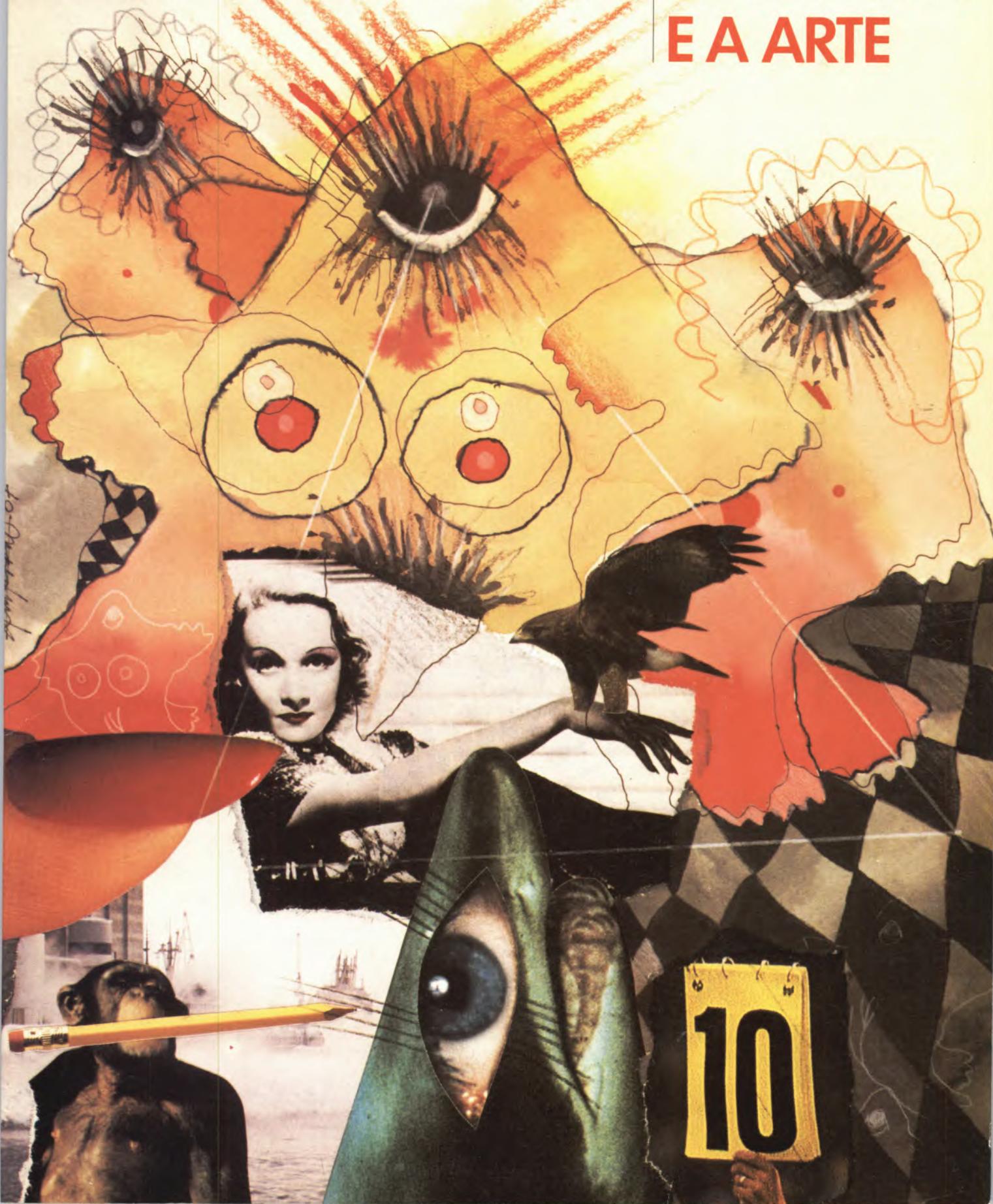


# Boletim

da Sociedade  
Portuguesa de  
Química

Publicação trimestral | Nº28 | Série II | Junho 1987

## A QUIMICA E A ARTE



# SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA



## CORPOS GERENTES

Presidente — **M.A.V. Ribeiro da Silva**  
 Vice-Presidente — **A.J. Campos Varandas**  
 Secretário-Geral — **A. Romão Dias**  
 Secretários-Geral Adjuntos  
 — **Maria Cândida Vaz** e **Carlos N. Castro**  
 Tesoureiro — **Edmundo G. Azevedo**

## Conselho Fiscal

Presidente — **Virgílio Meira Soares**  
 Vice-Presidente — **Luís Alcácer**  
 Relator — **Margarida Salema**

## Mesa da Assembleia Geral

Presidente — **Vitor Lobo**  
 1.º Secretário — **Ferreira Gomes**  
 2.º Secretário — **Luisa Abrantes**

## ASSEMBLEIAS REGIONAIS

DELEGAÇÃO DO NORTE (Sede no Porto)

### Assembleia Regional

Presidente — **João Cabral**  
 1.º Secretário — **Raul Barroca**  
 2.º Secretário — **José Luis C. Figueiredo**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente — **Manuel Ribeiro da Silva**  
 Secretário — **Duarte Costa Pereira**  
 Vogal — **Baltazar Romão de Castro**

DELEGAÇÃO DO CENTRO (Sede em Coimbra)

### Assembleia Regional

Presidente — **A.J. Andrade de Gouveia**  
 1.º Secretário — **F. Pinto Coelho**  
 2.º Secretário — **Júlio A.M. Cunha Pinto**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente — **A.J. Campos Varandas**  
 Secretário — **Carlos F.G. Geraldès**  
 Vogal — **Júlio P. de Jesus**

DELEGAÇÃO DO SUL (Sede em Lisboa)

### Assembleia Regional

Presidente — **Ana Lobo**  
 1.º Secretário — **Ramôa Ribeiro**  
 2.º Secretário — **Fernando M.S. Fernandes**

### Direcção da Delegação Regional

Presidente — **César A.N. Viana**  
 Secretário — **Carlos J.R.C. Romão**  
 Vogal — **Manuel Nunes da Ponte**

EXECUÇÃO GRÁFICA — **PROENÇA, Artes Gráficas, CRL**  
 Rua D. Carlos de Mascarenhas, 39  
 Telef. 68 77 28 - 69 09 54 - 69 09 69 — 1000 Lisboa

# boletim

Propriedade e edição da Soc. Port. de Química

## Director:

JOAQUIM J. MOURA RAMOS

## Directores Adjuntos:

MÁRIO N. BERBERAN E SANTOS  
 MARIA MATILDE MARQUES  
 BELARMINO A. SALVADO BARATA

## Redacção e Administração

Sociedade Portuguesa de Química  
 Av. da República, 37 - 4.º  
 1000 LISBOA — Tel. 73 46 37

(Horário de expediente: de 2.ª a 6.ª-feira  
 das 10 às 13 horas)

## SECÇÕES TEMÁTICAS:

### Educação em Química e Ensino da Química

Vitor D. Teodoro (IPED)

### Química e Indústria

José da Costa Reis (CNP)

### Evolução Química

Hernâni Maia (Univ. Minho)

### Segurança nos Laboratórios

Maria João Marcelo Curto (LNETI)

### Química e Energia

Fernando Jorge Pina (UNL)

### Química e Saúde

Eduarda Rosa (Fac. Farmácia Lisboa)

### Computadores em Química

Fernando M.S.S. Fernandes (FCL)

### História da Química em Portugal

A. Amorim Costa (Univ. Coimbra)

### Congressos e Conferências

Maria Regina Tavares (LNETI)

## Publicidade

MARIA MATILDE MARQUES  
 Centro de Química Estrutural  
 Complexo Interdisciplinar — IST  
 Av. Rovisco Pais  
 1096 LISBOA Codex — Tel. 57 26 16 — Ext. 266

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e as opiniões neles defendidas não envolvem as direcções do Boletim e da Sociedade Portuguesa de Química.

# CONTRIBUTO DE ARTISTAS PARA A «QUÍMICA E ARTE»

As obras de arte abaixo indicadas e reproduzidas na contracapa deste boletim foram oferecidas pelos seus autores como apoio à edição deste número, especialmente dedicado às relações entre a Química e a Arte.

1 — João Cutileiro, <i>serigrafia</i> .....	8 000\$00
2 — Jorge Mealha, <i>cerâmica</i> .....	15 000\$00
3 — João Cutileiro, <i>serigrafia</i> .....	8 000\$00
4 — Martha Telles, <i>serigrafia</i> .....	15 000\$00
5 — José Augusto, <i>gravura</i> .....	12 000\$00
6 — Maria Gabriel, <i>gravura</i> .....	15 000\$00
7 — Rui Perdigo, <i>original em técnica mista</i> .....	30 000\$00

A entrega será feita pela maior oferta, havendo sorteio se mais de um proponente oferecer o valor máximo. O valor de base para cada obra é o indicado acima.

Os interessados deverão enviar para a Direcção do Boletim a sua proposta, preenchendo o formulário que se segue:

-----

Pretendo adquirir a obra n.º \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ para o que ofereço a quantia de \_\_\_\_\_ \$00  
como apoio à edição do Boletim da SPQ. Enviarei à SPQ esta quantia após ser informado de que a referida obra me foi atribuída. Em alternativa, e nas mesmas condições, candidato-me à aquisição da obra n.º \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ pelo valor de \_\_\_\_\_ \$00.

NOME \_\_\_\_\_

MORADA \_\_\_\_\_

TELEFONE \_\_\_\_\_



# Boletim da Sociedade Portuguesa de Química

N.º 28 (II Série) • Junho 1987

---

## SUMÁRIO

Criatividade em arte, criatividade em ciência, <i>João Sousa Monteiro</i> .....	2
Anéis, valsas e carrocéis, <i>Jorge Calado</i> .....	9
Sublimação: a retórica das forças da natureza, <i>Pierre Laszlo</i> .....	14
Fotografia: da magia à Química-Física, <i>Eurico C.C. Melo</i> .....	17
A utilização dos ácidos na gravura artística, <i>Maria Gabriel</i> .....	26
Gordura. Questões sobre cópia e original, <i>António Sena</i> .....	29
Arte têxtil e química: transformadores da realidade, <i>E.M. de Melo e Castro</i> .....	33
A Química e os cerâmicos tradicionais, <i>H.M.M. Diz</i> .....	38
A Química e a defesa do património cultural, <i>Adília Alarcão</i> .....	43
A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra, <i>Elda de Castro, Maria do Rosário Cravo</i> .....	46
Novo léxico científico .....	50
A investigação científica aplicada ao estudo das obras de arte, <i>Ana M.M. e Carmo, Luísa M.P.A. Alves, Maria Isabel Ribeiro</i> .....	51
Introdução à conservação e restauro do azulejo, <i>Ana Porto</i> .....	57
Estudo sobre o estado de alteração de alguns monumentos portugueses, <i>Luís Aires Barros, Luísa M.P. Alves</i> .....	59
Estudo de duas peças modeladas em cera, representando a "Adoração dos Magos" e a "Adoração dos Pastores", <i>Luísa M.P.A. Alves, Maria Isabel Ribeiro</i> .....	64
Correspondência .....	66

# Criatividade em arte, criatividade em ciência

João Sousa Monteiro <sup>a</sup>

*Le ciel est bleu, n'est-ce pas?  
et ça, c'est Monet qui l'a trouvé.*

Cézanne

Procuro mostrar neste artigo que arte e ciência são manifestações diferentes de um único processo criador. Procuro em particular mostrar que qualquer resultado significativo da ciência é em si próprio uma obra de arte, exactamente no mesmo sentido em que o é uma sonata, um poema, um quadro ou um bailado.

Mircea Eliade, ao comentar os primeiros versículos do Livro do Genesis, escrevia: «A criação propriamente dita, quer dizer, a organização do «caos» (...) é efectuada pela força da palavra de Deus.»<sup>(1)</sup> Nesta expressão, Eliade descreve o que há de essencial em todo o processo criador: criar, é organizar o caos. Neste artigo, emprego a palavra «caos» no seu sentido corrente, e considero duas formas ou dois aspectos diferentes do caos: o caos exterior, que designa o estado da realidade exterior do ponto de vista da ausência de conhecimento ou compreensão acerca dela, e o caos interior, que designa o estado da realidade interior mental, do ponto de vista da ausência de sentido ou de «ordem» no seu interior. Esforço-me por mostrar que a organização exterior do caos, i.é., o conhecimento, é um momento essencial da organização interior do caos, i.é., da criação. A relação básica que existe entre ambos é definida pela obra de arte.

Procuro ainda mostrar que a obra de arte é o resultado do esforço, de organização interior do caos, qualquer que seja a forma particular como ela se exprime: através daquilo a que se convencionou chamar ciência, ou através do que se convencionou chamar arte.

A experiência do caos é anterior à experiência do pensamento, quer na história do desenvolvimento interior de cada um de nós, quer na história do desenvolvimento geral da cultura.

A experiência precoce da organização do caos coincide com a experiência da descoberta do pensamento: começar a pensar significa começar a organizar o caos, isto é, começar a dar sentido ao que o não tinha antes, quer dizer: começar a *criar* sentido.

A criação precoce do sentido coincide com a criação do pensamento: é o sentido, assim criado, que dá substância e realidade ao pensamento, que o torna presente, que o arranca, literalmente, à inexistência.

Kandinsky descreve desta maneira a criação de uma obra de arte: «Toda a obra de arte começa tecnicamente do mesmo modo que o cosmos — através de catástrofes que finalmente fazem nascer, do barulho trovejante dos instrumentos, uma sinfonia a que se chama a música das esferas; criar uma obra de arte é criar um mundo.»<sup>(2)</sup>

A experiência da descoberta do pensamento, é vivida, na fase mais remota da história de cada um de nós, como uma experiência singular de criação: criar é arrancar sentido ao caos. Mas arrancar sentido ao caos é, literalmente, arrancar à inexistência um mundo novo para o pensamento. Criar sentido é, literalmente, criar um mundo; o mundo do que passou agora a ser pensado, o mundo do que foi agora descoberto através de um novo momento na organização do caos.

«Criar uma obra de arte é criar um mundo»: a obra de arte reproduz a experiência precoce da criação de sentido, o que quer dizer, a experiência da criação do pensamento. Subjacente à experiência futura da criação, como quer que seja que ela se manifeste, está sempre essa experiência singular. É sobre o modelo dessa experiência precoce, se ela é bem sucedida, que todo o acto futuro de criação se exprime e ganha forma. E essa forma é a obra de arte.

Uma obra de arte é a expressão exterior de um momento particular de criação: de um novo movimento no processo de organização do caos; de um novo momento no processo de transformação do caos em sentido. Uma obra de arte é a expressão exterior de um novo momento no processo da criação do pensamento. O prazer associado à experiência precoce da criação, associado à experiência precoce da organização do caos, exprime-se no sentimento precoce de beleza, de deslumbramento. Esse sentimento, quando ocorre na história privada de cada um de nós, constitui o paradigma da emoção estética, o paradigma da experiência estética, e determina, creio, a natureza e a intensidade do impulso futuro à criação. O sucesso ou insucesso das primeiras tentativas de organização do caos, na fase precoce da nossa evolução, marca, talvez de uma forma decisiva, a história da nossa própria relação futura com o pensamento criador, e em particular, a qualidade e a intensidade da emoção estética que cada um de nós será mais tarde capaz de viver.

O sentimento de êxtase associado à experiência precoce da criação, associado, portanto, à descoberta do pensamento, constitui talvez a experiência mais importante na história interior de cada um de nós, e o facto central da história do pensamento. A experiência estética é, creio, esse mesmo sentimento de êxtase, de deslumbramento.

<sup>a</sup> Matemático de formação, fez investigação em lógica matemática e álgebra durante alguns anos. Os seus interesses actuais estão mais dirigidos para a psicanálise. Autor de três programas radiofónicos sobre psicanálise (dois com João dos Santos e um com Amaral Dias) que serão publicados em livro (o primeiro sairá já este ano na Assírio Alvim). Ex-colaborador do Expresso e do Jornal das Letras.

(1) Eliade, M., *Histoire des Croyances et des Idées Religieuses*, vol. 1, Payot, 1983, pg. 176.

(2) Pohribny, A., *Abstract Painting*, Phaidon, 1979, pg. 41.

A experiência estética, o prazer estético associado à criação de uma obra de arte, como quer que seja que ela se manifeste, é uma reconstituição da emoção associada à experiência precoce da criação, à experiência precoce da organização do caos, isto é, mais uma vez, à experiência da criação do pensamento.

É esse momento, decisivo na história de cada indivíduo e decisivo na história da cultura, de cada vez que de novo ocorre, que gera a experiência estética, que gera a emoção estética, que nos abre, de novo, para essa forma única de prazer a que chamamos sentimento de beleza. É desse momento, sempre que outra vez se manifeste, que nasce a experiência singular do deslumbramento.

Rowald Hoffman (3), numa entrevista que deu ao *Journal de Letras* no verão de 1984, dizia: «Creio que a actividade criadora não é muito diferente em arte e em ciência. A abstracção da realidade, que é necessária depois da observação, é idêntica. (...) Além disso, ambas procuram explicar uma parte do universo que nos rodeia (...) e, desse ponto de vista, a actividade científica é até mais trivial (...)».

Poderia ocorrer a pergunta: o que é que uma tela de Rothko — ou todas as telas de Rothko — acrescentam à nossa compreensão do mundo? Que sentido faz esperar que um quadro de Kandinsky ou de Pollock explique uma parte do universo que nos rodeia? Que aspectos do mundo resultam mais esclarecidos dos últimos quartetos de Beethoven, ou das «suites» para violoncelo de Bach? E as naturezas mortas de Cézanne, ou o vestibulo da biblioteca Laurenciana, de Miguel Ângelo, o que é que nos contam acerca do universo que valha a pena ser descoberto?

Donald Meltzer (4) numa entrevista que deu em Londres em Julho de 85 (e de que ainda só existe, neste momento, o registo magnético) dizia: «A divisão entre ciência e arte é infeliz e espúria. A arte tem que ver com todas as representações da nossa compreensão do mundo e a ciência tem que ver com o explorar dessas representações, quer sejam de natureza química, ou fisiológica ou emocional, etc. Trata-se realmente de arte-ciência, isto é, da actividade criadora. (...) A divisão entre arte e ciência tem sido deturpada pela incapacidade para distinguir entre ciência e tecnologia. Uma quantidade tão grande de tecnologia tem invadido a ciência neste século que tem sido muito confundida com ela. Mas todos os cientistas são grandes artistas, produzem imagens, têm visões intuitivas, sonham acerca do que investigam... e eles vêem a beleza das suas teorias...»

Uma condição básica da criação, seja qual for a expressão material que assuma, é a construção prévia de representações. Criar — em arte ou em ciência — é dar sentido aos objectos da experiência sensível, aos objectos comuns ou incomuns da experiência sensível, transformando-os em representações de ideias ou de emoções, e conseguir depois, organizar o mundo dessas representações de modo e dar sentido ao que ficou representado. Esse trabalho de organização, de busca de sentido, corresponde à criação da obra de arte, é a sua construção.

Cézanne descreve de uma maneira admirável este mesmo processo numa longa passagem de uma das suas conversas com J. Gasquet, deixando claro, em particular, que a incapacidade para representar equivale à incapacidade para pensar:

«Com os camponeses, repare, duvidei às vezes que eles soubessem o que é uma paisagem, uma árvore (...) Dei às vezes passeios, acompanhei às vezes, atrás da sua carroça, um lavrador que ia vender as suas batatas ao mercado. Ele nunca tinha visto Sainte-Victoire. (5) Eles sabem o que é que está semeado aqui, ali, ao longo do caminho, o tempo que fará amanhã, se Sainte-Victoire tem ou não o seu chapéu [de núvens], eles farejam-no como os animais, (...) mas que as árvores sejam verdes e que este verde seja uma árvore, que esta terra seja vermelha e que estes vermelhos desmantelados sejam colinas, não creio realmente que a maior parte o sinta, não creio que eles o saibam (...). É necessário que eu recupere esse instinto, sem nada perder de mim mesmo, e que essas cores nos campos dispersos me sejam significativas dum ideia como para eles dum colheita. Eles sentem espontaneamente, diante dum amarelo, o gesto de ceifa que é preciso começar, como eu deveria saber, diante da mesma tonalidade a amadurecer, pôr sobre a minha tela o tom correspondente, que faria ondular um campo de trigo. Pincelada a pincelada, assim a terra reviveria.» (6)

Criar, é fazer com que os objectos da experiência sensível «nos sejam significativos de uma ideia» ou de uma emoção ainda não formulada, ainda não *pensada*, e dar, depois, a essas ideias e emoções um sentido. Ao trabalho de procura de sentido feito sobre essas representações, chamo aqui pensar.

Pensar, nesta acepção, é assim o trabalho de pesquisa de sentido cuja expressão material é a realização, em geral lenta, em geral hesitante, da obra de arte, quer esta seja um quadro, uma teoria científica, uma sonata ou um poema. A construção física, material da obra de arte é, literalmente, a construção interior de um sentido para as ideias e emoções representadas.

Esses dois momentos da criação dum obra de arte — a representação e a procura de sentido — são admiravelmente descritos por Cézanne nos dois últimos parágrafos da longa passagem que reproduzi: à concentração extrema, absoluta no momento da representação (na importância vital de ser sempre capaz de o fazer: «... sem nada perder de mim mesmo...»), segue-se o trabalho de procura que conduz à realização da obra de arte: a procura da cor, da tonalidade, da pincelada que lhe permite, finalmente, exprimir o sentido, até aí oculto, até aí inexistente, das ideias e emoções representadas. A conclusão da obra de arte é o conhecimento desse sentido.

Numa passagem das suas Notas Autobiográficas, Einstein escreve: «O desenvolvimento deste mundo de

(3) R. Hoffmann é prémio nobel da Química de 81, medalha da American Chemical Society para Química Orgânica e para Química Inorgânica, e foi o colaborador mais próximo de Woodward, tendo deixado o seu nome ligado às leis de Woodward e Hoffmann. Rowald Hoffmann criou, na Universidade de Cornell, um curso de estudos comparados entre arte e ciência, curso que dá juntamente com Jorge Calado, desde há uns anos.

(4) Donald Meltzer é uma das figuras mais importantes da história da psicanálise depois de Freud e Melanie Klein. A importância primordial que dá à estética e ao pensamento no estudo dos processos mentais está na origem de uma revolução teórica e prática, talvez sem precedentes, que tem vindo a fazer em psicanálise. Dirige vários grupos de investigação actualmente espalhados pelo mundo, a começar pelo grupo que ele próprio fundou, em Oxford, onde vive.

(5) O monte de Sainte-Victoire, perto de Aix-en-Provence, pequena cidade onde Cézanne viveu quase toda a vida, era um lugar de passeio quase diário para Cézanne e constante motivo de inspiração e meditação. Cézanne pintou-o frequentemente durante, pelo menos, os últimos dez anos da sua vida.

(6) *Conversations Avec Cézanne*. Edição crítica de P.M. Doran. Macula/P. Brochet, 1978, p. 119.

ideias, em certo sentido, parte continuamente do «deslumbramento»» (7)

A experiência do deslumbramento é condição básica de criação, quer em arte, quer em ciência, como o é, de resto, do conhecimento. Mas a experiência do deslumbramento, para poder ser explorada, para poder ser pensada (no sentido que dei há pouco a este termo) tem que ser suportada por uma representação material, por um objecto da experiência sensível.

«Senti um deslumbramento desta natureza aos 4 ou 5 anos, quando o meu pai me mostrou uma bússola. Que aquela agulha se comportasse de uma maneira tão determinada, não se ajustava à natureza dos acontecimentos (...). Ainda me lembro — ou pelo menos creio que me lembro — que essa experiência deixou em mim uma impressão profunda e duradoura.» (8) E depois, Einstein acrescenta este comentário: «Algo de profundamente escondido tem que estar por detrás das coisas. O que uma pessoa vê na sua frente desde a infância não lhe causa uma reacção desta espécie; não se surpreende com a queda dos corpos, com o vento e a chuva, com a lua, nem com o facto da lua não cair, nem com as diferenças entre matéria viva e matéria não viva.» (9) Lembro uma passagem já citada de Cézanne: «Com os camponeses, repare, duvidei às vezes que eles soubessem o que é uma paisagem, uma árvore (...) acompanhei, atrás da sua carroça, um lavrador que ia vender as suas batatas ao mercado. Ele nunca tinha visto Sainte-Victoire... que as árvores sejam verdes e que esse verde seja uma árvore, que esta terra seja vermelha e que estes vermelhos desfeitos sejam colinas, não creio que a maior parte o sinta, não creio que eles o saibam...»

E Einstein continua: «Aos doze anos senti um deslumbramento de uma natureza totalmente diferente: num pequeno livro sobre geometria plana de Euclides (...) A clareza e a certeza [dessas proposições] causaram-me uma impressão indescritível.» (10)

E finalmente, escreve: «... os objectos de que trata a geometria não me pareciam de um tipo diferente dos objectos da percepção sensível, «que podem ser vistos e tocados»» (11)

É esta capacidade para projectar num objecto comum da experiência sensível uma significação incomum, que está na base da capacidade criadora, independentemente da forma material como se manifeste. É essa capacidade que torna possível, em particular, a busca obstinada de um sentido, de uma significação oculta, intuída.

Numa outra passagem da conversa que citei entre Cézanne e Gasquet, Cézanne, depois de falar sobre o significado da pintura de Rubens, de Rembrandt e de Velasquez, vai buscar três das suas naturezas mortas, encosta-as à parede de modo que Gasquet as visse, e diz-lhe, depois de um longo silêncio: «Olhe, o que eu não consegui ainda atingir, o que sinto que não atingirei nunca na figura [humana], no retrato, aflorei-o aí... nessas naturezas mortas...» (12)

Escreve Kandinsky acerca das naturezas mortas de Cézanne: «Cézanne consegue elevar uma natureza morta a um nível em que os objectos exteriormente mortos aparecem interiormente vivos. Ele faz às pessoas o mesmo que faz a esses objectos, porque tem o dom de ver vida interior em todo lado. (...) Não é um homem, uma maçã, uma árvore, que ele representa; tudo isso é usado por Cézanne para criar um objecto com uma qualidade interna, pictórica: um quadro.» (13)

E Matisse escreve: «A maior parte dos pintores têm necessidade do contacto directo com os objectos para sentirem que eles existem (...) Eles procuram uma luz exterior para verem claro dentro deles. Enquanto que os artistas ou os poetas possuem uma luz interior que transforma os objectos para fazerem deles um mundo novo, sensível, organizado, um mundo vivo que é em si mesmo o sinal infalível da divindade, o reflexo da divindade.» (14)

A capacidade para criar beleza é em primeiro lugar a capacidade para ver num campo de trigo, numa maçã, ou num monte; numa bússola, no universo ou no som dum violino, um mundo de significação incomuns a que é dado um sentido, transformando esses objectos «exteriormente mortos», num «mundo novo, sensível, organizado, num mundo vivo que é em si mesmo o sinal infalível da divindade, o reflexo da divindade.» Foi o que fez Cézanne com as árvores, as maçãs, o monte Sainte-Victoire (15), foi o que Kandinsky e Matisse fizeram com as cores e as formas, Mozart com os sons, Kepler com o universo: «O objectivo principal de todas as investigações acerca do mundo exterior deveria ser descobrir a ordem e a harmonia que lhe foi imposta por Deus e que Ele nos revelou na linguagem das matemáticas.» (16)

«O reflexo da divindade», na expressão de Matisse e de Kepler, descreve a experiência interior de deslumbramento inerente ao acto (consumado) da criação, descreve a emoção estética associada à criação de sentido. É a descoberta de sentido, é o seu reconhecimento na obra de arte, que gera o sentimento de beleza. O sentimento de beleza em face dum momento de criação, é o sentimento de beleza em face da obra de arte que o realize e lhe dá forma. A obra de arte é o registo material de um processo, em geral longo, lento e hesitante, de procura de sentido. E é a faculdade de criar beleza sobre os objectos comuns da experiência sensível que faz de Mozart, de Kandinsky, de Einstein artistas, o que quer dizer, criadores de obras de arte. É a faculdade de reproduzir experiências precoces de des-

(7) Einstein, A., *Autobiographical Notes*. Em: Albert Einstein, *Philosopher-Scientist*, Cambridge U.P., vol. I, 1982, p. 9

Dado que o sentido desta expressão não é trivial, reproduzo a seguir o original alemão e a respectiva versão inglesa da edição citada. «Die Entwicklung dieser Gedankenwelt ist in gewissem Sinn eine beständige Flucht aus dem «Wunder»»

«The development of this thought world is in a certain sense a continuous flight from «wonder»». Uma tradução literal em português («fuga contínua do deslumbramento») trai por completo o sentido desta expressão. Esse sentido, que procurei reproduzir acima, resulta inteiramente claro dos parágrafos imediatamente precedentes (4) e imediatamente subsequentes (5) a essa passagem. Uma tradução preferível seria: «O desenvolvimento deste mundo de ideias é em certo sentido continuamente gerado pelo deslumbramento.» (V. Prigogine, *Um Mundo para Descobrir*, em *Bol. Soc. Port. Quím.*, n.º 20, Sér. II, 1985, p. 11., col. 1.ª).

(8) *Idem*.

(9) *Idem*.

(10) *Idem*.

(11) *Ibid.*, p. 11.

(12) *Ibid.*, p. 156.

(13) Kandinsky, W., *On The Spiritual in Art*, em: *Complete Writings on Art*. Ed. K.C. Lindsey e P. Vergo. C.K. Hall & Co. Boston. Mass. 1982. p. 151.

(14) *Ibid.* p. 105.

(15) M. Schapiro escreve (em: Cézanne; Abrams, p. 74): «O pico do monte Sainte-Victoire, perto de Aix, atraiu Cézanne toda a sua vida. Cézanne identificou-se com ele como os antigos com a montanha sagrada na qual viam a morada e o berço de deus. Só que para Cézanne era um deus interior que ele exteriorizou neste monte (...).»

(16) Em: Kline, M., *Mathematical Thought From Ancient to Modern Times*. Oxford U.P., 1972, p. 231.

lumbramento, emoções estéticas capitais na história interior de quem as viveu, que torna possível criar beleza, cuja expressão material, exterior, é, como disse, a obra de arte.

