é acabar com eles. Quando eu estava em Oxford ou em Sheffield havia Politécnicos mas, com o tempo, tem-se chegado à conclusão que é melhor transformá-los em Universidades porque o mundo de hoje evolui tão depressa que os téc-



Óleo de R. Pinto

nicos não podem aprender coisas para resolver apenas problemas imediatos. Têm que ser educados para fazer frente à própria evolução. Isto faz parte mais do espírito universitário do que do espírito politécnico.

**Q - Então, defende Universidades Técnicas no lugar de Politécnicos.**

REP - Sim. Foi o que aconteceu quando criaram o Instituto Superior Técnico. Foi uma coisa que, simultaneamente, tinha uma profundidade muito grande e uma aplicação extremamente cuidadosa e científica a problemas concretos, neste caso a Engenharia. O que me parece errado é optar-se por uma aprendizagem muito dirigida demasiado cedo, a não ser que possam depois modificar a opção sem grande prejuízo. Existem pessoas com um espírito essencialmente concreto mas o universitário típico (os tais 4 a 5%) tem um espírito mais abstracto, isto permite-lhe perceber o que é comum a uma série de coisas, ver por si e ser capaz de aplicar a problemas concretos. Isto faz com que se aprenda muitíssimo mais depressa e se desenvolva uma mentalidade inovadora. A inovação é fundamental seja em que campo for. A diferença está que para o investigador fundamental a inovação está na própria descoberta e para o técnico (o tecnologista) a inovação reside essencialmente em ir mais

longe naqueles campos em que trabalha e também ter imaginação e ser capaz de otimizar sistemas. Portanto, no fundo, acaba por ser, num campo diferente, uma atitude semelhante à investigação científica, só que dirigida no sentido de resolver determinados problemas. Pode chamar-se investigação orientada ou investigação dirigida.

**Q - Ou investigação aplicada, também?**

REP - Não tanto, pois esse modo de expressar parece-me mais restrito.

**Q - Mas existem as licenciaturas em Química Aplicada, Matemática Aplicada...**

REP - Alguns cientistas, quando se falava de investigação aplicada e pura, diziam que não sabiam o que isso era; só conheciam dois tipos de investigação: a boa e a má. O que podia haver era uma investigação de maior profundidade, de ir mais ao conhecimento profundo e causa das coisas, ou, havendo um objecto, uma motivação, ser mais orientada nesse sentido. Foi o caso do Louis Pasteur, por exemplo. Ele praticamente fez

durante toda a vida a investigação "aplicada", isto é, com um objecto de estudo concreto. Ele era licenciado em Mineralogia, por isso tinha o hábito da utilização do microscópio e acabou por levar o microscópio para a Química. Separou isómeros ópticos por perceber as diferenças entre os cristais. Este é um tipo de conhecimentos que veio de uma forma orientada. É muito curioso porque o microscópio leva-o a ser o pai da Microbiologia (é ele que lhe dá os fundamentos como Ciência) vindo dum campo que se pode considerar oposto: o não-vivo, o mineral. Ele, tratando investigação orientada e, de certo modo, aplicada (investigação da fermentação alcoólica dos vinhos para efeitos da sua melhoria), consegue estruturar uma nova disciplina. É um exemplo de, chamemos-lhe cultura científica globalizante. Era muito sedutora no meu tempo de estudante e eu ainda reflecto um bocadinho sobre isso.

Quando eu era estudante, e também quando estava em Inglaterra, havia a tendência para levar as coisas no sentido de que a investigação tem é que ser de boa qualidade.

**Alguns cientistas, quando se falava de investigação aplicada e pura, diziam que não sabiam o que isso era; só conheciam dois tipos de investigação: a boa e a má.**

Tem que ser aquilo a que os ingleses chamavam e nós ainda hoje chamamos, ser sã, ser saudável, não ter buracos.

Por outro lado, quando era estudante, e mais tarde como assistente, havia um grande interesse pela Ciência por parte das Faculdades de Letras e outras. A Faculdade de Ciências tornou-se, a certa altura, como que um fulcro fundamental. Nos anos quarenta, e até meados dos anos sessenta, faziam-se palestras na Faculdade e na Associação de Estudantes sobre áreas científicas, sobre a educação universitária em vários países, mas também, concertos e exposições de artes plásticas. A Faculdade de Ciências esta-

## Professor Ruy E. Pinto

<b>1951-53</b>	Estágio de licenciatura com o Professor Kurt Jacobsohn (FCUL e IICBRC).	<b>1966</b>	Doutor em Química (FCUL).	<b>1976-79</b>	Director do Departamento de Biologia do LNETI.
<b>1953</b>	Licenciatura em Ciências Físico-Químicas, FCUL.	<b>1967</b>	Bolseiro do IAC em Sheffield, com o Professor W. Bartley.	<b>1979</b>	Professor Catedrático (FCUL).
<b>1956-57</b>	Pós-graduação em Bioquímica (Univ. Oxford).	<b>1969</b>	Ph.D. (Univ. Sheffield).	<b>1982</b>	Arranca com a licenciatura em Bioquímica na FCUL.
<b>1957-58</b>	Bolseiro da FCG em Oxford, com o Professor Hans Krebs (Prémio Nobel).	<b>1970-76</b>	Líder de um grupo de investigação no Laboratório de Física e Engenharia Nuclear (LFEN) e Director Científico do Dep. de Investigação Biológica.	<b>1982-95</b>	Coordenador da licenciatura em Bioquímica da FCUL.
<b>1958-65</b>	Assistente na FCUL e investigador no IICBRC (bolseiro da FCG entre 1960 e 1963).	<b>1974/75-79</b>	Professor convidado da FCUL, após jubilação do Prof. K. Jacobsohn.	<b>1996...</b>	Director do IICBRC (Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral).



va num sítio fulcral porque a Faculdade de Letras estava perto (ao pé da Academia de Ciências) e descendo para o Chiado onde, além dos cafés "intelectuais", ficava Belas-Artes. Havia também uma grande tendência para alunos da Medicina, de Agronomia, do Técnico e até do Instituto Industrial irem assistir às palestras na Associação de Estudantes da Faculdade de Ciências. A estas palestras na Faculdade de Ciências, assistia muitas vezes o director do Instituto Britânico e, por vezes, alguns embaixadores ou adidos culturais estavam presentes. A Ciência era importante. A Ciência era considerada pelo mundo intelectual como algo importante do ponto de vista cultural.

**Q - Creio que ainda é considerada importante para a sociedade, mas não para o indivíduo. Se alguém dá erros de ortografia, é burro, se não sabe quem foi o primeiro rei de Portugal, igualmente, mas se não sabe o que é um átomo ou uma molécula, não é burro, é apenas uma pessoa sem conhecimentos científicos. O conhecimento científico não cabe dentro daquilo a que chamamos a Cultura Geral. O panorama mudou? De que valorização científica é que falamos?**

REP - Nem sempre foi assim. As cartas que o António Sérgio escreveu são dirigidas aos estudantes da Faculdade de Ciências, que eram considerados importantes para o futuro da intelectualidade portuguesa por serem de Ciência e, portanto, terem capacidade intelectual no desenvolvimento de um tipo de estudos que poderiam levar a ver, quer os problemas filosóficos, quer os problemas do mundo, de uma maneira que reflectia uma educação científica.

**Q - Mas o que acontece, paradoxalmente, é que o mundo está cada vez mais tecnológico, mais marcado pela Ciência...**

REP - Por estar cada vez mais tecnológico (no sentido economicista primário) é que está cada vez menos científico no sentido da im-

portância do desenvolvimento cultural das pessoas. Vê-se até pelas bolsas para investigação científica. Quando se trabalha em assuntos que sejam bastante profundos, de uma maneira geral, não se tem financiamento porque um projecto fundamental não tem interesses económicos ou/e sociais imediatos. Isto num país que não tem tradição científica, significa não a construir. Para que isso aconteça, as ajudas devem ser dadas aos apaixonados pela investigação e aos pólos de grande qualidade de investigação, sem necessitarem de andarem agarrados aos estrangeiros por vezes piores que nós. Claro que a colaboração com estrangeiros (ou portugueses de outros centros) deve fazer-se quando tem sentido e é útil para ambas as partes. Se assim não for, haverá (ou já existe?) colonização, impedindo o desenvolvimento de trabalho de grande qualidade da parte portuguesa. Importar alguns cientistas vindos do estrangeiro pode ter sentido se a escolha for muito criteriosa.

Por outro lado, o trabalho fundamental leva frequentemente a importantes aplicações no futuro. Muito, mesmo muito, do desenvolvimento da Medicina vem dos bioquímicos, sejam médicos ou não. Mesmo assim alguns professores de Medicina acham que a investigação em áreas relacionadas com doenças (desvios do fisiológico) deve ser restritas a médicos. Contudo há bastantes excepções, felizmente.

**Q - É uma tradição cultural dos médicos? Uma auto-protecção da classe?**

REP - Tenho a impressão que não. Eu julgo que eles pensam que só eles têm um âmbito cultural para sentir os problemas bioquímicos de situações não fisiológicas (patológicas), que para eles representam a sua razão de ser e para nós são apenas um desvio ao fisiológico, uma perturbação do sistema "normal". Eu até compreendo; se eu fosse médico era capaz de pensar como eles. Nós preocupamo-nos

com o modelo para investigação. O que fazemos pode estar ligado à Física, à Agronomia, à Veterinária ou à Microbiologia. Repare como isto está por escalões: a Medicina ficou com os humanos, a Veterinária principalmente com os "bichos" mais evoluídos (mamíferos), a Agronomia com as plantas, os outros foram para a Biologia mais genérica, e para a Bioquímica não restaria nada se não nos preocupássemos com as intersecções. Assim, podemos ter tudo. A nós interessa-nos o problema em estudo. Os seres vivos são meios de estudo que podem interessar por possuírem determinadas características. Somos mais ecléticos, mas não somos considerados profissionais em Portugal. Em Inglaterra eu dizia que era bioquímico; aqui, quando digo que sou bioquímico, toda a gente olha para mim e pergunta «- Mas, é médico?» «- Não» «- Então é farmacêutico?» «- Também não». Nós não temos profissão. Um médico é um médico, um engen-

**Q - Nesta conversa já falou várias vezes de Inglaterra ...**

REP - Só em termos de comparação...

**Q - Sei que já foi chamado diversas vezes de anglófilo...**

REP - Não sei se o sou em relação à Inglaterra de hoje. Eu quando sou anglófilo é em relação à investigação na Inglaterra e *way of life* do meu tempo.

.....  
**Em Inglaterra eu dizia que era bioquímico; aqui, quando digo que sou bioquímico, toda a gente olha para mim e pergunta «- Mas, é médico?» «- Não» «- Então é farmacêutico?» «- Também não». Nós não temos profissão.**  
 .....

**Q - O que o fez ir para Inglaterra?**

REP - Nos dois últimos anos da licenciatura havia um estágio de investigação simultaneamente com as aulas. Tive dúvidas entre a Bioquímica e a Física mas depois optei pela Bioquímica e, portanto, fiz estágio com o Prof. Kurt Jacobsohn. Depois de me licenciar estive dois anos no ensino Secundário mas sempre querendo continuar investigação. Só que nesse tempo quase não havia bolsiros. Entretanto tinha aparecido a Fundação Gulbenkian (creio que em 1955; isto passa-se em 1956) que me deu a possibilidade de uma bolsa. O Professor Jacobsohn escreveu ao Professor Krebs a perguntar se me aceitava para fazer um curso experimental (que foi único, não se repetiu por ser dispendioso). O Professor Krebs tinha chegado a Oxford há pouco tempo vindo de Sheffield (ele ganhou o prémio Nobel em 53 e acabou por sair porque Oxford e Cambridge contratavam para si praticamente todos os prémios Nobel) e achou que seria interessante fazer uma experiência de um curso curto de formação em Bioquímica, de um ano, com apenas seis pessoas, de várias partes do mundo.

Eu fui aceite para fazer o curso e como tive bolsa da Gulbenkian suponho que serei um dos bolsiros mais antigos da Gulbenkian. Comecei logo no dia 1 de Outubro e trabalhava-se de manhã até à noite (aqui, quando dizemos que trabalhamos muito, não temos noção). O regime era as aulas começarem às oito horas da manhã, acabarem às oito da noite, uma aula teórica de manhã, outra ao fim da tarde e experimentação contínua todo o dia e a pessoa só comia se, por exemplo, não começasse a fazer alguma coisa mal experimentalmente porque, nesse caso, tinha que começar tudo de novo e não havia tempo para comer. Além disto, entre o tutor e o jovem eram escolhidos temas sobre os quais se faziam monografias. Tínhamos uma semana para as fazer. Éramos obrigados a muito trabalho, que tinha que ser feito à noite. Eles lá não faziam como nós aqui (exames, exames,

exames): cada pessoa tinha que ir cumprindo deveres e bem. Em Oxford, na "Licenciatura" de Bioquímica só se faziam exames ao fim de dois anos e depois ao fim de quatro anos.

**Q - Como eram os frequentadores do curso?**

REP - Era um curso de formação em investigação bioquímica que podia ser frequentado por licenciados ou doutorados em qualquer campo científico. Eu fui da Química-Física e foi também o Professor Sobrinho Simões, que era já doutorado em Medicina (Professor de Faculdade de Medicina do Porto) e ingleses havia dois, também licenciados em Medicina. Havia também um alemão, já doutorado em Química-Física, e um paquistanês já doutorado em Química Orgânica. Eram pessoas que vinham de culturas muito diferentes e que pretendiam, com a rapidez de um ano e de forma organizada, passar a ser investigadores bioquímicos.

**Q - Foi isso que o tornou bioquímico?**

REP - Penso que sim! Embora já estivesse fortemente interessado na Bioquímica. Contudo, o curso foi determinante.

**Q - E a investigação?**

REP - Eram-nos dados temas para investigação científica no princípio do segundo trimestre. No meu caso foi-me dado pelo próprio Krebs. Isto foi uma amabilidade do Prof. Krebs para o Prof. Jacobsohn porque eles eram, mais ou menos, do mesmo tempo de Berlim. O Krebs tinha sido discípulo do Otto Warburg e o Jacobsohn do Carl Neuberg.

**Q - Recordo-me que uma vez disse que uma das primeiras coisas que o Krebs o mandou fazer foi limpar a bancada.**

REP - Ah, sim.