Banesh Hoffmann, amigo e colaborador de Einstein, escrevia: «A essência da profundidade de Einstein reside na sua simplicidade; e a essência da sua obra reside na sua vocação artística — no seu fenomenal sentido da beleza.»<sup>(17)</sup>

Na mesma obra, Hoffmann descreve a formulação inicial do princípio de equivalência como «um golpe de estética de gênio»<sup>(18)</sup>. E mais à frente, escreve: «Mesmo sem a confirmação da observação, Einstein confiava no seu princípio de equivalência<sup>(19)</sup>. Ele estava perfeitamente consciente de que era apenas um esboço grosseiro e aproximado, um tactear inicial em direcção a qualquer coisa que pressentia vagamente mas não era ainda capaz de formular. Mas sabia no fundo de si mesmo que esse esboço continha poderosos conceitos estéticos e físicos que tinham que ser os seus guias. Antes de mais nada, havia nele unidade artística (...)<sup>(20)</sup> — A mesma unidade artística, o mesmo «reflexo de divindade», na expressão de Matisse, a mesma extraordinária beleza que se encontra num quadro de Giotto, num concerto de Bach, numa peça de Shakespeare. A mesma emoção estética, o mesmo deslumbramento que se adivinha em Gauss («o príncipe dos matemáticos», como foi chamado) quando vai buscar a King Lear uma das suas (duas) divisas:

*Thou, Nature, art my goddess. to thy law  
My services are bound.* <sup>(21)</sup>

É ainda o mesmo sentimento de unidade, a mesma experiência de extrema beleza que Kepler descreve diante da sua obra de arte, isto é, diante do universo que ele transforma no «reflexo da divindade», ao procurar conhecê-lo, ao descobrir as suas leis: «Nada é mais delicioso nem mais belo do que a clareza do nosso templo divino. (...) Nada na natureza é ou foi mais secreto.»<sup>(22)</sup> E é tal o seu deslumbramento em face do que vê, do que transforma, que numa admirável passagem da mesma dedicatória chega a sugerir que não foi Deus quem criou o mundo mas o homem quem inspirou Deus na sua criação: «Porque vemos aqui como Deus, como se fosse um arquitecto humano, resolveu fundar o mundo segundo a ordem e a regra e mediu tudo de tal maneira que poderíamos crer que não é a arte que toma a natureza como modelo, mas que o próprio Deus se inspirou na arquitectura dos futuros homens para criar o mundo.»<sup>(23)</sup> Conhecendo a religiosidade de Kepler, pode talvez avaliar-se, por esta passagem, a dimensão do seu deslumbramento.

É ainda, creio, o mesmo sentimento de harmonia, de unidade que resulta da criação de sentido, de que fala Pollock a propósito dos seus quadros: «(...) Não tenho medo de fazer alterações, de destruir a imagem, etc. ... porque um quadro tem a sua vida própria. Procuro deixá-la emergir. É só quando perco o contacto com o quadro que o resultado é caótico. De outro modo, há uma harmonia total, uma relação fácil e o quadro é conseguido.»<sup>(24)</sup>

Prigogine, ao ocupar-se da revolução conceptual que decorre para a Ciência como resultado, da reformulação do conceito de tempo (associado a sistemas irreversíveis), escreve: «A reconceptualização da física está longe de ter terminado. (...) Temos um sentimento de grande exaltação intelectual: começamos a vislumbrar a estrada que leva do ser ao sendo. Dado que um de

nós dedicou a maior parte da sua vida científica a este problema, pode talvez ser perdoado por exprimir um sentimento de satisfação, de realização estética, que espera que seja partilhada pelo leitor.»<sup>(25)</sup>

«Criar uma obra de arte é criar um mundo»: a emoção estética vivida em face de um mundo criado, é a emoção estética vivida em face da criação de sentido, em face da organização do caos, em face de um novo momento no processo da criação do pensamento. O ponto (oculto) de partida, como o ponto (oculto) de chegada de todo o processo criador é, creio, a necessidade de trazer à luz o que «se esconde profundamente por detrás das coisas», na expressão de Einstein, é a necessidade de fazer luz sobre as ideias e emoções que podemos finalmente pensar na obra de arte; e é também, ou talvez sobretudo, o desejo de prolongar, de conhecer melhor, de reproduzir a experiência precoce da criação de sentido e o prazer estético que lhe ficou associado.

E. Bernard, discípulo, amigo e admirador de Cézanne desde muito cedo, dizia, numa das conversas com ele, falando acerca dos pintores clássicos representados no Louvre: «Para os mestres de que falávamos, o espectáculo exterior, acidental, não era senão um despertar do seu gênio. Eles procuravam neles mesmos a verdade do mundo, a visão do universo (...)<sup>(26)</sup> É essa investigação acerca da «verdade do mundo», acerca da «visão do universo», que os pintores fazem através das cores e das formas, os músicos através dos sons, os poetas através das palavras, os cientistas através das teorias. É usando essas diferentes formas de expressão, essas diferentes modalidades de representação, que uns e outros vão acrescentando alguma coisa de essencial à nossa compreensão do mundo, que vão contribuindo de uma maneira decisiva para o entendimento do universo.

«Um novo quadro», dizia Matisse, «deve ser uma coisa única, um nascimento trazendo uma figura nova à representação do mundo através do espírito humano.»<sup>(27)</sup>

Ninguém pode olhar para o mundo da mesma maneira depois de alguma vez ter partilhado, de uma forma autêntica, a beleza do Lamento de Ariane, de Monteverdi, ou do axioma de Zermelo, ou do princípio de equivalência de Einstein, os das telas Monte de Sainte-Victoire, ou de Hamlet.

(17) Hoffmann, B., Einstein. Paladin, 1986, p. 3.

(18) Ibid. p. 107.

(19) Que deu origem ao postulado da relatividade geral cuja formulação é esta: «As leis da física devem ter uma estrutura tal que a sua validade permaneça em sistemas de referência animados de qualquer movimento.» Cf. Einstein, Os Fundamentos da Teoria da Relatividade Geral, em: O Princípio da Relatividade; Textos Fundamentais da Física Moderna, vol. I, Fundação C. Gulbenkian.

(20) Idem.

(21) Acto I, sc. II, Gauss, usou o plural de «thy law». V.: Bell, E.T., Les Grands Mathématiciens, 1961, p. 252. A sugestão que deixei acima acerca de Gauss ganharia substância se se tiver em conta o extremo cuidado que Gauss dedicava à redacção das suas obras (v. op. cit., cap. xiv).

(22) Kepler, J., Dedicatória da primeira edição de Mysterium Cosmographicum, em: Heisenberg, W., La Nature dans la Physique Contemporaine. Idées, Gallimard, 1962, pp. 83 seg.

(23) Idem.

(24) Pollock, J., My Painting, em: Jackson Pollock, ed. Centre Georges Pompidou, 1982, p. 260, col. 2.<sup>a</sup>.

(25) Prigogine, I., Stengers, I., Order out of Chaos. Bantam Books, 1984, p. xxx.

(26) Ibid., p. 163.

(27) Ibid., p. 238.

Kandinsky escreve: «Abram os vossos ouvidos à música, os vossos olhos à pintura. E não pensem! Examinem-se, se quiserem, depois de terem ouvido e visto. Perguntem-se a vós mesmos, se quiserem, se a obra de arte vos libertou para um mundo que vos era antes desconhecido. E se isso aconteceu, que mais podem querer?» (28).

Cada novo resultado da ciência, cada novo conceito, cada nova teoria, cada novo modelo teórico acrescenta alguma coisa de essencial à nossa visão do mundo. O mesmo acontece com qualquer outra obra de arte. A ciência, porém, fá-lo de duas maneiras diferentes: uma, que lhe é específica, consiste na informação objectiva que sistematicamente oferece acerca da realidade exterior. A outra, que dá unidade e sentido à primeira, e a torna eficaz, consiste na informação, igualmente objectiva, que cada novo resultado importante da ciência oferece, mas apenas enquanto obra de arte, isto é, enquanto manifestação exterior de um novo momento na organização do caos: a informação que qualquer obra de arte dá acerca da realidade, duma realidade em relação à qual deixa de fazer sentido distinguir entre interior e exterior, porque é, simultaneamente, a realidade objectiva das representações, e a realidade, igualmente objectiva, do que nelas ficou representado. É esta informação — e em última análise apenas ela — que acrescenta alguma coisa de essencial ao nosso entendimento do mundo. Os concertos para cravo de Bach podem trazer mais entendimento ao mundo do que a lei de Lavoisier; Hamlet pode explicar mais acerca do universo do que a Mecânica Quântica; as duas últimas sonatas de Beethoven podem acrescentar mais entendimento à nossa visão do mundo do que o modelo atômico de Bohr, ou o teorema de Gödel, ou o conceito (algébrico) de categoria. Pode ser deste modo, ou de modo inverso. É indiferente o modo como um momento particular de criação se manifesta; é indiferente a forma material que assuma um novo momento no processo de organização do caos; é indiferente como um novo progresso na criação do pensamento se realize: aquilo que contribui, de uma maneira decisiva, para transformar o nosso entendimento do mundo é o contacto constante com a obra de arte quer através da sua criação, quer através da partilha activa, co-criadora, da emoção estética que ela representa. O que transforma a nossa visão do universo, o nosso entendimento acerca dele, é a experiência da organização do caos, é a experiência da criação de sentido, que se exprime, que se materializa na obra de arte. Fora da experiência da criação, não creio que haja entendimento.

O que contribui de uma maneira decisiva para transformar a nossa visão do mundo, é o prazer estético inerente a cada novo momento no processo de criação do pensamento.

E o que leva à criação do pensamento — como à criação do sentido que lhe dá forma e substância — é o prazer associado à emoção estética, o desejo de a reproduzir, de a re-criar — é, no fundo, essa forma singular de prazer que é a experiência da beleza.

## Apêndice I

### O Caos em Arte e em Ciência

Estamos cada vez mais conscientes de que, a todos os níveis, desde as partículas elementares à cosmologia, o aleatório e o irreversível desempenham um papel cada vez mais importante.

*Prigogine*

A obra-prima da natureza é a sua diversidade infinita.

*Cézanne*

There are more things in heaven and earth, Horatio,  
Than are dreamt of in your philosophy.

*Hamlet*

Mencionei atrás apenas um aspecto central do pensamento no processo de criação: o que está relacionado com a organização do caos.

Há porém um outro aspecto, complementar do primeiro, e que juntamente com ele esgota, creio, o ciclo completo do pensamento: o que é responsável pela criação do caos, pela desorganização da ordem.

Decorre de uma forma trivial do que deixei dito atrás, que o caos é uma condição necessária do pensamento. Sem caos, não há pensamento, dado que pensar, como tentei sugerir, é o trabalho de procura de sentido, feito sobre representações, para as ideias e emoções representadas. Esse trabalho (interior), tem a sua expressão exterior na obra de arte. O esforço de execução material da obra de arte e a sua contemplação, como quer que seja feita, a participação activa, co-criadora, através da obra de arte, do momento de criação que ela representa, constitui, como tentei dizer, a única maneira de pensar as ideias e emoções representadas. Mas esse trabalho de procura de sentido, quando é bem sucedido, conclui o esforço de organização do caos, que admiti coincidente com o trabalho de criação.

Subjacente à necessidade de desorganizar a ordem, de criar o caos, está exactamente o mesmo impulso que estava já subjacente à necessidade de o organizar: o desejo de repetir, de continuar, de conhecer melhor a emoção estética inerente à experiência precoce da criação.

A forma como a arte e a ciência concebem o caos, decide acerca da forma como ambas se relacionam com ele. Mas a história dessa relação tem marcado de uma maneira decisiva a história do pensamento. Pode mesmo dizer-se, creio, que a história dessa relação é, numa medida essencial, a história do pensamento.

A ciência tem representado desde sempre o ponto de vista da reversibilidade (da «ordem», do determinismo). Tem tentado descrever o universo como se o universo fosse um imenso conjunto de sistemas reversíveis.

Visto de outro modo, a ciência procurou fazer do universo um modelo das estruturas lógicas elementares do pensamento. Mas esse esforço representou, ao mesmo tempo, um esforço para fazer dessas estruturas um modelo satisfatório do próprio pensamento, isto é, representou a tentativa de reduzir o pensamento, ou pelo menos o pensamento que era suposto poder compreender aquilo que se supunha ser a realidade, ao conjunto daquelas estruturas.

Com a teoria matemática do caos (29), porém, e com a explosão imediata do estudo de fenómenos caóticos e de processos irreversíveis e aleatórios em quase todos os ramos da ciência teórica (incluindo a meteorologia teórica e a biologia) (30), a ciência conduz-se a si pró-

(28) *Ibid.*, reproduzido na contra-capá.

(29) V. Hofstadter, D.R., *Strange Attractors: mathematical patterns delicately poised between order and chaos*. Em: *Mathematical Themes*, Scientific American. Ou: Croquette. V., *Déterminisme et Chaos*, em: *Pour la Science*, Dezembro 82.

(30) Fenómenos (essencialmente) caóticos têm vindo a ser estudados, mais recentemente, em economia e em sociologia, esperando-se poder vir a compreender aquilo que era até agora imputado à insuficiência das técnicas de observação e análise.

pria a uma profunda reapreciação de alguns dos seus conceitos mais básicos e começa a expor-se a uma imagem da realidade que lhe era até agora inteiramente estranha, que se esforçou até agora por ignorar.

No prefácio do seu livro «Order out of Chaos», Prigogine fala em «reconceptualização da ciência», em «reconceptualização da física», em «revolução conceptual». Começa assim esse prefácio:

«A nossa visão da natureza está a sofrer uma mudança radical no sentido do múltiplo, do temporal e do complexo». E mais à frente, escreve: «Ordem e desordem são noções complicadas: as unidades envolvidas na descrição estática da dinâmica não são as mesmas do que as que têm que ser introduzidas para completar um paradigma evolutivo como aquele que o crescimento da entropia exprime. Esta transição leva a um novo conceito de matéria, uma matéria «activa», uma matéria que conduz a processos irreversíveis e que é organizada por processos irreversíveis.»<sup>(31)</sup>

É um momento singular da história da ciência, e na história do pensamento, quando se chega, no seio da ciência, a esta formulação: «[o conflito entre a natureza reversível] das leis da física clássica, como as de Newton e as da relatividade geral, e o facto de a irreversibilidade constituir uma propriedade fundamental (do universo), convida-nos a formular um novo conceito de tempo: já não um parâmetro externo destinado medir deslocamentos, mas uma variável interna dependente de transformações qualitativas dos sistemas.»<sup>(32)</sup>

A ciência começa hoje, conduzida pelas suas próprias investigações acerca do caos e do irreversível, a descobrir aquilo que a arte soube desde sempre: que quase tudo, no universo, é irreversível, que quase tudo, nele, é aleatório.

Volto a uma passagem da entrevista com R. Hoffman que citei: «Creio que a actividade criadora não é muito diferente em arte e em Ciência. (...) ambas procuram explicar uma parte do universo que nos rodeia, e desse ponto de vista, a actividade científica é até mais trivial: estabelecer parâmetros perfeitamente definidos para a interpretação do universo é mais fácil do que tentar questionar a morte ou o fim de um amor.»

Um dos sentidos possíveis desta última afirmação de Hoffman, parece ser este: é mais fácil estudar processos reversíveis do que processos irreversíveis; é mais fácil estudar a «ordem» do que o «caos». Mas isto parece supor que sabemos mais acerca das estruturas reversíveis do pensamento do que das estruturas irreversíveis. Esta suposição parece descrever o esforço que tem sido feito para supor inexistentes, ou pelo menos irrelevantes, as estruturas irreversíveis do pensamento. Exactamente o mesmo tem acontecido em ciência. A descoberta recente de fenómenos essencialmente caóticos (isto é, de comportamentos absolutamente impossíveis de prever) associados ao comportamento das órbitas de funções elementares não-lineares (de que o exemplo mais estudado e conhecido é a equação da parábola), descoberta que esteve na origem do estudo do caos em matemática, constitui um exemplo flagrante da resistência racional a encarar o aleatório. Mas a história da filosofia e a história da ciência estão sementeas de exemplos semelhantes.

Enquanto a ciência se oferecia como modelo ideal das estruturas reversíveis do pensamento, a arte representava o ponto de vista contrário, e constituía-se como o modelo ideal das estruturas irreversíveis. O conflito

entre arte e ciência representa, de uma forma exemplar, o conflito entre caos e ordem, o conflito entre aqueles dois tipos de estrutura. Este conflito começa hoje a ganhar uma expressão nova dentro e fora da ciência.

O abandono, por parte da ciência, da sujeição absoluta ao reversível, constitui, creio, um acontecimento crucial na história do pensamento e na história da ciência em particular. Uma das consequências imediatas desta modificação profunda, é justamente o fim do conflito que tem oposto até agora arte e ciência. Um diálogo entre ambas, talvez incalculavelmente frutuoso, começa agora a ser possível.

O escritor polaco Bruno Schulz, assassinado pelos alemães durante a guerra, escrevia: «A poesia atinge o sentido do mundo por dedução e antecipação (...). A ciência visa o mesmo objectivo metodicamente, por indução, levando em consideração todo o material da experiência. No fundo, ambas procuram o mesmo. Infatigável, o espírito humano acrescenta à vida as suas glosas; infatigável, procura conferir um sentido à realidade. O sentido é o que leva os homens ao progresso da realidade.»<sup>(33)</sup>

Em última análise, porém, o sentido do mundo forma-se naquilo que se esconde por detrás dele, na parte infinitamente importante da realidade «que se esconde profundamente por detrás das coisas», na expressão de Einstein. E é em última análise desse mundo que a arte e a ciência falam constantemente.

Teria o maior interesse estudar com toda a profundidade possível as relações que a arte tem tido, ao longo da sua história, com o caos, e em particular com o tempo. Não poderei fazê-lo aqui. Um aspecto, no entanto, seria talvez possível mencionar: parece existir uma relação muito particular entre a forma como a arte concebe o caos e o tempo, e se relaciona com eles, e a forma como o sonho os «concebe» a ambos e se relaciona com eles. O estudo dessa relação, poder ser importante para a compreensão daquilo a que chamamos «conhecimento».

A arte e a ciência relacionaram-se até hoje com o caos de formas diferentes. Essa diferença começa agora a ganhar uma nova expressão.

Organizar o caos supõe a capacidade para o criar, ou pelo menos para o reconhecer.

Arte e ciência são talvez uma longa meditação acerca do caos e da ordem, isto é, em última análise, acerca da possibilidade do pensamento e da criação.

## Apêndice II

«Não é senão pela Ciência e pela Arte que valem as civilizações.»<sup>(34)</sup> — Não é senão por aquilo que criam, que elas promovem a sua dignidade e o seu valor.

Ao abrigo de uma iniciativa da Liga das Nações, Einstein escreveu uma longa carta a Freud, datada de 30 de Junho de 1932, em que lhe pôe o «...problema

(31) p. XXIX.

(32) Prigogine, Um mundo para Descobrir. Em: O Diálogo Entre Ordem e Desordem, *B. Soc. Port. Química*, n.º 20, 1985.

(33) A Mitificação da Realidade. Publicado em A Phala, n.º 4, 1987, Assírio e Alvim.

(34) Poincaré, H., La Valeur de la Science. Flammarion, Paris, 1920, p. 275.

mais insistente que a civilização tem que enfrentar. O problema é este: há alguma maneira de subtrair a humanidade à ameaça da guerra?» (35) A resposta de Freud, uma longuíssima carta datada de Setembro desse ano, termina da seguinte maneira: «Por que caminhos ou por que atalhos poderá conseguir-se evitar a guerra, não podemos prever. Mas uma coisa podemos dizer: seja o que for que contribua para o desenvolvimento da civilização, contribui também para evitar a guerra.» (36). No texto de Freud, a palavra «civilização» deve ser tomada no sentido de «cultura». E a cultura pode ser vista como a partilha constante, ao nível da sociedade, de momentos de criação.

Para além do imenso reconhecimento que é seguramente devido à ciência pelos benefícios materiais incontáveis que tem trazido à humanidade, é-lhe devido um reconhecimento ainda mais profundo, creio, pela possibilidade que constantemente oferece aos homens de partilha activa de momentos singulares de criação.

Valeria a pena reflectir seriamente sobre o sentido, certamente não trivial, desta afirmação de Prigogine: «É dificilmente um exagero afirmar que uma das datas mais importantes da história da humanidade foi o dia 28 de Abril de 1686, em que Newton apresentou os seus «Principia» à Sociedade Real de Londres.» (37)

No prefácio do estudo admirável que Jean e Brigitte Massin publicaram sobre Mozart, lê-se o seguinte: «Aquilo que nos faz vibrar de alegria ao ouvirmos uma obra-prima, poderemos nós separá-lo da partilha de uma liberdade que nela se afirma (...) e do obscuro sentimento que essa liberdade prepara e proclama a nossa enquanto indivíduos (...) e enquanto espécie (...)?» (38)

É a aprendizagem desta liberdade, da liberdade interior que só a experiência da criação pode trazer, é a aprendizagem dessa liberdade que a partilha de um momento singular de criação oferece a quem dela participa. Nearco, tirano de Eleia, inquieto com o pensamento de Zenão, mandou-o matar. Enquanto assistia à agonia de Zenão, Nearco perguntou-lhe: o que te ensina agora a filosofia, Zenão? E Zenão pôde ainda responder: ensina-me o desprezo pelo tirano. (39)

A ignomínia da guerra, é a ignomínia da estupidez dos homens. Mas a estupidez dos homens é, em última análise, a ausência de liberdade interior: é a incapacidade de criar, ou a recusa em fazê-lo, é a incapacidade para transformar o que há em nós de obscuro, de tânico, de *não-pensado*, é a incapacidade para fazê-lo através do contacto constante com a obra de arte, através da experiência estética que ela representa, quer seja uma sonata, um poema ou um teoria científica.

É o que há em nós de não-pensado que fala pela boca dos Nearcos todos deste mundo, que engendra, prepara e realiza a brutalidade ignóbil da guerra, que gera a ignomínia da crueldade e do sofrimento inútil.

Escrevia Einstein: «Desprezo profundamente todo aquele que sente prazer em marchar em filas atrás de uma música. (...) A guerra é qualquer coisa de ignóbil e de desprezível. (...) Estaria pronto a acreditar que o fantasma da guerra já há muito teria desaparecido se o bom senso dos homens não estivesse constantemente a ser corrompido, através do ensino e da imprensa, pelos interesses do mundo dos negócios e do mundo político.» (40)

Aquilo que em nós destesta o marchar em filas atrás de uma música, aquilo que em nós despreza todos os Nearcos deste mundo, é aquilo que em nós tem que ver

com a criação, com a vida, com o amor. E isso, aprendê-mo-lo apenas com as obras de arte, a criá-las e a partilhá-las, quer se manifestem através da ciência, da arte ou da vida.

A última parte dos «Écrits et Propos sur l'Art», de Matisse, tem por título: «É preciso olhar com olhos de criança toda a vida», e termina da seguinte maneira: «...Então a obra de arte aparece tão fértil, e dotada da mesma vibração interior, da mesma beleza resplandecente, que as obras da natureza. É necessário um amor muito grande, capaz de inspirar e suportar esse esforço contínuo na direcção da verdade, essa generosidade e esse despojamento profundo que implica a génese de qualquer obra de arte. Mas o amor não está na origem de toda a criação?» (41) — quer se manifeste através da arte, através da ciência ou através da vida.

Se existe ainda vida sobre a terra e se ela é suportável, na medida em que o seja, devêmo-lo *exclusivamente* à arte, como quer que seja que se manifeste, que nos prepara para enfrentarmos o que em nós há de tânico, de ameaçador, de *não-pensado*; devêmo-lo *exclusivamente* a quem consegue transformar em arte o que existe de obscuro dentro de nós.

Como os guardas da cidade de Coventry, que no século XVI, quando o dia se aproximava do seu fim, iam pelas ruas a fazer música, para tranquilizar os habitantes e prepará-los para a chegada da noite; como uma mãe, que prepara o seu filho para enfrentar o enigma do desconhecido, a ameaça da noite, a arte — em ciência, na arte, no amor — prepara-nos para enfrentar o que há de tenebroso, de ameaçador dentro de nós.

(35) The Standard Edition, vol. XXII, p. 199.

(36) Op. cit. p. 215.

(37) Order out of Chaos, Bantam Books, 1984, p. 1.

(38) Fayard, 1970.

(39) Caraça, B.J., Galileo Galilei. Texto policopiado da conferência que fez na Universidade Popular Portuguesa em 22 de Junho de 33.

(40) Em: semanário Expresso, 17 de Março de 79 (1.º centenário de A. Einstein).

(41) Op. cit., Hermann, Paris, 1972, p. 323.

## Aos sócios da S.P.Q.:

Mais uma vez a situação económica da SPQ está num estado (super)crítico! Com dívidas que ascendem a várias centenas de contos (devidas, por exemplo, aos custos de produção do Boletim) torna-se imperioso encontrar financiamentos que permitam à SPQ assumir os seus compromissos.

Apelamos, por isso, a todos os sócios (especialmente àqueles que têm quotas em atraso!) para que efectuem o pagamento das quotas em dívida.

Infelizmente ainda não está completada a informatização da SPQ, pelo que não é possível enviar a cada sócio informação daquilo que deve. Relembramos no entanto o valor das quotas:

1984 — 600\$00 (estudantes: 200\$00)

1985 — 600\$00 (estudantes: 200\$00)

1986 — 1500\$00 (estudantes: 500\$00)

1987 — 1500\$00 (estudantes: 500\$00)

Agradecemos que enviem (cheque, vale postal, etc.) as quantias em dívida com a máxima brevidade.

Edmundo J.S. Gomes de Azevedo  
(Tesoureiro da S.P.Q.)

# Anéis, valsas e carrocéis

Jorge Calado <sup>a</sup>

## 1. Introdução

Como ramo *visível* das matemáticas a geometria é uma estética que une as ciências com as artes. A ordem pré-determinada do universo que tanto preocupou os clássicos teria a sua origem em relações geométricas. Como encarnação divina a geometria regulava o funcionamento da natureza, enquanto artesãos e artistas, mestres de retábulos e catedrais, davam testemunho da fé através da organização geométrica implícita nas suas obras. Mesmo em épocas vazias de religiosidade a geometria continua a ser um elo de diálogo entre as culturas — muita arte abstracta é entendida como geometria pura, e a visualização e beleza das teorias físicas tem frequentemente um suporte geométrico.

Os Pitagóricos procuravam construir um modelo do universo com base em números e estes derivavam de formas. O problema da quadratura do círculo (equivalência de duas formas *perfeitas*) estava talvez obscurecido pelo facto de a soma de  $\sqrt{2}$  e  $\sqrt{3}$  ( $= 3.1462\dots$ ) ser aproximadamente igual a  $\pi$  ( $= 3.1416\dots$ ) — uma coincidência fortuita que levou a muitas pistas falsas.  $\sqrt{2}$  e  $\sqrt{3}$  eram os números irracionais fundamentais por aparecerem no triângulo e no quadrado de Platão (Fig. 1).

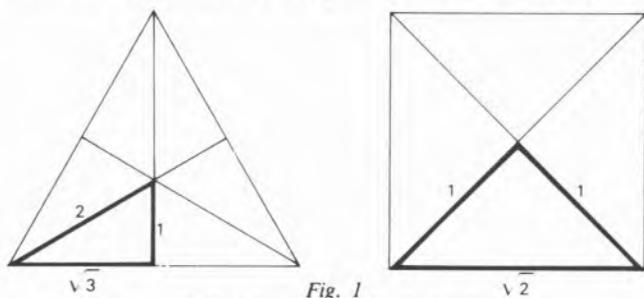


Fig. 1  
Triângulo e quadrado de Platão

Platão discute também os cinco poliedros regulares — tetraedro, octaedro, cubo, dodecaedro e icosaedro — no *Timeu* e rapidamente eles ficam associados aos quatro elementos de Empédocles.

Tetraedro — fogo  
Cubo — terra  
Octaedro — ar  
Icosaedro — água

Esta correspondência é um parente distante das teorias de estrutura molecular e da arquitectura das moléculas. O quinto sólido a mais (dodecaedro, o único cujas faces não são triângulos nem quadrados, mas sim pentágonos), foi empurrado para a substância dos corpos celestes. Kepler construiria o seu modelo do universo com base nos poliedros platónicos e assim chegaria à «harmonia das esferas» com conotações vincadamente estéticas.

A seguir ao quadrado, o hexágono é o polígono mais «perfeito» — o lado é igual ao raio da circunferência circunscrita. Aparece nos cristais de neve, nos favos de mel (agora muito na moda) e tornar-se-ia num dos símbolos por excelência da Química.

## 2. O Ciclo — Da Química à Alquimia

Para os químicos o hexágono está indelevelmente ligado ao chamado *anel do benzeno* de Kekulé (1829-1896). A sua descoberta onírica faz hoje parte da mitologia folclórica da química, embora investigações recentes (J.H. Wotiz, S. Rudofsky, *Chem. in Britain*, 20, 720 (1984), apontem para uma verdade mais prosaica.

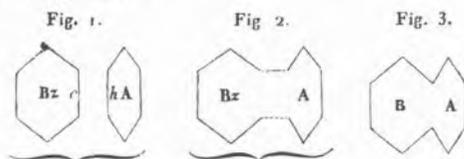
A história seria que a ideia de cadeias de átomos de carbono lhe viera durante um devaneio que experimentara num autocarro em Londres em 1854 ou 1855, enquanto a formulação da estrutura cíclica do benzeno lhe aparecerá em sonhos em Ghent no inverno de 1861 quando se encontrava a dormir em frente da lareira. Kekulé gostaria que a química fosse um sonho, mas é pelo menos estranho que tivesse esperado uns bons 35 anos antes de revelar a génese da sua inspiração. Por muito cauteloso que fosse (e não nos esqueçamos do seu conselho aos jovens de que «devemos sempre deixar os frutos nas árvores até estarem maduros... Estragam a saúde... os jovens que não sabem distinguir os frutos maduros dos verdes») não é crível que uma fábula tão apetitosa permanecesse no escuro durante tanto tempo. O trabalho original em que pela primeira vez, partindo da tetravalência do carbono — «o carbono é *tetratómico* (ou tetrabásico)» — Kekulé desenvolve uma teoria de cadeias de átomos, *Über die Constitution und die Metamorphosen der Chemischen Verbindungen und über die Chemische Natur des Kohlenstoffs* (Sobre a Constituição e Metamorfoses de Compostos Químicos e a Natureza Química do Carbono) publicado em 1858, assenta nas ideias de outros químicos coevos, nomeadamente Laurent, que no seu *Méthode de Chimie* (1854) já introduzira anéis benzénicos hexagonais (Fig. 2).

Os anéis de Laurent são meros auxiliares na visualização dos mecanismos das reacções químicas, mas a sua *irregularidade* perdurou, por razões tipográficas, mais de cem anos. Em vez do hexágono regular, estudantes de química habituaram-se a ver o anel benzénico alongado e distorcido, conforme mandava a tipografia.

Um livro muito em voga nos anos 50 (1950's, entenda-se), dos professores da Universidade de Yale, James

<sup>a</sup> Departamento de Engenharia Química, IST e School of Chemical Engineering, Cornell University.

Pour faire comprendre ce remplacement réciproque de deux restes, je supposerai que, dans l'ammoniaque et le chlorure de benzoïle, les atomes sont disposés suivant les figures hexagonales :



Bz et A, fig. 1, représentent le chlorure de benzoïle et l'ammoniaque, au moment où ils vont réagir l'un sur l'autre, l'arête c en face de l'arête h qu'elle doit enlever. Bz et A, fig. 2, représentent les deux restes pendant la

Fig. 2

A. Laurent, Méthode de Chimie, Paris, 1854, (pg. 408)

English e Harold Cassidy, apresentava o seguinte aspecto (Fig. 3). A tecnologia da escrita afecta profundamente a nossa maneira de visualizar e entender o mundo.

Os anéis de Kekulé são, porém, verdadeiras estruturas, primeiros edifícios de arquitectura das moléculas. Kekulé, que tinha começado a sua carreira como estudante de arquitectura, tendo sido desviado para a química pelas aulas brilhantes de Liebig, foi o inventor dos modelos atómicos. É em 1865 que Kekulé dá a lume, com grande pormenor, «os princípios fundamentais duma teoria da substância aromática que concebe[ra] há bastante tempo» — são as três versões do trabalho que marca o anel hexagonal do benzeno, publicadas em França (*Bull. Soc. Chim. France* 3, 98 (1865)), Bélgica (*Bull. Acad. R. Belg.*, 19, 551 (1865)) e Alemanha (*Ann.*, 137, 129 (1866)). 25 anos mais tarde um grande Festival em Berlim comemora a efeméride (Kekulé tem então 61 anos) — é o *Benzol Fest* que reuniu discípulos e admiradores, industriais e altas individualidades e que foi largamente coberto pela imprensa. É na versão escrita da reunião, especialmente preparada para os *Berichte* (23, 1265 (1890)), que Kekulé conta pela primeira vez os seus sonhos de trinta e tal anos antes.

«Embarquei num devaneio e, zás, vi os átomos a dar cambalhotas em frente de mim. Até aí sempre que estes seres diminutos me apareciam estavam constantemente em movimento; até então nunca tinha sido capaz de distinguir a natureza do movimento; agora, todavia, reparei como frequentemente dois dos pequenos pegavam em três ou mesmo quatro dos mais pequenos, enquanto o conjunto continuava a rodopiar numa dança de entontecer. Vi como os maiores formavam uma cadeia, arrastando os mais pequenos atrás deles...». A sua descrição do sonho de Ghent, com o fogo a crepitar na lareira e as chamas bruxuleantes a iluminarem-lhe o rosto é ainda mais sugestiva: «Ali estava sentado, a escrever o meu livro de texto, mas não me corria bem, a minha mente deambulava algures. Virei a cadeira para a lareira e fiquei a dormir. Novamente vi os átomos às cambalhotas diante dos meus olhos. Desta vez grupos mais pequenos mantinham-se na rectaguarda. Os meus olhos, bem treinados por várias visões do mesmo género, distinguiam agora formações maiores de várias formas. Filas compridas, ligadas mais densamente de diversas maneiras; tudo em movimento, enrolando-se e revolvendo-se como cobras. Mas olha, o que é aquilo? Uma cobra a agarrar a própria cauda, e a forma rodopiou, trocista, à minha frente.

Acordei, como que siderado por um relâmpago; desta vez passei o resto da noite a trabalhar nas consequências do que vira».

Wotiz e Rudofsky no artigo já citado põem em dúvida não só a veracidade de tais sonhos como o facto de Kekulé os ter referido em público na alocução do *Benzol Fest*. Como explicar, de outro modo, trinta e cinco anos de divulgação científica (1855-1890) sem a mínima referência aos sonhos de Kekulé, ou o silêncio da imprensa sobre histórias tão saborosas? Há em todo o professor e cientista algo de actor. Não admira que no momento da consagração Kekulé se tenha sentido tentado a embelezar a versão escrita dos acontecimentos, ou a sonhar, à posteriori, sonhos imaginários. A visão romântica da ciência, alimentada por cientistas, é essa mesma: a verdade revelada em fogo de inspiração. Hamilton (1805-1865), o grande matemático irlandês, descreveu assim a génese dos quaterniões: «Andava a passear a pé em Dublin com a Lady Hamilton e assim chegámos à Ponte Brougham, a que os meus filhos passaram a chamar Ponte dos Quaterniões, pois foi aí que então senti o circuito galvânico do pensamento a fechar-se, e as faíscas que daí resultaram foram as equações fundamentais entre i, j, k, exactamente como as tenho usado desde então».

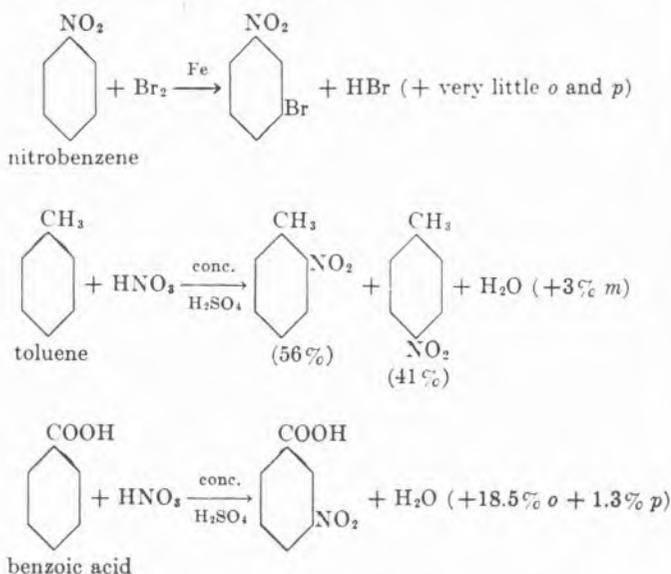


Fig. 3

J. English, Jr. e H.G. Cassidy, Principles of Organic Chemistry, Mc Graw-Hill, 1949 (parte da pg. 109)

Kekulé poderia muito bem ter-se também lembrado do julgamento em 1847 dum dos mais sensacionais casos-crime da época, o do assassínio da Condessa Gortitz, que envolveu o roubo de jóias célebres incluindo um anel com duas serpentes metálicas entrelaçadas a devorar as próprias caudas. Justus Liebig foi o químico perito chamado a depôr, e Kekulé também apareceu como testemunha.

O que não passou despercebido aos comentadores foi a associação freudiana com o velho símbolo alquímico *ouroboros* da serpente a engolir a própria cauda (Fig. 4). A imagem da cobra que eternamente se devora é a metáfora química por excelência da estrutura cíclica que conduziu ao anel do benzeno. Tal como o *ouroboros* representava a química medieval, o anel benzénico passou a simbolizar a química moderna.

A imortalidade surge primeiro com a caricatura e repete-se depois com o monumento. Em 1886 aparece uma

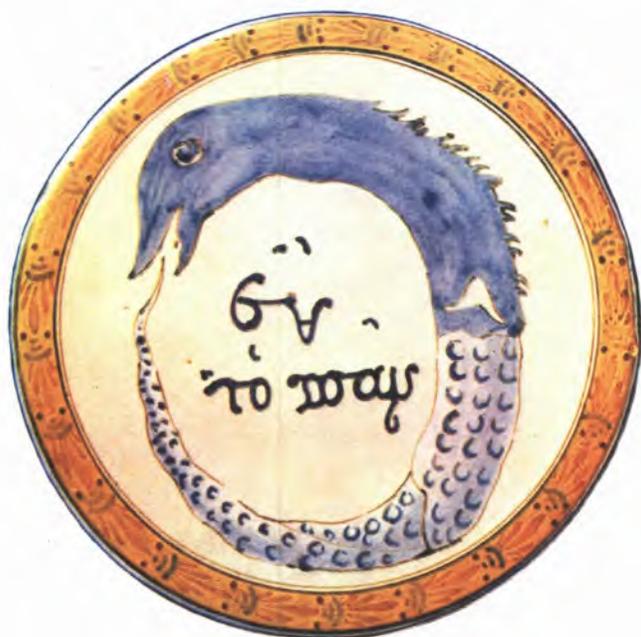


Fig. 4  
O símbolo alquímico ouroboros

engraçada publicação, *Berichte der Durstigen Chemischen Gesellschaft* que reproduzia a tipografia e estilo do afamado *Berichte der Deutschen Chemische Gesellschaft* mas cujo conteúdo era uma sátira à química e aos químicos da época. «Durstigen» significa *sedento* e ao título talvez não fosse alheio o facto de Kekulé gostar da companhia dos bons copos... Um dos artigos da revista é pretensamente de F.W. Findig (o próprio nome é um achado!) e intitula-se *Zur Constitution des Benzols* e nele se afirma: «Acho que a Zoologia fornece a ajuda mais perfeita para a compreensão do comportamento dos átomos de carbono... Assim como o átomo de carbono possui quatro afinidades, também os membros da espécie dos «Quatro Membros» possuem quatro mãos que lhes permitem agarrar e pendurar-se noutros objectos. Se se imaginar agora um grupo de seis membros desta família, por exemplo *Macacus Cynocephalus* (macaco) a estenderem uns aos outros, alternadamente, duas ou uma mão de modo a formar um anel, obtem-se uma analogia muito perfeita com o hexágono do benzeno de Kekulé. Contudo, o acima mencionado *Macacus Cynocephalus* possui, além das próprias mãos, um apêndice caudal (rabo). Se se tomar isto em consideração, então é possível ligar os seis indivíduos entre si de outra maneira, formando o anel da figura... Parece-me pois altamente provável que a analogia entre o *Macacus Cynocephalus* e o átomo de carbono seja completa. Neste caso, todo o átomo-C possui também um apêndice caudal que, embora não possa ser incluído nas afinidades normais, pode no entanto servir para agarrar. Logo que este apêndice, que eu designo por afinidade residual caudal, se torna activo aparece uma segunda forma do hexágono de Kekulé que é obviamente diferente da primeira e tem também um comportamento diferente. Dependendo da situação em que se encontra a molécula de benzeno num dado instante ela assumirá uma ou outra ou ambas as formas, possuindo por isso uma constituição sempre em mudança. Trata-se dum caso especial de tautomerismo que não pode ser entendido de forma mais bonita» (Fig. 5). O manuscrito teria sido recebido na redacção a 31 de Junho, mas mesmo assim houve

quem levasse o artigo muito a sério. Anos depois as serpentes encontravam-se misturadas com os macacos nas versões para a posteridade dos «sonhos» de Kekulé.

### 3. Viena e as Valsas

Kekulé fez a sua carreira em Heidelberg, Ghent (Bélgica) e Bonn. Não era vienense mas devia ter sido. Os sonhos de Kekulé, tal como a imaginação de muitos químicos, aparecem permeados pelo *Zeitgeist*, a visão giratória da valsa. Kekulé fala de átomos «a rodopiar numa dança de entontecer». O seu mestre e amigo H. Kopp (1817-1892) publicou em 1881 um livro original, *Aus der Molekular-Welt* (Do Mundo Molecular) no qual descreve um «clube imaginário de moléculas» cujo propósito era a *dança*. Não admira, pois nessa altura tudo e todos dançavam e quase sempre ao som das valsas de Johann Strauss (1825-1899). Clubes, firmas, organizações profissionais — todos tinham os seus bailes anuais (uma praxe que ainda perdura nos nossos dias com o baile anual na ópera de Viena). O *Danúbio Azul* (1867) transformou-se numa espécie de hino nacional austríaco, e o sucesso de *Die Fledermaus* (1874) estava também no ritmo rodopiante que era o da Viena do seu tempo.

A figura da valsa é a circunferência (o ciclo) e o seu poder encantatório tinha qualquer coisa de dionisíaco que bulia com a moral da época (tal como o «charleston», o «twist», o «rock», etc., das gerações posterior-

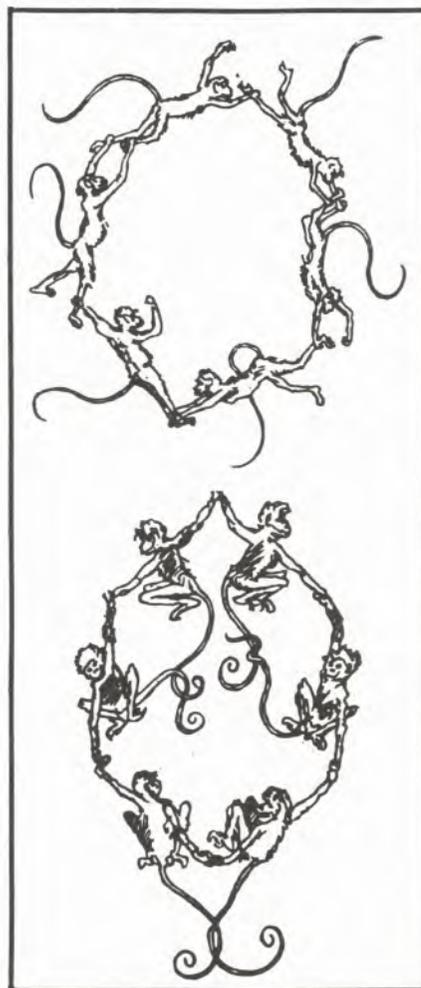


Fig. 5  
As estruturas de macacos em *Berichte der Durstigen Chemischen Gesellschaft*

res). Um visitante de Viena descreveu Strauss e a sua cena numa forma muito expressiva: «Africano e de sangue quente, louco com vida... exorciza os diabos malévolos dos nossos corpos e fá-lo com as valsas, que são o exorcismo moderno... capturando os nossos sentidos num transe doce. Tipicamente africana é a maneira como dirige as suas danças; os seus próprios membros deixam de lhe pertencer quando a trovoadas da valsa põe à solta; o arco do violino dança com os braços... o andamento anima os pés; a melodia ondula taças de champanhe em frente da cara e o demónio foi para o estrangeiro... Um poder perigoso foi posto nas mãos deste homem escuro... Os casais valseiam bacantemente... A luxúria anda à solta. Não há Deus que os detenha».

O poder libertário da dança tem algo a ver com a estrutura sem começo nem fim da roda circular — o ciclo fechado. Quando Matisse pinta em 1909 a sua *Danse* (um tema que o interessaria pela vida fora) utiliza uma composição cíclica de cinco bailarinas nutridas à la Isadora Duncan no plano espalmado da tela (a Duncan tinha um estúdio de dança no mesmo edifício onde Matisse tinha o seu «atelier») (Fig. 6). É curioso que a versão original da *Danse* surge no grupo bailarino do plano de fundo da sua *Bonheur de vivre* (1905-06), desta vez com seis membros tal como no benzeno... Ao crítico americano Charles Caffin que notou que o efeito produzido pela *Danse* «é barbárico... contribuindo para a expressão primitiva, elemental, quase rudimentar do conjunto» Matisse explicou que neste caso «a organização e simplificação foram pensadas de modo a produzir uma expressão de abandono puramente físico de formas sensuais até atingir a intoxica-

ção». Esta é afinal a linguagem da valsa e, filtrada pelo racionalismo científico, é também a dos sonhos de Kekulé.

Na segunda metade do século XIX o ciclo estava na ordem do dia, e não só na química dos aromáticos e corantes. Paris foi reconstruída radialmente, com os novos «boulevards» a divergir centrifugamente de L'Étoile; Manhattan cresceu como uma grelha cartesiana rectangular. Pelo contrário, a renovação urbanística de Viena dá-se com a abertura da *Ringstrasse*, o amplo anel circular que envolve a parte velha da cidade (completado nos anos sessenta).

Ficou reservado ao dramaturgo vienense Arthur Schnitzler (1862-1931) transpôr para o teatro o espírito do anel vienense — a sua peça *Reigen* (1896), mais conhecida pelo título francês *La Ronde*, tem estrutura cíclica e assunto escabroso — uma série de pecinhas em diálogo, cada uma delas terminando na cópula sexual, em que cada episódio retém um dos parceiros do anterior. Os acasalamentos são como se segue:

1. prostituta + soldado
2. soldado + criadinha de fora
3. criadinha de fora + jovem cavalheiro
4. jovem cavalheiro + jovem esposa
5. jovem esposa + marido
6. marido + menina
7. menina + poeta
8. poeta + atriz
9. atriz + conde
10. conde + prostituta

A prostituta da última cena é também a que introduz a peça na primeira. Sabemos já que a roda é libidinosa,



Fig. 6  
Henri Matisse, *Danse (I)*, 1909



Fig. 7

Gustav Klimt, Cartaz para a 1.ª Exposição da «Wiener Secession» em 1898

e o resultado foi um escândalo que levou Schnitzler a proibir a representação da peça. (O «copyright» só foi levantado 50 anos após a morte do autor, em 1982). Recentemente em Lisboa Ricardo Pais encenou outra série de pecinhas de Schnitzler, *Anatol* (1888 em diante) e deu-lhe apropriadamente estrutura cíclica, partindo *Manhã de Casamento de Anatol* ao meio e usando as duas metades para abrir e fechar o espectáculo. Cecil B. de Mile pôs *Anatol* em cinema, mas foi Max Ophuls quem se revelou o mais schnitzleriano (para não dizer vienense) dos cineastas. A sua versão de *La Ronde* (1950) reflecte as simetrias subjacentes à obra quando, logo no início, o líder do jogo (desempenhado por Anton Walbrook) fez rodar o carrocel ao ritmo insidioso de uma valsa de Oscar Strauss: «Tournent, tournent mes personages!».

E a roda continuou a rodar. Como a circunferência, o *Finnegan's Wake* (1922-39) de Joyce não tem princípio nem fim — começa a meio e acaba a meio; a última frase engrena ciclicamente na primeira: «riverrun, past Eve and Adam's, from swerve of shore to bend of bay, brings us by a commodius vicus of recirculation back to Howth Castle and Environs» / «A way a lone a last a loved a long the» / «riverrun, past Eve and Adam's...» e por aí fora, como programa mal programado em que não é possível sair do «loop».

#### 4. Epilogo — O Centro vazio

No final do século o anel onnipotente de Viena tinha adquirido um novo significado — o de que a existência era periférica e que o centro estava vazio. O cartaz que Gustav Klimt (1862-1918) desenhou para a primeira exposição da «Wiener Secession» em 1898 chocou não só porque na primeira versão faltavam os ramos estrategicamente colocados para esconder a genitália de Teseu, mas principalmente pelo arrojo em deixar vazio o espaço imenso do centro (Fig. 7). É esta a característica da

estrutura cíclica que o «design» do cartaz de certo modo assemelha. O mesmo se passa com os estilos decorativos da época — os ornamentos centrífugos da arte nova, espalhando-se ondularmente pela periferia das coisas, desviando a atenção do centro que não existe. A decoração tornou-se importante porque era inteiramente desnecessária e até moralmente condenável. A arquitectura despida e puritana dum Adolf Loos é a condenação dos impulsos eróticos associados à licenciosidade da decoração excessiva.

Coube ao engenheiro Robert Musil (1880-1942) retratar esta Viena sem sentido do princípio do século. A sua obra-prima *Der mann ohne Eigenschaften* (O Homem sem Qualidades) é isso mesmo, o retrato dum homem sem centro e sem vontade, uma simples soma de atributos e qualidades como a decoração duma folha de imprensa de arte nova (Fig. 8).

Na música a frase melódica atomizada pelo cromatismo, quebra-se nos intervalos e silêncios do atonalismo. Com a queda do Império Austro-Húngaro, a Europa Central deixa de justificar o adjetivo — o centro é apenas geográfico, e o poder mudou-se para algures.

Em 1909 Rutherford observa o impossível: partículas  $\alpha$  a ser reflectidas por folha fina de ouro. No ano seguinte ele já sabia o que era um átomo — um núcleo minúsculo carregado positivamente, rodeado por electrões a dançar a valsa em órbitas circulares. Mais: a maior parte do espaço material era espaço vazio — «a maior revolução na nossa concepção da matéria desde o tempo de Demócrito», no dizer de Eddington.

O ciclo permanece. Repetitivo, sem princípio nem fim, é a visão do eterno. Nas modernas teorias cosmológicas o ciclo marca a contagem do tempo.



Fig. 8

Pierre Louys, Aphrodite, Paris, 1910

# Sublimação: a retórica das forças da natureza \*

Pierre Laszlo <sup>a</sup>

## Abertura

Será a forma do recipiente que é semelhante? A actividade intelectual é muitas vezes comparada com a purificação que tem lugar quando se dá uma mudança de estado.

Molière afirma: «sou a favor do bom senso e não poderia suportar as ebulições cerebrais dos nossos marqueses de Mascarille»<sup>1</sup>. Madame de Sévigné faz o seguinte retrato do Cardeal de Retz: «Salvo o quarto de hora em que dá pão às trutas, passa o resto do tempo em destilações e distinções de metafísica... que o matam»<sup>2</sup>. Balzac, muito para além da figura de estilo, está convencido de que «o nosso cérebro é o matrás onde transportamos o que as nossas diversas organizações podem absorver de matéria etérea, base comum de várias substâncias conhecidas sob os nomes impróprios de electricidade, calor, luz, fluido galvânico, magnético, etc., e de onde sai sob a forma de pensamento»<sup>3</sup>.

Francis Ponge, grande poeta francês contemporâneo, inscreve-se nesta linhagem ilustre: para justificar a escolha de um rio, o Sena, como tema de um dos seus poemas em prosa — urdido com o deleite verbal e a minúcia de um Burgess ou de um Nabokov — dedica-se, antes de mais, a fazer uma descrição exacta das forças intermoleculares e da posição intermédia dos líquidos, em relação aos sólidos e aos gases.

Vem-lhe então à mente, tal qual o ressaltado de um seixo na água, a reflexão de que «existe um estado do pensamento em que este é a um tempo demasiado agitado, demasiado distendido, demasiado isotrópico para ser exprimível — correspondendo este estado ao de um gás francamente acima da sua temperatura crítica, quando não é liquidificável; um outro estado do pensamento em que este se aproxima da exprimibilidade — sendo este estado análogo ao de um gás liquidificável, ou vapor; basta que a pressão aumente e que a temperatura baixe para que a *palavra* possa aparecer, primeiramente em suspensão, tratando-se então de um estado lógico comparável ao de um gás no estado de vapor em saturação; em seguida surge uma superfície de separação, quando pensamento e escrita coexistem sob a mesma pressão, e é como quando o líquido cai no fundo do vaso. Mas eis que o mais importante: a partir deste momento, e apesar da indubitável não descontinuidade entre o pensamento e a sua expressão verbal, igual à que existe entre o estado gasoso e o estado líquido da matéria — o *escrito* apresenta caracteres que o tornam *muito próximo da coisa significada*, ou seja dos objectos do mundo exterior, do mesmo modo que o líquido está muito próximo do sólido. A diferença consiste em ele ter a faculdade de encontrar uma configuração de energia livre mínima. De tal modo que a

adequação da escrita aos objectos exteriores *líquidos* é não apenas não utópica mas, por assim dizer, fatal e como que antecipadamente certa de ser realizada, bastando para tal que tudo seja feito para que a escrita seja o que a escrita deve ser por definição... quer dizer, provida de todas as qualidades análogas às dos líquidos»<sup>4</sup>.

## Um duplo emprego

Os dicionários confirmam este emprego antiquíssimo de termos técnicos, provenientes da química, para designar operações intelectuais ou valores morais. No século XVII, o vocábulo «distillation» usado por Madame de Sévigné, encontra-se no *Dictionnaire de Furetière*: «*Distiller* usa-se em moral com um sentido figurado. *Distiller* o espírito em qualquer coisa, quando este corre o perigo de se evaporar devido a uma aplicação demasiado forte»<sup>5</sup>. Satisfeito, Ponge?

De igual modo, a *sublimação*, «operação de química, por meio da qual as partes voláteis de um corpo, elevadas pelo calor do fogo, se fixam à parede superior de um vaso»<sup>6</sup>, está associada a sublime que é «uma característica extraordinária, maravilhosa, que enleva, seduz e arrebatava»<sup>7,8</sup>.

As etimologias não deixam de ter interesse, o termo *distillatio*, em latim, significa uma constipação, um catarro. Nostradamus ainda o usa nesse sentido:

«*La bouche et gorge en fervides pustules,  
De sept Grands cinq. Toux distillante muire;  
Pluye si longue, à non mort tournent bulles,  
Le Grand mourir, qui trestous faisait luire*»<sup>9</sup>.

Quanto aos vocábulos sublimar, *sublimação*, Bloch e von Wartburg datam o primeiro do século XVI, «como termo de alquimia, posteriormente conservado na linguagem da química»<sup>10,11</sup>, ao passo que o segundo, derivado do latim dos alquimistas, aparece no século XV. «Os sentidos figurados foram por vezes detectados no verbo, em 1350, e ainda em Amyot, no substantivo, no século XVI.»

## O sublimado corrosivo

O sublimado corrosivo surge na literatura no século XV, em Villon<sup>11</sup>.

Abro aqui um parêntesis: o mercúrio e os seus derivados tinham uma importância fundamental para os alquimistas. A literatura das ciências ocultas, a lite-

\* Traduzido do *Nouveau Journal de Chimie*, vol. 3, n.º 6 (1979) por Ana Bastos com a autorização do autor e do editor.

O poema de Raymond Queneau foi traduzido por Luisa Costa Gomes.

<sup>a</sup> Universidade de Liège.

ratura pura e simples, então peçadas de alusões, de imagens e de alegorias, habilmente entretecidas numa grinalda posta em verso por Raymond Queneau em homenagem simultânea ao metal que simbolizamos por Hg e ao deus Mercúrio/Hermes:

*Evitando dos esplendores a fatal amálgama  
e já quase a surgir em colunas fluentes  
para tentar no céu o calor polígamo  
ou curvar o vário em arco oscilatório  
do belo seco sexo flexo ferro fixo das tempestades  
fluentes  
maravilha do líquido êxtase elemental  
e fluido e subtil em gotas desenhada  
gotas brincadoras e risonhas mais que ludiões  
único que foi deus o barroco metal  
escorrida p'lo corpo da bola sólida  
perfeitamente puro não formava linha  
mais tarde visará o irmão planetário  
mais tarde visará o tormento sífilítico  
mais tarde visará a explosão fulminante  
ele visará mais alto que o manual escolar  
que lhe dá um cortejo d'oitenta electrões  
visará mais alto que a urna boticária  
e que o sublime mesmo se é corrosivo  
ou que a lembrança de um negro laxativo  
nado nativo do cinábrio emisso pela ilusão  
serpente verde uivando ao pé d'árvore de Diana  
pai autoliceal guia das defunções  
percorredor d'infernos liberador d'almas  
d direcção do poeta algoritmo alquímico  
tu, do retrato marco que insultou Alcibiades  
fascista prosaico e admirador dos Persas  
tu que sabes polir com tua língua transversa  
os trabalhos inspirados aos que forjam os ritmos  
minador da alusão tralhador de metáforas  
Hermes explica aos seus franceses leitores  
a clareza do carme em seis partes diviso  
Mercúrio lhes ajusta a castúcia artesiana  
à ingénua sinopse do pequeno poema.*

Não é... sublime? Tanto mais que «o sublime é o sentimento de uma liberdade superior»<sup>13</sup>.

## E Freud?

Vimos que a analogia do pensamento com as mudanças de estado que são a destilação e a sublimação é antiga, remontando seguramente aos alquimistas. Todavia, o termo *sublimação*, na sua utilização corrente não química, tem actualmente o significado que lhe foi atribuído por Freud no princípio do século. Sabe-se que Freud, principalmente no seu texto sobre «Uma recordação de infância de Leonardo da Vinci», designa assim a transformação da libido numa obra original que se verifica nos grandes criadores, artistas, músicos e escritores. Segundo Freud «designa-se por sublimação esta capacidade de trocar o objectivo sexual originário por um outro, já não sexual, mas que lhe é fisicamente aparentado»<sup>14</sup>. Esta denominação freudiana é pouco precisa: não se sabe muito bem se Freud teria acima de tudo em mente a noção figurada, abstracta, do sublime, resultante de um rasgo fulgurante que nos eleva às alturas, com esse travo maravilhoso de liberdade evocado por Alain<sup>15</sup>. Ou tratar-se-á sobretudo de uma operação concreta por meio da qual os químicos purificam uma substância, efectuando a transformação de um sólido em gás, seguida da transformação inversa que deposita o sólido puro numa parede fria? Em am-

bos os casos, é curioso que Freud pareça pôr a sexualidade a um nível inferior do da obra de arte. Puritanismo da sua parte? Com efeito, a sublimação freudiana que se realiza, num tempo intermédio, através de uma ocultação da libido pelo eu, desde que este tenha uma dimensão narcísica suficiente, tem simultaneamente a ver com o *sublime* artístico e com a *sublimação* do químico<sup>15</sup>, não passando de um conceito mal definido, vago. É lamentável que a psicanálise se tenha assim apossado de uma palavra que, não obstante a sua longa história, sucintamente evocada no presente texto, era ainda cheia de vigor para o restituir com um sentido enfraquecido.

Temos aqui um exemplo nítido dos múltiplos elementos que a psicanálise foi buscar à alquimia. Não é surpreendente que química e psicanálise tenham conceitos e vocábulos comuns, uma vez que ambas derivam, embora em épocas diferentes, do mesmo passado alquímico<sup>16,17</sup>.

## Fecho

A sabedoria, o saber, passam por uma sublimação prévia. O sublime, na gíria do século XIX, é aquele que sabe (entenda-se: que é iniciado na gíria)<sup>18</sup>. Os alquimistas, esses iniciados, representavam a sublimação por aves, águias ou pombas, a levantar voo. Do ponto de vista da sucessão as cores, tão importante para a Obra hermética, o tempo da sublimação é aquele em que a escuridão dá lugar às cores da túnica de Iris, mensageira dos Deuses.

Tal como, ao alvorecer, à medida que o sol se vai erguendo, a noite dá lugar ao «cinzento, ao verde, ao branco, que se tingem de amarelo (citrino), passa ao amarelo alaranjado, ao ocre, cor de Marte e, finalmente, ao vermelho, sendo esta última a cor da pedra filosofal, a que tem o poder de transmutar os metais e que, bem entendido, corresponde a uma sublimação interna psicológica do alquimista»<sup>19</sup>.

## Referências

- 1 — *Critique de l'École des Femmes*, 6.
- 2 — Manuscrito de Grosbois V, 365, 366; citado por J.E.A. Sommer, *Lexique de la langue de Madame de Sévigné*, Hachette, Paris, 1866.
- 3 — Balzac, *Louis Lambert*, nova edição da Pléiade (P.G. Castex), Gallimard, Paris XI. A frase «O homem é um matrás» surge também em *La Recherche de l'Absolu*, Bruxelas, Société Belge de Librairie, Hauman, Cattoir et Cie., 1837, pg. 129.
- 4 — F. Ponge, *La Seine*, em *Tome Premier*, Gallimard, Paris, 1965. Agradeço a Lionel Salem por me ter assinalado este texto maravilhoso.
- 5 — *Dictionnaire de Furetière*.
- 6 — L. Aubanel, *Nouveau Vocabulaire de l'Académie Française*, Avignon, 1822.
- 7 — *Encyclopédie de Diderot e d'Alembert*, Paris, 1751-1780, artigo de Chevalier de Jaucourt.
- Na mesma palavra «sublime» existe também um artigo de Marmon- tel que diz nomeadamente: «o *sublime* é na generalidade uma percepção rápida, luminosa e profunda, um resultado bruscamente carregado de sentimentos ou pensamentos, cuja natureza está mais ligada àquilo que faz ouvir do que àquilo que exprime... O que do ponto de vista da expressão é mais essencial no *sublime* é a energia e sobretudo a precisão; o que mais lhe repugna é a abundância e a ostentação das palavras».
- 8 — Condillac é de certo modo banal: «*sublime* é algo relativo ao espírito, ao mérito, ao estilo, aos pensamentos e caracteriza o mais elevado grau de elevação», *Dictionnaire des Synonymes*, obras filológicas, G. Le Roy editor, Presses Universitaires de France, Paris, 1951.

9 — *Présages*, XII; em *Les Oracles*, de Michel de Nostredame, 2, Slatkine Reprints, Genève, 1969.

10 — «Significando submeter ao calor corpos sólidos num recipiente fechado de forma que os elementos voláteis ascendam até à parte superior do recipiente aí se tornando novamente sólidos e aí se fixando.»