**Q - Isso era importante?**

REP - O Krebs nesse aspecto tinha uma mentalidade mais germânica do que propriamente *british*. Um ci-

entista tinha que ser muito interessado e desenvolver, em si, a ânsia de perfeição, inclusivamente nas coisas com que trabalha. As bancadas eram em madeira e estavam no laboratório da antiga Fisiologia. Tinham sido utilizadas por alunos em aulas práticas de Química Orgânica e estavam muito deterioradas. A nossa ideia era que o nosso canto de investigação é o nosso castelo e deve representar o nosso respeito pela própria investigação. Por isso, lá fui raspar o tampo daquelas mesas de madeira escura. Era algo que fazia parte da própria mentalidade. Preparar soluções, lavar material ou tratar dos ratos, era a própria pessoa que o fazia para ter a certeza de que ficava bem feito. O investigador científico tornava-se um indivíduo que poderia querer ser pretensioso mas cuja mentalidade ia no sentido oposto: um indivíduo que dá muito de si, que tem ânsia de perfeição, mas que nunca tem qualquer espécie de vaidade naquilo que faz. Tem satisfação e orgulho mas nunca vaidade e sempre procurando a verdade e ajudar os outros. A ideia é que os conhecimentos que resultam da investigação ultrapassam as próprias pessoas que os criam: são da Humanidade. As pessoas não eram competitivas a não ser consigo próprias, ninguém competia com ninguém, todos ajudavam todos. Eu procurei transmitir essa mentalidade para a licenciatura em Bioquímica.

***O investigador científico tornava-se um indivíduo que poderia querer ser pretensioso mas cuja mentalidade ia no sentido oposto: um indivíduo que dá muito de si, que tem ânsia de perfeição, mas que nunca tem qualquer espécie de vaidade naquilo que faz.***

**Q - Encontrou dificuldades porque o sistema no Ensino Secundário já é bastante competitivo, não foi?**

REP - Olhe que não. Logo no primeiro ano da licenciatura (1982-83) os estudantes ajudavam-se todos uns aos outros com grande respeito. Ninguém tinha inveja de ninguém e se um indivíduo é muito melhor que os outros, o que isso gera é respeito, amizade e compreensão de que é assim. Alguém é melhor e alguém é pior mas ambos são bons porque lutam pelos mesmos interesses e ideias. Um faz mais; o que é que isso significa? Significa que tem mais para dar: dá mais. O outro respeita que esse nasceu geneticamente com melhores condições ou/e se desenvolveu mais.

**Q - Isso não retira a noção de esforço da actividade humana? Desculpa a inoperância com os genes.**

REP - Claro que não pois se forem mandriões ou/e desinteressados não vão dar o melhor de si.

**Q - Mas nota que cada vez mais os alunos vêm do Ensino Secundário com uma prática de individualismo, ou não?**

REP - Agora sim. Contudo, na licenciatura em Bioquímica tive diversos exemplos de companheirismo no desempenho das actividades académicas dos alunos. Poderiam ser exemplos do respeito mútuo parecidos com a educação da época da escola de Krebs: toda a competição que as pessoas fazem umas com as outras é em geral uma forma de auto-destruição, de ficarem todos mais pequeninos. O que faz as pessoas muito fortes é a inter-ajuda, onde os melhores de todos acabam por ir muito mais longe e a Ciência e a Humanidade beneficiam com isso.

**Q - O nosso sistema de ensino está a encaminhar-nos para onde?**

REP - Talvez para a auto-destruição, se o individualismo, a agressividade e a competição aumentarem.

As pessoas só devem estar na investigação científica quando têm qualidades, quer éticas, quer de inte-

ligência, quer de interesse, quer de capacidade intelectual e de paixão por ela, que explique estarem naquele campo...

**Q - E não como fuga ao desemprego?**

REP - Exactamente.

Isto origina o problema que o pedir-se alguma coisa, por muito difícil que seja, pode constituir um teste para a capacidade das pessoas. O teste que o Krebs me fez a mim desenvolveu a minha paixão pelo glutatióno. Disse-me «Olha, não há nenhuma maneira de determinar glutatióno que seja boa e isso afecta o desenvolvimento da investigação neste campo. Portanto, tu vais pensar nisso e dou-te três meses para arranjares uma solução.» Os métodos espectrofotométricos não resultavam. Tive a ajuda do Doutor Ruppert Cecil, que era um docente bioquímico muito ligado à Electroquímica. Foi assim que eu consegui utilizar o eléctrodo de Mercúrio-tiol para resolver o problema. Depois, fui mostrar ao Prof. Krebs que tinha resolvido o problema e rimos todos muito (o Krebs, o Rupert e eu), porque a solução do problema deveu-se em parte por eu ser ingénio, isto é não ser ortodoxo.

.....  
**As pessoas só devem estar na investigação científica quando têm qualidades, quer éticas, quer de inteligência, quer de interesse, quer de capacidade intelectual e de paixão por ela, que explique estarem naquele campo...**  
 .....

**Q - Nas suas aulas costumava dizer que é necessária ingenuidade para ser bom cientista.**

REP - É. É porque a ingenuidade é uma fonte de imaginação não inibida pelo excesso de "cultura" purista

pois os conhecimentos em quantidade demasiada, e não fortemente criticados, podem levar a que sejamos uns "cultivados" em vez de investigadores. Essa ingenuidade permite à pessoa ir muito longe e depois deve fazer uma crítica, como referia o Krebs (dito pelo Warburg), «até à dor». Se não encontrarmos erros então podemos pensar «- Bem, isto é capaz de ser bom.». Se não, deitamos fora. Não nos devemos preocupar em fazer muitos trabalhos mas em fazer muito bom trabalho.

**Q - De qualquer maneira reconhece a necessidade de fazer alguma avaliação do desempenho, ou não? Os meios científicos são muito permeáveis à letargia e inoperância. A quantidade de pessoas que não faz nada...**

REP - Eu só sou a favor da avaliação se ela própria for científica. A avaliação tem que ser feita essencialmente por nós próprios e por aqueles que conhecem muito bem os assuntos. Portanto, a avaliação é para ser feita principalmente antes dos *papers* saírem e não depois. De preferência, antes de serem enviados para as revistas.

Com o Krebs era assim e isso traduzia uma grande solidariedade, que levava a um reconhecimento e prestígio da comunidade científica. A Ciência é muito importante para o desenvolvimento da Humanidade, até do ponto de vista ético e da formação humana, além das descobertas que faz, e portanto os indivíduos que fazem parte deste ambiente fazem também parte da nossa galinha dos ovos de ouro.

**Q - E como foi o seu regresso a Portugal, em 1958, depois desse "caldo de Cultura"?**

REP - A transição foi complicada. Eu vim de Oxford e entrei por convite para assistente de Química da Faculdade de Ciências de Lisboa (fui um privilegiado; o Prof. Jacobsohn falou com o Prof. Forjaz, que era o director do departamento de Química). Mas mais tarde foi uma desgraça para

mim. Achei que os alunos da Faculdade de Ciências deveriam ser alunos de craveira elevada e comecei a tratá-los como tal.

**Q - E eles gostaram ou não?**

REP - Tive alguns atritos, criei alguns anti-corpos mas depois fiz grandes amizades. Comecei a exigir muito aos alunos. Eles estavam habituados a, no primeiro dia de aulas práticas, preencher o boletim e dar o retrato. Chamavam-lhe Aula de Apresentação e iam-se embora. Eu não os deixava sair, ficavam logo ali a conversar sobre assuntos relacionados com a vivência no laboratório.

**Q - Essa figura, a aula de apresentação, ainda existe hoje.**

REP - Mas eu não fazia da forma habitual. Tinha logo ali a aparelhagem e material de vidro e começava a colocar perguntas simples sobre o correcto uso dos materiais. Era uma forma de lhes dar a entender que as aulas iriam ser diferentes do usual (alguns outros assistentes da Química usaram depois este processo). Aquilo dava uma "guerra" porque alguns estudantes sentiam-se ofendidos. Eles pensavam que eu os queria diminuir. Eu dava-lhes trabalhos e eles preparavam-nos. No início de cada aula prática eu perguntava a alguns grupos (ao acaso) o que iam fazer, como e porquê. «- Qual é a base científica disto? Quais são os pormenores técnicos a que terá que dar mais atenção?» Se não sabiam, dizia-lhes que não estavam em condições para fazer o trabalho. «- Terão que vir a outra aula, quando tiverem meditado no que vão fazer.»

**Q - Já nessa altura lhes chamava atrasados mentais?**

REP - (Risos) Sim, pois.

**Q - É então um hábito de longa data.**

REP - Sim, de longa data. Isso apenas queria dizer que não estavam desenvolvidos tanto quanto deviam e podiam.

Mas o que é engraçado é que

isto passava-se uma, duas, três vezes, ... mas passado um mês - mês e meio, já tinha uma grande confiança nos alunos. E eles sentiam-se felizes porque viam que estavam em evolução, estavam activos. Comecei, contudo, a ter foi reacções negativas de alguns docentes.

**Q - O tipo de reacções que nunca tinha tido em Inglaterra, suponho.**

REP - Nunca tinha tido, nem estava à espera.

**Q - Foi um choque?**

REP - Foi um choque muito grande.

**Q - Foi isso que o levou para Inglaterra uma segunda vez?**

REP - Não exactamente. Eu fiz o doutoramento cá com grande parte do trabalho que tinha feito em Inglaterra (cerca de vinte meses). Os meus supervisores foram o Prof. Krebs e o Prof. Jacobsohn. Mas acontece que durante o tempo que estive na Faculdade como assistente (sete anos), quase não tive tempo para investigar. A média de trabalho que nós tínhamos, por semana, de aulas práticas era de 30-32 horas. Portanto, eu começava a trabalhar às 8 da manhã e acabava às 8 da noite para ter um dia inteiramente livre para investigação. Preparava uma experiência numa semana para a fazer na seguinte, começando às oito e acabando à noite. Isto dava duas ou três experiências por mês. Assim não dava. Por outro lado, o Prof. Jacobsohn começou a perder força no Departamento e o ambiente tornou-se por vezes tenso.

**Q - Sei que a sua tese tem umas particularidades curiosas no contexto das outras da mesma época...**

REP - Os doutoramentos (até cerca do meio dos anos sessenta) da Faculdade de Ciências eram em Físico-Químicas. Não havia separação entre a Física e a Química. Eu fui o primeiro doutorado em Química da Universidade de Lisboa. Isto em 1966. Pelo Técnico, foi o Fraústo da Silva, mais ou menos na mesma altura. Julgo que fomos os primeiros

doutorados em Química. Em Portugal, nessa época, faziam-se muito poucos doutoramentos. Os que se doutoraram antes de mim na Faculdade de Ciências em Química-Física foram o Prof. Forjaz, ainda no ano de 1916, a Prof. Marieta da Silveira, que fez o doutoramento na Física (na altura do Valadares e do Marques da Silva; creio que ela fez com o Marques da Silva) mas fez a carreira no Departamento de Química, o Fernando Barreira e o Renato Leal. Portanto, em 1966 eu fui o quinto doutorado em 50 anos. Uma média de um doutoramento de 10 em 10 anos porque era muito difícil fazer o doutoramento devido às suas características: primeiro, a qualidade científica, depois, era uma coisa duríssima, aqueles pontos sobre praticamente todas as matérias da Química. Além da tese, tínhamos que estudar muito porque eram sorteados dois pontos que podiam ser das áreas mais variadas e que eram discutidos com os Professores do Júri que eram especialistas no assunto.

A pessoa podia ter muito bom trabalho científico e isso não bastar para se doutorar. Para fazer o doutoramento, tinha que ser trabalho pessoal. Exclusivamente só daquela pessoa, não podia ter o nome de mais ninguém. O trabalho que eu fiz em Oxford deveria ter o nome do Ri-

---

***Eu fui o primeiro doutorado em Química da Universidade de Lisboa. Isto em 1966. Pelo Técnico, foi o Fraústo da Silva, mais ou menos na mesma altura. Julgo que fomos os primeiros doutorados em Química. Em Portugal, nessa época, faziam-se muito poucos doutoramentos.***

---

chard Kulka, o meu tutor, e do Prof. Krebs, além do meu, mas foi um trabalho que acabou por sair só com o meu nome porque me foi dito na altura que de outro modo não o podia usar para doutoramento. (Pelo menos, era assim na Faculdade no final dos anos cinquenta). Tive que explicar isso ao Krebs. Eu disse-lhe «- Pode perguntar ao Prof. Jacobsohn pois foi o que ele me disse», «- Se tu o dizes é porque é verdade. Essa gente é mesmo complicada mas tu não serás prejudicado com isso.» Se fosse no mundo de hoje, talvez tivesse sido muito diferente. Não havia a ambição das pessoas em fazer muitos *papers*.

O Krebs era pessoa maravilhosa, com uma visão muito elevada da Ciência e com grande preocupação pedagógica. Assim, à pergunta sobre que descoberta ele achava que tinha sido mais importante em toda a sua vida científica, ele dizia que não era o ciclo do ácido cítrico, nem o da glicoxalase, nem o da ureia, nem qualquer outro. «- Aquilo que eu fiz de mais importante foi ter espalhado pelo mundo jovens cientistas que trabalham para o desenvolvimento da Ciência. No seu conjunto eles fazem muito mais do que eu fiz.»

Q - *Tentou então repetir os passos do Krebs...*

REP - Eu já tinha esta maneira de ser e portanto fui encontrar algo onde eu me sentia bem, era o meu *way of life*. Por muito que trabalhasse, era muito feliz. As pessoas davam-se muito umas às outras, vibrávamos imenso com qualquer coisa que os outros conseguiam. Não só por eles mas pela própria Ciência que evoluía. Acabei por ficar ligado a este tipo de mundo: dureza de trabalho e paixão. Foi isto que tentei transmitir aos alunos, mesmo quando diziam que eu era horroroso, exigia muito, etc. Mas eu julgo que eles compreenderam que teria de ser assim se queriam ser bioquímicos ou outro tipo de cientista.



Carl Neuberg (1877-1955)



Kurt Jacobsohn (1904-1991)



Walter Bartley (1916-1994)



Sir Hans Krebs (1900-1981)

Na licenciatura em Bioquímica pode haver ovelhas pretas mas tive muitíssimos exemplos de qualidade. Estar no lugar errado gera sentimentos negativos porque é necessário desenvolver truques para fingir que se é tão bom como os outros. É o caso do copiar, do aldrabar, do encostar, etc. quando poderiam usufruir de outros campos onde tenham qualidades apropriadas. Eu penso sinceramente assim. E vi, nos meus tempos de Inglaterra que isto funciona e é importante. As pessoas constroem a sua vida sem andarem enganados.

Também penso, e essa era (e julgo que ainda é) a mentalidade de Oxford, que um bom cientista só se define em condições de dificuldade. Não se deve dar condições demasiado boas aos jovens para ver como é que eles ultrapassam as dificuldades, como é que conseguem vencer. Este tipo de mentalidade de aparente dureza é necessário e deve ser feito logo no princípio porque os estudantes quando vêm do Secundário, e encontram a Universidade com grandes exigências e durezas, eles aceitam. Se isto é feito depois do primeiro ano, é muito mais difícil introduzir este tipo de atitude.

**Q - Quando vai para Sheffield encontra a mesma Inglaterra que já tinha conhecido em Oxford?**

REP - Não, embora Sheffield fosse em parte uma espécie de Segunda Oxford.

**Q - De segunda divisão ou replicado?**

REP - Não é bem uma coisa nem outra. Eu fui para Sheffield porque

***Um bom cientista só se define em condições de dificuldade. Não se deve dar condições demasiado boas aos jovens para ver como é que eles ultrapassam as dificuldades, como é que conseguem vencer.***

queria estar num sítio onde me sentisse bem. Fui trabalhar com o Walter Bartley, que tinha trabalhado com o Krebs e estava em Oxford quando eu também lá estava. Tinha ido para lá também alguns ex-alunos dos meus anos de Oxford, que agora eram *lecturers*. Portanto, eu sentia-me muito bem. Assim pude propôr o trabalho de pós-doutoramento, não dentro da investigação do Bartley mas da minha própria, ou seja, a continuação dos trabalhos de Oxford e de Lisboa.

Mas respondendo à diferença que encontrei em relação a Oxford é que ali as pessoas eram mais profissionais da Ciência. Normalmente, aos sábados só eu e o Prof. Walter Bartley é que trabalhávamos. Nos outros dias, raramente trabalhavam depois das cinco da tarde. Em Oxford não era assim, o espírito era outro. Contudo, havia grande solidariedade e respeito pelo trabalho dos outros.

**Q - Entretanto, regressando atrás, acabou por fazer o Ph. D. em Sheffield. Porquê, se já tinha o doutoramento?**

REP - Fui para pós-doc mas as minhas relações com o país eram complicadas. Eu tinha pensado em voltar e haviam duas hipóteses: voltar para a Faculdade (se não me queriam como docente, para a carreira de investigação) ou para a Gulbenkian, que na altura estava em construção. Entretanto surgiu a oportunidade de ir com um contrato para Universidades estrangeiras, para o Canadá, ou para S. Francisco. A única objecção era eu ser doutorado em Química e em Portugal. Assim, aproveitei parte do trabalho de pós-doc para fazer o doutoramento em Bioquímica.

Mas entretanto as coisas complicaram-se porque os contratos para as universidades estrangeiras eram de dois anos. Eu já tinha cinco filhos e a logística de mudar para S. Francisco (a universidade escolhida) era muito complicada. Eu tinha uma bolsa do Instituto de Alta Cultura que, não voltando para Portugal, teria de pagar. Por outro lado, pensava que podia ser

útil ao país. Vim para cá sem emprego. O director do LFEN (Laboratório de Física e Engenharia Nuclear) era o Dr. Carlos Cacho que tinha sido meu assistente de Electricidade. O João Sousa Lopes estava lá (dirigia o Departamento de Física) e falou ao Cacho. Fui então para director científico do Departamento de Biologia.

**Q - Alguns anos depois vem o 25 de Abril. Como é que isso o afectou?**

REP - Estava a organizar um grupo de Bioquímica e as coisas começavam a funcionar. O vinte cinco de Abril foi para mim muito importante, extremamente bonito e envolvi-me bastante e com alegria. Mas houve naturalmente um decréscimo da investigação. Por outro lado, o Professor Jacobsohn jubilou-se em 1974 e alguns estudantes, incluindo o actual Prof. Pedro Moradas Ferreira, falaram-me para eu ir dar a Bioquímica na Faculdade como professor convidado. Isso prejudicava a investigação do grupo mas, por outro lado, achava que era um dever aceitar. O Departamento de Química fez-me o convite e eu aceitei, acumulando com o serviço do LNETL. Era uma vida difícil.

**Q - E a passagem definitiva para a Faculdade de Ciências de Lisboa? E a ideia do curso de Bioquímica?**

REP - Entretanto abriram concurso na Faculdade. Eu entrei quando entraram o Prof. Virgílio Meira Soares (actualmente Reitor) e o Prof. Carlos Castro.

Depois de estar a tempo inteiro e exclusivamente na Faculdade, comecei a pensar numa licenciatura em Bioquímica. Em Inglaterra a licenciatura existia desde o final dos anos trintas, se não estou em erro.

***O vinte cinco de Abril foi para mim muito importante, extremamente bonito e envolvi-me bastante e com alegria.***

Eu achava fundamental fazer uma estrutura que fosse, tanto quanto possível, de Bioquímica, não de Química mais Biologia (como em Coimbra), mas de Bioquímica. Bioquímica não é uma soma de Química e Biologia. Envolve cultura de Química, Biologia, Física e Matemática mas em si não é a soma destas partes. É algo especial que tem factores interactivos. Acaba por ser o resultado de uma função que não é somável. Era isso que eu queria e o Prof. Jacques Calazans ajudou-me muito nessa fase, e depois a Professora Ana Ponces. Trabalhámos muito nisto e a faculdade mandou o projecto para o Ministério. Eu queria um ano de investigação obrigatória num curso de cinco anos, mas o ministro criou grandes obstáculos. Só permitiram, ao fim de várias propostas, colocar a investigação como se fosse uma disciplina semestral num curso de quatro anos. Foi o que ficou.

**Q - O que ficou no papel.**

REP - No papel. Como eu não concordava que em seis meses se pudesse fazer investigação séria, ainda por cima em *part-time*, começou o sacrifício dos alunos que era ter uma coisa oficial e outra não oficial. A cadeira "estágio" era feita realmente no ano seguinte ao quarto ano da Licenciatura, em que os alunos se tornavam oficialmente "repetentes". Era muito útil na parte científica embora fosse prejudicial na parte humana (adiamento de incorporação militar, bolsas, etc.). Investi mais na parte científica pensando que um dia os estudantes me desculpariam pela parte humana. E começaram a desculpar-me quando dos vários grupos de investigação do país, me vinham dizer que em média as melhores pessoas que tinham eram os Licenciados de Bioquímica da FCUL. Portanto, isto dava-me uma certa satisfação.

**Q - Hoje, olhando para trás, valeu a pena?**

REP - A maneira como a licenciatura foi feita, não era aquilo que eu queria que fosse. Isso não foi aceite pelo Ministério.

**Q - Quais eram as grandes orientações para a licenciatura?**

REP - Havia duas coisas que nunca se fizeram: um ramo experimental e um ramo teórico desde a origem. A ideia era desenvolver um campo que está ainda muito atrofiado e levar Portugal a estar no princípio das coisas. Isto era o ramo teórico. Outro aspecto era nós termos disciplinas nossas desde o primeiro ano, sem estarem metidos os químicos, os físicos, etc. Serem nossas mesmo, o que não se conseguiu porque se acabou por juntar muitas delas com os químicos, o que gerou que a filosofia das disciplinas da Matemática e da Física não era aquela que eu queria mas aquela que foi feita para a Química e Bioquímica juntas. Se eu puz "muita" Matemática no curso foi porque a Matemática desenvolve o tipo de raciocínio e mentalidade lógico-indutiva, que é muito importante na Bioquímica. Também, para os ajudar nos cálculos concretos, para ajudar a resolver problemas quantitativos. Estes dois aspectos, um de carácter filosófico, outro prático, são fundamentais. Na Física, queria que fosse essencialmente dada como uma forma dos alunos aprenderem a Ciência através da Física. A Física é a mãe da Ciência. Tratam-se ideias para resolução de problemas tendo a abstracção como o essencial das coisas, indo buscar a Matemática para o tratamento dos problemas em si mesmo. É a procura do fundamental em cada fase do desenvolvimento. Gera-se uma necessidade do racional. É essa necessidade que motiva os alunos.

**Q - Está contente com os resultados da licenciatura?**

REP - No final estou contente numa percentagem aí de uns 70%, não 90% como eu gostaria que fosse, porque há muitas falhas.

**Q - E o que nasce torto tarde ou nunca se endireita, ou ainda há esperança?**

REP - A reestruturação feita há pouco tempo melhorou alguns pontos, mas noutros não. Milagres é impossível, porque não entram novos professores, as instalações são

as de um projecto de há cerca de 20 anos e destinavam-se a bacharelados. Como se não bastasse, aplicam-se critérios estrangeiros sem os analisar profundamente. Estou a falar das razões docente/aluno. No estrangeiro os professores levam as suas equipas de investigação para auxiliarem e colaborarem nas aulas. Quando eu estava em Oxford era vulgar haver um docente para dois alunos. Na contagem formal não é assim, mas na prática é assim. Em Portugal foi feita uma aplicação destes critérios às cegas, sem se atender à realidade.

**Q - E o problema económico português?**

REP - O nosso problema económico é de má gestão, quer do que se faz quer de onde o dinheiro é usado. Veja a questão das avaliações (não me refiro à das Universidades), o que se paga aos estrangeiros que cá vêm, o que se paga de viagens e estadias para depois os cientistas que vêm serem frequentemente analfabetos em relação ao que avaliam e revelarem falta de espírito científico pela subjectividade das suas opiniões. Aos portugueses também se paga e, num meio tão pequeno, acabam por ser juizes em causa própria. Portanto esta é uma situação que de todos os pontos de vista, incluindo o ético, é altamente negativa. Depois geram-se empatias, "amiguismos" ou ódios. Se querem mesmo este sistema, então usem estrangeiros mas que em cada campo sejam autoridades mundiais. Se as entidades responsáveis não os conhecerem podem perguntar-nos, como fazem muitas revistas quando se submete um manuscrito. Ficaria muito mais barato mandar os projectos pelo correio e pedir os pareceres. Pelo menos já não aconteceria o problema de dar dinheiro a quem por vezes pouco conhece do que avalia e não dar a cientistas muito bons. Por outro lado, a maior quantidade das verbas vai para as áreas aplicadas. Só se sobrar qualquer coisa é que dão para a investigação fundamental. É triste que digam que o projecto é excelente ou muito bom e depois não haja verbas.

**Veja a questão das avaliações (não me refiro à das Universidades), o que se paga aos estrangeiros que cá vêm, o que se paga de viagens e estadias para depois os cientistas que vêm serem frequentemente analfabetos em relação ao que avaliam e revelarem falta de espírito científico pela subjectividade das suas opiniões. Aos portugueses também se paga e, num meio tão pequeno, acabam por ser juízes em causa própria.**

**Q - Uma vez que é Presidente do Instituto de Investigação Científica Rocha Cabral, como concilia essas posições com o pragmatismo de necessitar de financiamentos?**

REP - O Instituto Rocha Cabral teve boa investigação desde o meio dos anos vintes. Por exemplo, o Egas Moniz fez lá o trabalho experimental com animais e depois teve o Prémio Nobel pela aplicação nos humanos, a nível hospitalar. Com a vinda do Prof. Jacobsohn, em 1929, fez-se investigação de grande qualidade, para o panorama de Portugal. Havia dinheiro em quantidade razoável até que, devido à inflação no Brasil, o Instituto ficou bastante pobre. Quando eu vim de Oxford, em 1959, encontrei o Rocha Cabral a viver de balões de oxigénio da Fundação Gulbenkian. Antes dela, o Rocha Cabral foi a única Fundação que tinha um instituto de investigação científica.

Agora precisamos de ajuda da JNICT e de gastar o mínimo com um máximo de rendibilidade. Esta é uma das razões por que o Instituto só faz actualmente investigação teórica (Bioquímica Computacional).

**Q - A ideia do Rocha Cabral fazer um instituto de investigação é curiosa. Como foi?**

REP - Deve-se tudo ao Professor Ferreira de Mira, que além de ser Professor de Medicina era um homem de grande cultura que escrevia para os jornais. Havia outros de grande cultura e valor profissional na Escola Médica portuguesa, como por exemplo Egas Moniz, Pulido Valente, Reinaldo dos Santos, e Celestino da Costa. A Escola Médica portuguesa foi uma escola notável. Neste país tudo se esquece com facilidade.

O Prof. Ferreira de Mira escrevia em jornais sobre a fraca investigação em Portugal e de como havia gente muito capaz nas Faculdades mas a investigação era sempre muito pobre devido à falta de condições (laboratórios e hábitos de investigação). Escrevia nos jornais sobre a necessidade de laboratórios dedicados à investigação. O Bento da Rocha Cabral deixou em testamento muitos dos seus bens (incluindo o palacete junto ao Largo do Rato) para se fazer uma Fundação que incluía um instituto de investigação científica no campo das ciências biológicas. O director seria o Prof. Ferreira de Mira, que ele não conhecia senão dos escritos. A calçada onde estava o palacete chamava-se Calçada da Fábrica da Seda, nome que foi mudado pela Câmara Municipal para Calçada Bento da Rocha Cabral.

O Ferreira de Mira, sendo Professor de Fisiologia percebeu que não havia Bioquímica em Portugal.

**O Instituto Rocha Cabral teve boa investigação desde o meio dos anos vintes. Por exemplo, o Egas Moniz fez lá o trabalho experimental com animais e depois teve o Prémio Nobel pela aplicação nos humanos, a nível hospitalar.**

Havia pessoas que se interessavam por Bioquímica e faziam alguma investigação médica, na Química Fisiológica, na Farmacologia, na Química Patológica, etc. A Bioquímica acabou por nascer, em Portugal, no seio da Medicina, não na Química. A ideia que a Bioquímica tinha uma natureza quantitativa ou semi-quantitativa e podia ser feita na ausência de células separava a Bioquímica da Química-Fisiológica. O Ferreira de Mira quis começar no Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral a Bioquímica propriamente dita, em Portugal. Mandou então para todos os centros mais importantes (não havia muitos nessa altura) da Alemanha e da Inglaterra, convites a bioquímicos acabados de doutorar que quisessem vir para Portugal. O Prof Jacobsohn tinha acabado de se doutorar em Berlim com o Carl Neuberg (a quem se deve o termo Bioquímica para a disciplina nascente no princípio do século XX) e que foi, também, um dos gigantes construtores da Bioquímica. O Prof Jacobsohn casou e veio logo para cá (a viagem de núpcias é praticamente no comboio) e vem dirigir a secção de Bioquímica do Instituto em 1929. Em 1935 adquiriu a nacionalidade portuguesa e nessa altura o Prof. Forjaz convidou-o para docente da Faculdade de Ciências para reger o curso teórico de Noções Gerais de Química-Física. Colaborou com o Prof. Pereira Forjaz e com o Professor Ferreira de Mira em vários livros de texto (Química Geral, Química Orgânica, etc.). Cerca de trinta anos depois da chegada a Portugal, era Professor Catedrático, tendo sido também Vice-Reitor a meio dos anos sessenta.