11 — O. Bloch e W. von Wartburg, *Dictionnaire Étymologique de la Langue Française*, Presses Universitaires de France, 6.ª edição, 1975.

12 — R. Queneau, *Petite Cosmogonie Portative*, Gallimard, Paris, 1950 (Canto Terceiro).

13 — Alain, *Propos*, Édition de la Pléiade, Gallimard, Paris, 1970, 2, 1072, formulação n.º 625 (Julho de 1935).

14 — S. Freud, *Gesammte Werke*, VII, 150; *Standard Edition*, IX, 187.

15 — «A palavra sublimação introduzida por Freud em psicanálise evoca simultaneamente a noção de sublime utilizada nomeadamente no campo das belas-arts para designar uma produção que sugere

grandeza, elevação, e a noção de sublimação utilizada em química para designar a transformação através da qual um corpo passa directamente do estado sólido ao estado gasoso», J. Laplanche e J.B. Pontalis, *Vocabulaire de la Psychanalyse*, Presses Universitaires de France, Paris, 1967 (artigo «sublimação»).

16 — P. Laszlo, *Intelligence totale, idéologies totalitaires*, ERIS, Bulletin du GERSULP, 4, 1-17 (1977).

17 — P. Laszlo, *Toutes sortes d'affinités*, Nouv. J. Chim., 2, 435-436 (1978).

18 — Ao escrever *L'Assomoir* Zola inspirou-se, para as frases de «argot» que figuram nesse livro, na obra de Denis Poulot *Le sublime ou le Travailleur tel qu'il est*, A. Lacroix, Verbockhoeven et Cie, Paris, 1870. Agradeço ao Professor Philippe Lecarme por me ter chamado a atenção para este aspecto.

19 — P. Laszlo numa entrevista realizada por M. Rouzé na emissão «Os caminhos do conhecimento: olhares sobre a ciência», France-Culture, 20 de Novembro de 1976.

## Jarra comemorativa dos 75 anos da S.P.Q.

Jarra Botica, modelo do séc. XVII, produzida para a S.P.Q. pela Cerâmica de Conímbriga; cor azul em fundo branco

Preço unitário:

— compra na sede em Lisboa ou na sede da Delegação Norte (Porto).....	1800\$00
— preço incluído porte de correio.....	2100\$00



CORTE POR AQUI



Desejo adquirir \_\_\_\_\_ jarras comemorativas dos 75 anos da S.P.Q., para o que junto o cheque  
n.º \_\_\_\_\_ do Banco \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ no valor de \_\_\_\_\_ escudos.

Nome: \_\_\_\_\_

Morada para entrega: \_\_\_\_\_

# Fotografia: da magia à Química-Física

Eurico C.C. Melo <sup>a</sup>

## 1. Introdução

O desejo de registo do real visível conduziu à concepção de inúmeros dispositivos destinados à sua reprodução, Figura 1. A *câmara obscura* era conhecida desde o renascimento e adquiriu grande popularidade na segunda metade do séc. XVIII, porém, a fastidiosa tarefa de desenhar manualmente as figuras projectadas levou muitos espíritos empreendedores a tentar gravá-las por processos fotoquímicos. Como superfícies fotossensíveis foram utilizadas desde folhas de couve até às mais exóticas mistelas. Assim, obtinham-se reproduções por vezes de boa qualidade que, no entanto, se degradavam rapidamente por exposição à luz.



Fig. 1  
Um dispositivo de reprodução manual. Dürer

Em 1826, Nicéphore Niepce obtém pela primeira vez uma imagem que se mantém fixa e de tal forma estável que ainda hoje é visível, Figura 2. A técnica desenvolvida por Niepce usava betume da Judeia como substância fotossensível e tem apenas importância histórica. Pouco tempo depois, Louis Daguerre inventa um pro-



Fig. 2  
Julga-se ser esta a primeira fotografia de Niepce — 1826

cesso mais aperfeiçoado baseado na sensibilidade à luz dos sais de prata (iodeto de prata), o Daguerreotipo, de que foi dado conhecimento público em 1839 e que constituiu a primeira técnica fotográfica verdadeiramente prática.

A fotossensibilidade dos sais de prata era há muito conhecida e a sua utilização para obtenção de imagens foi pela primeira vez referida pelo físico alemão Heinrich Schulze, que em 1727 imprime figuras recortadas em cartão opaco sobre cré impregnado de nitrato de prata.

Desde Daguerre até ao aparecimento da Kodak a fotografia foi do foro exclusivo do *Photógrapho* que necessitava dominar os processos químicos conducentes à prova final. Quando o senhor George Eastman lançou, em 1888, o slogan «— You press the button, we do the rest», tornou acessível à grande maioria, não familiarizada com as delicadas manipulações que as técnicas da época exigiam, o processo de tomada de vistas. O fotógrafo passou, desta forma, a estar completamente divorciado dos aspectos físico-químicos e o processamento que se desenrola na câmara escura tornou-se saber de apenas alguns iniciados.

## 1.2. Descrição sumária do processo fotográfico

Uma vez que não é suposto que todos os leitores tenham conhecimento dos tratamentos sofridos por uma película desde que entra na máquina até à prova final vamos dar deles um resumo, restrito ao preto e branco, único processo que tentaremos explicar.

As duas peças fundamentais de qualquer máquina fotográfica são a objectiva e a película, Figura 3. Do nosso ponto de vista, é o que se passa na película que interessa esclarecer. Aquilo a que chamamos película tem hoje o significado de um filme de gelatina sensibilizada por sais de prata aderente a uma folha de plástico. Os dispositivos empregues para a introdução dessa película no interior das máquinas são diversos como é conhecido.

A película saída da máquina, uma vez que é sensível a todos os comprimentos de onda do espectro visível, deverá ser tratada completamente às escuras. Desembaraçada dos seus papéis de suporte ou da bobina que a protege é introduzida num *banho revelador* após o qual, ainda opaca, já contém bem visível a imagem final. A esta operação que dura cerca de dez minutos segue-se a dessensibilização dos sais de prata não expostos num *banho fixador* durante alguns minutos. Finalmente, e já à luz, a película é lavada em *água* corrente para retirar todos estes produtos químicos que,

<sup>a</sup> Centro de Química Estrutural, Complexo I, Instituto Superior Técnico, 1096 Lisboa Codex.

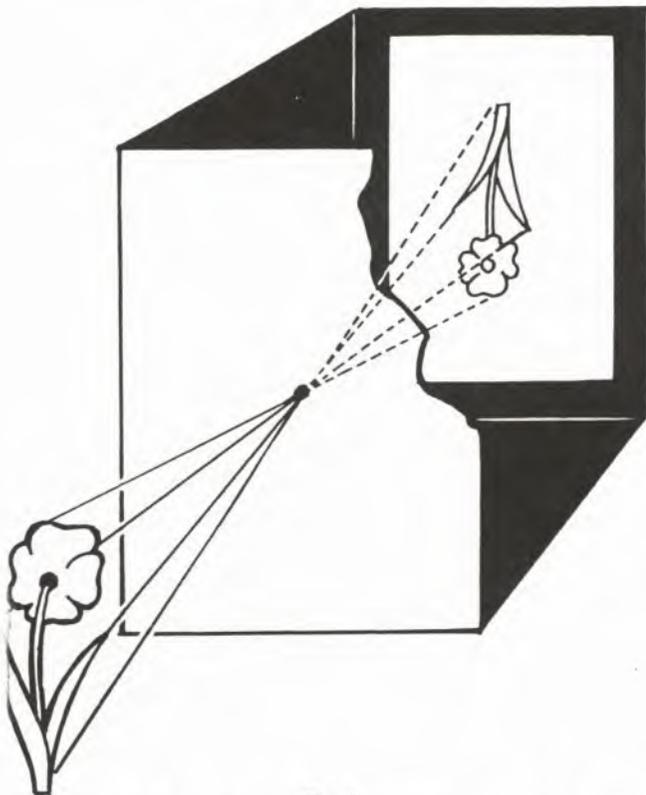


Fig. 3

Representação de uma máquina fotográfica rudimentar de imagem estenopeica

disseminados na gelatina, mais tarde ou mais cedo acabariam por alterar a imagem de prata.

Obtivemos uma imagem negativa, *i.e.*, em que as zonas claras surgem como escuras. Não temos mais que fotografar este negativo tantas vezes quantas quisermos para obter vários positivos. Se nesta fotografia do negativo usarmos novamente película e a tratarmos da forma anteriormente descrita resulta um diapositivo (transparência). Se utilizarmos papel fotossensível e nele projectarmos o negativo ficamos com uma prova em papel. Como a gelatina sensível não difere nas suas características essenciais, na película e no papel, o tratamento a que este é sujeito é idêntico.

Propomo-nos agora analisar os diversos passos deste processo com o rigor que a Química-Física recomenda.

## 2. A Química-Física da fotografia

A compreensão da sequência de tratamentos atrás descrita, a que é sujeita uma superfície sensível desde o estado virgem até se transformar num negativo acabado, envolve o estudo dos seguintes fenómenos:

- 1) sensibilização da gelatina
- 2) superfície virgem → superfície exposta
- 3) superfície exposta → superfície revelada
- 4) superfície revelada → superfície dessensibilizada
- 5) superfície dessensibilizada → superfície lavada

Na descrição dos passos referidos preocupar-nos-emos fundamentalmente com os fenómenos químicos e não nos deteremos sobre os delicados problemas tecnológicos que lhes são inerentes.

### 2.1. Constituição de uma superfície sensível

Como vimos, sobre o filme plástico é espalhada uma

camada uniforme de gelatina que contém os sais de prata sensíveis.

#### 2.1.1. A Gelatina

A gelatina é apenas um suporte e não tem, em princípio, qualquer papel activo. A sua função é actuar como uma espécie de esponja que suporta a água no meio da qual se vão dar os processos químicos fotográficos — a química fotográfica é uma química de meio aquoso.

A gelatina é uma proteína constituída por cadeias polipeptídicas. O emaranhado destas cadeias de aminoácidos, coesas devido às ligações de hidrogénio que entre elas se estabelecem, deixa muitos interstícios que podem ser ocupados por água formando-se uma estrutura do tipo gel. A introdução de mais água entre as moléculas de gelatina não é energeticamente desfavorável e em meios de elevada força iónica o processo pode atingir tal extensão que as cadeias polipeptídicas percam as ligações que as fixam umas às outras e, como consequência, a gelatina das provas se dissolve. Como os fotógrafos sabem, podem evitar este contratempo, usual em particular nos dias quentes de Verão, fazendo passar a gelatina por um banho endurecedor, uma solução contendo alúmen de crómio,  $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2$ , habitualmente um fixador-endurecedor. Os grupos carboxilo existentes nos aminoácidos coordenam-se ao  $\text{Cr}^{3+}$  formando ligações cruzadas entre as cadeias. Este processo só é eficiente em meio com  $\text{pH} > 5.5$  que promova a ionização dos grupos ácido. A consequência do baixo pH na estabilidade do fixador-endurecedor será mais tarde comentada.

#### 2.1.2. Os Sais de Prata

Todos os halogenetos de prata, quando na forma de microcristais, são mais ou menos sensíveis à luz. Note-se porém que inúmeros outros compostos sofrem alterações químicas quando absorvem energia luminosa não sendo portanto esta sensibilidade à luz uma magia dos sais de metais preciosos. De facto muitas outras substâncias são fotossensíveis, sendo bem conhecido o exemplo das furocumarinas que, quando expostas à luz solar, se transformam em melanina, veja-se a Figura 4. Acontece porém que as características dos halogenetos de prata os tornam particularmente adequados para o registo de imagens e dificilmente substituíveis por outros processos.

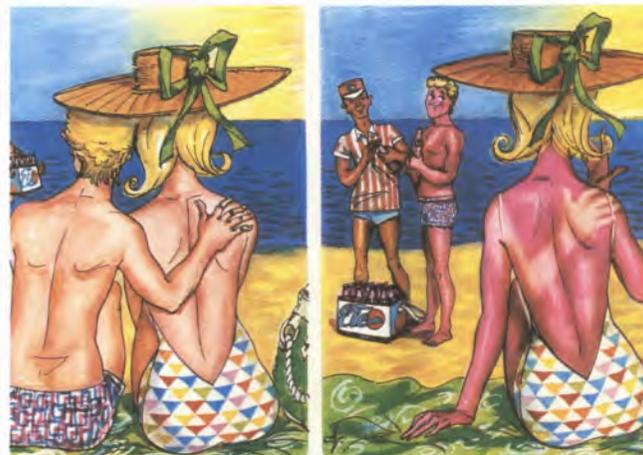


Fig. 4

A transformação das furocumarinas em melanina por acção da luz é um conhecido método de obter imagens semipermanentes

Os halogenetos de prata encontram-se dispersos na fase aquosa do gel de gelatina sob a forma de microcristais com dimensões médias que, conforme o grau de sensibilidade do material, podem variar de  $4 \times 10^{-3}$  mm até  $2 \times 10^{-6}$  mm.

A formação destes microcristais dá-se quando a uma solução de gelatina se adicionam, a quente, soluções de nitrato de prata e de halogeneto de amónio (habitualmente brometo de amónio visto ser o brometo de prata o sal mais usado). O brometo de prata precipita devido à sua baixíssima constante de solubilidade,  $K_s(25^\circ\text{C}) = 5,2 \times 10^{-13}$ .

Os parâmetros estruturais e energéticos destes cristais não são compatíveis com uma interpretação simples em termos do modelo iónico como consequência da relativamente baixa diferença de electronegatividade entre o Br e a Ag:

*A soma dos raios iónicos  $\text{Ag}^+$  e  $\text{Br}^-$  é de 3,21 Å difere significativamente da distância internuclear de equilíbrio experimental, 2,89 Å.*

*O valor calculado de energia reticular para o AgBr, mesmo quando corrigido para as interações de London, é de 816 kJ mol<sup>-1</sup>, porém o valor experimental retirado do ciclo de Born é de 895 kJ mol<sup>-1</sup>.*

*No AgI, por exemplo, já não é a maximização das interações electrostáticas que controla a estrutura pois, se assim fosse não adquiria a estrutura cristalina da blenda (coordenação 4 do catião) uma vez que a razão  $r_{\text{Ag}^+}/r_{\text{I}^-} = 0,538$  ainda está longe da razão crítica para a coordenação 6 (0.414).*

Deste modo a ligação química Br-Ag deve ser interpretada à luz da teoria das Bandas de Bloch e não através do modelo iónico que se revela insuficiente para a compreensão do processo fotográfico. De acordo com aquela teoria o brometo de prata deve ser encarado com um fotocondutor em que as bandas de valência e condução se encontram separadas de 2,5 eV, Figura 5, interpretação esta bem de acordo com os factos experimentais.

Absorção de fotões pelo AgBr

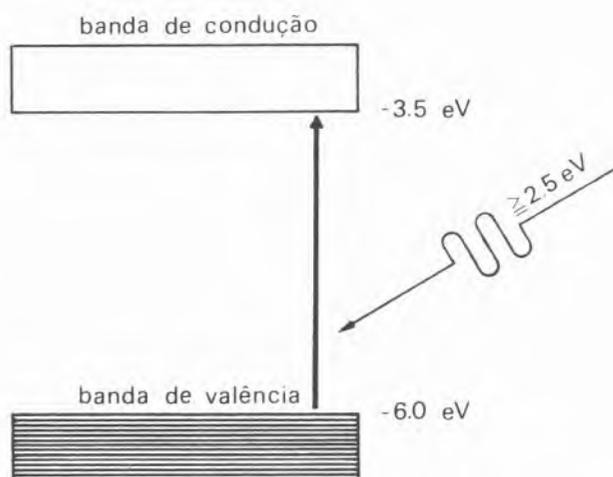


Fig. 5

Uma radiação de energia  $\geq 2.5$  eV coloca electrões na banda de condução do AgBr

A banda de valência encontra-se completamente preenchida e a energia que a separa da banda de condução corresponde à energia de uma radiação de 4800 Å. A diferença de energia de ionização entre o Br e o Ag leva a que as orbitais ligantes tenham uma maior contribuição das orbitais atómicas do bromo e as orbitais cristalinas antiligantes maior contribuição das da prata. Desta forma excitar um electrão da banda de valência para a de condução corresponde a retirá-lo de orbitais preponderantemente bromo e colocá-lo em orbitais com elevado carácter prata.

Entre as bandas de valência e de condução surgem níveis de impureza provenientes de átomos estranhos à rede. As impurezas habitualmente existentes tornam o AgBr um semi-condutor tipo n, facto que, embora importante, não será tido em conta neste texto visto não introduzir interpretações qualitativamente diferentes.

Nos cristais reais as imperfeições da rede, que necessariamente surgem, colocam átomos em situação energeticamente desfavorável. Um átomo de prata nestas condições terá, devido à inadequada geometria, uma dificiente sobreposição das suas orbitais com as dos átomos vizinhos o que leva à formação de orbitais ligantes com menos carácter ligante e de orbitais antiligantes com níveis de energia mais baixa que a dos níveis mais baixos da banda de condução. Por este motivo átomos de Ag em imperfeições constituem ratoeiras quer para electrões quer para lacunas, ratoeiras estas que são indispensáveis para o processo fotográfico como será visto adiante.

### 2.1.3. Tratamentos Finais

As constantes de solubilidade para os halogenetos de prata, são tão baixas que podemos supor que para uma adição estequiométrica não ficam iões prata ou brometo em solução em concentrações significativas para os processos subsequentes. Porém na fase de precipitação do AgBr é mantido sempre um excesso de Br não sendo nunca permitido que o  $\text{Ag}^+$  atinja as proporções equimolares. Como consequência deste excesso a superfície dos cristais fica parcialmente coberta por aniões Br adsorvidos quimicamente, conferindo-lhe um potencial negativo que aumenta a energia dos electrões e aniões na sua proximidade.

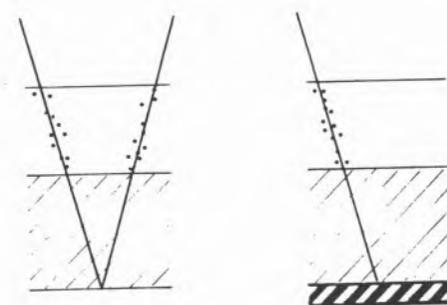
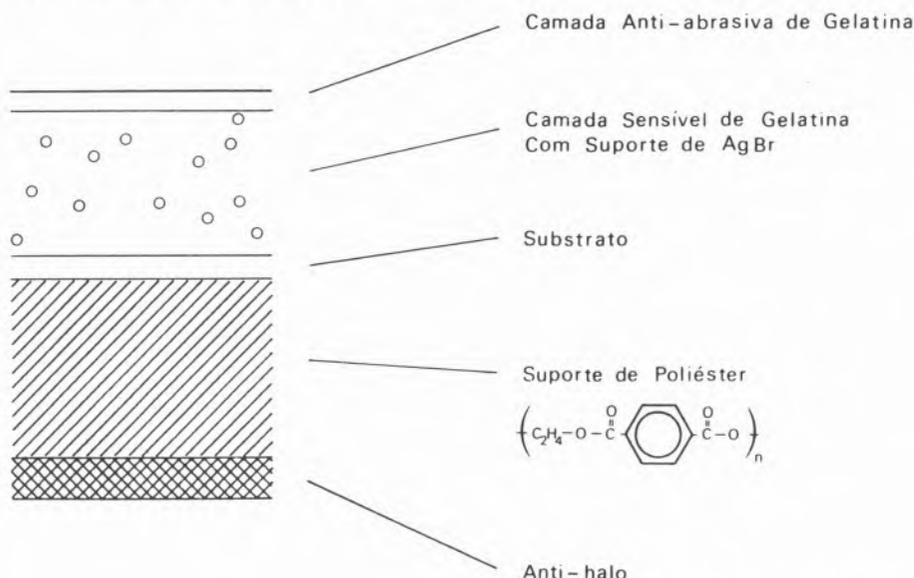
Estando os cristais de AgBr formados ficaram em solução os iões  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  (contraíões do  $\text{Ag}^+$  e do Br respectivamente) que serão retirados por lavagem do gel depois de solidificado.

Antes de dar por terminada a preparação da suspensão sensível esta ainda é submetida a dois tratamentos: 1) digestão do precipitado e 2) introdução de aditivos. A gelatina, após precipitação dos sais sensíveis mas ainda antes de ser lavada sobre o suporte (filme plástico ou papel) é mantida fluida, a quente, durante algumas horas. Ao longo deste período os cristais maiores crescem à custa dos mais pequenos aumentando o tamanho médio em consequência da redução da energia de Gibbs de superfície com a diminuição da superfície específica do sólido. O processo, naturalmente lento devido à baixa constante de solubilidade destes sais é tornado mais eficiente mediante a solubilização por complexação do ião  $\text{Ag}^+$  sob a forma de  $[(\text{NH}_3)_2\text{Ag}]^+$ .

Como posteriormente veremos, os aditivos, na generalidade sensibilizadores, são fundamentais para as propriedades de qualquer película fotográfica. Incluídos no gel após a digestão do precipitado os *sensibilizado*

res químicos aumentam a sensibilidade do sal de prata à radiação absorvida, e os *sensibilizadores espectrais* permitem que os microcristais absorvam radiações a que eles sozinhos seriam transparentes.

A gelatina sensibilizada será então espalhada num suporte no meio de camadas de aderente e anti-abrasivo como se indica na Figura 6.



Efeito do Anti-halo

Fig. 6  
Secção de uma película ampliada: a) camadas que compõem a película; b) acção do anti-halo

## 2.2. A formação da imagem latente

Chegamos ao cerne do processo fotográfico, a formação da imagem latente. Esta, embora invisível à vista desarmada e indetectável mesmo pelos mais poderosos métodos de análise microscópica, manter-se-á durante dezenas de anos inalterável. Os microcristais que receberam luz vão posteriormente reagir, de forma diferente, dos não iluminados, com um agente revelador. Ficaram portanto com propriedades químicas diferentes.

### 2.2.1. Mecanismo

A formação da imagem latente dá-se em dois passos:

- 1.º — Absorção de um ou mais fotões pelo microcristal formando pares electrão condutor/lacuna;
- 2.º — Movimento dos electrões e lacunas no interior do cristal.

Ao absorver um fotão um electrão da banda de valência do AgBr passa para a banda de condução com formação de uma lacuna na primeira.

A lacuna é atraída para a superfície que, como vimos, contém excesso de  $\text{Br}^\bullet$  sendo portanto negativa. Uma vez à superfície um ião  $\text{Br}^-$  será oxidado ficando sob a forma radical,  $\text{Br}^\bullet$ , e irá reagir com a gelatina do meio (Figura 7).

O electrão percorre o cristal de ratoeira em ratoeira até encontrar uma mais profunda de onde a probabilidade de sair seja pequena. Constituem ratoeiras átomos de prata intersticiais, superficiais ou quaisquer outros em situação de envolvimento deficiente.

Se electrão e lacuna não se afastam rapidamente ( $<10^{-9}$  s), recombinam; perdendo-se portanto para o subsequente processo. Porém dado que a absorção dos fotões se dá nas primeiras camadas de átomos do cris-

Notemos que é incorrecta a denominação corrente de emulsão de sais de prata dada à superfície sensível, trata-se antes de um gel em cuja fase aquosa estão dispersos os microcristais de halogeneto de prata; é portanto mais convenientemente designada por suspensão.

Esta película portadora da suspensão sensível pode agora ser introduzida às escuras na máquina fotográfica onde terá lugar o passo seguinte.

tal o potencial negativo da superfície promove a separação electrão-lacuna diminuindo a probabilidade de recombinação.

Cada microcristal absorve algumas dezenas de fotões. Se pelo menos dois destes se encontrarem em ratoeiras contíguas ou muito próximas ficamos com um grupo de vários átomos de prata (2 pelo menos) com excesso de carga negativa relativamente aos restantes depauperados dos seus electrões pelo Br. Aqueles átomos, deficientes nas suas ligações com o Br, e habitualmente na vizinhança imediata da prata incluída na rede, associam-se a esta formando um agregado metálico que poderá crescer se novos electrões forem retidos nas proximidades ou neste próprio agregado que entretanto passou a constituir uma ratoeira profunda. Este mecanismo para a formação da imagem latente foi proposto por Gurney e Mott em 1938 e é ainda a descrição do fenómeno que parece estar em melhor acordo com os dados experimentais actualmente disponíveis, equações (1).

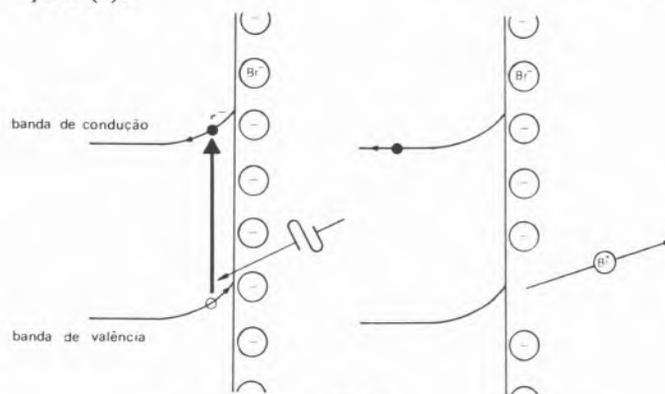
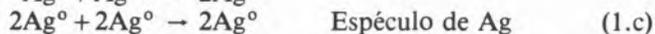
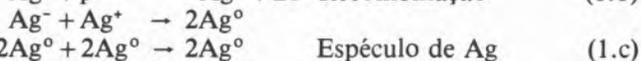
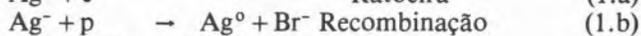


Fig. 7  
Libertação de Br por absorção de um fotão

Mecanismo de Gurney Mott:



Estes agregados metálicos estáveis, espéculos de prata, constituem a imagem latente, e aqueles que ficam localizados à superfície vão posteriormente interactuar com o revelador permitindo a transformação de todo o cristal.

Através da sensibilização química aumenta-se a estabilidade dos espéculos de prata que se formam à superfície, aumentando assim a probabilidade de que um cristal fotolisado seja revelável.

### 2.2.2 Sensibilização Química

Os agentes sensibilizadores mais usados são o ouro e o sulfureto de prata.

A adição do ouro, na forma  $\text{Au}^{+}$ , é feita a seguir à fase de digestão, portanto quando os cristais de halogeneto de prata já estão com as suas dimensões finais, ocupando assim posições superficiais. Como a electro-negatividade do ouro é muito elevada provoca uma rarefação de electrões nos átomos de prata vizinhos tornando-os boas ratoeiras.

O sulfureto de prata, que se forma à superfície dos cristais por reacção dos iões  $\text{Ag}^{+}$  com um composto com enxofre lábil, por exemplo um tiosulfato introduzido na solução de gelatina, actua de forma semelhante ao ouro.

### 2.2.3 Sensibilização Espectral

O AgBr não absorve grande parte da energia do espectro visível como fica claro da Figura 8. Por este motivo, até às últimas décadas do século passado os amarelos e vermelhos não ficavam registados, resultando louras morenas com bocas negras como amoras.

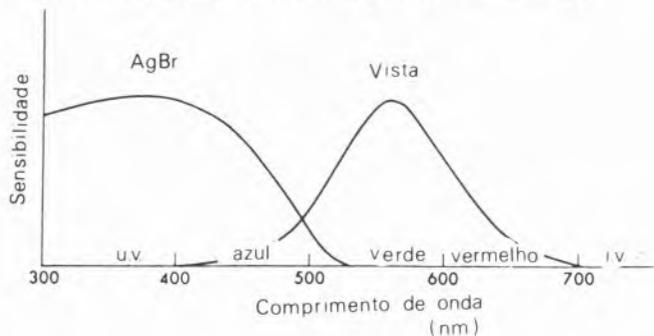


Fig. 8

Comparação entre a sensibilidade do AgBr e a da vista humana à radiação na gama dos 300 aos 700 nm

O objectivo da fotografia é porém a obtenção de um análogo do real (qualquer que seja o significado que queiramos dar a análogo), portanto nela devem ser registados os objectos visíveis de forma a que o cinzento na prova final reproduza a intensidade relativa da sensação visual provocada pela superfície fotografada, reprodução pancromática.

A película pancromática, com uma sensibilidade semelhante à da vista humana é de fabrico relativamente recente e a sua resposta a comprimentos de onda superiores é conseguida através do processo denominado sensibilização espectral.

Os sensibilizadores espectrais, adicionados à solução após a digestão do precipitado de halogeneto de prata, são corantes que se adsorvem à superfície dos microcristais formando uma monocamada. É a energia absorvida por este corante que vai iniciar a fotólise do sal de prata por um mecanismo que simplificado pode ser descrito em dois passos:

- 1.º — Excitação de um electrão do corante no estado de energia fundamental  $S_0$  para o estado excitado  $S_1$ ;
- 2.º — Transferência deste electrão para a banda de condução do AgBr.

Este mecanismo, esquematizado na Figura 9, é denominado modelo de injeção directa e permite prever com alguma segurança quais os corantes que promovem uma sensibilização eficiente. Assim a energia da LUMO do corante deve ser superior à da mais baixa orbital de condução do sólido.

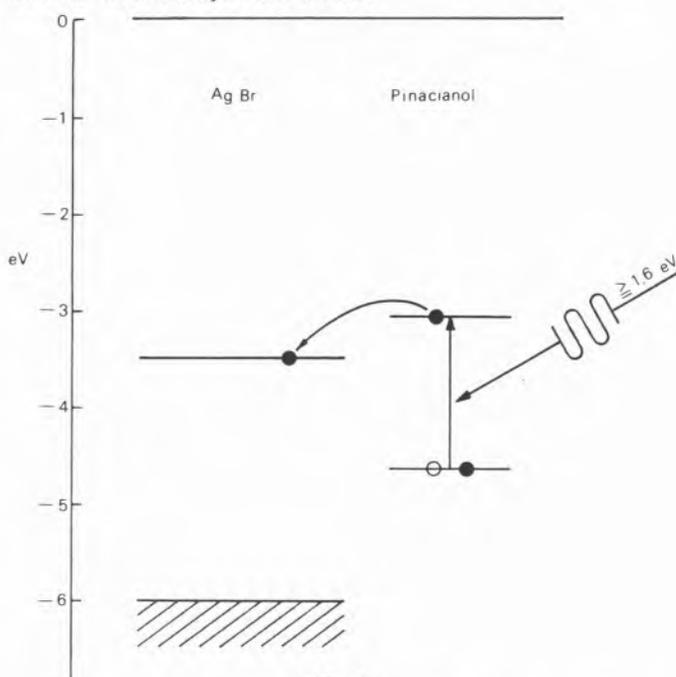


Fig. 9

Fotossensibilização do AgBr pelo pinacianol adsorvido à superfície — Modelo de Injeção Directa

Os corantes utilizados são habitualmente cianinas que possuem extensos sistemas  $\pi$  e largas bandas de absorção no visível (atribuíveis a transições com carácter de transferência de carga). Por exemplo a diferença entre uma película sem sensibilização cromática — Ilford Line — e um conhecido filme pancromático — Kodak Tri-X Pan — pode ser apreciada na Figura 10, reprodução de uma fotografia a cores da autoria de Milton H. Greeve (1954).