**Q - Como perspectiva o seu futuro? Uma oportunidade de retomar a velha paixão da Arte, apenas?**

REP - Sim, vou tentar utilizar mais tempo para trabalhar em pintura, mas a maior parte do tempo será dedicada à investigação e a outras obras ligadas à Bioquímica, a minha outra paixão que é, também, actividade profissional.



# Ensino Lúdico

ÁLVARO M. FOLHAS FERREIRA \*

**Construir o saber nos nossos Alunos, passa por conhecer as suas motivações, e criar argumentos na aula, que a tornem especial e apelativa. A ruptura com processos tradicionais face à irreverência da puberdade, é um factor de grande importância para a aprendizagem da Física e da Química. Podemos canalizar os estímulos resultantes da Crise de Identidade destes jovens, através de elementos lúdicos aplicados a Aulas de Revisão, para favorecer não só a aquisição e compreensão dos conceitos e o apelo à disciplina, como o desenvolvimento de outras características desejáveis em alunos do 3º Ciclo.**

O 8º Ano do 3º Ciclo do Ensino Básico apresenta aos Alunos uma nova disciplina - " Ciências Físico-Químicas ". A faixa etária em que se encontram estes Alunos (13 -15 anos) é marcada por uma certa irreverência e contestação tão características da puberdade. Se por um lado, uma disciplina nova no rol, garante sempre alguma expectativa, por outro, os jovens nesta fase da sua vida, quer pelo fulgor e intensidade com que a vivem, quer pelas variadas solicitações de que são alvo pelo nosso quotidiano, facilmente se dilui a expectativa, e com ela o interesse pela disciplina de Ciências Físico-Químicas. Se acrescentar ao exposto, o rótulo de dificuldade apregoado por alguns Alunos mais velhos, completa-se o cenário que ilustra uma grande parte das pautas de avaliação dos nossos Alunos nesta disciplina.

Inverter esta tendência é um desafio pelo qual vale a pena lutar. Os novos programas do 3º Ciclo, pelo interesse que os reveste, bem como pela estreita ligação ao quotidiano, possibilita tornar particularmente apelativa esta disciplina, e, se aliarmos a este aspecto, o ensino através de modelos construtivistas, temos praticamente garantido o desafio. Mas este assunto, pela sua elevada importância e dimensão, não vai ser

o alvo desta rubrica.

Construir o saber nos nossos Alunos, passa por conhecer as suas motivações, e criar argumentos na aula que a tornem especial e apelativa. Aulas ao ar livre, quando a Unidade em estudo a tal se propicia, oferecem não só uma maior formação técnica, casando o conceito ao quotidiano, o que vinca a aprendizagem, como liberta o espírito do Aluno do efeito psicológico de estar "amarrado" a uma carteira, entre quatro paredes. A criação de miniprojectos de estudo sobre os temas em causa, com a devida ponderação nos objectivos e no tempo disponibilizado, de modo a não comprometer demasiado, nem o tempo do Aluno, nem a exequibilidade do programa, são também muito construtivos a vários níveis. Artíficos vários, como já illustrei em publicação anterior (Química nº 64), que conquistem os Alunos, tendo em conta o seu perfil sócio-cultural e estádio etário.

Poderão alguns Docentes afirmar que haverá sempre aulas que não permitem a ruptura com a tradição. Não serei contrário a isso, mas temos que fazer um apelo à nossa imaginação para contrariar a tendência - " Ninguém voa que não o faça contra o vento" . Um exemplo, são as tradicionais Aulas de Revisão de Conteúdos.

As aulas de Revisão são de particular importância para colmatar falhas nos conceitos, e garantir a satisfação de dúvidas postas pelos Alunos, bem como para testar a correcção científica dos conceitos adquiridos.

Tendencialmente, somos conduzidos à tradicional aula de giz e quadro, mas não tem que ser necessariamente assim. A sugestão que apresento, tem-se revelado bastante profícua a nível do 3º Ciclo (onde tem sido posta em prática), e consiste na apresentação de um Jogo (Fig.1) do género "Jogo da Glória", a ser disputado em grupos de 4 Alunos, constituídos em 2 equipas. A cada grupo são distribuídos tabuleiros, dados e pinos, e a cada Aluno a ficha de questões (Fig.3) para o Jogo, que funcionará posteriormente como

material de estudo. Na aba do tabuleiro está o Regulamento do Jogo, com o valor das figuras nele observadas (Fig.2). Cada equipa terá que responder correctamente à questão da folha para poder lançar o dado e mover o seu pino no tabuleiro. Após esta jogada, será a vez da equipa adversária, salvo indicação do Jogo em contrário, a responder à questão seguinte, procedendo-se sempre de modo igual até que uma das equipas atinja o Diploma. A Correcção científica das respostas dadas pode ser assegurada, ou através de uma folha de respostas, com disposição aleatória de modo a não viciar o jogo, ou então, no caso de Turmas que ofereçam garantias, deixar que cada equipa controle a resposta da sua congénere adversária, inquirindo-a sobre a mesma. Neste caso, o efeito pretendido, bem como o estímulo, serão maximizados.

Paralelamente, na folha de questões, estabeleço uma grelha de aprendizagem, onde os Alunos registarão as maiores ou menores dificuldades sentidas em relação a cada questão ou lote de questões. O papel do Docente neste processo consiste em averiguar a qualidade das respostas dadas, limando arestas quando tal se afigura necessário, tendo sempre presente o desenvolvimento do exercício de autonomia que este processo configura. Facilmente se consegue uma maior cobertura da Turma, na consolidação dos seus conhecimentos científicos, bem como proporciona uma maior dinâmica de grupo e sentido de entajuda, favorecendo o exercício da autonomia e o estímulo para a disciplina. Os ajustes ao método são sempre legítimos, em função das características das turmas, de modo a satisfazer os objectivos destas aulas.

Será sempre desejável, não nos socorrermos sempre do mesmo tabuleiro, mas elaborar, de tempos a tempos, modelos diferentes, ou outra qualquer forma de conseguir os objectivos, de modo a evitar que se instale uma certa monotonia processual que apagara a chama da expectativa do Aluno.

A aplicação desta estratégia deverá ser feita, não no fim de cada Unidade Temática, mas ao fim de cada módulo da mesma, bastando para isso, em muitos casos, o recurso a 15 ou 20 minutos finais da aula.

Tudo depende da dinâmica da Turma, da temporização estabelecida pelo Docente na sua planificação da Unidade Temática face aos recursos oferecidos pela Escola e às características dos Alunos, de modo a não compro-

meter a exequibilidade do Programa, face aos objectivos do mesmo.

*\* Escola C+S de Oliveira de Frades*

### Jogo do Crânio

Início	1	2		4	5		7		9
19		17			14		12		10
20	21			24		26		28	29
39	38			35			32		30
40			43		45	46		48	

### Regras do Jogo:

O objectivo do jogo é chegar primeiro ao diploma. Para isso cada equipa, na sua vez de jogar, primeiro terá que responder à pergunta da ficha e, só se acertar,

poderá lançar o dado, caso contrário passa a vez ao adversário. Após o lançamento do dado, avança o nº de casas correspondentes ao valor do dado.

Ao longo do percurso existem muitas figuras. Se a vossa pedra cair sobre uma delas efectuarão a tarefa do jogo que lhe corresponde e que está descrita abaixo.

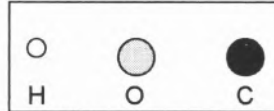
Figura	Descrição	Figura	Descrição
	Pausa para o café. O adversário joga duas vezes		Fogo. Aqui vais ficar a arder. Tens que esperar até que o adversário te ultrapasse.
	Bomba Hidráulica. Com este empurrão avanças 4 casas.		Motor eléctrico. Tens direito a mais 2 jogadas.
	Gelo. Aqui patinas. Jogas o dado novamente, e recuas o nº de pontos obtido.		Bomba. AZAR. Voltas para o Início.
	Bicicleta. Apanhaste transporte. Podes jogar novamente.		Diploma. És o Vencedor.

## Perguntas do Jogo Unidade 2 - Substâncias Químicas

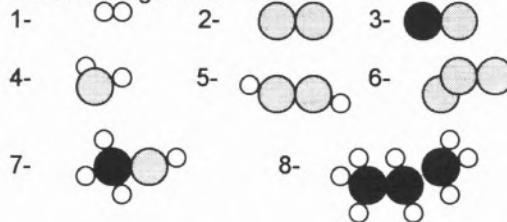
Cada equipa, para lançar o dado terá que responder correctamente à pergunta, devendo registar, para cada uma delas, se não compreendeu a resposta, se compreendeu mas com dificuldade ou se compreendeu bem. Isto possibilita-te uma melhor organização do teu estudo.

### A - Verdadeiro ou Falso

- 1- A matéria é constituída por corpúsculos em movimento, entre os quais existem espaços vazios.
  - 2- A temperatura diminui a velocidade de agitação das partículas.
  - 3- Quanto maior for a pressão exercida num gás, mais afastadas ficam as suas partículas.
  - 4- Quanto maior for a pressão exercida num gás, menor será a sua temperatura.
  - 5- Os corpúsculos constituintes da matéria no estado sólido têm mais liberdade do que quando a matéria está no estado líquido.
  - 6- Quanto maior for a temperatura maior o volume que um gás tende a ocupar.
- 3- Substância composta é aquela cujas moléculas são formadas por átomos de elementos \_\_\_\_\_
  - 4- Quando temos um material constituído por moléculas diferentes damos-lhe o nome de \_\_\_\_\_.
- E- Classifica as seguintes substâncias representadas por fórmulas como Substância Elementar ou Substância Composta .
- 1- O<sub>3</sub>    2- H<sub>2</sub>O    3- S<sub>8</sub>    4- NH<sub>3</sub>
- F- Considera os modelos de átomos:



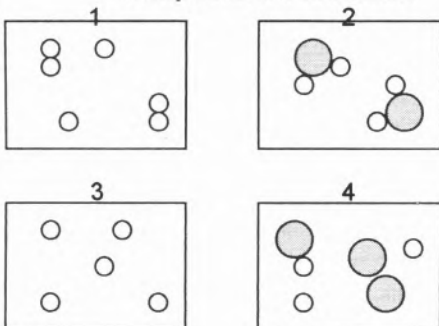
Escreve as fórmulas químicas referentes aos modelos seguintes:



### B - Risca as opções incorrectas

- 1- Tapou-se uma lata depois de ter sido aquecida. Ao arrefecer, o seu volume aumentou/ficou igual/diminuiu .
- 2- As moléculas de água a 80°C têm maior/menor agitação do que à temperatura ambiente .
- 3- Se comprimir o ar numa seringa a sua temperatura sobe/desce.
- 4- Se aquecer uma lata tapada com ar no seu interior, a pressão dentro da lata diminui/aumenta.

### C- Classifica os esquemas seguintes como substâncias elementares, substâncias compostas ou misturas.



### G- Preenche o quadro seguinte:

	nº molécula	nº átomos por moléc	nº total de átomos	nº total de átomos P
3 P <sub>4</sub>				
2P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>				
3P				
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>				

### Balço da aprendizagem

Questões	não percebi	tenho dúvidas	percebi bem
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

### D- Completa as frases:

- 1- As moléculas de qualquer substância são constituídas por \_\_\_\_\_.
- 2- Uma substância cujas moléculas são constituídas por átomos do mesmo elemento chama-se substância \_\_\_\_\_

**Bom Trabalho**

# A Sonoquímica

FERNANDO GLENADEL BRAGA\*

Um número crescente de investigadores tem-se dedicado a um novo campo de pesquisa que estuda o efeito das ondas ultra-sónicas na reactividade química. À semelhança de várias outras técnicas modernas, poder-se-ia pensar que a Sonoquímica estaria envolta em muitas dificuldades experimentais, tais como a necessidade de equipamentos caros e sofisticados ou de uma considerável especialização num campo particular de investigação. Na realidade, a Sonoquímica mostra-se cada vez mais atraente, não apenas devido aos baixos custos envolvidos, mas também ao facto de a sua aplicabilidade se estender, praticamente, a qualquer área da Química.

## INTRODUÇÃO

Para compreender a origem e evolução das tecnologias que empregam os ultra-sons é preciso voltar ao início deste século. Em Abril de 1912, o navio de luxo S. S. Titanic afundou após a colisão com um icebergue no Oceano Atlântico, sendo organizada uma competição internacional para encontrar o melhor meio de evitar a repetição de tal desastre. Em 1917, seguindo a sugestão do norte americano L. R. Richardson de uma técnica baseada na detecção de ecos, o francês Langevin desenvolve o primeiro sistema de rastreio eficiente que utilizava este princípio, o sonar. Langevin que originalmente havia investigado os ultra-sons como uma possível técnica de detecção de submarinos teve, no entanto, que esperar até que fossem desenvolvidos os primeiros transdutores piezoeléctricos para obter resultados satisfatórios.

Utilizando os transdutores recentemente desenvolvidos, Richards e Loomis efectuaram o trabalho pioneiro quanto às aplicações do ultra-son em reacções químicas na década de 20, num estudo clássico sobre os efeitos de ondas sonoras de alta frequência numa variedade de soluções, sólidos e líquidos puros [1]. Surpre-

endentemente, apesar da primeira pesquisa sistemática relatada dos ultra-sons em Química Orgânica ter ocorrido em 1938, é apenas no final da década de 70 que esta técnica começa a despertar um interesse generalizado, nomeadamente na diminuição dos tempos de reacção.

O actual desenvolvimento nos métodos sonoquímicos tem sido rápido por várias razões. Questões científicas fundamentais chamam a atenção dos investigadores, tais como se a falta de selectividade química observada seria uma propriedade derivada das ondas ultra-sónicas, ou se seria possível, sob condições diferentes, obter novos efeitos úteis e selectivos, ou ainda se a maioria dos resultados obtidos com soluções aquosas homogéneas poderia ser transposto para meios orgânicos, homogéneos ou heterogéneos. Este interesse renovado é também devido aos avanços técnicos, pois a comercialização de geradores ultra-sónicos para actividades laboratoriais de rotina como a limpeza e a desgaseificação de soluções, provavelmente encorajaram muitos cientistas a tentar, algumas vezes com sucesso, melhorias em uma série de reacções problemáticas através da irradiação ultra-sónica.

Neste texto, o símbolo ))) será usado para indicar que uma dada reacção foi submetida à irradiação ultra-sónica. O símbolo para reacções sem irradiação, isto é, efectuadas apenas com agitação será ∩.