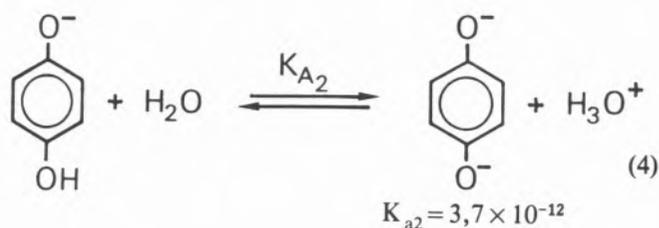
Agora podemos também entender a razão da mefistofélica luz amarelo-esverdeada usada na câmara escura. O papel de ampliação não é sensibilizado, isto é, apenas absorve radiação azul. Pode portanto ser trabalhado sob uma luz que ele não absorve.

### 2.2.4 Explicação de algumas características das Emulsões Fotográficas com base no mecanismo da formação da imagem latente

#### 2.2.4.1. O grão da imagem

É conhecido o facto de que quanto mais sensível é a película maior a sua granulidade, diminuindo assim





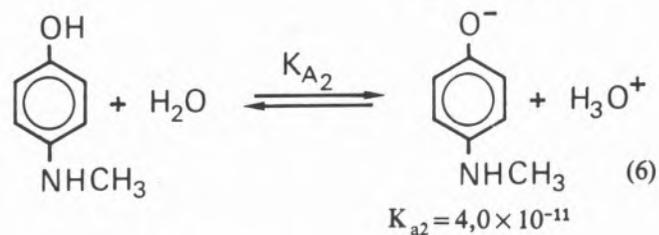
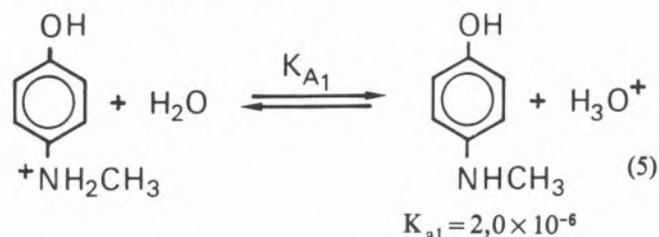
A percentagem de hidroquinona na forma monoionizada, menos activa, em relação à binegativa de mais baixo potencial redox, portanto melhor redutor, é sintonizável por meio do pH. Na Tabela 1 são dados valores de pH característicos de alguns reveladores.

TABELA 1  
Relação entre o pH e as características do revelador

Finalidade do revelador	pH	«Tampão»
Alto contraste	12,0	NaOH
Médio contraste	10,0 - 10,6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Grão fino, baixo contraste	9,4 - 9,6	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>

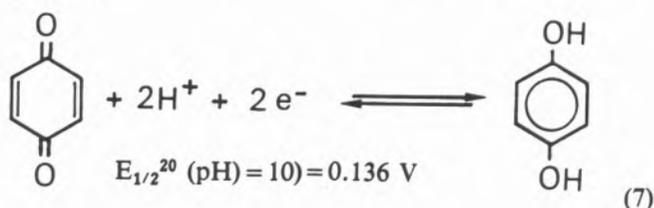
— *Metol* — sulfato de N-metil-p-aminofenol

També está parcialmente ionizado e é a forma básica o melhor doador electrónico.



### 2.3.2. O Mecanismo de Redução

A redução da prata é facilmente conseguida com qualquer dos compostos indicados visto os potenciais redox serem favoráveis. Por exemplo, no caso da hidroquinona:



$E_{\text{Ag}^0}^{20} = 0.799 - 0.058 \text{ pAg}^+$

(8)

Este processo dá-se, como vimos, preferencialmente nos microcristais expostos. Um dos modelos mais simples para a explicação desta selectividade é o da célula electrolítica.

Tal como é descrito na Figura 11 a prata existente à superfície funciona como duplo eléctrodo colector de electrões. A zona exposta à solução será o ânodo onde recebe electrões do revelador aquoso e no cátodo interior fornece-os à prata (I). Globalmente a variação de energia livre não é diferente daquela que foi apresentada acima, porém, funcionando a prata como colector de electrões a velocidade da transferência global é aumentada, facto que tomaremos aqui sem mais explicação.

Após a introdução do mecanismo da revelação é interessante analisar outros aspectos da química deste processo.

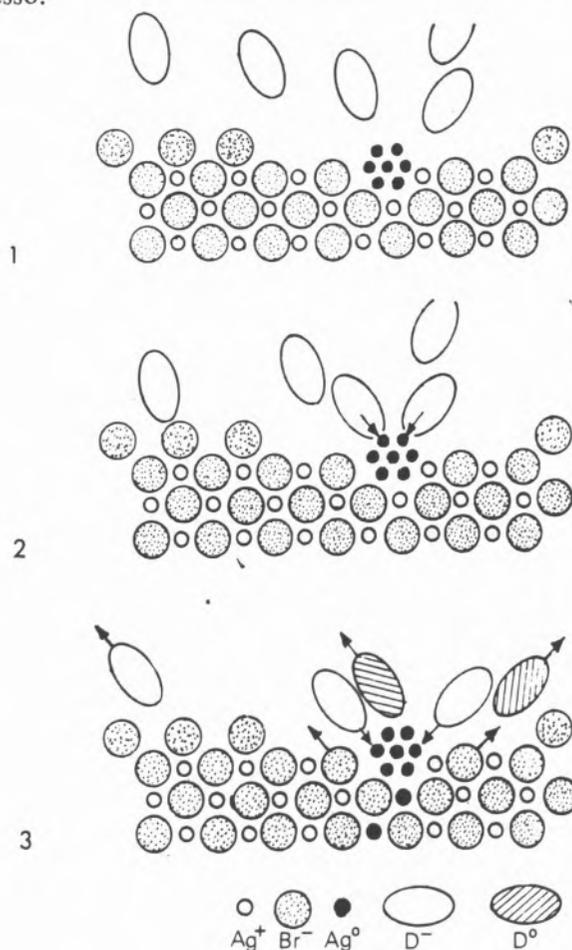
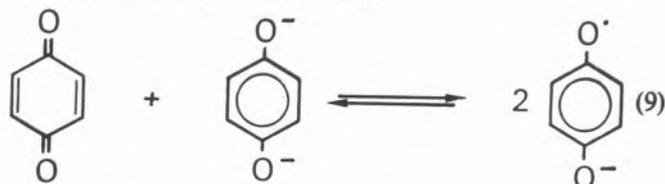


Fig. 11

O centro de revelação funciona como um eléctrodo entre a solução de revelador e o halogeneto de prata

### 2.3.3. O Ágente Anti-Oxidante

Os agentes reveladores em meio básico consomem-se quer por reacção com o oxigénio dissolvido na água quer por polimerização iniciada pelos radicais semiquinona resultantes do passo (9).



A função do sulfito  $\text{SO}_3^{2-}$ , existente em elevada concentração na solução, é impedir as reacções acima quer

reagindo com o  $O_2$  dissolvido oxidando-se a sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), quer inibindo a polimerização da espécie intermediária semiquinona. Na reacção com o sulfito forma-se o ácido hidroquinona monossulfónico ou, após um segundo ataque, o ácido hidroquinona-2,5-dissulfónico. O derivado monossulfonado ainda pode funcionar como doador electrónico na redução da prata evitando deste modo a degradação rápida do revelador.

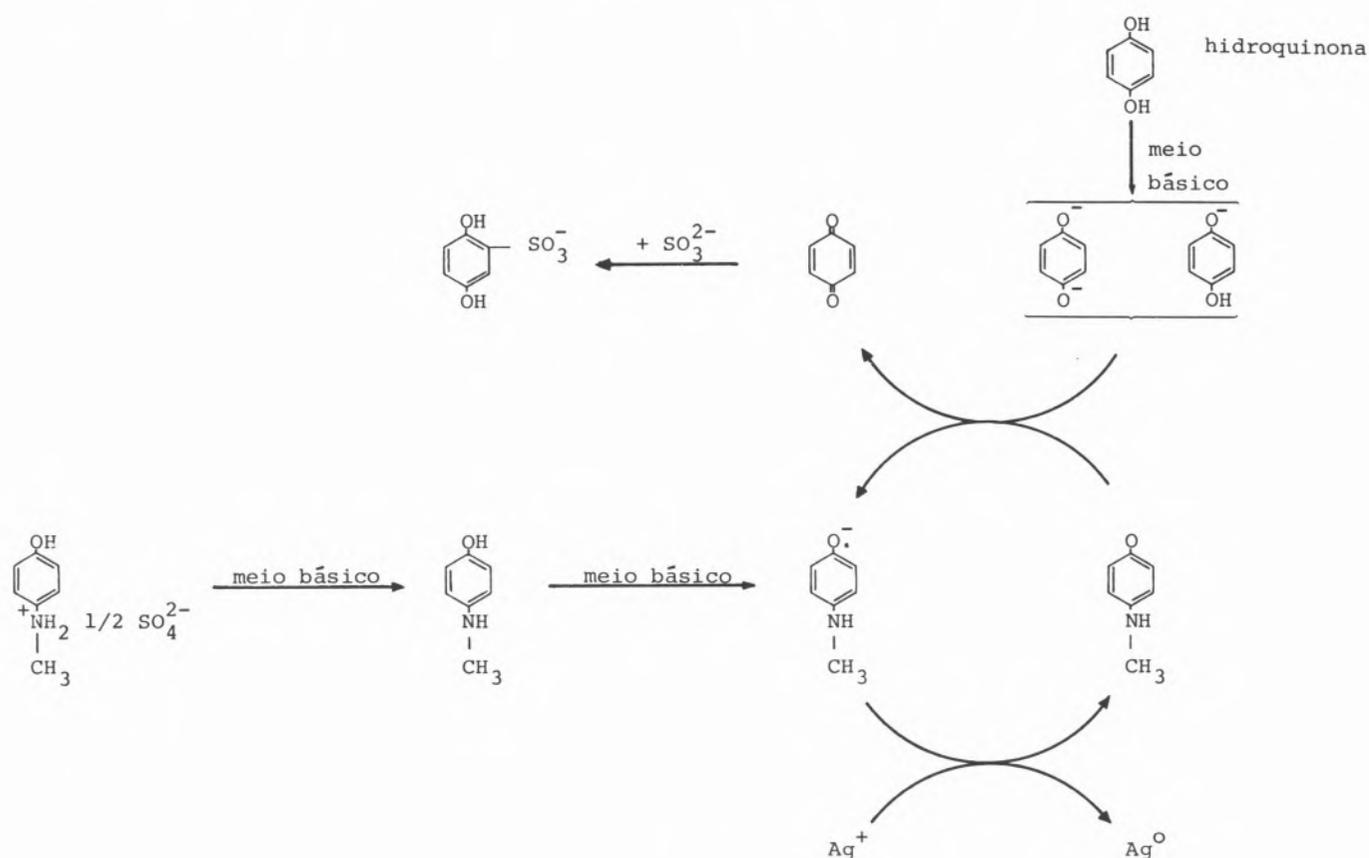
### 2.3.4. A Superaditividade

As vantagens da utilização conjunta do metol e hidroquinona num mesmo revelador não residem, como aparece frequentemente escrito na literatura de divulgação fotográfica, em o metol garantir a delicadeza nos meios tons e a hidroquinona a violência dos contrastes. Na realidade a acção destes dois redutores é cooperativa e a actividade de cada um deles isolado é pequena.

A confusão provém provavelmente de existirem reveladores de alto contraste, fortemente alcalinos e que usam exclusivamente hidroquinona (que assim fica completamente ionizada).

Nos reveladores habituais supõe-se que é o revelador aminado (metol) que reduz a prata e que é de imediato regenerado por oxidação pela hidroquinona, Esquema 1. Este mecanismo, está de acordo com os seguintes factos experimentais:

- Não se nota um decréscimo significativo da concentração de metol durante a revelação;
- A coordenação de azoto à prata costuma ser mais eficiente que a do oxigénio;
- O mesmo tipo de acção (aumento da actividade da mistura em relação à soma dos efeitos dos constituintes) também se verifica noutros pares revelador amino/hidroquinona.



ESQUEMA 1

### 2.3.5. O Esgotamento de um Revelador

Durante a redução de um microcristal de  $AgBr$  o  $Br^-$  acumulado na solução reduz a actividade do revelador em parte porque se adsorve à superfície da prata impedindo, por repulsão electrostática, a aproximação de agentes reveladores carregados negativamente, em parte porque desloca o equilíbrio global.



A acumulação de  $Br^-$  e/ou a diminuição do pH tornam a solução reveladora inactiva obrigando à sua substituição.

### 2.3.5. Conclusão

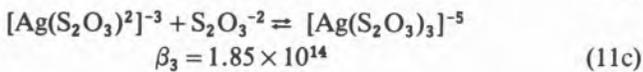
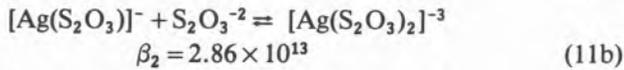
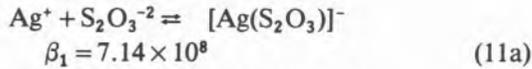
A justificação simples do funcionamento de um revelador metol-hidroquinona apresentada tem sido nos últimos anos questionada e vários outros mecanismos foram propostos. De momento, é um esquema complexo em que a gelatina, desprotonada devido à basicidade do meio, também tem um papel importante que parece concordar com os resultados experimentais existentes.

### 2.4. A acção do fixador

Estando a imagem revelada quanto baste ainda se

encontram no meio da gelatina, intactos, todos os microcristais de AgBr não reduzidos que mantêm a sensibilidade à luz. Nesta altura a revelação deve ser interrompida para evitar que estes também sofram redução. Para isso basta mergulhar a película num banho de água acidificada, banho de paragem, de modo a protonar as formas activas dos agentes reveladores.

A remoção do AgBr sobranante é feita por complexação do Ag<sup>+</sup> por tiosulfato (S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

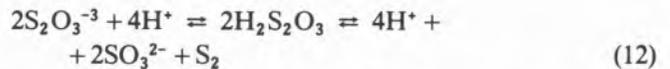


Os oxigénicos do tiosulfato (e não hipossulfito, nome que proveio de um equívoco na estrutura em tempos proposta para este ião), coordenam à prata hibridada em sp ou sd<sub>2</sub> nos complexos do tipo AgX<sub>2</sub> e em sp<sub>3</sub> nos complexos do tipo AgX<sub>3</sub>.

O mecanismo de dissolução como é sugestivamente apresentado na Figura 12, dá-se em 3 passos. Em primeiro lugar os S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> coordenam à prata superficial ficando eles mesmos ligados à superfície do cristal dan-

do-se a libertação de Br<sup>-</sup> para a solução. Num segundo passo novos ligandos S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> reagem com o mesmo Ag<sup>+</sup> solubilizando-se o complexo assim formado. Finalmente, já em solução, pode ou não reagir com outro ligando eventualmente Br<sup>-</sup> ou S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

A concentração de S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> num fixador habitual é elevada (1.5 a 2 mol dm<sup>-3</sup>) de forma a forçar os equilíbrios (11) no sentido dos produtos. Porém a elevada força iónica do meio provoca a ruptura de muitas das ligações de hidrogénio entre as cadeias de gelatina, ligações estas que, como vimos, mantêm a rigidez do gel. Corre-se assim o risco de dissolução da gelatina. Já foi referido que se evita este problema introduzindo Cr<sup>3+</sup> sob a forma de alúmen de crómio na solução. A pH maior que 6, porém, o crómio(III) precipita sob a forma de hidróxido; em contrapartida o tiosulfato é instável em meio ácido, equação 12.



Um dos métodos correntes de evitar a decomposição do tiosulfato consiste em introduzir no meio SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, por exemplo, adicionando sulfito de sódio. Desta forma o equilíbrio (12) é deslocado no sentido dos reagentes. Uma fórmula característica de fixador-endurecedor é a seguinte:

Ferrania F9 (1 l de solução)

Tiosulfato de sódio	400 g
Sulfito de sódio	30 g
Sulfato de crómio e potássio (alúmen de crómio)	24 g
Ácido sulfúrico concentrado	5 ml

### 2.5. A lavagem final

Saída do banho fixador a gelatina vem impregnada de sais solúveis. Estes, embora estáveis, acabariam por deteriorar a gelatina e a imagem de prata. É portanto conveniente eliminá-los lavando com água a película. Porém no início da lavagem é retirado o excesso de S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> o que provoca o deslocamento do equilíbrio (11) para a esquerda com formação de Ag<sup>+</sup>. Se este último não for completamente extraído por uma lavagem longa ficará disperso no gel e será mais tarde reduzido ou atacado. Conclui-se portanto que é preferível não lavar a película a lavá-la deficientemente.

A eficiência da lavagem também fica comprometida por uma fixação incompleta. Como vimos, o primeiro passo de ataque do fixador é a formação de [Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)]<sup>-</sup> ainda ligado à superfície do cristal pelo átomo de prata. Esta forma é portanto insolúvel e a decomposição posterior do tiosulfato dá origem a compostos de enxofre que atacam a imagem de prata.

### Bibliografia

- (1) H.J. WALLS, G.G. ATTRIDGE «Basic Photo Science: How Photography Works» ed. 2, Focal Press Ltd., London, 1977. Um tratado dirigido ao não químico mas de leitura agradável e proveitosa mesmo para o químico.
- (2) M.R. SAHYUN, «Mechanisms in Photographic Chemistry» *J. Chem. Educ.*, **51** (1974) 72.
- (3) A Royal Photographic Society of Great Britain edita um jornal, «The Journal of Photographic Science», indispensável para seguir os últimos avanços em química-física da fotografia.
- (4) H. MEIER, «Photosensitization on Inorganic Solids», *Photochem. Photobiol.*, **16** (1972) 219. Importante artigo de revisão sobre fotossensibilização.

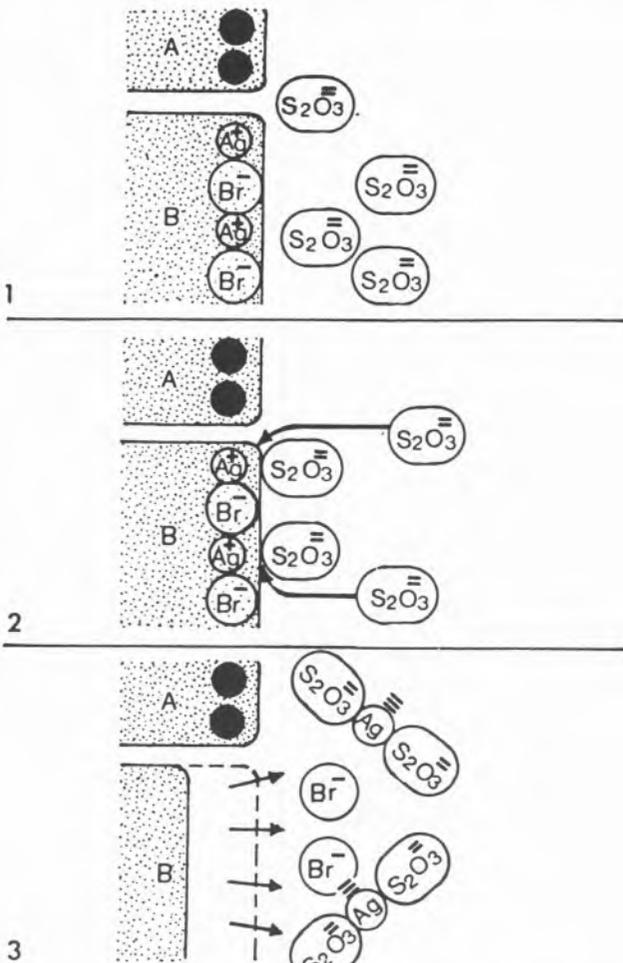


Fig. 12

Ação do fixador separada em passos: (1) o S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> liga-se aos íons Ag<sup>+</sup> superficiais (2) um segundo ião S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> reage com este mesmo Ag<sup>+</sup> e (3) o complexo passa para a solução onde pode ainda admitir outro ligando, Br<sup>-</sup> ou mais um S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

## A utilização dos ácidos na gravura artística

Maria Gabriel <sup>a</sup>

Se consultarmos um manual de gravura artística, encontraremos a definição de gravura original, como um trabalho realizado por um artista para ser impresso em múltiplas provas, numeradas e assinadas. Esse trabalho difere das gravuras produzidas pelas máquinas de tecnologia avançada que reproduzem desenhos e pinturas, revistas e jornais e que são elas mesmo conhecidas por gravuras e bem mais populares e divulgadas.

A gravura original é uma obra de arte feita a partir de uma matriz, que contém em si mesma uma visão original do artista que a realizou, plena de inventiva e de sensações profundas, transformadas por uma operação mental. Esta necessidade de transformar a matéria, surge desde as origens da humanidade. Riscando, sulcando a pedra dura ou os metais, as civilizações da Índia, Pérsia e China usaram os ácidos, alcalinos e mordentes na fabricação de telas pintadas e tecidos, cujos fins eram as decorações, os ornamentos, e os objectos de uso corrente. Está pois a história da gravura artística cheia de acontecimentos relacionados com pesquisas, experimentações e descobertas, que levaram os artistas a aplicarem certas leis da química. Embora simplistas, esses conhecimentos são fundamentais para saber aplicar certos ácidos na feitura das gravuras sobre chapas de cobre, zinco, alumínio ou pedra litográfica. A utilização dos ácidos na gravura artística só a partir do séc. XVI conhece a sua expansão, sendo o lavis a ácido ou aguada de ácido tão antigo como a água-forte linear. O aparecimento do papel e o incremento do livro, dá à gravura a dimensão do múltiplo e surgem artistas com uma obra tão importante em gravura como em pintura. Rembrandt foi o primeiro grande gravador a água-forte (1606-1669) e realizou uma obra notável. Ainda hoje existem receitas baseadas nas que Rembrandt utilizou para o verniz de água-forte, cuja composição inclui cera virgem, resina pulverizada e asfalto em pó.

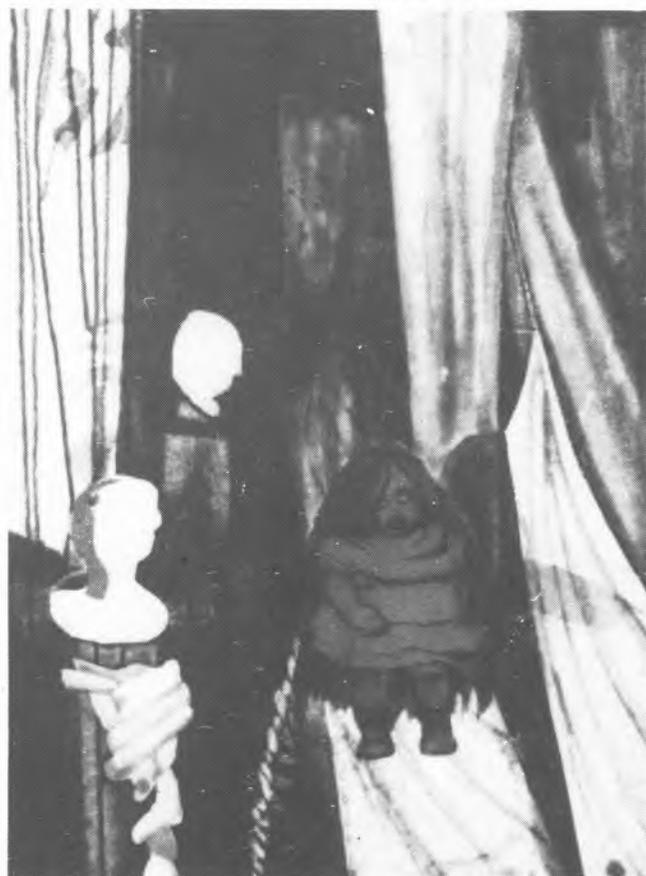
O mordente holandês, que resulta de uma mistura de ácidos, compõe-se de ácido clorídrico ou ácido muriático, clorato de potássio e água. O ácido nítrico ou azótico conhecido vulgarmente por água-forte é utilizado na gravura sobre chapa de cobre e chapa de zinco, em proporções convenientes para cada metal e diluído em água. O perclorato de ferro é também utilizado. É vulgar, ao olharmos a ficha técnica de uma gravura artística, depararmos com nomes como mordedura profunda, técnica mista, técnica do verniz mole, técnica do verniz duro, do açúcar, técnica de água-tinta. Não é, contudo, a técnica utilizada pelo gravador que nos deslumbra, pois essa dificilmente está visível para um leigo.

É sempre o seu poder comunicante, o seu conteúdo artístico, o diálogo que essa obra provoca no espectador.

Ainda hoje as gravuras de Durer, Rembrandt ou Goya, para falarmos em artistas universalmente conhecidos, exercem sobre nós uma enorme fascinação. São obras de arte autênticas, cuja técnica não procurou o artifício, cujo trabalho intenso de oficina, de repetidas fases de mordedura pelos ácidos nos devolvem a frescura da sua originalidade.

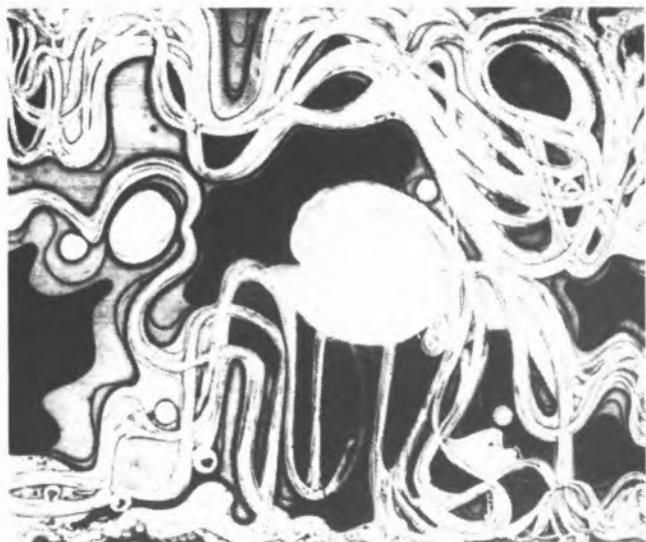
Picasso utilizou a gravura a ácido como meio de divulgar os seus trabalhos. Experimentador, deixou-nos águas-fortes, águas-tintas e litografias. Rodeou-se de técnicos, gravadores experimentados, com oficinas equipadas e que muito o ajudaram a encontrar as melhores soluções para as suas gravuras.

A gravura portuguesa contemporânea conheceu grande notoriedade a partir de 1956, com artistas como Júlio Pomar, Alice Jorge, João Hogan, Barradas, Bartolomeu dos Santos e outros de geração mais nova como Gil Teixeira Lopes, David de Almeida, Ilda Reis, Guilherme Parente, Maria Beatriz, Paula Rego.



*A Boneca — gravura a água-tinta de Hogan*

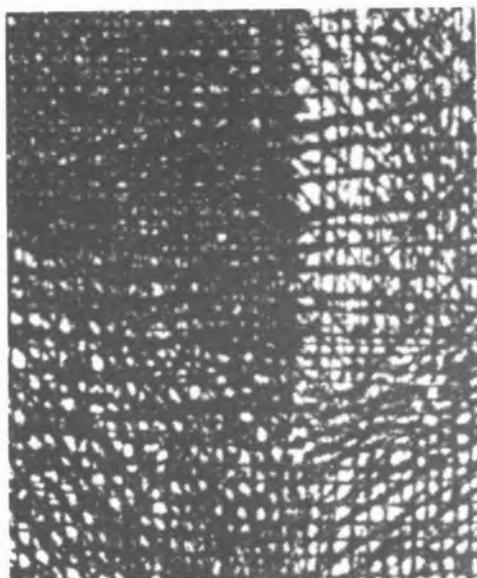
<sup>a</sup> Pintora e gravadora.



*Técnica mista — gravura de José Augusto*

Ao analisarmos algumas das gravuras destes artistas verificaremos que os valores de negro e branco são harmoniosos, jogando em contrastes de superfícies lisas e rugosas e envolvendo negros aveludados.

Ampliando um pormenor de uma gravura de Rembrandt, conseguimos ver os cruzamentos dos traços, que gravados pela acção do ácido irão reter a tinta e que constituem a técnica de água-forte. Gravar a água-forte consiste em desenhar sobre uma chapa, com uma ponta seca sobre a camada de verniz para água-forte, deixando o metal a descoberto. O cobre é o metal mais aconselhado para executar a água-forte pois oferece uma textura homogénea e resistente. A chapa deve estar bem polida e desengordurada, utilizando-se para isso vários produtos de limpeza de metais e álcool puro. (1)



*Cruzamento de linhas de água-forte. Pormenor ampliado de uma gravura de Rembrandt*

Em 1520, Daniel Hopper realizou duas gravuras cujo fundo têm a expressão dum lavis a tinta da china e este não era mais do que um lavis a ácido.

Esta prática não foi abandonada. É uma técnica cheia de surpresas, porque é difícil o controle do ácido numa chapa a descoberto, pois os valores não são visíveis e portanto controlados.

Trabalha-se o ácido como a aguarela, diluindo constantemente o ácido com água abundante... (1)

A mordedura profunda é o resultado da imersão prolongada no banho de ácido, que provoca corrosões que dão relevo. Estes relevos podem ser atintados ou não (tiragem a seco) e passados pelo tórculo da prensa. A chapa tem de ser constantemente vigiada porque é necessário afastar as bolhas que se formam na superfície do metal quando imersa no ácido. Essas bolhas resultam da libertação de gás hidrogénio na reacção do ácido com o metal, e formam uma barreira à própria corrosão.

Muitos gravadores preferem a mistura de ácidos conhecidos com o nome de mordentes.

Uma gravura a água-tinta, água-forte, ponta seca, buril ou mezzotinta (maneira negra) é atintada pelo processo de talhe doce, isto é, utilizando uma boneca de pano, que introduz a tinta nos gravados da chapa. O resultado da compressão da prensa de encontro ao papel constitui a prova de gravura original.

No processo de gravura plana ou litografia inventado pelo alemão Aloys Senefelder em 1798 utilizam-se vários ácidos: ácido nítrico, ácido acético, ácido cítrico, ácido oxálico ou sal de azedas, ácido carbólico, ácido fosfórico e outros materiais que constituem a formação dos vernizes que lhes resistem: a resina, o talco, o asfalto líquido e em pó. Dissolventes que servem para retirar os vernizes e as tintas tais como a benzina e a terebintina. Abrasivos como o carborundum e o esmeril.



*Desenhar na pedra litográfica*

Senefelder chamou-lhe no seu tempo o «processo de gravar quimicamente». Esta técnica foi largamente utilizada nos sectores comerciais mas teve grande expansão nos meios artísticos desde o século XIX aos nossos dias.

Goya deixou-nos uma série de litografias cujos temas são tauromáquicos. Daumier e Lautrec utilizaram esta técnica admiravelmente. Picasso, Miró, Chagall e todos os grandes nomes da arte contemporânea praticaram o processo da litografia que consiste basicamente

(1) Alice Jorge, Maria Gabriel, *Técnicas da gravura artística*, Livros Horizonte, Lisboa, 1986.

na incompatibilidade entre duas substâncias — a gordura e a água.

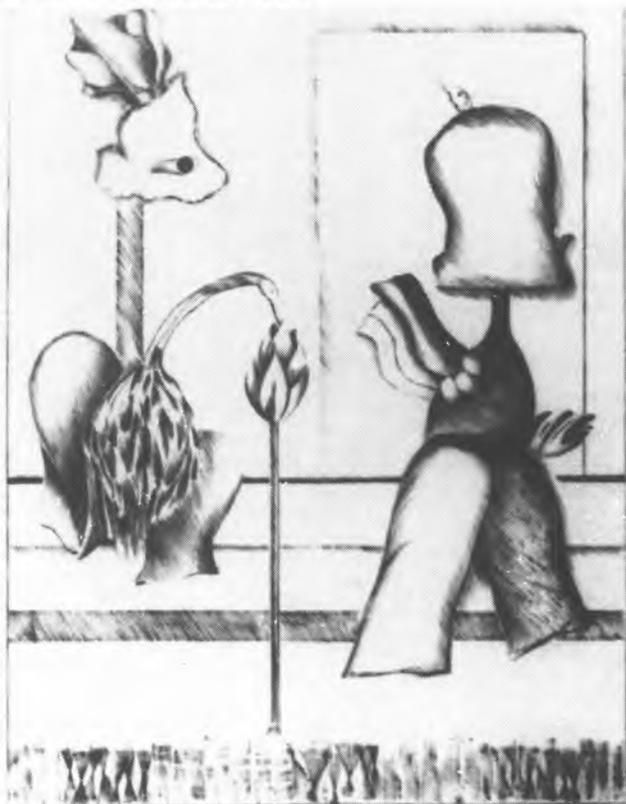
Senefelder utilizou uma pedra especial — xisto calcáreo, que ainda hoje se utiliza, cuja porosidade e dureza oferecem condições especiais para ser trabalhada. No desenho sobre a pedra utilizaram-se tintas e lápis cuja composição contém gorduras — gordura animal, óleos e ceras e desempenham um papel primordial na formação de uma imagem litográfica. Os ácidos gordos de que se compõem as gorduras, são solúveis em dissolventes mas não na água. Os desenhos que contêm ácidos gordos formam uma película aderente na superfície da pedra que repelem a água mas atraem a tinta de impressão, cuja composição contém também ácidos gordos.

As gorduras mais comuns que contêm ácidos gordos, são o óleo de palma, o óleo de linho, o azeite, o sebo, a cera virgem.

Quando cuidadosamente limpas, qualquer das superfícies da pedra ou do metal é muito receptiva às moléculas de ácidos gordos.

O sabão é um importante componente químico que se usa na litografia, pois os lápis e os tuschos (tinta para desenhar e realizar aguadas) incluem sabão na sua composição. A técnica do açúcar nas gravuras em metal também inclui sabão, e a preparação da mistura com que se desenha é feita de tinta da china, um pouco de sabão e açúcar em quantidade tal que a solução fique saturada.

O sabão obtém-se pela combinação dos ácidos contidos nos corpos gordos (sebo, gordura, óleos) com uma base: a potassa ou soda. Os óleos e as gorduras são formadas por corpos gordos neutros que são ésteres da glicerina e ácidos gordos (oleico, palmítico, esteárico, etc.). A combinação de um óxido metálico com estes ácidos dá um sabão. Os sabões com base de potassa e soda são solúveis na água.



Homenagem a Max Ernst — litografia de Maria Gabriel

Na acidulação, ou seja na fixação do desenho à superfície da pedra, utiliza-se uma mistura de ácido nítrico com goma arábica cuja dosagem deve ser conhecida pelo artista, ou pelo técnico que o ajuda, para os diferentes trabalhos realizados com os lápis gordos ou com a tusche. A esta solução usada na pedra dá-se o nome de «preparo».

É a reacção desta mistura — ácido nítrico + goma arábica — que determina os tempos de acidulação.

O tempo de aparecimento da efervescência branca, indica ao artista ou ao técnico se a solução é conveniente para a imagem desenhada. O controle é sempre feito antes em zonas da pedra lisa, teste necessário para saber se são suficientes ou não as gotas de ácido nítrico incorporadas na mistura.

O ácido oxálico, é outro dos ácidos que se usam para ressensibilizar as chapas de alumínio e como conservante da goma que serve para limpar e aplicar as chapas, tanto nos processos da litografia como nas técnicas do offset mecânico. Utilizado na pedra litográfica, forma uma película protectora nos bordos, que evita a sujidade nas longas tiragens.

Por fim, um conjunto mínimo de equipamento de laboratório é necessário para a utilização dos produtos químicos e ácidos usados nas técnicas da gravura. Frascos especiais para conter ácidos, provetas graduadas, tinas resistentes, luvas de borracha. As escalas de medição da acidez da goma arábica. Os contentores dos neutralizantes e vernizes que devem estar longe dos ácidos.

Apesar destas explicações e depois de enumerados os ácidos que são necessários para a realização de uma gravura, a escolha do apreciador da obra de arte não se deve deixar iludir. Uma gravura tecnicamente bem realizada, mas sem qualquer conteúdo artístico é uma gravura falhada e sem qualquer poder de comunicação ou valor. Com o aparecimento de técnicas mecanizadas como o offset e a serigrafia, cujos processos de multiplicação permitem as grandes tiragens, a gravura original tem, nos últimos anos, conhecido algumas dificuldades em ser aceite. A tendência que se tem verificado de tiragens altíssimas gera desinteresse por parte do colecionador, pois aparecem também reproduções assinadas e numeradas com finalidades puramente comerciais e especulativas. Para continuar a garantir a boa divulgação da arte, alguns artistas estão a optar por pequenas tiragens de gravuras e a considerar gravura original, seja em que processo for, aquela cuja matriz é da dimensão exacta da prova, e quando assinada e numerada pelo próprio artista.

# Gordura. Questões sobre cópia e original \*

António Sena <sup>a</sup>

1. É habitual começar um texto mais ou menos programático e/ou especulativo, intencional mas não abertamente vocacionado para a originalidade, com a expressão da dificuldade de definição dos conceitos que são a sua área e a sua pretensão. Este texto, fazendo-se pretensioso, coloca a questão de forma inversa. Parte de ideias vagas, da credibilidade de um senso comum de que, evidentemente, o autor julga reconhecer e fazer parte — e, portanto, não verbalizável — para uma hipotética indefinição primordial. Regride. Porque a sua ambição é anterior à comunicabilidade. Como se fosse possível recolocar o momento em que as palavras como «fotografia», «desenho» e «luz» ainda não existiam ou tivessem sido pronunciadas.

Assim, não se espere uma conclusão esclarecedora mas, pelo contrário, aceite-se um resultado mais surpreendente — o de ficar quase tudo na mesma, a inalterabilidade activa expressa apenas numa felicidade ou infelicidade difícil de detectar; numa satisfação ou insatisfação silenciosa sem, sequer, «se dar por isso» a não ser que estamos a ouvir ou a ler isto e, por tal, a não fazer outra coisa «em seu lugar».

(Estamos confortavelmente instalados numa posição posterior à realidade. Utilizando as palavras recorremos ao evitável subterfúgio de modelar o mundo e de recusar o que lhes escapa. Em particular, esta coisa inadmissível — ironia minha? — de falar sobre o que dizemos e fazemos. E repare-se na conseqüente condenação moral do «dizer por dizer» ou do «dito por não dito»).

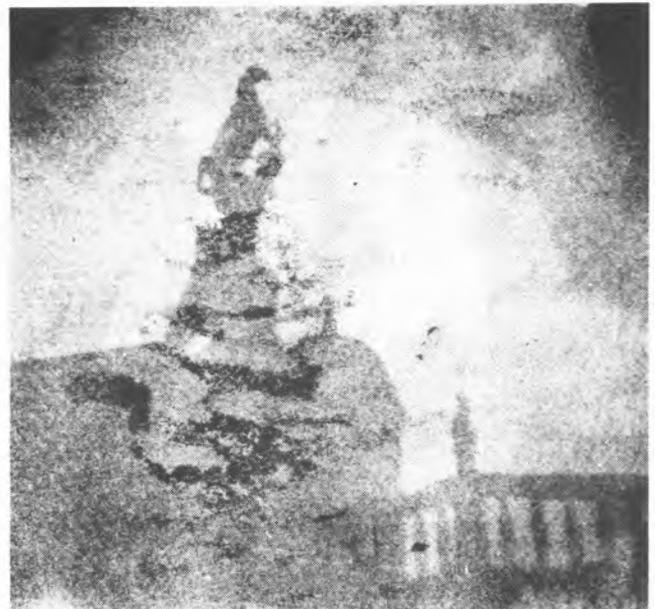
2. É completamente escusado e ineficaz discutir as fronteiras entre desenho e fotografia como, aliás, entre quaisquer outras coisas pela simples razão de que tal provém da nossa incapacidade de nomear (designar) estados de transição, limites elásticos e penetrantes, onde afluem configurações previamente designadas/diferenciadas (Maneirismo/Barroco, Orgânico/Inorgânico, Sólido/Líquido, etc. — no fundo, tudo o que combinações binárias julgam resolver e, afinal, são apenas uma solução simplista, porque linguística, da realidade), para as quais não encontramos as qualidades/propriedades eficazes (Vivo/Não Vivo, p. ex.) ou as operações (de medida, p. ex.) adequadas para um sempre regressado amálgama — «sentimental» — de experimentação, confrontação e transformação (artes/artesanatos/estéticas).

3. Tenho duas grandes obsessões materiais (substanciais):

- a) os colóides
- b) as gorduras

Sobre os colóides e da importância de se definir o «conceito» de *colagem* não se trata aqui e é objecto de um texto inédito. Quanto à *gordura*, este texto é um

indício. Nada mais. Acho que, através do estudo destas duas «substâncias», é possível reescrever o mundo. Julgo deterem os segredos dos interstícios da natureza e da sensibilidade. Admito, no entanto, que as palavras possam vir a tornar-se inoperantes. Mas isto não deve impedir a reformulação dos conceitos com que habitualmente defrontamos a realidade.



Talbot, *O terraço de Lacock Abbey, calotipo, 1835*

4. Gosto de desenhar, fotografar, escrever e registar sons. Apercebi-me com alguma surpresa das origens materialmente afins da fotografia, do desenho e das suas reproduções.

Conté inventa os «seus» lápis (1795) para resolver a falta da excelente grafite britânica que, com o Bloqueio Continental, se tinha tornado praticamente inacessível. Utilizou uma argila e, pouco tempo depois, uma cera e uma gordura que permitiu o uso de pigmentos diversos, de menor qualidade mas mais baratos, comprimidos em cilindros no interior de outros, de madeira. Assim, mantinha-se a grande agilidade do *desenho* e, sobretudo, abria caminhos mais vastos, ainda hoje por desvendar, ao permitir o risco de arriscar territórios tão diferentes, dos mais inacreditáveis papéis ao inefável vidro. Os riscos e as manchas de Seurat são indissociáveis dos seus papéis.

\* Este texto é uma versão desenvolvida de uma comunicação apresentada na Fundação Calouste Gulbenkian em Novembro de 1985.

<sup>a</sup> Assistente de Estética da Escola Superior de Belas-Artes de Lisboa; co-responsável pela Associação Éter/Vale Tudo menos Tirar Olhos.



Manet, *As corridas*, litografia, 1864/67 (?)

Senefelder descobre e desenvolve a técnica da litografia (1798), baseada fundamentalmente numa matriz desenhada com lápis gorduroso na superfície de um calcário e possibilitando a sua transferência por combinação das propriedades da gordura e da pedra — adsorção. Assim se fazia a *reprodução quase ilimitada do desenho inicial*, com as suas «imperfeições», já não corrigidas por esmerados mas entediados gravadores, e confundindo *cópia e original manual*. As nuvens de Corot distinguem-se das nuvens de Millet.

Nièpce, habitual mas erradamente reconhecido como inventor da fotografia, começou por ser litógrafo e procurou na *heliografia* a combinação da gravura e da já conhecida câmara obscura. No entanto, pela sua correspondência, crê-se que chegou a uma prova «fotográfica» (1816) em papel e a terá enviado a seu irmão Claude. Lamentavelmente extraviada, é possível que já tivesse estado, e ainda ande, nas mãos de algum de nós porque não foi devidamente fixada. De qualquer forma, Nièpce lastimava-se na carta de que *o que era escuro estava claro e o que era claro estava escuro*, sem ter percebido alguma vez de que tinha à sua frente o negativo fotográfico, ou seja, o referente da fotografia por excelência. Por um lado, vinha basear a tradição de que a maioria dos fotógrafos são estúpidos ou têm a vocação, também estúpida, de mártires e, por outro, deixando para a posteridade um objecto «errado» — uma heliografia que mais não é do que uma

gravura betuminosa obtida com luz —, iniciava a incerteza e confusão futuras entre *cópia e original real*. Talbot, porque também, como Nièpce, não sabia desenhar, procurou na câmara obscura e nas propriedades fotoquímicas da prata a solução para as suas incapacidades gráficas. Não só produz um *negativo* (1835), também da sua janela, como o fixa. Graças ao auxílio do seu amigo astrónomo J. Herschel, começa a utilizar o hipossulfito de sódio como fixador (1839). Mas o mais interessante de tudo isto é que a gordura, outra vez, vem solucionar o problema da conversão do negativo em *positivo* através do seu humedecimento e consequente transparência. É, aliás, a gordura que dá uma dimensão táctil e, desde logo, estética (porque sinestésica) à fotografia. Discutem-se e escolhem-se papéis porque os positivos (calotípicos) revelam o esqueleto do negativo. Uma árvore «fotografada» é igual às suas folhas mais a textura da folha do papel *sensível*.

J. Herschel é o proponente de quase todas as inovações técnicas de Talbot; é, também, o enunciador original das designações de «fotografia» e «positivo/negativo» (1938/39) para aquele processo tão sedutor e, por isso mesmo, embaraçoso. A ele, apenas por razões metodológicas, deveríamos reconhecer a paternidade *conceptual* fotográfica. (Quero precisar que atribuo a realização *material* da fotografia, na sua forma canónica, a Woodbury, 1864, por razões que em lugar oportuno explicarei). Por várias razões, entre as quais, o seu des-



Seurat, *Relvado*, desenho, c. 1882

dém pela própria fotografia — achava que a sua «descoberta» e o seu desenvolvimento eram tão esperados e óbvios que lhe deveria ocupar o mínimo de tempo — e a combinação engenhosa de um matemático, um astrónomo e um químico, só justificam a credibilidade cega e desatenta, e a indecisão futuras do nosso relacionamento escalar com a fotografia, do micro ao macro-universo. A pulga (1860) e o eclipse do Sol (1861) de Paric desestabilizaram definitivamente a nossa já insegura posição no Universo e a sua assimetria.

A gordura determinou ou acentuou as diferentes passagens da rudeza do desenho (ponto de aço) e da sua inacessibilidade (grafite britânica) para a sua definitiva agilidade e subtileza (lápiz Conté); para a reprodução furiosa ou desenfreada e a confusão inquietante entre original manual e cópia (Senefelder); para a reprodução entre original real e cópia (Niépce); em por enquanto finalmente, para a reversibilidade tonal, ou seja, para a tão rica convulsão entre cópias e perfeição, entre belo e sublime (Talbot/Herschel).

A gordura é escorregadia e lubrificante, ela coloca-se nos interstícios da realidade com que nos habituámos a conviver — será melhor dizer connomear. Os céus de Talbot, Manet e Seurat são distintos e, ao distinguirem-se, questionam o céu como modelo — será que a 1.<sup>a</sup> cópia é, sempre, uma cópia imperfeita da sua ausência?

5. Não é possível desenvolver e aprofundar aqui as

contribuições técnicas e as repercussões estéticas posteriores da gordura no desenho e na fotografia. Limiteme a enumerar alguns processos onde intervêm: pigmentos e azeite, tintas de óleos, lápis de ceras, pastéis de óleo, tintas de esmalte, tinta e lápis litográfico, Calotipo/Papel Salgado, Heliografia, Platina e Palladium, óleo e Bromóleo, Processo Fizeau, Photogravure e Rotogravura de Klić, Colotipo de Poitevin, etc. — no Desenho, na Litografia, na Fotografia e na Fotocerâmica através de Luz.

Por espanto e coerência (correndo o risco de autodesilusão) acrescento a inutilidade daquilo que acabei de dizer. Tenho, por outro lado, a noção de que estou a fazer/dizer algo completamente desatualizado dentro de pouco tempo.

A fraqueza da constatação e da justificação verbal é um postulado da grandeza do «projecto intermediário» da realidade e da capacidade de a pensar.

Não tenho palavras para dizer. Mas terei dito?

#### **Uma biografia possível para a GORDURA na fotografia, no desenho e na luz.**

Niépce, Isidore, *Histoire de la Découverte improprement nommée daguerréotypie*, Astier, Paris, 1841.

Jay, Paul, *Niépce, premiers outils, premiers résultats*, Musée Nicéphore Niépce, Chalon-sur-Saône, 1978.

Niépce, Joseph Nicéphore, *Correspondances 1825-1829*, Pavillon de la Photographie, Rouen, 1973.

Buckland, Gail, *Fox Talbot/The Invention of Photography*, Godine, New York, 1980.

- Talbot, William H. Fox, *The Pencil of Nature*, Da Capo, New York, 1969 (reedição do original de 1844).
- Gernsheim, Helmut, *The Origins of Photography*, Thames and Hudson, London, 1982.
- Newhall, Beaumont, *Latent Image*, University of New Mexico, 1983.
- Crawford, William, *The Keepers of Light*, Morgan & Morgan, New York, 1979.
- Gilardi, Ando, *Creatività e informazione fotografica*, in *Grafica e Imagine*, Einaudi, Torino, 1980.
- Pirenne, H., *Optics, Painting and Photography*. Cambridge University Press, London, 1970.
- Mella, Federico Arborio, *Sulla Strada della Fotografia*, Feltrinelli, Milano, 1976.
- Watrous, James, *The Craft of Old Master Drawings*, Wisconsin Press, Madison, 1957.
- Marks, Claude, *From the Sketchbooks of the Great Artists*, Hart-Davis, London, 1972.
- Mendelowitz, Daniel M., *Drawing*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1967.
- «On Drawing an Object». Richard Wollheim, 1965, in *Aesthetics*, edited by Harold Osborne, Oxford Univ., London, 1972.
- Rose, Bernice, *Drawing Now*, Museum of Modern Art, New York, 1976.
- Hullmandel, C., *The Art of Drawing on Stone*, London, 1824.
- Senefelder, Alois, *A Complete Course in Lithography*, London, 1819.
- Brunner, Felix, *A Handbook of Graphic Reproduction Processes*, Arthur Niggli Teufenn, Suíça, 1962.
- Ivins, William M., *Notes on Prints*, MIT Press, New York, 1969.
- Ivins, William M., *How Prints Look*, Museum of Modern Art, New York, 1943.
- Ivins, William M., *Image impresa y conocimiento*, Gustavo Gili, Barcelona, 1975.
- Jussim, Estelle, *Visual Communication and the Graphic Arts*, Browker Comp., New York, 1983.
- «L'Oeuvre d'Art a L'Ère de sa reproductivité Technique», Walter Benjamin, in *L'Homme, le langage et la Culture*, Gonthier, Paris.
- Boas, Franz, *Primitive Art*, reed. Dover, New York.
- Panofsky, Erwin, *IDEA*, reed. francesa Gallimard, 1983.
- Wittgenstein, Ludwig, *Blue and Brown Books*, Oxford University Press, London, 1958.
- Kubler, George, *The Shape of Time*, Yale University Press, 1962.
- Leroi-Gourhan, André, *O Gesto e a Palavra, 2 - Memórias e ritmos*, ed. port. Edições 70, Lisboa, 1983.
- Maitte, Bernard, *La Lumière*, Seuil, Paris, 1981.
- Broglié, Louis de, *Matière et Lumière*, Albin Michel, Paris, 1937.
- Lewkowitsch, J., *The Chemical Technology of Oils, Fats and Waxes* (3 vols) MacMillan, London, 1922-38.
- Brusatin, Manlio, *Histoire des Couleurs*, ed. Flammarion, Paris, 1986 (1983).



**SOPOEQUIP**

PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA A INDÚSTRIA E LABORATÓRIOS LDA

**DINAMISMO - QUALIDADE**

**SERVIÇO**

**ESCOLHA - EFICIÊNCIA**

*PEÇA-NOS A LISTA DAS NOSSAS REPRESENTADAS  
ALGUMA LHE INTERESSARÁ!*

**Estamos à distância do seu telefone...**

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 12 - 1.º  
TEL. (01) 259 44 62 - 259 46 15

2625 PÓVOA ST.ª IRIA  
TELEX 43926 DISO-P

# Arte têxtil e química: transformadores da realidade

E.M. de Melo e Castro <sup>a</sup>

1. A produção de artigos têxteis é milenária. De facto têm sido efectuados achados arqueológicos em diversos pontos da Terra, desde o norte da Escandinávia à América do Sul, ao Vale do Nilo e também na Europa, que evidenciam o conhecimento da tecelagem de teia e trama desde há 9000 anos, ou ainda em épocas mais recuadas. As técnicas de tecelagem e os materiais usados são curiosamente semelhantes: um sistema de fios paralelos (a teia) é entrecruzada perpendicularmente com outro sistema de fios paralelos (a trama) com a ajuda de paus ou armações no chão e mais tarde verticalmente. Os fios são de matérias vegetais lenhosas ou de pêlos de animais (lã). A tecelagem será nesses tempos recuados um produto do engenho do homem desenvolvido como resposta a necessidades objectivas de protecção. E desde então a produção de tecidos nunca mais deixou de estar ligada às várias funções pragmáticas que os têxteis têm desempenhado ao longo da história da humanidade, nas suas diversas épocas e culturas e nas mais diferenciadas circunstâncias climáticas e localizações geográficas. É assim que os têxteis com decoração dita artística não podem nunca ser dissociados da sua função pragmática. Na arte têxtil existe sempre uma relação profunda entre os elementos estéticos e a função a que o objecto têxtil se destina.

A arte têxtil está portanto desde a sua origem comprometida indissoluvelmente com as técnicas de produção e as possibilidades que estas vão oferecendo. Durante milénios só existiram tecidos na cor natural das fibras de que eram feitos sendo o uso da cor relativamente recente em termos da história da humanidade.

No Egipto encontraram-se tecidos com partes coloridas do ano 2500 a.C. e na civilização lacustre da Suíça fizeram-se alguns achados de tecidos tintos. Mas também as civilizações Mesopotâmicas têm os seus tecidos de cor, tintos quer com plantas quer com produtos animais. Na Bíblia encontram-se numerosas referências a tecidos de cor «púrpura violeta», «púrpura escarlate», «carmesim», «vermelha» e «azul».

Mas também na Índia e na América do Sul, embora muito mais tardiamente, se tingiam tecidos utilizando como corantes substâncias extraídas de plantas e de animais.

Assim a cor amarela era dada por uma amora persa, o escarlate pelo insecto Kermes ilicis, o púrpura pelo molusco Murex, o azul pelas folhas do *Isatis tinctoria* ou do Indigo, existindo uma enorme variedade de plantas usadas para dar cor aos tecidos. Também algumas substâncias minerais são empregues como matérias corantes principalmente para obter o preto, o amarelo e cores escuras.

A aplicação de corantes naturais não era uma tarefa fácil antes necessitava de muita experiência, quer na procura e selecção das matérias adequadas, quer no

seu tratamento, quer na sua aplicação. Algumas, como o Murex oriundo das costas da Fenícia, ou o indigo da Índia, atingiam preços elevadíssimos pela dificuldade de obtenção e qualidade das cores que produziam.

As substâncias corantes deveriam ser solúveis em água, no que se distinguiam dos pigmentos, para penetrarem nas fibras têxteis e nelas se fixarem. Esta fixação é de facto decisiva (ainda hoje) para a qualidade e durabilidade do tingimento. Para melhorar a fixação desenvolveram-se técnicas de mordentagem, usando cinzas, urina e sais minerais conforme o corante e a matéria têxtil em tingimento. De facto hoje sabe-se que a técnica de mordentagem consiste numa ligação iónica entre a fibra e o corante, resultando uma boa solidez de cor obtida, quer à luz quer à lavagem.

Nas civilizações orientais onde a arte têxtil mais cedo floresceu, logo se desenvolveu a profissão de tintureiro que na Europa, durante a Idade Média, viria a adquirir verdadeira força social, agrupando-se os tintureiros em associações conforme o tipo de matérias corantes e as técnicas usadas.

Havia os tintureiros só de preto, (o preto não era sinal de luto mas sim de luxo), os de «arte elevada», que tingiam as cores mais difíceis e caras e os de «arte baixa» que só retingiam peças de vestuário usadas.

Mas a arte dos tecidos cedo conheceu caminhos principalmente desenvolvidos na China e na Índia: a arte das sedas pintadas na China, a arte dos algodões impressos na Índia.

Os tecidos decorados por estes métodos atingiam os mercados europeus a preços exorbitantes durante a Idade Média, o mesmo acontecendo a outro tipo de tecidos: os brocados e os damascos cuja decoração é produzida pela arte da tecelagem usando fios previamente tintos e mesmo fios metálicos de ouro e prata. As sedas chinesas chegavam a Veneza, a Constantinopla ou a Moscovo, em caravanas de camelos e cavalos pela chamada «Rota da Seda», longuíssimo trajecto desde o extremo oriental da China até ao Mediterrâneo, através da Ásia Central. A morosidade e os acidentes do percurso tornavam as sedas ainda mais raras e caras para os Europeus em cujas Cortes e Casas Nobres elas se tornavam indispensáveis.

Assim vários viajantes ocidentais, procuraram informações sobre a seda e a sua produção, mas foram dois monges, agindo como espiões para o Imperador Justiniano de Constantinopla que no ano 550 d.C. trouxeram alguns casulos de *Bombix Mori* escondidos nos seus bordões de bambu. Daí nasceu a produção da seda em Itália e mais tarde na Provença.

<sup>a</sup> Engenheiro Têxtil, Professor na Escola António Arroio e no IADE (Instituto de Arte e Decoração).



*A Rota da Seda*

Curiosamente foi também nessa época que a seda chegou ao Japão, terminando assim o segredo imperial chinês do seu cultivo, que durara mais de 20 séculos e fizera a riqueza de tantas dinastias!

A técnica dos algodões impressos na Índia espalha-se também pelo norte de África e pela Europa durante a baixa Idade Média, usando-se então gravuras planas de madeira, com o desenho a estampar em alto relevo, constituindo placas a que se chama «estampilhas» ou «blocos». Aos blocos planos gravados sucedem-se os rolos de madeira que permitem a impressão de desenhos contínuos e que provavelmente são de invenção árabe, durante o século XVI ou XVII. É posteriormente usada a técnica da gravura metálica plana, aberta a ácido e, já no começo do século XX, adopta-se como mais rigorosa e económica, a técnica «silk-screen» para a estampagem de tecidos.

Entretanto a arte dos tecidos evolui através de estilos e modas, geralmente importados do oriente mas logo transformados e adaptados ao gosto ocidental e às diferentes correntes artísticas que, desde a Idade Média aos nossos dias, foram construindo e caracterizando a cultura europeia.

Por seu lado os tecidos com desenhos produzidos pelo debuxo, isto é pelo diferente entrecruzamento dos fios, encontra no tear Jacquard (1801) o culminar de toda uma lentíssima evolução desde o tear chinês primitivo, passando pelo tear de licetas medieval europeu, usado em Itália e em Lyon (França). O tear Jacquard, comandando o levantamento individual dos fios da teia através duma cadeia de cartões perfurados, colocada no al-

to do tear, é a máquina que, a par da fiação mecânica (Jenny) de James Hardgreaves em 1764 e do tear mecânico de Edmund Cartwright patenteado em 1785 e 1786, fazem da produção de têxteis um dos pilares da transformação social e económica a que se chama a primeira revolução industrial.

São de facto inventos mecânicos deste tipo que produzem o arranque inicial para que a sociedade moderna se possa desenvolver, acelerando a produção e baixando o preço unitário do tecido e possibilitando o uso de têxteis de qualidade por um número cada vez maior de indivíduos.

2. Este rápido esboço da evolução da Arte Têxtil teve por fim perspectivar um conjunto de questões que inevitavelmente se colocam ao considerarmos, a uma luz contemporânea, as relações entre dois ramos do saber que cada vez mais se tornam complementares: a arte e a ciência quando encarados numa óptica de pesquisa, de inovação e de transformação social.

Se é certo que durante milénios se teceu manualmente e se tingiu usando exclusivamente matérias naturais, também é certo que a aceleração da investigação científica dos últimos 130 anos alargou anormalmente, não só as possibilidades criadoras na produção têxtil, como contribuiu para modificar o nosso modo de relacionamento com os objectos têxteis que, dia a dia, nos rodeiam e envolvem, em casa, no trabalho, no desporto, em todas as formas de vestir e de convívio social.

Tais modificações são tão profundas que hoje poderemos verificar que a nossa percepção das cores e a nossa concepção de utilização dos tecidos foi e é, dia a dia, profundamente influenciada pela relação entre o mundo da Arte Têxtil e da Ciência Têxtil.

As áreas da química da cor e de tinturaria, assim como a invenção e produção de fibras têxteis não-naturais, são dois campos privilegiados, para a investigação sociocultural dessas modificações. Neste artigo, no entanto, apenas nos referiremos aos aspectos relacionados com os fenómenos da cor, mas sem entrar nos seus aspectos fisiológicos, psicológicos e simbólicos.

3. Falar da cor é abordar um assunto muito controverso, se desejarmos penetrar nas teorias filosóficas que, desde Aristóteles e passando por Goethe, tentaram explicá-la. (Aristóteles que no entanto só distinguia três cores simples: o branco, o amarelo e o preto!). Se Aristóteles explicava a cor como resultado de transição entre o claro e o escuro, já Goethe perfilhando a mesma teoria, juntava-lhe uma componente emocional e subjectiva que ele próprio explicitava com o auxílio de numerosas experiências.

Para Newton (1665) a decomposição da luz branca solar em várias luzes coloridas, através dum prisma de cristal, era a prova de que a cor se relacionava com al-

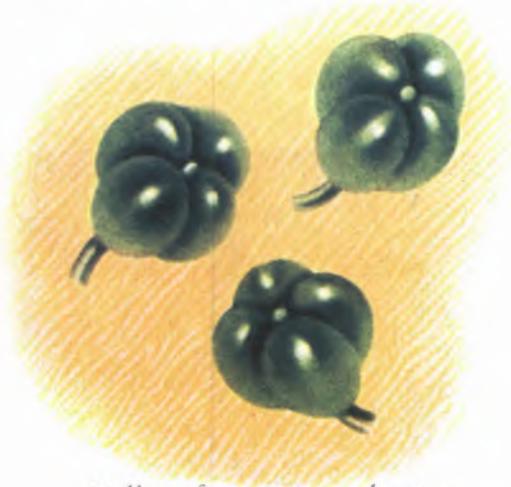
guma propriedade dessa mesma luz. Os raios de luz, nas palavras de Newton tantas vezes esquecidas, «não são eles próprios coloridos, mas apenas portadores da capacidade de produzirem em nós a sensação correspondente a uma cor».