## OS EQUIPAMENTOS SONOQUÍMICOS

### O banho ultra-sónico

Entre os vários tipos de equipamentos sonoquímicos destinados à escala laboratorial, o banho ultra-sónico de limpeza é, sem dúvida, o aparelho mais usado. Neste caso, a fonte de ultra-sons é um material piezoeléctrico que está ligado à parede do banho ultra-sónico a partir de onde transmite a radiação para o meio reagente.

Um material piezoeléctrico é aquele que ao ser submetido a uma pressão numa secção da sua superfície, gera uma carga em cada face oposta, igual em valor absoluto, mas de sinal contrário. Da mesma forma, se forem aplicadas cargas simétricas, a cada uma das faces opostas numa secção, a totalidade da secção de um material piezoeléctrico expandirá ou contrairá, dependendo da polaridade das cargas aplicadas. Assim, ao submeter-se este tipo de material a uma corrente alternada com a frequência correcta, é possível transmitir vibrações ultra-sónicas a qualquer meio com que esteja em contacto.

O esquema básico de um banho ultra-sónico (ver Fig. 1) consiste em um ou mais transdutores piezoeléctricos ligados à parte exterior de um reservatório em aço inoxidável (normalmente à base).

### A sonda de imersão directa

A principal desvantagem do banho ultra-sónico como fonte de energia para a sonoquímica é a quantidade de energia relativamente baixa que transmite ao sistema reaccional. Este inconveniente pode ser ultrapassado pela utilização da sonda de imersão directa, que permite uma irradiação até 100 vezes mais intensa do que a do banho.

De forma a aumentar a quantidade de energia disponível para uma dada reacção é desejável introduzir a radiação directamente no sistema, evitando assim a dissipação e reflexão causadas pelo líquido necessário ao transporte das ondas e pelas paredes do recipiente. O meio mais simples

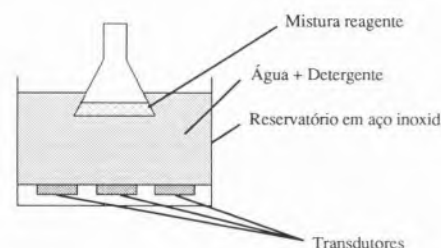


Fig. 1 - O banho ultra-sónico.

seria imergir um transdutor na solução. Entretanto, a quantidade máxima de energia (amplitude vibracional) gerada por este sistema não é muito grande e, se expusermos um cerâmico piezoelétrico a uma corrente excessiva, ele provavelmente romperá. É possível amplificar a amplitude vibracional através da ligação ao transdutor, de uma barra metálica especialmente desenhada para este fim. Esta barra, que é chamada trompa sónica, não só amplia a energia acústica disponível, como também permite que o transdutor não entre em contacto com a reacção química (apenas a ponta da barra é imersa no líquido). É este conjunto de transdutor e trompa que se designa por sonda sonoquímica (ver Figura 2).

### A CAVITAÇÃO

Os efeitos causados pelos ultrasounds podem ser atribuídos a três fenómenos diferentes. Inicialmente, há um rápido movimento de fluido causado pela variação da pressão sónica que sujeita o líquido a períodos de compressão e rarefacção. O segundo fenómeno, de longe o mais importante, é a *cavitação*. Geralmente, é aceite que a formação e o colapso de microbolhas (cavitação) são os responsáveis pela maioria dos efeitos químicos observados. As microbolhas produzidas pela sujeição de um líquido à energia ultra-sónica podem ser *estáveis* e oscilar em torno de um tamanho médio, ou *instáveis* por crescerem até um determinado tamanho antes de implodirem violentamente e gerarem ondas de choque que algumas vezes produzem radiação electromagnética e gases luminescentes. São estas microbolhas instáveis as principais responsáveis pelos efeitos sobre as reacções químicas. A implosão cria, momentaneamente, pressões locais de vários GPa e temperaturas no centro da bolha entre os 10<sup>4</sup> e os 10<sup>6</sup> K. Um terceiro fenómeno tem a ver com o transporte acústico devido à existência de uma grande quantidade de energia vibracional num pequeno volume.

### A SONOQUÍMICA

A sonoquímica começou, cerca de 70 anos atrás, como um estudo dos efeitos dos ultra-sons sobre soluções aquosas homogéneas, sendo a sonólise da água o primeiro caso estudado. Na Tabela 1 estão algumas das reacções sonoquímicas homogéneas aquosas nas quais os produtos foram bem caracterizados. Entre estas reacções, uma extensa lista de oxidações e reduções de várias espécies inorgânicas foi relatada. Várias substâncias orgânicas foram também irradiadas em soluções aquosas ou em suspensões, resultando, geralmente, em produtos de degradação.

### A sonoquímica homogénea não-aquosa

Da mesma forma que foi estabelecido que a evolução sonoquímica de um soluto em água é directamente dependente do solvente, tem sido pesquisado o comportamento individual no caso de soluções não-aquosas. De facto, a maioria dos solventes testados mostraram ser instáveis sob a irradiação ultra-sónica e capazes de influenciar a eficiência da reacção pela variação da pressão de vapor do meio.

Até recentemente, poucos exemplos de reacções monomoleculares deste tipo haviam sido publicados. Estes incluíam a lenta degradação de solventes comuns, a aceleração do rearranjo de Curtius e a despolimerização de materiais com alto peso molecular. Entre estes exemplos, o rearranjo de Curtius é, provavelmente, o mais conhecido. A benzoilazida (1), irradiada em benzeno, leva à formação do isocianato de fenilo (2), com uma velocidade sete vezes mais alta do que simplesmente sob agitação à mesma temperatura. O rendimento, todavia, é baixo [13].

Se o mecanismo das reacções monomoleculares em meio homogéneo é relativamente simples de prever, os processos nos quais mais de uma espécie estão envolvidas são bem mais difíceis de compreender. Até hoje, com a provável excepção

de reacções em que intervêm gases dissolvidos, nenhuma explicação de carácter geral foi proposta e, como consequência, a pesquisa de novas reacções tem-se baseado largamente no empirismo.

É importante realçar que pela escolha adequada do solvente e das condições experimentais (líquidos pouco voláteis a baixa temperatura), as velocidades de degradação dos solventes não-aquosos podem ser tor-

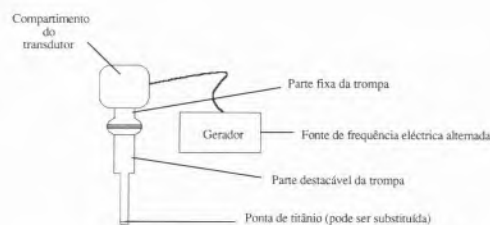
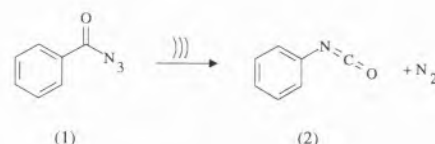


Fig. 2 - Diagrama esquemático de uma sonda de imersão directa.



Esquema 1 - O rearranjo de Curtius.

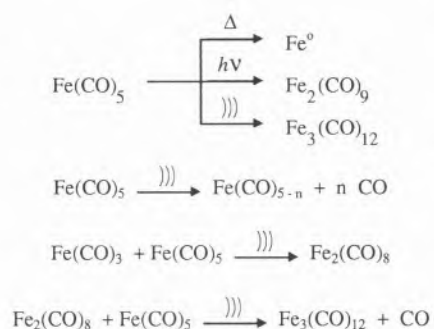
Tabela 1 - Resumo de algumas reacções sonoquímicas em solução aquosa.

Reagente presente	Produtos principais	Referência
Gases		
O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	2
N <sub>2</sub>	HNO <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub> , NH <sub>2</sub> OH, NH <sub>3</sub>	3
N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	3
CO + H <sub>2</sub>	HCHO	3
Iões inorgânicos		
Br <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>	Br <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub>	4
Ce <sup>4+</sup>	Ce <sup>3+</sup>	4
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	5
I <sup>-</sup>	I <sub>2</sub>	6
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	MnO <sub>2</sub> + Mn <sup>2+</sup>	4
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cr <sup>3+</sup>	4
Compostos orgânicos		
CCl <sub>4</sub>	Cl <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , HCl, C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , HOCl	7
CH <sub>3</sub> I	CH <sub>4</sub> , I <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> OH, HI, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br	Br <sup>-</sup> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	8
Ácido maleico + Br <sub>2</sub>	Ácido fumárico + Br <sup>-</sup>	9
RCHO	CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> , RCO <sub>2</sub> H	10
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub>	11, 12

nadas bastante lentas, muito mais baixas que a da água. Este facto constitui uma considerável vantagem, já que será possível observar experimentalmente a sonoquímica primária do substrato dissolvido e não as reacções secundárias com fragmentos do solvente. Em geral, o exame de reacções sonoquímicas em soluções aquosas tem produzido resultados de difícil interpretação, devido à complexidade das reacções secundárias que ocorrem com facilidade e é de se esperar que nos estudos futuros sejam empregues, cada vez mais, líquidos de baixa volatilidade.

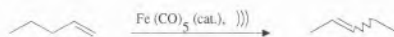
### A sonoquímica homogénea organometálica

Os únicos resultados importantes, sejam para fins teóricos ou práticos, obtidos neste domínio foram publicados por Suslick [3] que descreveu a reacção em que o pentacarbonilo de ferro, sob a acção dos ultra-sons, se comportava de uma forma bem diferente em relação aos mecanismos fotolítico e termolítico (Esquema 2).



Esquema 2 - As várias reacções do pentacarbonilo de ferro.

Esta reacção, na qual o solvente desempenha um papel importante, pode ser utilizada de forma selectiva pela diminuição da energia cavitacional, ou seja, aumentando-se a pressão de vapor do meio. As espécies intermediárias, coordenativamente insaturadas, podem ligar-se a uma base de Lewis ou a um alceno adicionado à mistura. No último caso, ocorre uma isomerização como indicado



Esquema 3 - A isomerização organometálica de alcenos [14].

abaixo (Esquema 3), com uma velocidade  $10^5$  vezes maior do que na reacção sem irradiação.

### A sonoquímica heterogénea

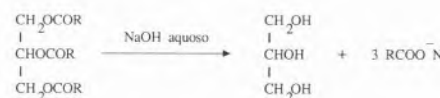
O uso de ultra-sons para acelerar reacções químicas em sistemas heterogéneos vem-se tornando um procedimento comum. Os fenómenos físicos que são responsáveis por este facto incluem a criação de emulsões em interfaces líquido-líquido, o aparecimento de erosão cavitacional, a diminuição da camada de difusão em interfaces sólido-líquido e a melhoria no transporte de massa devido à mistura turbulenta e à agitação acústica.

### A sonoquímica heterogénea líquido-líquido

Um problema comum quando se trabalha em sínteses que envolvem líquidos imiscíveis é os reagentes estarem muitas vezes dissolvidos em fases diferentes. Qualquer reacção entre estas espécies poderá acontecer apenas na região interfacial dos líquidos o que, obviamente, constituirá um processo lento. Para contornar este problema, o investigador poderá empregar um catalisador de transferência de fase (PTC) que transportará os reagentes para uma mesma fase (geralmente a orgânica) e possibilitará uma reacção eficiente entre as espécies. Esta abordagem, entretanto, apresenta dois problemas principais: o custo elevado dos PTC e o facto de serem potencialmente perigosos para os seres humanos, por serem capazes de transportar para o organismo todo o tipo de substâncias químicas dissolvidas na água. Como a irradiação de líquidos imiscíveis cria finas emulsões que possuem áreas de contacto interfacial muito grande e geram um espectacular aumento na reactividade das espécies dissolvidas em fases dife-

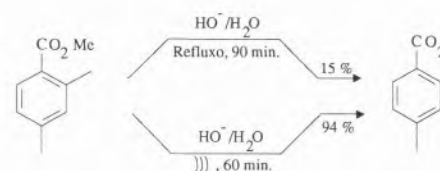
rentes, este efeito pode substituir o uso dos PTC ou pelo menos diminuir a quantidade necessária para uma dada reacção.

Um bom exemplo deste tipo de aplicação é a hidrólise de óleos, ceras e gorduras comerciais (Esquema 4) com hidróxido de sódio aquoso. Devido ao facto das gorduras serem imiscíveis com a solução aquosa da base é usada, tradicionalmente, uma rápida agitação e aquecimento até a fervura para aumentar a velocidade da hidrólise. Este procedimento no entanto, causa alguma decomposição e o aparecimento de produtos corados. Sob condições sonoquímicas, estas hidrólises podem ser feitas rapidamente a baixa temperatura e produzem materiais consideravelmente mais puros [15].



Esquema 4 - Hidrólise de ésteres de ácidos gordos.

A hidrólise de ésteres (Esquema 5), que também é frequentemente efectuada sob condições agressivas, pode ser feita de uma forma mais branda na presença dos ultra-sons. Neste caso, já que o aquecimento macroscópico não existe, o aumento na velocidade da reacção parece relacionar-se com o efeito emulsificante dos ultra-sons [16].

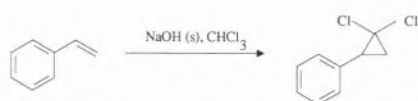


Esquema 5 - Um exemplo da hidrólise sonoquímica de ésteres.

### A sonoquímica heterogénea sólido-líquido

Bases fortes tais como o hidróxido de sódio ou de potássio são frequentemente usadas em reacções com transferência de fase. As velocidades,

contudo, estão limitadas pela superfície do reagente exposto à solução e ao transporte de massa. A síntese e reacção do diclorocarbeno (Esquema 6) constitui uma boa demonstração de como a sonoquímica pode influenciar este tipo de reacções.

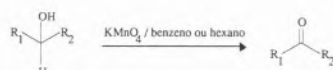


Condições	Tempo (h)	Rendimento (%)
☉ + )))	01	96
☉	16	31

Esquema 6 - Reacção em que o diclorocarbeno é gerado por acção dos ultras-sons [17].

Seguindo a mesma filosofia, uma série de outras reacções têm sido testadas e dentre os melhores resultados estão os de Davidson [18]. Neste estudo, a alquilação de várias aminas secundárias foi seguida como função do tempo, sendo comparados os procedimentos com e sem irradiação.

Em reacções de oxidação e redução, o principal interesse em aplicar os métodos sonoquímicos é para encontrar condições que sejam mais eficientes do que as convencionalmente usadas. No caso das oxidações, por exemplo, os reagentes inorgânicos usuais requerem, além do solvente, a presença de água, o que torna a reacção menos eficiente e dificulta uma purificação posterior. Sob irradiação ultra-sónica (Esquema 8), o permanganato de potássio sólido (suspensão em benzeno ou hexano) pode ser usado para oxidar álcoois sem a presença de água [19].



R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Condições	Tempo (h)	Rendimento (%)
H <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	CH <sub>3</sub>	☉	5	2
H <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	CH <sub>3</sub>	)))	5	92
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -	☉	5	4
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -	)))	5	53
CH=CH	H	☉	3	4
nCH=CH	H	)))	3	82

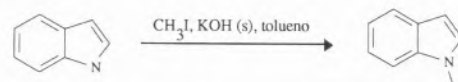
Esquema 8 - Oxidação sonoquímica de álcoois com permanganato de potássio.

## A SÍNTESE ORGANOMETÁLICA

Os compostos organometálicos (Tabela 2) são importantes intermediários para a síntese orgânica e constituem actualmente um domínio de predilecção na pesquisa sonoquímica. Um problema comum em tais sínteses é que as superfícies metálicas são facilmente "envenenadas" (catálise negativa), pela presença de humidade e outras impurezas, tornando a reacção mais difícil. Assim sendo, na maior parte dos casos, os reagentes utilizados devem ser puros e secos e as superfícies metálicas limpas e livres de óxido. A irradiação ultra-sónica elimina a necessidade de tais precauções e permite muitas vezes o uso de reagentes comerciais, o que constitui uma condição invulgar na metodologia clássica da área organometálica.

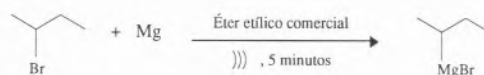
Um bom exemplo deste comportamento consiste na reacção de

Grignard em que é utilizado éter etílico comercial (Esquema 9). Sob o efeito dos ultra-sons, a reacção entre o magnésio e o 2-bromobutano pode ser induzida em 5 minutos neste solvente, enquanto que o método tradicional requer 3 horas [20] devido à presença de água.



Condições	Tempo (h)	Rendimento (%)
20° C, ☉	5	60
20° C, )))	0,5	65

Esquema 7 - Um exemplo da alquilação sonoquímica de aminas.



Esquema 9 - A reacção de Grignard [20].

Tabela 2 - Resumo das principais reacções sonoquímicas organometálicas.

Reagentes orgânicos	Produtos	Referência
<b>Mercúrio</b>		
(R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> BrC) <sub>2</sub> CO + R'OH	(HR <sub>1</sub> R <sub>2</sub> CO)[C(OR')R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> ]	21
<b>Magnésio</b>		
R-Br	R-MgBr	20
<b>Lítio</b>		
R-Br R = (n-Pr, n-Bu, Ph)	R-Li	22
R-Br + R'R''CO	RR'R''COH	23
R-Br + PhCHO	PhC(OH)R	24
<b>Sódio</b>		
Arenos	Na <sup>+</sup> (areno <sup>-</sup> )	25
<b>Potássio</b>		
XH <sub>2</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -CH <sub>2</sub> X	Cicloalcanos	26
<b>Zinco</b>		
RI + R'R''C=O	R'R''C(OH)R	27
RR'C=O + BrCH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> R''	RR'C(OH)CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> R''	28
H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> + RR'C=CR''R'''		29
<b>Cobre</b>		
NO <sub>2</sub> - Ph - I	Ph(NO <sub>2</sub> ) - Ph(NO <sub>2</sub> )	30
<b>Alumínio</b>		
CH <sub>3</sub> I	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Al	31

**A CATÁLISE  
E A SONOQUÍMICA**

Há um grande número de artigos publicados nos quais o uso dos ultra-sons, durante a preparação de catalisadores sólidos, leva a melhorias na actividade catalítica em comparação com os materiais preparados através de métodos químicos semelhantes, mas usando apenas agitação mecânica (ver Tabela 3). O negro de platina, por exemplo, quando preparado pela redução de soluções aquosas de sais de platina com formaldeído, na presença de ultra-sons de baixa intensidade, apresenta uma actividade catalítica três vezes maior em processos como a hidrogenação de alcenos e a decomposição do peróxido de hidrogénio, do que o catalisador produzido sob agitação mecânica a 1000 rpm [32].

Na última década foi observado um espectacular crescimento do interesse no uso de catalisadores e reagentes impregnados em suportes com grandes superfícies específicas tais como a sílica gel, as peneiras moleculares, a alumina e a celite [32]. Em vários casos, o uso combinado dos ultra-sons e de um suporte impregnado com um catalisador significou melhorias numa grande variedade de sínteses inorgânicas e orgânicas [33].

Contudo, o uso dos ultra-sons para facilitar a impregnação de reagentes em suportes sólidos não é novo, existindo referências na literatura desde o início da década de 70. Nesta época, Ranganathan [34] mostrou que a irradiação, por 1 hora, de suspensões aquosas de vários óxidos metálicos ( $Cr_2O_3$ ,  $MnO_2$  e  $Co_2O_3$ ) e alumina, antes da secagem e da calcinação, produzia catalisadores com um alto grau de dispersão metálica e uma grande actividade na decomposição do peróxido de hidrogénio. Do mesmo modo, a redução de uma solução aquosa de hexacloroplatinato de amónio contendo uma suspensão de sílica gel, sob um campo ultra-sónico (440 kHz, 5 Wcm<sup>-2</sup>), resultava num aumento de 80 % na superfície específica do metal quando comparado com um padrão apenas agitado mecanicamente.

A activação de catalisadores ou reagentes inorgânicos não-metálicos pelos ultra-sons, também está bem documentada. Ando [33] demonstrou que para muitas reacções promovidas por sólidos inorgânicos não-metálicos, era necessário haver uma pequena quantidade de água presente para se atingir uma reactividade óptima e em muitos casos esta água era fornecida pelo suporte "inerte". Além do mais, relacionou o número óptimo de moles de água com a energia reticular do reagente inorgânico e afirmou que a função da água é a de activar a superfície do reagente sólido pela remoção de alguns iões superficiais por solvatação. Baseando o seu raciocínio na hipótese de que a água é necessária para a exposição da superfície, Ando argumentou que os ultra-sons poderiam também cumprir este mesmo papel. Esta proposta levou à identificação de várias sínteses sonoquímicas de sucesso, tais como a oxidação de álcoois a aldeídos e cetonas pelo permanganato, a síntese de cianetos de acilo e a preparação de aminonitrilos como precursores de aminoácidos.

A capacidade dos ultra-sons em "limparem" superfícies também tem sido explorada na área da regeneração de catalisadores. O bronze catalí-

tico, usado na produção da acetona a partir do isopropanol, é regenerado a 83% da sua actividade original pela irradiação (18-22 kHz, 6-20 Wcm<sup>-2</sup>) num banho contendo uma solução de ácido sulfúrico, ácido nítrico e dicromato de sódio, enquanto que o tratamento sem irradiação resulta numa regeneração de apenas 63%. Outros exemplos são a regeneração da superfície específica, porosidade e actividade dos catalisadores paládio-alumina,  $TiO_2-V_2O_5$  (usados na remoção dos óxidos de nitrogénio de gases de combustão) e níquel-molibdénio (usado no "cracking" de hidrocarbonetos).

Para além destes efeitos, o uso dos ultra-sons em reacções homogéneas e heterogéneas tem sido alvo de um número crescente de estudos, devido à capacidade potencial para se efectuarem reacções químicas de altas energias em fases condensadas e a temperatura ambiente. Juntamente com esta característica atractiva da sonoquímica, a facilidade na síntese de complexas espécies organometálicas, tem mostrado um impacto particularmente grande em sistemas heterogéneos e não há dúvida de que se encontrarão aplicações práticas em qualquer caso onde o problema é a mistura de reagentes numa interface.

**Tabela 3** - Diversos catalisadores sólidos que já foram alvo de estudos sonoquímicos.

Catalisador	Reacção ou sistema	Referências
Cobre	Hidrogenação de óleos	32
Zinco-cobre	Adição a enonas conjugadas	35, 36
Ferro	Conversão de Fisher-Tropsch	37
Metais do grupo da platina	Hidrogenação	39, 32
	Decomposição do $H_2O_2$	32
	Oxidação do etanol	32
Sílica-gel	Decomposição do $H_2O_2$	32, 33
$Cr_2O_3 / Al_2O_3$	Decomposição do $H_2O_2$	34
Regeneração de catalisadores	$TiO_2-V_2O_5$	38
	Ni-Mo	38



Uma vez que a possibilidade de uma larga utilização da sonoquímica está aberta, quais são os problemas que têm atrasado as suas aplicações num contexto geral? À primeira vista, o estado incompleto da teoria constitui a maior fraqueza. A teoria cavitacional que se prova satisfatória em muitos casos encontra, contudo, limites em alguns dos exemplos citados na literatura [40 e 41] e a melhor hipótese para uma alteração neste aspecto está na criação de uma nova proposta teórica. Luche e Damiano deram o primeiro passo, no final da década de 80, com uma teoria fenomenológica [42 e 43]. Como consequência, um conhecimento mais racional tem sido obtido nos últimos anos e já é possível prever se a irradiação poderá ter alguma possibilidade de sucesso numa dada reacção.

\* Departamento de Química da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Apartado 202, 5001 Vila Real.

#### REFERÊNCIAS

- Richards, W. T., Loomis, A. L., *J. Am. Chem. Soc.*, **49** (1927), 3086.
- Duca, M. D., Yeager, E., Davies, M. O., *J. Acoust. Soc. Am.*, **30** (1958), 301 - 307.
- Suslick, K. S., *Advances in Organometallic Chemistry*, **25** (1986), 73 - 119.
- Andre, L. B., *Rev. Chim. Miner.*, **4** (1967), 283 - 315.
- Sehgal, C., Sutherland, R. G., Verrall, R. E., *J. Phys. Chem.*, **84** (1980), 2920 - 2922.
- Suslick, K. S., Schubert, P. F., Goodale, J. W., *IEEE Ultrason. Symp. Proc.* (1981), 612 - 616.
- Chendke, P. K., Fogler, H. S., *J. Phys. Chem.*, **87** (1983), 1362 - 1369.
- Zechmeister, L., Magoon, E. F., *J. Am. Chem. Soc.*, **78** (1956), 2149 - 2150.
- Lepoint, T., Reisse, J., *Tetrahedron Letters*, **33** (1992), 1055 - 1056.
- Reifsnieder, S. B., Spurlock, L. A., *J. Am. Chem. Soc.*, **95** (1973), 299 - 305.
- Petrier, C., Lamy, M. F., Francony, A., *J. Phys. Chem.*, **98** (1994), 10514 - 10520.
- Okouchi, S., Nojima, O., Arai, T., *Water Sci. Technol.*, **26** (1992), 2053 - 2056.
- Apfel, R. E., *Methods of Experimental Physics: Ultrasonics*, Academic Press; Vol. 19, 1981.
- Suslick, K. S., *Advances in Organometallic Chemistry*, **25** (1986), 73 - 119.
- Einhorn, C., Einhorn, J., Luche, J. L., *Synthesis*, **11** (1989), 787 - 813.
- Davidson, R. S., Safdar, A., Spencer, J. D., Lewis, D. W., *Ultrasonics*, **25** (1987), 35.
- Moon, S., Duchin, L., Cooney, J. V., *Tetrahedron Letters*, **35** (1979), 3917.
- Regen, S. L., Singh, A., *J. Org. Chem.*, **47** (1982), 1587.
- Davidson, R. S., Patel, A. M., Safdar, A., Thornhwaite, D., *Tetrahedron Letters*, **24** (1983), 5907.
- Yamawaki, J., Sumi, S., Ando, T., Hanafusa, T., *Chemistry Lett.* (1983), 379.
- Sprich, J. D., Lewandos, G. S., *Inorg. Chim. Acta*, **76** (1982), 1241 - 1242.
- Fry, A. J., Hong, S.S., *J. Org. Chem.*, **46** (1981), 1962 - 1964.
- Luche, J.L., Damiano, J. C., *J. Am. Chem. Soc.*, **102** (1980), 7926 - 7927.
- Trost, B. M., Coppola, B. P., *J. Am. Chem. Soc.*, **104** (1982), 6879 - 6881.
- Souza-Barboza, J. C., Petrier, C., Luche, J. L., *J. Org. Chem.*, **28** (1988), 2013.
- Azuma, T., Yanagida, S., Sakurai, H., Yoshino, K., *Synth. Commun.*, **12** (1982), 137.
- Luche, J. L., Petrier, C., Dupuy, C., *Tetrahedron Letters*, **25** (1984), 753 - 756.
- Kitazume, T., Ishikawa, N., *Chem. Lett.* (1982), 137 - 140.
- Han, B. H., Boudjouk, P., *J. Org. Chem.*, **47** (1982), 5030 - 5032.
- Friedrich, E. C., Domek, J. M., Pong, R. Y., *J. Org. Chem.*, **50** (1985), 4640.
- Lindley, J., Mason, T. M., Lorimer, J. P., *Ultrasonics*, **25** (1987), 45.
- Yang, P., Liou, K., Lin, Y., *J. Organomet. Chem.*, **307** (1986), 273.
- Lindley, J., *Spec. Publ. - R. Soc. Chem.*, **116** (1992), 123-135.
- Ando, T., Kimura, T., *Advances in Sonochemistry*, J. A. I. Press, Vol. 2, pp. 211, 1992.
- Ranganathan, R., Mathur, I., Backshi, N. N., *Ind. Eng. Prod. Res. Develop.*, **12** (1973), 155.
- Luche, J. L., Allavena, C., Petrier, C., Dupuy, C., *Tetrahedron Letters*, **29** (1988), 5373.
- Delair, P., Luche, J. L., *J. Chem. Soc. Commun.* (1989), 398 - 399.
- Suslick, K. S., Choe, S.-B., Chichowlas, A. A., Grinstaff, M. W., *Nature*, **353** (1991), pp 414.
- Lindley, J., *Advances in Sonochemistry*, J. A. I. Press, Vol. 1, pp. 103, 1990.
- Lindley, J., Mason, T. M., Lorimer, J. P., *Ultrasonics*, **25** (1987), 45.
- Farooq, O., Farnia, M. F., Stephenson, M., Olah, G. A., *J. Org. Chem.*, **53** (1988), 2840.
- Berlan, J., Besace, J., Stephen, E., Cresson, P., *Tetrahedron Letters*, **26** (1985), 5765.
- Luche, J. L., Einhorn, C., Einhorn, J., *Tetrahedron Letters*, **29** (1990), 4125 - 4128.
- Luche, J. L., *Spec. Publ. - R. Soc. Chem.*, **116** (1992), 34 - 49.



**Equipamento de Laboratório**  
 Balanças - Centrífugas - Aparelhos de pH - Tituladores  
 Condutímetros - Agitadores - Espectrofotómetros  
 Microscópios - etc.