Mais tarde, em 1727, a teoria ondulatória de Thomas Young permitiria afirmar que a propriedade a que Newton se referia é o comprimento de onda, podendo associar-se um certo comprimento de onda a uma certa sensação colorida.

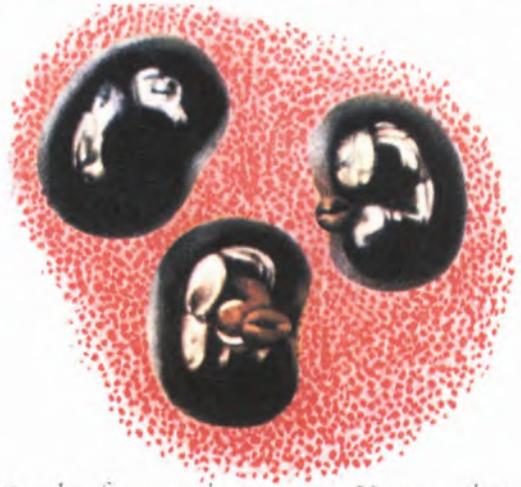
Assim, se estabeleceu o espectro solar, tal como nós hoje o concebemos:

Comprimento de onda em nanómetro	Cores
800 — 650	vermelho
640 — 590	laranja
580 — 550	amarelo
540 — 490	verde
480 — 460	azul
450 — 440	anil
430 — 390	violeta

Mas tal distribuição é subjectiva, pois os limites entre as cores podem ser percebidos e estabelecidos de modo diferente e fixados entre outros comprimentos de onda.



*Yellow from Persian berries*



*Scarlet from scale insects—Kermes ilicis*



*Blue from the leaves of woad (Isatis tinctoria)*



*Purple from the mollusc murex*

As origens dos corantes naturais. A utilização de produtos naturais na tinturaria volta actualmente a ter interesse numa perspectiva de um novo artesanato urbano ligado a conceitos ecológicos.

Por outro lado, a percepção das cores é condicionada tanto individual como cultural e colectivamente.

A percepção que hoje temos das cores é condicionada pelos estímulos culturais que a nossa sociedade nos dá e estes dependem, por seu turno, das possibilidades de produção de objectos coloridos que a ciência e a tecnologia nos possibilitam.

Quando, em 1856, o jovem investigador químico inglês William Henry Perkin, ao tentar sintetizar o quinino a partir do benzeno, obteve uma substância negro-acastanhada que se viria a transformar no primeiro corante sintetizado, estava dando o primeiro passo para a criação duma poderosa nova indústria, mas também para a formação da sensibilidade colorística moderna, que viria a caracterizar o século XX (até à recente invenção da televisão a cores). De facto, foi dessa descoberta de Perkin (a Mauveína), que resultou a primeira gama de corantes sintéticos, a que outros se seguiram, primeiro na Inglaterra e depois na Alemanha, que tomou rapidamente a liderança da nova e próspera indústria.

Entre as primeiras descobertas deve referir-se a dos corantes azóicos e dos primeiros corantes ácidos para a lã.

Hoje existem várias famílias de corantes sintéticos, tendo-se constituído todo um ramo da Química que a eles se dedica, no sentido de obter melhores características, quer na aplicação durante a tinturaria, quer no uso dos objectos têxteis depois de tintos.

#### TIPOS DE CORANTES E SUAS APLICAÇÕES ÀS DIFERENTES FIBRAS TÊXTEIS

Tipo de corante	Tipo de fibra	Proteínica (lã, seda)	Celulósica (algodão, viscose modal)	Acetato e Triacetato	Poliâmida	Poliéster	Acrílica
Ácido		XX	—	—	XX	—	—
Azóico		—	XX	X	X	X	X
Básico (ou catiónico)		—	—	—	—	—	XX
de Cuba		X	XX	—	—	—	—
de Cuba solubilizado		X	XX	—	—	X	—
Directo		X	XX	—	X	—	—
Disperso		—	—	XX	XX	XX	XX
Ftalocianina		—	XX	—	—	—	—
Metálico		XX	—	—	XX	—	—
a Mordente		XX	—	—	—	X	—
de Oxidação		—	X	—	—	—	—
Pigmento (*)		X	X	X	X	X	—
Reactivo		XX	XX	—	X	—	—
Sulfuroso		—	XX	—	—	—	—

XX Muito adequado; X Adequado em certos casos; (\*) Não pode ser considerado um verdadeiro corante.

in «Manual de Engenharia Têxtil», 2.º vol. Mário de Araújo e E.M. de Melo e Castro.

Embora não possamos saber qual era a visão colorística da pré-história, da Antiguidade, da Idade Média ou do Renascimento, é-nos no entanto possível considerar que, desde a descoberta de Perkin, se deu um dramático alargamento das possibilidades de percepção das cores, agora produzidas sinteticamente, sem limitações de matiz, de intensidade, de claro/escuro (tom) e da sua reprodução rigorosa em objectos feitos à escala industrial.

Na Pré-História e na Antiguidade a percepção colorística estava limitada às cores da natureza o que, no caso dos têxteis, se reduzia a beijos e castanhos. Nas

civilizações Mesopotâmicas as cores púrpura, violeta, escarlata, azul, carmesim são frequentemente referidas, mas não podemos saber exactamente a que sensações colorísticas os autores antigos se referiam.

O problema é tanto mais complexo quanto os nomes das cores não estavam perfeitamente em concordância com as sensações descritas e variavam de civilização para civilização. Umberto Eco refere que o autor latino Aulus Gellius observa que em latim, vermelho (rufus) e verde (viridis), são apenas dois nomes, mas têm muitas variedades. Assim «rufus» é um nome, mas que diferença entre o vermelho do sangue, da púrpura, do açafrão ou do ouro!...

E os exemplos podem multiplicar-se, quanto à imprecisão da terminologia da cor em latim. Por exemplo, no mesmo texto de Fronto, «Flavus» (uma cor) é descrita sucessivamente como sendo uma mistura de verde e branco; verde, vermelho e branco; e finalmente uma sucessão de vários tons de vermelho!

De facto, citando ainda Umberto Eco: «... somos confrontados com termos para designar cores, mas não sabemos a que efeitos cromáticos se referem. Conhecemos bem a escultura e arquitectura Romana mas muito pouco sobre a sua pintura. As cores que hoje vemos em Pompeia não são as cores que os pompeianos viam; mesmo que os pigmentos sejam os mesmos, as respostas cromáticas não o são.

No séc. XIX Gladstone sugeriu que os Gregos eram incapazes de distinguir o azul do amarelo. Goetz e outros autores, admitiram que os romanos não distinguem o azul do verde... Os Egípcios usavam azul nas



Pequeno tear manual com efeitos obtidos com fios tintos em cores vivas usando corantes sintéticos. O artesanato também se modificou sob o impacto das novas possibilidades colorísticas.

pinturas mas não possuíam termo para o designar e os Assírios para designarem azul referiam-se a lapis lazuli adjectivando-o (UKNU).»

Por seu lado para os Indus o vermelho e o laranja são um só, enquanto os Maori da Nova Zelândia têm 3000 termos diferentes para designar 3000 diferentes matizes!

Na Idade Média as cores usadas nos têxteis limitavam-se quase exclusivamente ao vermelho, ao verde, ao azul e ao preto, mas os tintureiros sabiam como obter uma vasta variedade de tonalidades com poucos corantes (vegetais ou animais) usando também a mistura com outros vegetais, como flores e ervas secas ou raízes.

Na Renascença, Leonardo da Vinci refere apenas quatro cores simples, além do branco e do preto: amarelo, verde, azul e vermelho.

Para nós, colocados quase no final do século XX, é difícil conceber tais limitações colorísticas e custa-nos a crer que até final do séc. XIX os têxteis eram apenas tintos com corantes naturais! Isto, quando a nossa sensibilidade colorística já está sendo modificada por cores geradas electronicamente no vídeo e na televisão! Facto cultural este que decerto vai alterar a nossa visão do mundo e a nossa própria aptidão para falar da cor e para manifestar as nossas preferências.

As constantes e periódicas variações das cores da moda podem e devem ser actualmente consideradas a esta luz, visto que não há hoje limites ao que em termos de cor se pode produzir e reproduzir num suporte têxtil. Existem actualmente vários índices de cores que registam e indiciam rigorosamente uma enorme quantidade de cores. Por exemplo, a Sociedade Óptica Americana classifica uma gama entre 7,5 a 10 milhões de cores que podem ser teoricamente discriminadas.

Neste caso coloca-se o problema de saber até que ponto a percepção humana pode distinguir essas cores e, caso sejamos capazes de as distinguir visualmente, como nos referiremos verbalmente a essas pequenissimas e subtis diferenças de matiz e de tonalidade?

No máximo, em inglês são registados 3000 termos relativos à cor (Maerz e Paul) mas apenas 8 são de uso corrente! Em português, pensamos que um estudo linguístico da terminologia da cor está ainda por fazer. Um artista pintor pode certamente distinguir muitos mais matizes que uma pessoa sem treino colorístico, o mesmo acontecendo com os técnicos dos laboratórios produtores de tintas e corantes. No entanto o problema subsiste, entre a discriminação e a categorização das sensações coloridas.

Na sociedade actual o desenvolvimento da química dos corantes tem agudizado esta questão, estando nós, hoje, numa posição conceptual muito semelhante à dos romanos: a terminologia da cor é para o homem comum confusa e ambígua, eivada de imprecisões, sendo reflexo muitas vezes de conflitos emocionais, entre estímulos excessivos vindos duma realidade em rápida transformação e a incapacidade de categorização e expressão desses novos e múltiplos estímulos.

No campo científico e tecnológico a colorimetria e a informatização da tinturaria já resolveram esse problema. A colorimetria adoptou um sistema de parâmetros referenciais, em termos das cores ditas primárias e ainda um factor de luminância.

De acordo com a teoria aditiva, estudada por Grassmann, todas as cores são o resultado da adição de dois

ou três estímulos luminosos, chamados primários. Uma vez conhecidos os seus comprimentos de onda é possível traçar uma curva num sistema de coordenadas que contenha todas as cores. É a curva de Maxwell. Esta curva tem a forma de um triângulo com 2 lados e um vértice curvos e é traçada em referência a um ponto central, o iluminante C, que define os factores de claridade e pureza.

Com um espectrofotómetro de três estímulos podem assim determinar-se os parâmetros definidores de cada cor, facto este que vai permitir a informatização da tinturaria dos têxteis. De facto, com a ajuda do computador, determina-se a mistura percentual dos corantes a usar para o tingimento rigoroso de qualquer cor, sobre qualquer material têxtil, usando determinada maquinaria de tinturaria. Assim se elimina o factor subjectivo na apreciação e reprodução da cor, a nível industrial. Mas para todos nós, utentes da cor, o problema subsiste e agudiza-se. À nossa volta a realidade transforma-se. As cores novas que se sucedem, cada vez mais rapidamente, impulsionadas pela *moda* e pelo marketing dos têxteis, tendem a confundir as nossas referências culturais e a tornarem obsoleto aquilo a que nos habituámos a chamar o gosto, o «nosso bom gosto».

Tal categoria estética quase não tem hoje mais razão de ser, pois nem já os artistas sabem onde está o bom ou o mau gosto. A escola de pintura conhecida por «bad painting» é mesmo disso um exemplo internacional.

Às noções estéticas do passado somos assim levados a opor novas categorias de apreciação, mais adequadas à cultura deste fim de século. Lembremo-nos, por exemplo, da oposição entre *harmonia* e *contraste*, ou entre *continuidade* e *inovação*. As noções de harmonia e contraste são, na moderna teoria de cor, conceitos que se definem independentemente da apreciação subjectiva. De facto, fala-se em contraste quando duas ou mais cores que não estão seguidas no espectro solar, são colocadas lado a lado. O efeito é forte e impressiona vivamente. Se combinarmos cores seguidas do espectro solar, ou no conjunto, incluímos tonalidades (branco, cinza, preto), o resultado é harmónico.

Estes dois conceitos, quando usados alternadamente, têm importância decisiva na determinação da Moda têxtil, importância que aumenta quando associados a outro par de ideias contrárias, a *continuidade* e a *inovação*. Agora, são considerações sociológicas que levarão a ligar a continuidade à preferência pelas harmonias e a inovação a procurar os contrastes.

Inovação e contraste ligados a grupos jovens; continuidade e harmonia, como predominantes em grupos sociais conservadores, de nível etário mais elevado. Mas toda esta coerência, pode ser subvertida pela intervenção dum factor psico-social: a *saturação* que pode provocar a inversão das tendências de moda, levando os jovens a preferir harmonias, enquanto os indivíduos na idade adulta optem pelos contrastes!

Com uma conceituação deste tipo talvez possamos conceber um novo sistema socio-estético que nos ajude a entender os estímulos colorísticos da nova realidade em que os têxteis e a química desempenham um decisivo papel transformador.

# A Química e os cerâmicos tradicionais

H.M.M. Diz <sup>a</sup>

## 1. Introdução

Escrever sobre a interacção entre a química e a cerâmica é praticamente falar sobre todo o processo cerâmico, pelo que a abordagem se reveste de alguma dificuldade se o objectivo consiste em sintetizar o que de mais importante uma ciência traz à outra.

A opção que fizemos, foi, então, a de começar pela apresentação de um esquema geral de fabrico dos cerâmicos a que se seguirá uma resenha das principais reacções químicas em cada um dos processos abordados. Pode dizer-se que, de uma forma geral, o objectivo do processamento cerâmico consiste em fabricar objectos com propriedades bem determinadas a partir de pós naturais ou sintéticos, por um método que passa da conformação à consolidação com intervenção de temperaturas mais ou menos elevadas em alguma fase.

No caso dos cerâmicos tradicionais, isto é, das telhas e tijolos, dos azulejos e mosaicos, da louça artística e doméstica, dos refractários silico-aluminosos, o processo de fabrico pode ser esquematizado da seguinte forma:

1. *Preparação de pasta* — aqui se procede à moagem e mistura dos componentes da pasta de forma a obter um conjunto de granulometria reduzida e homogéneo em termos macroscópicos que passa à fase seguinte.

2. *Conformação* — obtenção dos objectos com a forma pretendida.

3. *Secagem* — em todos os processos de conformação se verifica a presença de água entre os constituintes da pasta, pelo que se torna necessário proceder à sua eliminação antes da

4. *Primeira Cozedura* — procedendo-se à primeira cozedura a temperaturas diversas, entre 850 e 1250 °C, de acordo com o tipo de pasta com que se trabalha, o objectivo é sempre o de consolidar o material, o que neste caso acontece pelo aparecimento de uma fase líquida que liga as partículas entre si.

5. *Vidragem* — operação que se destina a recobrir as peças de uma camada de pó de composição tal que funda durante a fase seguinte do processo impermeabilizando as peças. A decoração é muitas vezes realizada no mesmo processo.

6. *Cozedura de vidro* — nesta se levam as peças a temperaturas que variam entre 950 e 1450 °C para que o vidro aplicado na etapa anterior funda e adira à peça, constituindo com ela um corpo único.

7. *Escolha e embalagem* — esta operação destina-se naturalmente a separar as peças defeituosas e impedir que elas cheguem ao consumidor.

Este esquema global pode sofrer algumas alterações. Assim, as telhas e os tijolos têm, geralmente, uma cozedura única, após o que se encontram em condições de escolha e embalagem. Determinadas peças, particu-

larmente na área dos pavimentos e revestimentos, não são submetidas a cozedura antes da vidragem, realizando-se a consolidação da peça e do vidro em simultâneo, num processo que se designa por monocozedura. Se pretendêssemos abordar o processamento dos cerâmicos com utilização técnica, sejam os que se destinam à electrónica ou os que desempenham papéis estruturais, encontraríamos diferenças que se traduzem particularmente na inexistência de vidragem e na possibilidade de a conformação e a cozedura terem lugar simultaneamente num processo como a prensagem a quente, em que o objecto é conformado por prensagem a temperatura elevada que permite a sua consolidação. Os cimentos constituem um caso particular dos cerâmicos, na medida em que a conformação se realiza apenas após o processo de cozedura que, neste caso, recebe o nome de clinquerização.

Feita esta pequena introdução à cerâmica, vejamos como intervém a química ao longo das diferentes etapas de fabrico.

## 2. Preparação de pasta

Como introdução à preparação de pasta, refira-se que as matérias-primas comuns em cerâmicos tradicionais são argilas e caulinos, areia, feldspato ou calcite e dolomite e, ainda, peças defeituosas moídas, que se designam por caco.

A preparação de pasta pode ser realizada por três vias distintas: seca, plástica, húmida. Na primeira e na segunda os materiais são moídos a seco ou com a mistura de uma pequena quantidade de água, na segunda com a formação de suspensões aquosas. Aqui, cabe à química, com especial relevo para a química coloidal, um papel importante. Por dois motivos, a saber: a redução do tamanho das partículas resulta num aumento da sua área específica, isto é, da área por unidade de massa, que se traduz em incremento da energia superficial. Numa tentativa para reduzir a sua energia total, o sistema reage procurando agregar as partículas mais pequenas, contrariando assim o objectivo da moagem. Por outro lado, as partículas dos minerais das argilas apresentam, em suspensões aquosas, carga eléctrica dissemelhante nas suas superfícies, de que pode resultar o estabelecimento de ligações.

Em qualquer dos casos é, portanto, necessário actuar de forma a diminuir ou eliminar a tendência das partículas para a agregação. Como actua um químico nestas circunstâncias? Aumentando a repulsão entre as partículas. Para o efeito, adiciona à suspensão compostos que modifiquem a interface partícula-água.

<sup>a</sup> Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro.

Vejamos como actuam.

Se procedermos à dissolução de bases, o aumento de pH resultante vai permitir eliminar a dissemelhança electrostática das partículas dos minerais argilosos, que adquirem cargas negativas em todas as suas superfícies. Caso a força iónica do meio suspensor seja reduzida, o que não é, no entanto, sempre o caso, a repulsão que se estabelece entre as partículas pode ser suficiente para impedir a sua agregação.

Efeito semelhante, mas mais pronunciado, se consegue pela adição de aniões como o silicato e o fosfato. A facilidade com que qualquer das duas espécies adsorve na superfície das partículas dos minerais argilosos, com especial relevância para o último que parece formar complexos com os átomos que nelas se encontram, permite aumentar eficazmente a carga global negativa das partículas e impedir que se agreguem.

Alguns polímeros e polielectrólitos aniónicos são utilizados com o mesmo fim. Se, nos últimos, parte do efeito conseguido se deve à um mecanismo semelhante ao apresentado para o efeito da adsorção dos aniões e do aumento de pH — aparecimento de uma carga negativa elevada em todas as superfícies, com estabelecimento de forte repulsão electrostática entre elas — existe ainda uma contribuição estérica também presente quando se lida com polímeros não iónicos. Esta pode ser compreendida através do recurso a noções simples de termodinâmica, aliadas ao conhecimento da configuração adoptada por espécies poliméricas quando adsorvem em superfícies sólidas a partir de soluções.

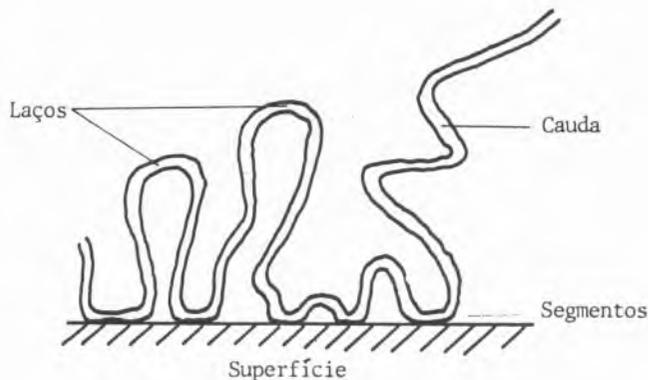


Fig. 1

Conformação de um polímero adsorvido numa superfície

Um polímero ou polielectrólito em solução num solvente melhor que um solvente teta adquire, por adsorção em superfícies sólidas, a configuração que se representa na Figura 1, ligando-se à superfície por alguns dos pontos da sua cadeia enquanto deixa em solução laços e caudas. Quando duas partículas com polímeros adsorvidos se aproximam, ocorrem dois factos: as cadeias interaccionam entre si, substituindo as ligações polímero-solvente por ligações polímero-polímero e, para menores distâncias de interacção, interpenetram-se. Do primeiro resulta, em solventes melhores que teta, um aumento da entalpia do sistema e do segundo uma diminuição da sua entropia, por diminuição do número de configurações possíveis para cada molécula adsorvida. Desta forma, e atendendo a que

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

a aproximação de partículas com cadeias poliméricas adsorvidas quando suspensas num meio melhor que um solvente  $\Theta$  resulta num aumento da energia livre do sistema, pelo que é desfavorecida. As partículas mantêm-se, por isso, afastadas.

A separação das partículas não pode, no entanto, ser completa no processo de preparação de pasta, porque, continuando a trabalhar-se com suspensões no processo de fabrico, daí resultaria a possibilidade de nos tanques de depósito se verificar a separação da pasta por ordem de granulometria, o que obriga a um compromisso entre a necessidade de contrariar a agregação das partículas para que se obtenha uma pasta fina e uma outra que é de contrariar a separação granulométrica que ocorreria numa suspensão em que as partículas se encontrassem completamente separadas e a agitação não fosse muito vigorosa.

Aliás, a fase final da preparação de pasta consiste, geralmente, numa pré-secagem que permita a continuação do processo de fabrico. Esta operação é feita em atomizadores quando se pretende obter um pó com cerca de 5% de humidade que será prensado, ou filtros-prensa, quando a conformação é realizada plasticamente. Ora, neste caso, a completa separação das partículas traduzir-se-ia no entupimento das telas utilizadas para separar a água da pasta e, portanto, numa quebra de rendimento do processo.

Em conclusão, na preparação de pasta de cerâmicos tradicionais por via húmida utilizam-se soluções de compostos monoméricos ou poliméricos, com ou sem carga, que adsorvem nas superfícies das partículas em suspensão impedindo, parcialmente, a sua agregação e favorecendo, portanto, a diminuição do seu tamanho.

### 3. Conformação

Os processos de conformação dos cerâmicos tradicionais podem ocorrer por via semi-seca, plástica e por via húmida. No primeiro não se utilizam, geralmente, aditivos químicos. No segundo e no terceiro torna-se necessário controlar a plasticidade ou a viscosidade do sistema, pelo que a química volta a estar presente. Assim, quando se procede à extrusão de um tijolo ou à extrusão seguida de prensagem de uma telha, necessário se torna garantir a plasticidade da pasta adequada a um processo de que não resultem defeitos. A presença de iões multivalentes adsorvidos na superfície das partículas dos minerais argilosos, como compensação das suas cargas intrínsecas, permite melhorar a plasticidade da pasta, uma vez que as camadas de hidratação dos iões actuam como camada lubrificante entre as partículas no movimento relativo que executam por acção da extrusora ou da prensa.

No caso da conformação por via húmida, que se utiliza, por exemplo, nos sanitários, a água de suspensão argilosa é retirada por moldes porosos de gesso. A velocidade a que este processo decorre e as características das paredes formadas dependem da existência ou não de ligações entre as partículas. Quando elas se verificam, formam-se agregados muito porosos que deixam passar a água com muita facilidade — demasiada, mesmo — para os moldes, mas originam paredes pouco densas e facilmente deformáveis. Quando as partículas se encontram individualizadas, as paredes são pouco porosas, de permeabilidade reduzida, atrasando o processo e originando objectos frágeis.

O compromisso entre estas duas situações é conseguido actuando sobre a carga das partículas dos minerais ar-

gilosos, como se fizera na preparação de pasta, se bem que com acrescido rigor, resultante da necessidade de obtenção de objectos de características bem definidas e constantes.

#### 4. Secagem

Após a conformação procede-se à secagem das peças de forma a poder levá-las posteriormente ao forno. O processo em si não seria referido aqui se não fosse pelo aparecimento, no seu final, de um defeito sobre o qual os químicos, uma vez mais, devem actuar — as eflorescências, pós finos que aparecem à superfície das peças como resultado da existência de sais solúveis na água ou nas matérias-primas. A sua eliminação deverá passar pela substituição do ingrediente que lhe deu origem, o que não é, no entanto, sempre possível. Os sais solúveis são, na maior parte dos casos, sulfatos, pelo que a resolução do problema envolve, geralmente, a adição de carbonato de bário, sal pouco solúvel, à suspensão original ou à água, para que precipitem o sulfato deste elemento e o carbonato do catião constituinte do sal.

#### 5. Cozedura

É esta, sem dúvida, a etapa do processo de fabricação dos cerâmicos durante a qual têm lugar as mais importantes transformações químicas. Separemo-las em dois tipos fundamentais: decomposição de compostos inicialmente presentes e formação de novos compostos.

##### 5.1. Decomposição

A decomposição de compostos presentes nas matérias-primas inicia-se a cerca de 200 °C, com a desidroxilação dos hidróxidos presentes, nomeadamente de ferro, que se processa com libertação de vapor de água.

A temperaturas ligeiramente superiores, estendendo-se no intervalo de 300 a 800 °C, dá-se a combustão da matéria orgânica muitas vezes encontrada nas argilas, resultante da decomposição de árvores e arbustos presentes no local de formação daquelas matérias-primas. A combustão é acompanhada da libertação de vapor de água e de dióxido de carbono.

Entretanto, no intervalo de temperaturas de 450 a 600 °C, dependendo da sua natureza e da sua cristalinidade, ocorre a decomposição dos minerais das argilas que, perdendo, sob a forma de água, os iões hidróxido que faziam parte da sua rede cristalina, perdem irreversivelmente a sua plasticidade característica. A caulinite, muito comum nos caulinos, origina desta forma o metacaulino.

Os carbonatos de cálcio e duplo de cálcio e magnésio presentes na calcite e na dolomite, respectivamente, decompõem-se a temperaturas entre 800 e 900 °C, originando dióxido de carbono e os respectivos óxidos metálicos. Os feldspatos, também utilizados como fundentes, decompõem-se a temperaturas mais elevadas, da ordem dos 1100 °C, originando um vidro. No entanto, o feldspato potássico dá, ainda, lugar a leucite, que desaparece apenas a cerca de 1500 °C, o que permite explicar a maior viscosidade que os feldspatos potássicos apresentam a uma dada temperatura em comparação com os sódicos.

##### 5.2. Formação de novos compostos

A decomposição dos compostos inicialmente presentes nas matérias-primas origina substâncias com elevada área específica superficial, logo, reactivas. Assim, na

continuação do processo de cozedura são criadas as condições para a formação de novos compostos.

O óxido de cálcio libertado durante a decomposição do carbonato de cálcio reage com a sílica presente para originar silicatos com incorporação crescente do metal por elevação da temperatura. A presença de alumina resultante de decomposição de aluminosilicatos permite a formação de aluminatos de cálcio.

O metacaulino resultante da desidroxilação da caulinite origina, a cerca de 950 °C, uma espinela que, a temperaturas superiores, se decompõe numa mal cristalizada mulite e cristobalite.

A cerca de 1100 °C, a presença de feldspatos leva à formação de um vidro que rodeia os grãos e participa nas reacções subsequentes como meio de transporte das espécies envolvidas, particularmente na formação e crescimento de cristais de mulite e, ainda, na dissolução da sílica cuja incorporação no vidro aumenta com a temperatura.

Enquanto estas reacções se processam, dá-se a diminuição do tamanho da peça e da sua porosidade, como consequência da tendência do sistema e diminuir a sua área específica. Ocorre, então, o que se designa por densificação. Obtido o grau de consolidação pretendido, que varia com o tipo de material, procede-se ao arrefecimento das peças até à temperatura ambiente, que não é, geralmente, acompanhado por alterações químicas.

Na grande maioria dos casos, particularmente quando se utiliza cozedura rápida, todos os processos de que falámos ocorrem sem que se atinja o estado de equilíbrio. São factores cinéticos que determinam a extensão relativa das reacções e que determinam em boa medida os produtos que se formam. Não admira, portanto, que o estudo da cinética de reacções envolvendo constituintes das pastas argilosas e dos cimentos tenha tido um tão grande desenvolvimento. Os problemas de equilíbrio põem-se quer em processos de cozedura muito prolongados quer ainda durante a utilização dos produtos. E este último o caso dos materiais refractários utilizados nos fornos cerâmicos. Submetidos às mesmas condições de temperatura e ambientais anos seguidos, os estudos que lhes são dedicados são fundamentalmente de equilíbrio, sendo publicadas anualmente novas alterações aos seus diagramas de fases.

##### 5.3. Detecção das reacções

O conhecimento das reacções que se passam durante o processo de cozedura de um cerâmico é importante para que se possam tomar medidas necessárias a evitar efeitos não pretendidos, como a quebra de uma peça por aquecimento demasiado rápido na zona de decomposição dos minerais de argila. Com este sentido se utilizam duas técnicas muito simples que permitem detectar a sua existência: a termogravimetria e a análise térmica diferencial. A termogravimetria ou análise termogravimétrica estuda a variação de peso de uma amostra em função da temperatura, permitindo estudar as reacções que para isso contribuem. A análise térmica diferencial permite, por comparação entre a temperatura da amostra e a temperatura de um inerte colocado a seu lado num forno, detectar a presença de fenómenos físicos ou químicos endotérmicos ou exotérmicos. Aplica-se, portanto, a um maior número de situações que a técnica anterior. Nas Figuras 2 e 3 dão-se exemplos de curvas de análise térmica diferencial e gravimétrica de uma caulinite, onde se pode detectar a presença de algumas das reacções de que falámos.

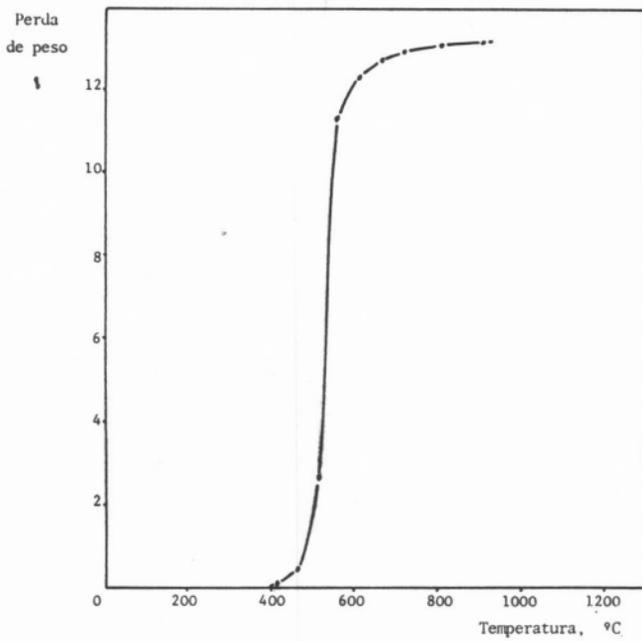


Fig. 2  
Curva termogravimétrica de um caulino

## 6. Processamento subsequente

O processamento subsequente dos cerâmicos envolve a química de novo na aplicação e tratamento dos vidros, na formação de cor, influência da composição e da atmosfera de cozedura. Este assunto será, no entanto, tratado em ocasião futura.