**Vidros e Plásticos de Laboratório**  
 Distribuidores NORMAX

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

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

## Orbitais em Átomos e Moléculas, Victor M. S. Gil

Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1996, ISBN 972-31-0711-2

É atribuída ao físico holandês H. A. Kramers a afirmação de que, em ciência, os conceitos mais importantes e frutuosos são aqueles a que é impossível associar um significado preciso. O conceito de orbital, apesar do esforço sério de muitos investigadores e dos resultados rigorosos existentes, cai dentro desta categoria de certo *desconforto*. Uma dificuldade de qualquer análise das orbitais moleculares é originada pela sua não univocidade. De facto, a soma e a diferença de quaisquer duas orbitais (feita a respectiva normalização) são tão aceitáveis como as orbitais iniciais. E isto é verdade tanto para as orbitais de Hartree-Fock usuais como para as orbitais de Kohn-Sham obtidas nos métodos ditos do funcional de densidade, o que acarreta dificuldades óbvias no uso de orbitais para interpretar a ligação química. Diversos critérios têm sido usados para fixar a forma das orbitais moleculares, o mais familiar correspondendo às chamadas orbitais canónicas que diagonalizam o hamiltoniano e são as obtidas com os algoritmos de cálculo mais correntes. Contudo estas orbitais são deslocalizadas, tornando a interpretação da ligação química na linguagem de Lewis difícil. Quando se usam funções de estado multi-determinante, o problema complica-se ainda por deixarmos de ter orbitais estritamente ocupadas e desocupadas, podendo-se definir uma ocupação fraccionária que é associada às chamadas orbitais naturais.

Desde a década de 60 que o conceito de orbital molecular ocupa um lugar central na interpretação da ligação e reactividade química. Contudo, não é fácil encarar uma apresentação introdutória da Química

Quântica com base no conceito de orbital; fazê-lo de uma forma que seja frutuosa para a compreensão de conceitos fundamentais, sem deixar de ser rigorosa e atenuando, na sua manipulação, o *desconforto* próprio do conceito! O Prof. Victor Gil consegue-o de uma forma coerente e abrangente. Depois de uma introdução histórica, ele faz no capítulo 2 uma introdução sumária das bases da Mecânica Quântica. Segue depois a ordem convencional da apresentação da Química Quântica, passando pela apresentação de sistemas mono-electrónicos (capítulos 3 e 4), de átomos poli-electrónicos, moléculas diatómicas e poliatómicas (capítulos 5 a 7). Em cada caso, o conceito de orbital tem um papel central, primeiro de forma rigorosa para sistemas mono-electrónicos e, depois, em sistemas polieletrónicos. Nos capítulos 8 a 11 é discutida a ligação química, em situações progressivamente mais complexas, usando sempre o conceito de orbital. Isto é feito de maneira programática explícita, mas sem sacrificar o rigor da linguagem. No capítulo final é feita a explanação de alguns conceitos básicos de reactividade e de espectroscopia química recorrendo sempre à linguagem das orbitais. O livro termina pela resolução abreviada dos 112 problemas distribuídos pelo texto e por uma extensa lista de referências bibliográficas que é dominada por *Journal of Chemical Education*, referências estas que podem ser de grande utilidade para quem queira aprofundar alguns dos tópicos tratados.

Todo o texto está muito cuidado, merecendo especial aplauso a seriedade que é posta na descrição qualitativa do efeito da

ligação química (entre dois átomos) como é apresentada na secção 4.3, evitando toda a tentação de sobressimplificação não raro encontrada. Sendo todos os autores citados pelo seu nome completo com datas de nascimento e morte, é pena que a mesma homenagem não seja prestada à única mulher a cujo nome é associado um teorema da Química Quântica, a holandesa T. Koopmans (pag.121). Alguns pequenos erros não afectam a lógica global do texto. Estão neste caso a eq. 3.10, a fig.3.11, no que se refere ao comportamento próximo da origem, e a interpretação de causalidade electrostática na pág.118.

No seu prelácio, o autor afirma que esta publicação beneficiou da sua experiência com publicações anteriores que vão desde um manual para o 12º ano até cursos de pós-graduação e formação contínua. Julgo que públicos tão diversificados desde alunos liceais (só os mais motivados) até licenciados poderão encontrar aqui material para motivação, reflexão e revisão de conhecimentos; contudo, será a alunos universitários de Química e de áreas afins que este livro se vai mostrar um companheiro mais fiel e valioso. Uma palavra final de apreço para o Serviço de Educação da Fundação Calouste Gulbenkian pela selecção deste tema e para a Imprensa de Coimbra pelo excelente trabalho tipográfico produzido.

J. A. N. F. Gomes, CEQUP/Departamento de Química, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 4000Porto  
jfgomes@fc.up.pt

### LC/MSD da Série HP 1100 da Nossa Representada “Hewlett-Packard”

#### Detector Selectivo de Massas para Cromatografia Líquida

Complemento ideal ao Detector Diodo Array. Fornece ao utilizador as informações necessárias a uma identificação rápida dos compostos, verificação da pureza dos picos e quantificação de componentes, a nível de traços, em matrizes complexas.

Ionização positiva e negativa e possibilidade de escolha entre API-ES (Atmospheric pressure ionization electrospray) e APCI (Atmospheric pressure chemical ionization).

Informação dos espectros de massa aumenta a confiança nos resultados e diminui os tempos de análise.

Fragmentação na fonte fornece uma poderosa informação estrutural.

Possibilidade de ligação a qualquer HPLC.

Para mais informações, consulte a nossa Direcção Comercial.



SOQUÍMICA

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

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

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

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

## Adventures of a Chemist Collector, Alfred Bader Weidenfeld and Nicolson, London, 1995, ISBN 0-297-83461-4.

Alfred Bader era já desde há bastantes anos bem conhecido dos químicos orgânicos de todo o Mundo pelos seus originalísimos e simpáticos editoriais na revista "*Aldrichimica Acta*". Nos frontispícios dessa revista e nas capas dos catálogos *Aldrich* fez reproduzir muitas pinturas antigas alusivas à Alquimia e às ciências, em grande parte pertencentes à sua colecção particular. Por isso, e pela importância ímpar que a *Aldrich*, empresa que ele criou, adquiriu ao longo das últimas décadas como fornecedora de reagentes orgânicos para investigação, é natural que a sua autobiografia desperte a nossa curiosidade.

A sua leitura compensa largamente essa curiosidade e permite-nos participar emocionadamente na grande aventura que tem sido a sua vida de químico, empresário e colecionador de arte.

Nascido em 1924 em Viena, cedo órfão de pai, abandonado pela mãe e entregue a uma tia outrora rica mas que empobrecera, ainda recebeu a princípio uma educação clássica num liceu humanístico ("*Gymnasium*") em Viena. A partir dos 14 anos foi proibido de o continuar a frequentar por descender de judeus. Pelo fundado receio do agravamento das perseguições racistas, a tia, que nunca mais viu por esta ter morrido num campo de concentração, entregou-o em finais de 1938 a um transporte de crianças refugiadas para a Inglaterra, onde foi acolhido por uma família e frequentou um colégio interno. Aos 16 anos, já a 2ª Guerra Mundial se tinha iniciado, foi internado na qualidade de "estrangeiro inimigo" e, não obstante ser refugiado judeu, enviado para um campo de prisioneiros de guerra no Canadá.

A sua sorte, no meio de toda esta desgraça, foi ter sabido aproveitar-se do facto de ter tido alguns excelentes professores. Entre os internados havia gente muito culta e uma grande solidariedade. Isso permitiu que recebesse uma boa formação científica numa escola improvisada por companheiros da sua desventura com formação universitária.

Qual não foi o meu espanto ao descobrir numa fotografia numa aula fórmulas escritas num quadro, referentes a matéria de Química Orgânica com que os estudantes hoje nunca são confrontados antes do seu segundo ano do ensino universitário!

Paralelamente à sua formação laica, é educado, tanto em Viena como nas estações seguintes da sua vida, na religião e nos costumes judaicos. Em toda a sua autobiografia não se cansa de salientar a importância dessa educação, a que se manteve sempre fiel.

Durante a sua juventude frugal, tanto para a sua sobrevivência, como para se entreter, começa a colecionar e transaccionar primeiro selos postais e depois gravuras e aquarelas.

Mal foi liberto do internamento, concorreu e foi aceite como bolseiro na "*Queen's University*" em Montreal, onde se distingue logo no seu curso de "*engineering chemistry*", como se chamava a química industrial. Beneficiou decisivamente de estágios (modestamente) remunerados como

técnico de laboratório numa fábrica de tintas, durante as férias de Verão. Concorreu mais uma vez a uma bolsa, desta vez para se doutorar em Harvard, onde teve como mentor o Professor Louis Fieser.

As ajudas que assim foi recebendo, embora fossem sempre modestas, foram decisivas para o seu futuro. Foram sempre consequência de acções filantrópicas de pessoas privadas através de fundações eficientemente administradas. Logo que começou a ter algum sucesso económico na sua actividade profissional, procurou seguir o exemplo daqueles de cuja generosidade beneficiou, instituindo prémios escolares e bolsas, bem como variadas doações. Assim ajudou a apoiar estudantes necessitados, universidades, instituições culturais e instituições judaicas. Como astuto e circumspecto negociante que era, conseguiu sempre uma relação eleito-custo impressionante em todas estas acções de beneficência, em que acabou por investir imenso esforço pessoal, imaginação e, quanto mais fortuna fez, montantes cada vez mais elevados.

Como químico desenvolveu, paralelamente ao seu primeiro emprego industrial após o doutoramento, uma produção em pequena escala numa arrecadação de sua casa dum reagente que tinha aprendido a preparar durante o seu doutoramento, e que não se encontrava disponível no mercado. Vendia-o a alguns laboratórios universitários onde conhecia professores e investigadores. Essa actividade expandiu-se rapidamente por não haver nessa época concorrentes à altura. Lançou assim a semente da célebre empresa *Aldrich*, que fundou com alguns sócios, e que dirigiu durante muitos anos, sendo o seu principal criador e impulsor. A epepeia da criação e do desenvolvimento dessa empresa, com as suas vertentes científica, industrial, económica e, sobretudo, humana, lê-se como se fosse um romance de aventuras. Para quem não conheça o catálogo *Aldrich*, basta dizer que tem mais de 30 000 entradas, e que é possível receber uma embalagem de qualquer destes reagentes poucos dias depois de o ter encomendado. Bader revela-se aí não só como empresário com imensa imaginação e combatividade, mas também como óptimo contador de histórias. Vale a pena ler esta autobiografia, mesmo para quem não é químico, embora naturalmente nesse caso alguns capítulos sejam lidos em diagonal. Agora, se alguém estiver interessado em saber como funciona a indústria orgânica fina e o respectivo mercado de produtos, a leitura é absolutamente obrigatória. Em particular acompanha-se com emoção e espanto como, algum tempo após a fusão da *Aldrich* com a empresa *Sigma*, ele é escorraçado do conselho de administração pelos administradores "amigos", com um pretexto ridículo. Ser obrigado a sair assim da empresa que criara havia 41 anos, e à qual ainda hoje está emocionalmente ligado, chocou-o profundamente e com ele muitos amigos em inúmeras universidades e empresas com que se relacionou.

De então para cá redobrou a sua actividade de colecionador de arte e de filantropo, além de se entreter a escrever esta

interessante autobiografia. Esta revela-o como uma mistura originalíssima de homem culto, religioso, químico competente, industrial combativo e negociante hábil. A certa altura escreve modestamente a propósito das suas qualidades: "*Readers will have realized by now that I tend to be a bit of a Spitzhub; not—I hope—dishonest, but streetwise, educated in the jungle of Vienna in the depression*". De facto precisou em várias situações de muita esperteza para não ser enganado e assim sobreviver em situações difíceis. Por outro lado sempre se considerou como alguém empenhado em ajudar os outros, tanto profissionalmente ("*a chemist helping chemists*") como no seu empenhamento em acções de beneficência. Num caso e noutro procura sempre orientar-se através da sentença bíblica "não ficarás parado perante o sangue do teu vizinho" (Lev. 19)<sup>1</sup>. A sua paixão pela Bíblia também se manifestou na sua actividade de instrução bíblica a jovens da sua congregação judaica. É muito compreensível que, como colecionador de arte, sendo químico e sendo um bom conhecedor da Bíblia, se interessasse não só por pinturas relacionadas com a Alquimia e as ciências, como também as que representavam cenas bíblicas. A sua perícia neste aspecto, que o ajudou a revelar erros de atribuição baseadas em falsas interpretações iconográficas, é muito respeitada por historiadores de arte. Como colecionador de pintura, sobretudo holandesa do século XVII, tornou-se notório tanto pelas transacções, como pelas exposições e doações (além de ter divulgado junto dos leitores da *Aldrichimica Acta* e dos clientes da *Aldrich* o gosto pela pintura antiga).

Como empresário químico visitou e estabeleceu amizades com muitos dos vultos mais importantes da Química Orgânica da época na América do Norte e na Europa, nas principais Universidades e em numerosas empresas. O livro espelha todo esse mundo numa perspectiva pouco usual.

Em suma trata-se dum homem curiosíssimo, dum grande *ego*, como alguém que ele próprio cita observou, e com jeito para imensas coisas. Sempre fiel às suas raízes culturais (quando nasceu, o Império Austro-Húngaro já não existia, mas aquele caldeirão cultural, irremediavelmente destruído entre 1938 e 1945, ainda subsistia) e aos seus vínculos religioso e étnico, soube adaptar-se às realidades dum vida de empresário nos Estados Unidos. Colocou ao serviço de acções humanitárias a sua habilidade, a sua cultura, o seu sucesso e a fortuna que juntou ao longo dos anos.

Além disso soube escrever esta autobiografia com um profundo sentido de humor, obra que posso recomendar, e que me deu grande prazer de ler:

Bernardo J. Herold  
Departamento de Engenharia Química,  
Instituto Superior Técnico

<sup>1</sup> Minha própria tradução de "*You shall not stand idly by the blood of your neighbour*". O correspondente versículo (16) no Antigo Testamento dos textos bíblicos das igrejas cristãs diverge, por se ter baseado em textos hebraicos diferentes.

## A. LABORTEQUE

### A1. Novos Eléctrodos Selectivos (ISE) Radiometer

Agora, todos os eléctrodos selectivos da **Radiometer** são de enroscar no respectivo cabo. De acordo com os medidores utilizados, estão disponíveis cabos com ficha BNC, DIN, USA, Lemo e Radiometer tipo 7, que podem ser utilizados com qualquer dos seguintes eléctrodos:

**Br<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, Cu<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Pb<sup>2+</sup>, S<sup>2-</sup> (Ag<sup>+</sup>).**



### A2. P. S. Analytical - Sistemas de detecção por Fluorescência Atómica

A **P. S. Analytical**, líder em sistemas de análise de **Mercúrio** por fluorescência, completa a sua gama com um sistema capaz de analisar hidretos, na gama 5-10 p. p. t. Por uma simples mudança na fonte luminosa, pode-se alternar entre determinações de **Arsénio, Selénio, Telúrio, Antimónio e Bismuto**, com a mais elevada precisão. Estão já validados métodos analíticos para águas, efluentes, lamas e muitas outras matrizes, incluindo as petroquímicas.



### A3. Novos Aparelhos Portáteis Radiometer.

A **Radiometer** acrescenta agora à sua gama de equipamentos, 5 novos modelos portáteis para pH, iões, condutividade e oxigénio dissolvido. Todos têm um display alfanumérico para mais fácil utilização e um design ergonómico, pesando cerca de 450 g.

O modelo mais simples, **PHM202**, faz leituras com 2 casas decimais, tem compensação de temperatura e calibração a 2 pontos.

Quando se pretenda memorizar resultados, tem-se o modelo **PHM203**, que permite armaze-

nar 50 valores na memória. Além disso, pode ser calibrado a 3 pontos.

Para determinações de iões, tem-se o modelo **PHM205**, que permite ler directamente em unidades de concentração, na gama 0,001 a 19999. As calibrações são a 3 pontos e as leituras de pH são feitas com 3 casas decimais. A memória permite guardar 50 resultados.

Para a condutividade, o modelo **CDM206** faz leituras na gama 0,00 mS a 199,9 mS e TDS na gama 0,00 mg/l a 199,9 mg/L. Corrige a temperatura a 20 ou 25° C e tem memória para 10 resultados.

O oxigénio dissolvido pode ser determinado com o modelo **OXM208**, na gama 0,0 a 200% ou 0,00 a 20,00 mg/L.



### A4. Novo Titulador de pH-stat Radiometer

O novo titulador de pH-stat, modelo **PHM290**, tem um display alfanumérico 2x16 caracteres, para orientação do operador durante a programação dos métodos e leitura dos resultados.

Mede pH/mV e controla titulações a ponto final e a pH-stat com 2 algoritmos de regulação da velocidade de adição, (de acordo com a capacidade tampão da amostra).

Tem memória para 5 métodos completos, com 9 calibrações, 9 valores de pH/mV ou 9 valores de volume de titulante por cada método.

Para além do eléctrodo e sensor de temperatura, permite ligar-se a uma autobureta **ABU901** (precisão 1,0 ml ou 0,1 ml) ou válvula magnética **MNVI**, impressora ou PC e ainda registador analógico.

É fornecido com um software que permite transferir todos os pontos para uma folha de cálculo (Excel ou Lotus 123), visualização das curvas de titulação em tempo real e cálculos automáticos.

### A5. Novos Fornos de Hibridação da marca FOTODYNE

Com esta nova gama de fornos de hibridação da **FOTO-DYNE** elimina-se a necessidade de utilizar banhos de agitação, agitadores orbitais e sacos de plástico, permitindo uma maior precisão de temperatura e menor risco de



contaminação.

Devido à variedade de sistemas de rotação é possível trabalhar com frascos de hibridação de vários tamanhos, com um único forno.

## B. ROTOQUÍMICA



### B1. Nova unidade de extracção universal sólido-líquido

A necessidade de um método de preparação simples em análises quantitativas (produtos alimentares, rações, têxteis, plásticos, etc.) e em análises de resíduos (solos, águas) levou a **BUCHI** a desenvolver um novo sistema de extracção **B-811**, rápido, económico, quimicamente inerte, e de fácil utilização.

Este sistema permite realizar quatro tipos de extracção, sem introduzir modificações na unidade: Soxhlet padrão, Soxhlet a quente, extracção a quente e extracção em contínuo.

O novo sistema de extracção **B-811** permite determinar gordura pelo método de Soxhlet.

Para a utilização do novo sistema de extracção **B-811** é apenas necessário programar o sistema, usando o painel integrado, indicando o nível de aquecimento, duração e número de ciclos. Cada programa consiste em três fases: extracção, lavagem e evaporação ou secagem.

A automatização do processo reduz os custos e permite ganhar tempo pela optimização dos parâmetros e do volume de solvente.

O sistema tem uma entrada para gás inerte de modo a evitar oxidações durante a extracção e a acelerar os processos de evaporação e secagem.

Com o novo sistema de extracção **B-811**, é possível usar solventes com pontos de ebulição elevados (até 150 °C).

Devido à monitoração constan-

te, o novo sistema de extracção **B-811** oferece um alto grau de segurança.



### B2. Mantas de aquecimento Isopad

Combinando alta qualidade e baixo preço, estas mantas são o melhor compromisso para qualquer laboratório.

Existem versões com e sem caixa metálica, com e sem regulador de potência, e para balões entre 25 ml e 20 l.

Na gama da **ISOPAD** existem também reguladores de potência, fitas de aquecimento, agitadores magnéticos para mantas, etc.



### B3. Lâmpadas de UV Vilbert Lourmat

As lâmpadas UV **Vilbert Lourmat** são adequadas para cromatografia em papel e em camada fina. Existem modelos portáteis e para montagem em câmara escura, com comprimentos de onda de 254 nm, 312 nm e 365 nm.

A **Vilbert Lourmat** tem também câmaras escuras para uma ou duas lâmpadas, com filtro de absorção UV para protecção da vista.



### B4. Placas Thermolyne

Placas cerâmicas de agitação magnética e aquecimento, dos tipos:

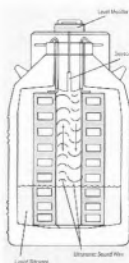
**CIMAREC**: com uma boa relação preço-qualidade. Alta precisão no controlo de temperatura e grande resistência da placa a

ácidos e bases. Temperaturas até 540 °C. Velocidade de agitação regulável até 1.100 r.p.m. MIRAX: com as mesmas especificações da placa cerâmica, mas com controlo e leitura digitais da temperatura e agitação. Permitem a leitura directa da temperatura mediante uma sonda opcional.



### B5. Fornos Mufla Thermolyne

Caracterizam-se pelo rápido aquecimento e excelente isolamento em fibra cerâmica, existindo com câmaras de capacidades variadas, de 2,2 l a 47 l. Permitem regular a temperatura, até um máximo de 1500 °C. Há versões com controladores electrónicos, programadores e termostatos de segurança.



### B6. Contentores criogénicos Thermolyne

Existem em vários modelos, com capacidades de 5 l a 110 l. A série LOCATOR, com capacidades de 50 l a 110 l, tem um desenho compacto, ocupando um espaço mínimo e maximizando o volume de armazenamento das amostras. O excelente isolamento permite manter as amostras a -190 °C com menos de 5 cm de altura de azoto líquido. Possibilidade de ligar o "indicador de nível de líquido", que funciona por ultrasons, não aumentando o consumo de azoto, e indicando a cada momento o seu nível, e incorporando alarmes visuais e sonoros.

## C. SOQUÍMICA

### C1. Metrohm Novo titulador automático modelo 751 GPD Titrimo



- Ecrã LCD para a representação da curva de titulação em tempo real
- com *Memory cards* para armazenamento de métodos, alguns já incluídos
- Combinação de *dosimatos* e *dosinos* para titulações complexas (máximo de três titulantes diferentes)
- possibilidade de automatização
- possibilidade de ligação a impressora e a balança
- possibilidade de controlo por PC

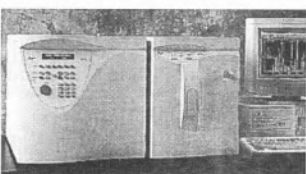
### C2. Eléctrodos Metrosensor e aparelhos de pH

- Aparelho de pH modelo 744 Com dimensões 17x19 mm o aparelho de pH é versátil, fácil de usar e exacto.
- Aparelho de pH modelo 691 Medição e documentação perfeitas. Os resultados podem ser impressos ou transferidos para PC.
- Aparelho de pH modelo 713 Topo de gama. Oferece grandes possibilidades em laboratórios de investigação. Testes GLP/ISO de eléctrodo documentáveis em impressora e função plotter.
- Eléctrodos para medição de pH
- Vasta gama de eléctrodos combinados e simples adequados ao tipo de amostra em questão. Peça-nos o catálogo de eléctrodos.

### C3. Metorex

Aparelhos de difracção de raios X portáteis e de bancada para análise de metais em diferentes tipos de amostras.

## D. UNICAM



### D1. Novo GC MS com a Sensibilidade FID e do ECD

O novo Cromatografo de Gases com Espectrometria de Massa - Modelo GCQ, com com tecnologia Ion Trap, da nossa represen-

PARA INFORMAÇÕES MAIS DETALHADAS SOBRE OS NOVOS PRODUTOS RECORTE AS FICHAS QUE LHE INTERESSAREM E ENVIE NUM SOBRESCRETO PARA A MORADA RESPECTIVA

### LABORTEQUE, Lda.

Rua das Chagas, 20  
1200 LISBOA  
Tels. (01)342 17 58  
Fax: (01) 342 31 85

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

- A.1
- A.2
- A.3
- A.4
- A.5

### ROTOQUÍMICA

R. Évora, lote 39 - 1, 2º Dir.  
Sala 1, Pai do Vento  
250 ALCABIDECHE  
Tels. (01) 486 68 51

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

- B.1
- B.2
- B.3
- B.4
- B.5
- B.6

### SOQUÍMICA Soc. de Representações de Química, Lda.

Rua Coronel Santos Pedroso, 15  
1500 LISBOA  
Tel. (01) 716 51 60  
Fax (01) 7716 51 69

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

- C.1
- C.2
- C.3
- C.4

### UNICAM Sistemas Analíticos, Lda.

Estrada da Rocha, nº2 - A  
Apartado 47  
2795 LINDA-A-VELHA  
Telf. (01) 414 24 80 / 88  
Fax (01) 414 20 06

o(s) produto(s):

- D.1
- D.2
- D.3
- D.4
- D.5

Nome \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

Nome \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

Nome \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

Nome \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Morada \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

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

tada exclusiva Finnigan, combina as capacidades e vantagens do quadropolo e as do ion trap, resolvendo problemas analíticos num sistema com um detector universal, que supera as capacidades do detector FID, ou até o ECD ou os NPD ou FPD. Inclui ainda a nova e versátil técnica ECD - Mscm os benefícios da sensibilidade da captura electrónica e a informação da espectrometria de massa. O GCQ incorpora também as vantagens do MS MS para a identificação positiva de componentes. O modo ULTRA SIM supera o modo de varrimento SIM ate agora conhecido com níveis ultratraco de detecção mesmo em matrizes complexas.



**D2. Novo HPLC com Espectrometria de Massa "Ion Trap" Finnigan - Modelo LCQ**

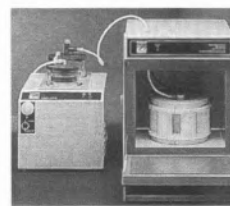
O novo Cromatografo líquido com detector de espectrometria de massas - Mod. LCQ - é extremamente simples de utilizar e muito robusto, inclusive não são necessárias ferramentas especiais ou complicados procedimentos para a sua manutenção. A optimização do sistema é automática. Existe ainda uma potente instalação de tratamento de dados com software para processar toda a informação de forma rápida e muito simples. Podemos fornecer informação sobre as novidades que se encontram neste sistema, ou aplicações específicas como sequenciação de proteínas, produtos farmacêuticos, etc..



**D3. Tecnologia de microondas para Melhorar a produtividade do seu laboratório**

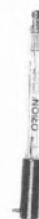
O tempo de preparação de amostras é uma das restrições mais importantes na produtividade do laboratório. Os novos sistemas para digestão em vaso fechado da MILESTONE permitem atingir pressões até 1500 psi (110 bar). No

mesmo vaso pode evaporar os ácidos mais concentrados e perigosos protegendo o ambiente e o operador assim com evita a transferência de amostra. Este conceito de Processador de Amostras é o mesmo que é apresentado no método de digestão da EPA nº 3052. Ainda existem muflas por microondas que diminuem drasticamente os consumos de energia eléctrica e reduzem bastante o tempo de calcinação das amostras. Para a determinação da humidade existem inúmeros vantagens em termos de produtividade e qualidade, como determinar o conteúdo de água de 6 amostras em menos de 15 minutos.



**D4. Novos Sistemas de Cromatografia Líquida da TSP (EX Spectra Phisycs)**

As novas bombas apresentam uma estabilidade nunca antes conseguida nesta gama de produtos. Para as complementar há uma completa gama de detectores com alta performance e amostradores automáticos para melhorar a produtividade do seu laboratório. Também a TSP oferece um extensivo serviço de validação do cromatógrafo seguindo o modelo de qualificação.



**D5. Novos Eléctrodos de Iões Selectivos Combinados**

A ORION lançou recentemente uma linha completa de eléctrodos e iões selectivos combinados. O eléctrodo do ião e o da referência ficam agora numa só unidade, com todas as vantagens dos eléctrodos combinados. Uma barra de agitação magnética pode ser incorporada ao eléctrodo para uma agitação mais correcta e garantir resultados mais correctos. Peça gratis o "Guia para a análise de Iões Selectivos", com informação sobre a teoria di ISE.



# Experimente irromper pela ICP-AES!



**Os espectrómetros ICP-AES da VARIAN Liberty Serie II proporcionam extraordinários limites de detecção para todos os elementos, mesmo nas mais difíceis amostras. Nenhum outro ICP-AES lhe garante:**

- Uma nova fonte RF de alta-eficiência permitindo obter excelentes resultados com solventes orgânicos difíceis, massas fundidas ou digestos oleosos.
- Um sistema de plasma de visão axial que lhe proporciona o limite de detecção que necessita mesmo nas amostras mais difíceis.
- Um sistema óptico rápido e de alta resolução para minimizar interferências espectrais.
- Além de tudo isto o novo software de operação Plasma 96 apresenta pela primeira vez a "Work-Sheet ICP". Este intuitivo software multi-tarefas baseado em Windows 95, proporciona a flexibilidade procurada e é de uso extremamente fácil.

Peça-nos catálogo descritivo.

GC • GC/MS • HPLC • AAS • ICP-AES • ICP-MS • UV-Vis-NIR • NMR • LIMS • Sample Preparation • Vacuum Products

**varian** 

**ISO 9001**  
REGISTERED

Representantes:

EMÍLIO DE AZEVEDO  
CAMPOS & CA., LDA.

**NO PORTO**  
Rua Senhora da Penha,  
110-114  
4460 Senhora da Hora  
Telef.: (02) 9531183  
Fax: (02) 9531430

**EM LISBOA**  
Rua Antero de Quental,  
17-1º / 1150 Lisboa  
Telef.: (01) 8850194  
Fax: (01) 8851397