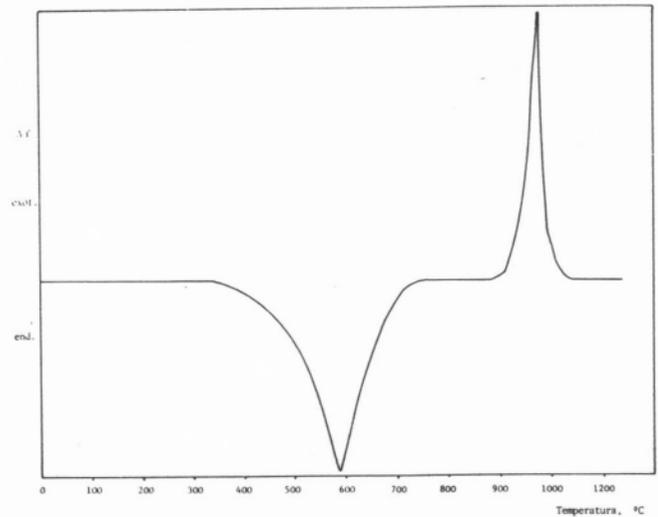


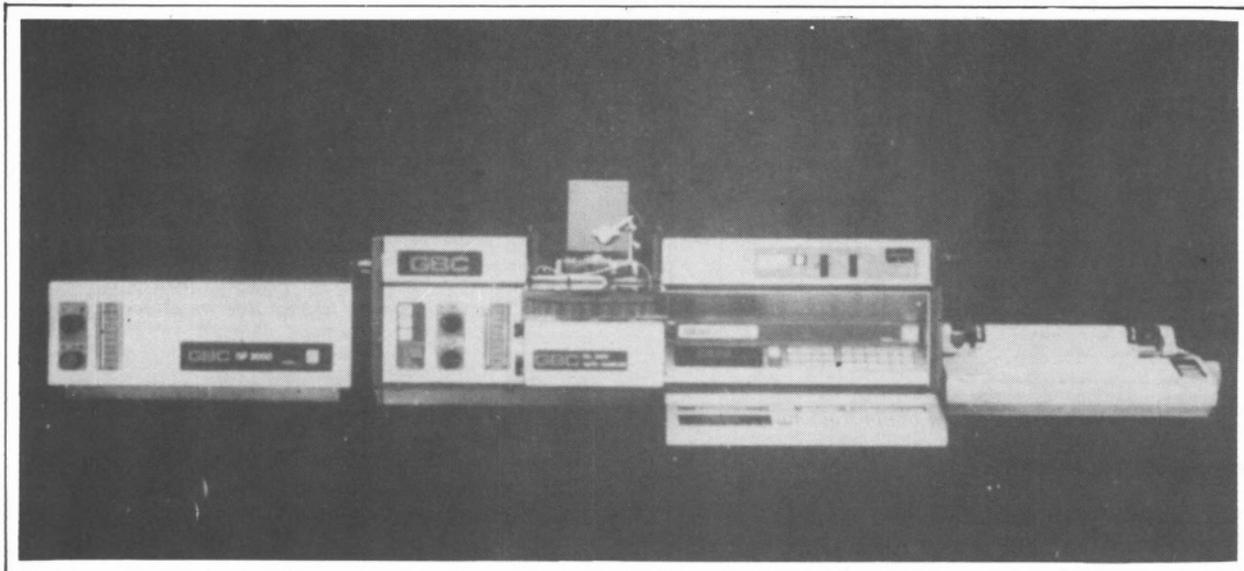
Fig. 3  
Curva de análise térmica diferencial de um caulino

## 7. Conclusão

O processamento dos cerâmicos tradicionais necessita da compreensão de fenómenos químicos que vão da química coloidal e de superfícies às reacções no estado sólido e reacções na presença de fase líquida, dos estudos de cinética aos problemas do equilíbrio. Só a sua compreensão permitirá desenvolver materiais com as propriedades requeridas nas condições mais vantajosas.

# GBC

ABSORÇÃO ATÓMICA



AGORA EM PORTUGAL

ABSORÇÃO ATÓMICA CHAMA-SE:

# GBC

EXCELENTES EQUIPAMENTOS

AOS MELHORES PREÇOS DO MERCADO

(2 sistemas vendidos nos primeiros 3 meses de promoção)

PEÇA-NOS UMA OFERTA.

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL:



**DIAS DE SOUSA LDA**

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 12 - 1.º D.  
2625 PÓVOA DE STA. IRIA  
TEL. (01) 259 23 16 - 259 24 09  
TLX. 43926 DISO P

PRAÇA PEDRO NUNES, 94  
4000 PORTO  
TEL. (02) 93 14 99 - 93 38 09  
TLX. 26250 NSC P

# A Química e a defesa do património cultural

Adília Alarcão <sup>a</sup>

## 1. Âmbito da sua contribuição

As relações entre o Laboratório e o Património tendem a estreitar-se cada vez mais, pois como disse A. Malraux em 1964, «l'analyse scientifique est un petit chemin entre la grande voie de l'histoire et celle de la poésie, mais c'est un chemin de notre temps» (1).

É no âmbito da investigação multidisciplinar que se deve entender a contribuição da Química.

Em 1958, E. Hall consagrou o termo *arqueometria* ao designar assim a revista em que o Laboratório de Arqueologia e História de Arte da Universidade de Oxford viria a publicar sistemática e exclusivamente resultados que envolvem a aplicação de métodos físicos e químicos e têm como objectivos principais a prospecção, a análise e a datação de estruturas e artefactos arqueológicos.

Em 1971, R. Brill propunha o uso do mesmo termo para «descrever com propriedade» o trabalho de investigação química no domínio da Arqueologia (2). A pouco e pouco, o alargamento do sentido da palavra arqueometria tornou-se inevitável; por diversas razões:

1 — muitos dos métodos físicos e químicos usados na investigação do património arqueológico têm a mesma aplicação noutras áreas patrimoniais (natural, artística, etnológica, documental) e em terrenos mais específicos mas complementares como os da Conservação e da Tecnologia;

2 — a investigação laboratorial do Património não se limita à Física e à Química;

3 — os métodos matemáticos e a informática, como meios de tratamento quantitativo de dados, são praticamente inseparáveis das ciências que permitem a obtenção desses mesmos dados;

4 — a necessidade de diálogo interdisciplinar e de rentabilização dos meios humanos e instrumentais leva a que se procure uma plataforma comum, de fácil referência, para a globalidade do trabalho *exacto* assim desenvolvido.

Embora a extrapolação possa conduzir a alguma indefinição, enquanto não se encontrar melhor referente, a palavra arqueometria congregará toda a investigação científica que tenta resolver os problemas colocados pela interpretação e defesa dos bens culturais, no sentido mais amplo da expressão.

## 2. Definição de linhas de investigação

A identificação de um objecto metálico entre dois fabricos cerâmicos já não se faz ou a distinção atendendo apenas a critérios de aparência, cor e dureza, nem a sua classificação obedece só, ou preferencial-

mente, a valores tipológicos e estéticos. A análise laboratorial permite:

1 — determinar qualitativa e quantitativamente *todos* os constituintes das ligas metálicas ou das pastas cerâmicas, incluindo os que estão presentes como vestígios e através dos quais se pode muitas vezes determinar a origem geográfica das matérias-primas, e estabelecer o horizonte cronológico do objecto;

2 — caracterizar a tecnologia envolvida;

3 — estabelecer grupos de dados e verificar se eles correspondem a séries paralelamente definidas em função de critérios tipológicos, históricos ou cronológicos;

4 — fornecer datações absolutas;

5 — identificar produtos de alteração dos materiais constituintes e, em consequência, procurar reconstituir as condições em que os fenómenos de degradação se tornaram possíveis;

6 — confirmar a existência de falsificações, através de provas irrefutáveis quanto à presença de matérias-primas e/ou pormenores técnicos incompatíveis com a sua datação.

Estas linhas de investigação não são apenas válidas para cerâmicas e metais; aplicam-se igualmente a vidros, argamassas, pinturas, têxteis, documentos gráficos e pedras.

## 3. Algumas consequências da ausência de investigação laboratorial

A falta de acesso às possibilidades actuais da investigação científica e a consciência dos progressos quase diários que nela se operam, não podem lançar os arqueólogos, conservadores de museus e técnicos de conservação num estado de dúvida permanente e de paralisação, mas devem constituir um alerta para as consequências eventualmente negativas e irreversíveis das nossas actuações sobre o Património, seja ao nível das classificações, seja ao nível da intervenção concreta, seja ao nível da difusão dos conhecimentos:

1 — Em Portugal, a investigação tecnológica ocupa um espaço muito limitado das áreas laboratorial e experimental.

O Instituto José de Figueiredo tem condições para preceder os tratamentos de conservação dos exames laboratoriais adequados, o que faz sistematicamente para as obras de arte que lhe são confiadas. Todavia, nem nos campos mais favorecidos da pintura e da escultura policroma, vemos os historiadores da Arte recorrerem metodologicamente a essa fonte imprescindível de informação.

<sup>a</sup> Directora do Museu Monográfico de Conimbriga.

Ora, como afirmou S. Smith ao prefaciá-las as actas de um simpósio sobre bronzes (3), a tecnologia é condição prévia para a existência de uma obra de arte... e ninguém pode levar muito a sério uma história da Arte unicamente baseada nas observações e raciocínio dos historiadores ou nas indicações das fontes literárias, mesmo contemporâneas. Com efeito, o Laboratório pode revelar mais, à *posteriori*, sobre os materiais e as técnicas de produção de uma obra do que o seu autor enquanto está a executá-la.

A falta de conhecimentos tecnológicos é igualmente grave para o avanço dos estudos arqueológicos e para a detecção de falsos nas colecções dos museus.

2 — As obras produzidas pelo homem — sejam monumentos ou artefactos — têm como os organismos vivos um tempo natural de vida, muitas vezes abreviado por maus tratos ou acidente. Reparar tais danos e tentar garantir um aumento de longevidade para essas obras é hoje um anseio comum a todos os povos, materializado em múltiplas experiências que pouco a pouco se têm organizado em disciplina.

A exemplo do que sucede no campo da Medicina, também no da conservação (4) se pode afirmar que não há doenças, mas sim doentes. A triplíce interacção que diariamente se estabelece entre a Natureza, o Homem e o Bem cultural, a diversidade de ambientes geográficos e climáticos, as diferenças resultantes de variações tecnológicas criam inevitavelmente especificidades de situação que — a não serem estudadas laboratorialmente — não serão registadas e jamais transmitidas.

Além desse grave prejuízo, e porque só a partir de um bom diagnóstico é possível escolher o tratamento adequado e fazer acertada política de prevenção, corre-se o risco de transformar a ciência num receituário, confiando o nosso Património a um empirismo obsoleto.

3 — Nos últimos anos, a Informática veio transformar por completo as possibilidades de acesso à informação, os tempos de assimilação e transformação dos dados, o alcance e oportunidade da reflexão crítica do investigador — o que é muito grave — a dimensão das consequências de um erro.

As vantagens inestimáveis que a informatização dos dados trazem ao progresso dos conhecimentos, através da anulação das distâncias e da rapidez e economia com que se descortinam ficheiros, inventários e catálogos podem pagar-se caro na fase seguinte, quando em breve instantes — com o auxílio de métodos matemáticos — da massa de dados multidimensionais, se extraírem múltiplos resumos de informação.

Dadas as facilidades que as instituições portuguesas conhecem para a aquisição de equipamento de informatização, em lamentável contraste com as dificuldades com que se debatem para promoverem investigação científica; conhecido o nível baixíssimo de preparação dos técnicos dos museus nas áreas da Tecnologia e da Conservação, fácil se torna compreender quanto são graves os simples erros — frequentíssimos — de identificação e classificação.

#### 4. Breve panorama da Conservação em Portugal

É possível afirmar que actualmente, em Portugal, a Conservação ainda é uma actividade predominantemente empírica e artesanal.

Explica-se tal situação por insuficiência de laboratórios devidamente apetrechados e de técnicos especializados? Naturalmente que sim, mas apenas parcialmente. A outra parte da explicação reside no facto de as grandes

instituições que detêm o poder ou os meios técnicos (tais como o IPPC, a DGEMN, o SNRP, o LNEC, o LNETI) não terem ainda assumido que a análise científica é um «caminho do nosso tempo» obrigatório para o estudo e a defesa do Património, e que cada uma delas tem de ajudar sistemática, empenhadamente, a trilhar.

Para lá da carência de programas coerentes de investigação e intervenção para as diversas áreas do Património, há ainda a contar uma atitude, a nível superior da programação e gestão de recursos, que considera deverem as ciências exactas (porque onerosas) produzir, sobretudo, trabalho em sectores economicamente rentáveis, tais como as indústrias, a produção de energia, a construção, ou aparentemente imprescindíveis como a saúde. Daí resulta que algumas instituições equipadas e vocacionadas para a investigação interdisciplinar tenham um relacionamento científico com as áreas «humanísticas» demasiadamente burocratizado e individualista.

É curioso notar que, uma falta generalizada de informação, ainda hoje faz crer, no nosso país — à excepção de um número insignificante de pessoas — que a conservação do Património é tarefa exclusiva de artistas, arquitectos, artesãos e historiadores.

Como já foi dito, o País conta com apenas uma instituição especializada na conservação de pintura, escultura, têxteis e documentos gráficos, equipada para o exame científico e o desenvolvimento de investigação própria.

Os objectivos metálicos e as cerâmicas arqueológicas têm merecido mais do que qualquer outra categoria de bens culturais, a atenção dos químicos, visando, todavia, as análises feitas, problemas de identificação (5) e determinação de proveniência das matérias-primas, ou a verificação de autenticidade (6). A investigação dirigida expressamente para a Conservação, resume-se a alguns anseios dispersos e incompletos, o que tem como resultado, nuns casos, perderem-se evidências e, noutros, deixarem-se os tratamentos incompletos, justamente para garantir a possibilidade de mais tarde aprofundar a investigação.

Análises orientadas para a conservação da pedra (especialmente calcários e granitos), da taipa e do adobe encontram-se em fases ainda muito embrionárias, levadas a efeito por diversos laboratórios.

O vitral — pouco abundante em Portugal e por isso mesmo mais precioso — não foi ainda objecto de exame científico, correndo-se o risco irreparável de — por força de repetidas e cada vez mais extensas intervenções restauradoras — se perder toda a evidência sobre tecnologias utilizadas, produto de alteração, correlações possíveis entre os fenómenos que lhes deram origem e os constituintes dos vidros.

O azulejo é, por norma, tratado como peça isolada e não como parte integrante de um edifício cujo estado geral de conservação é, em regra, a causa muito complexa da degradação do revestimento cerâmico.

Os bens patrimoniais de grande porte, existentes nos fundos aquáticos, não podem ser deles retirados ou jazem em terra dentro de tanques de água por falta de meios para exame científico e tratamento.

Outro aspecto da investigação laboratorial, extremamente carenciado é a análise de produtos para conservação e restauro, e a experimentação que tenha por objectivo verificar os seus comportamentos a médio e longo prazo, e obter alternativas sempre que elas se tornam necessárias.

## 5. Formação de químicos especializados

A experiência dos últimos anos mostra que um número crescente de jovens se sente fascinado pela herança cultural e desejoso de participar na sua defesa.

A despeito do isolamento institucional referido, surgem, aqui e ali, ofertas de colaboração de físicos e químicos para os domínios da Arqueologia e da Arte e neles se começam a buscar temas para provas académicas de capacidade de investigação. Esta posição da Universidade é uma resposta ainda tímida, mas portadora de esperança, à interrogação pertinentemente colocada em 1981 por P. Cabral: «não será conveniente e mesmo indispensável começar quanto antes a formar investigadores orientados para a arqueometria, principalmente para as suas áreas mais importantes e a criar laboratórios especializados nessas áreas?».

É bem possível que a solução de fundo surja por outra via, integrada na vasta problemática do emprego.

Efectivamente, começa a generalizar-se a consciência de vivermos um momento da História em que os avanços tecnológicos e sociais obrigam a uma transformação profunda dos objectivos e dos modelos de trabalho, deslocando-se para a Cultura muitos dos recursos humanos até agora internacionalmente investidos nos sectores de produção.

Dessa viragem são já sinal, entre nós, as iniciativas em curso ou a esboçar-se nalgumas universidades, visando a formação pós-licenciatura em áreas que pertencem ao domínio da conservação do Património Cultural.

Neste contexto, iniciativas como a presente publicação ganham particular relevância. Se diversas são as causas do aumento de interesse pela Arqueometria e pela Conservação nos últimos dez anos em Portugal, por parte dos químicos, o número crescente de artigos sobre estas matérias em revista de especialidade e divulgação conta, certamente, como um estímulo muito forte.

No seu artigo já citado, P. Cabral — a quem se deve uma posição incansável na luta pelo desenvolvimento

da Arqueometria — preconizava a organização de cursos de mestrado nessa área «complementado por actividades de investigação» e de «cooperação interdisciplinar».

Essa será também a oportunidade para fazermos entrar a conservação, de pleno direito, na via científica.

A necessidade da criação e da ampliação de laboratórios especializados é indiscutível e urgente, tanto como o levantamento de todos os Serviços existentes que se sentem vocacionados para essas áreas de investigação, pois esta só ganhará com a existência de pólos diversos, desenvolvendo diferentes linhas de orientação e equipamento.

Quando o número de químicos e de técnicos de conservação, e a dimensão das suas investigações forem suficientes para quebrar o isolamento e transformar procedimentos de excepção em norma, poderemos confiar no futuro do nosso Património e deixar de temer pelo valor dos testemunhos que iremos legar.

### Notas

1. *La vie mystérieuse des chefs-d'oeuvre. Le Science au Service de l'art*, Editions de la Réunion des musées nationaux, Paris, 1980, p. 23. Este catálogo da exposição com o mesmo título (que foi mostrada em Lisboa em 1981) apresenta uma excelente síntese dos principais métodos de exame, análise e datação.
2. *Science and Archeology*, ed. R. Brill (the Massachusetts Institute of Technology) 1971.
3. *Art and technology — a Symposium on Classical Bronzes*, ed. S. Deringuer et al. (the Massachusetts Institute of Technology) 1970.
4. A palavra *Conservação* deve ser entendida no sentido consagrado por P. Coremans (in *the Organization of Museums*, UNESCO (Museums and Monuments, IX Paris 1960 p. 106) ou seja, o conjunto dos métodos de tratamento que têm como finalidade prolongar a vida de um objecto ou monumento, distinguindo-se da palavra *Restauro* definida como sinónimo de intervenção que visa o restabelecimento da aparência original.
5. Neste campo, os estudos mais significativos pelo seu volume e continuidade devem-se a J.M. Peixoto Cabral e à sua equipa (LNETI) e a F. Bragança Gil e Gaspar Ferreira (CFNUL).
8. p. ex., J.M.P. Cabral et al., *Aplicação da Espectrometria de fluorescência de R.X. na verificação da autenticidade duma taça de prata*, «Revista Portuguesa de Química» 22,67 (1980) p. 71-75.
7. J.M.P. Cabral, *Arqueologia e Arqueometria*, «Arqueologia», 4,2 (1981) p. 8-11.

# A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra

Elda de Castro <sup>a</sup>  
 Maria do Rosário Cravo <sup>a</sup>

«Nunca anteriormente se deu maior apreço à conservação dos vestígios do passado. Nunca também se acumularam tantas causas da sua destruição. Esta situação paradoxal é particularmente verdadeira para os monumentos. Ameaçados e destruídos pela evolução das nossas necessidades e pela transformação das nossas cidades e das nossas aldeias, são-nos também pela poluição do ar e do solo, esse preço nefasto que nós pagamos, entre outros, pelo desenvolvimento da economia e aumento do nosso conforto.

Certamente, desde sempre, a natureza ameaça destruir a obra do homem. Os templos gregos são atacados desde a sua construção pelo ar salino do mar vizinho. O sol desagrega lentamente os granitos dos templos do Egipto e a água dissolve pouco a pouco os calcários das igrejas de França. Transformada em gelo, faz estalar as pedras geladas desde a sua colocação em obra. Mas a estas causas naturais, cuja acção é muitas vezes lenta e pouco perceptível, o homem da época industrial juntou agentes de destruição novos e temíveis. A sua intervenção é por vezes fulgurante e decisiva: à imagem do nosso tempo.

A sulfatação das pedras terá destruído em menos de duas gerações numerosas obras primas que vinte outras admiraram sob uma forma quase intacta. Ela terá aniquilado ou danificado em menos de meio século mais obras primas que as duas guerras mundiais.»

Prof. Dr. R.M. Lemaire  
 Colloques sur l'Altération des Pierres,  
 Bruxelas, 1966-1967

## Introdução

Estas palavras do Prof. Lemaire [1] são suficientemente eloquentes para dispensarem comentários sobre a importância dos agentes destrutivos das pedras dos monumentos, os quais na nossa época constituem uma ameaça crescente.

Iremos apenas mencionar a acção química de alguns de entre eles que decorrem das actividades dos homens ou ainda são consequência de más técnicas de conservação de monumentos.

## Acção da poluição atmosférica sobre as pedras

A expansão dos centros urbanos, o seu trânsito cada vez mais intenso, as indústrias cada vez mais numerosas e mais potentes têm contribuído para um vertiginoso acréscimo da poluição atmosférica com consequências desastrosas para os monumentos de pedra.

A fig. 1 mostra em esquema uma goteira da Catedral de Colónia, construída em grés de Schlaidorf em 1861, pelo qual pode ver-se que a zona atacada, reproduzida a preto, progride com uma velocidade cerca de 8 vezes superior à de há um século [2].

O grau de deterioração sofrido pela pedra está relacionado não só com a composição qualitativa e quantitativa dos agentes da poluição como com as características da própria pedra. Assim, a sua composição química (substâncias reactivas) e mineralógica (minerais susceptíveis de meteorização, ligação entre partículas, dimensões dos grãos) e as suas propriedades físicas (porosidade, superfície específica, porometria) são pa-

râmetros de que depende a sua susceptibilidade aos agentes agressivos. Compreende-se assim que o ataque e destruição da pedra resultem de uma interligação complexa de factores, de difícil análise.

Não é fácil estabelecer a composição da atmosfera pura, isto é, não poluída. Segundo Urone [3] os seus constituintes mais abundantes são o azoto (78,09%), o oxigénio (20,94%), o argon (0,093%) e o dióxido de carbono (0,032%). Outros componentes, em pequenas quantidades, existem ainda normalmente, podendo citar-se (expressos em p.p.m.) os seguintes: Ne (18), He (5,2), CH<sub>4</sub> (1,5), Kr (1), N<sub>2</sub>O (0,5), H<sub>2</sub> (0,5), Xe (0,08), O<sub>3</sub> (0,01-0,04).

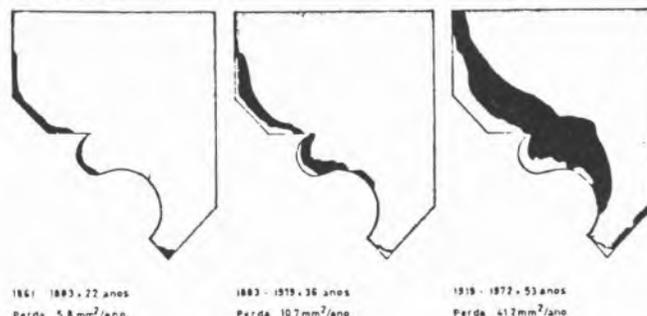


Fig. 1

Catedral de Colónia — Progresso da desintegração observada numa goteira (segundo [2]).

Existem também vestígios de muitos outros gases, tais como SO<sub>2</sub>, CO, numerosos hidrocarbonetos, etc.

Muitos dos componentes considerados poluentes encontram-se já no ar puro, mas, na atmosfera poluída, a sua concentração pode estar consideravelmente aumentada por actividades humanas, particularmente nas áreas de densa população ou junto das grandes fontes de emissão.

Como se disse, os poluentes atmosféricos têm uma importante acção na deterioração das pedras; como, porém, muitos deles se encontram presentes simultaneamente é muito difícil, se não impossível, quantificar o efeito de cada um isoladamente.

Os poluentes com maior incidência na deterioração das pedras são os seguintes: compostos oxigenados do enxofre, dióxido de carbono, óxidos de azoto, ácido clorídrico e cloretos, ácido fluorídrico e fluoretos, ácido sulfídrico, ozono, amónia e poeiras.

O dióxido de enxofre é o poluente de acção mais deletéria, pois é o maior responsável pela formação de crostas, cujo componente principal é o sulfato de cálcio (frequentemente sob a forma de gesso, CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O), (Figs. 2 e 3).

O ciclo do SO<sub>2</sub> na atmosfera e os mecanismos da sua

<sup>a</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

acção sobre as pedras podem ser diversos e muito complexos.

Segundo Amoroso e Fassina [5] há três caminhos possíveis:

«(i) Deposição do  $\text{SO}_2$  a seco, que é um mecanismo lento mas contínuo.

(ii) Deposição húmida do  $\text{SO}_2$  seguindo os passos: (1) conversão em sulfato na fase gasosa; (2) assimilação do sulfato pelo aerosol existente; (3) deposição sobre a superfície.

(iii) Deposição húmida do  $\text{SO}_2$  seguindo os passos: (1) absorção em água por dissolução; (2) oxidação na fase aquosa do  $\text{SO}_2$  dissolvido; (3) deposição sobre a superfície.»

Não cabe porém na extensão deste artigo descrever as diferentes fases destes processos, cujas consequências são funestas especialmente para as pedras contendo carbonatos de cálcio ou magnésio. As chuvas ácidas são um fenómeno há bastante tempo observado na Europa e também nos Estados Unidos e Canadá.

O dióxido de carbono é, como se referiu, um constituinte normal da atmosfera e em condições naturais a sua proporção mantendo-se sensivelmente constante, pois embora esteja sempre a ser produzido pela respiração dos homens e dos animais, o equilíbrio é restabelecido pelas plantas através da fotossíntese. Porém, quando a sua concentração aumenta muito, nas atmosferas urbanas ou industriais, pode ser considerado como um poluente.

Com efeito, o  $\text{CO}_2$  dissolve-se nas águas das chuvas segundo a reacção:

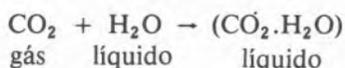


Fig. 2

Igreja da Conceição Velha — Pilar central do pórtico. Bloco muito alterado com o relevo superficial já destruído [4].

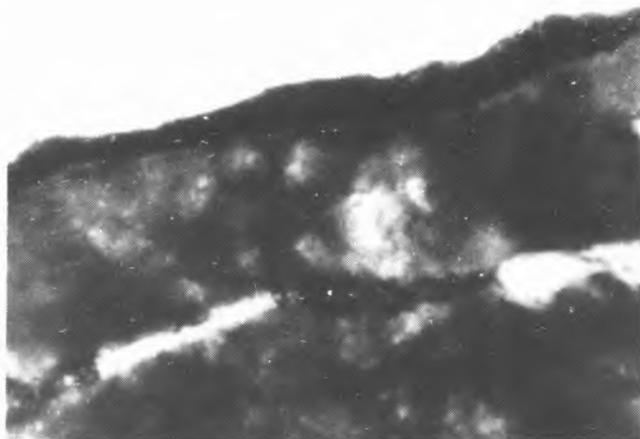
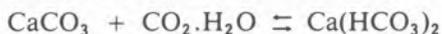


Fig. 3

Microfotografia de uma crosta (Nicois II; ampliação 175x) [4].

Ora o carbonato de cálcio, que é pouco solúvel em água pura, dissolve-se em quantidade apreciável quando a água contém dióxido de carbono, dando lugar a hidrogenocarbonato de cálcio:



Assim a superfície dos calcários, ou das rochas contendo carbonato de cálcio, vai sendo atacada e erodida quimicamente. Parte do hidrogenocarbonato de cálcio formado é levada pelas águas das chuvas, mas parte permanece nos poros da pedra e, quando a água se evapora, é depositado de novo sob a forma de carbonato de cálcio, por vezes em pontos diferentes daqueles em que se deu a sua dissolução, acentuando-se a erosão diferencial:

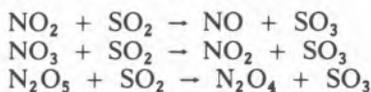


Os grés calcários em que os grãos são cimentados por carbonato de cálcio são também rapidamente atacados, dando-se a destruição do cimento e a desagregação da rocha.

O carbonato de magnésio sofre idêntico ataque ao do carbonato de cálcio, pelo que as dolomites ou os calcários magnesianos estão também sujeitos a este mecanismo de solubilização.

Os óxidos de azoto têm também um papel relevante na deterioração dos calcários devido à sua transformação em ácido nítrico, dando lugar à formação de nitrato de cálcio que é muito solúvel e normalmente é lavado pelas chuvas, sendo por isso muito difícil quantificar a sua acção.

Podem também desempenhar um papel na oxidação do dióxido de enxofre:



O ácido clorídrico reage com o carbonato de cálcio transformando-o em cloreto de cálcio. Este, tal como os nitratos, é muito solúvel e a sua acção sobre as pedras é muito difícil de avaliar.

O ácido fluorídrico tem efeitos não só sobre as pedras calcárias como também sobre as siliciosas. Embora seja pouco comum pode ocorrer nas zonas industriais. O ácido sulfídrico, presente em baixas concentrações, é um poluente cuja quantificação tem sido difícil, mas pensa-se que poderá ter também intervenção na formação do ácido sulfídrico por intermédio de oxidação biológica pelas tiobactérias.

O ozono é um oxidante mais activo do que o oxigénio e é-lhe atribuído um papel importante no processo de oxidação do  $\text{SO}_2$ .

A amónia é o único poluente básico que afecta as pedras, formando sais de amónio no ar, que penetram nas microfissuras e, cristalizando, dão lugar a deteriorações. Também lhe é atribuído um papel na oxidação por via húmida do  $\text{SO}_2$ , por elevar o pH para a gama de 4-5 em que a oxidação do  $\text{SO}_2$  pelo  $\text{O}_2$  é mais fácil. As poeiras têm uma composição muito complexa e, além de contribuírem, pela sua deposição sobre a superfície da pedra, para a sujarem prejudicando assim o seu aspecto estético, criam também condições ideais para os processos de oxidação catalizados pelas partículas de carbono e de outros metais presentes no pó (Fig. 4).

Intervêm ainda noutros processos tais como: formação de núvens e precipitação, radiações atmosféricas, influência em reacções químicas (nomeadamente na oxidação do  $\text{SO}_2$ ).

A avaliação da acção da poluição sobre as pedras necessita ainda de muita investigação conduzida quer em laboratório quer «in situ», e tem sido objecto de estudos a nível internacional.

Assim, por exemplo, no âmbito da OTAN, promovido pelo «Committee on the Challenges of Modern Society», foi realizado um estudo piloto relacionando a poluição atmosférica com os seus efeitos sobre a pedra, tendo em vista a conservação e a restauração de monumentos [6].

Este estudo, conduzido pela República Federal da Alemanha, incidiu sobre dois tipos de pedra muito frequentes nos monumentos daquele país: um calcário (Krensheim Muschelkalk) e um grés (Baumberg sandstone). Colocaram-se provetes em 27 locais nos quais foram simultaneamente determinados alguns dos componentes da poluição com maior agressividade (compostos oxigenados do enxofre, cloretos, fluoretos e óxidos de azoto) e os seus efeitos sobre os provetes expostos; 25 dos locais de exposição situavam-se na Europa (R.F.A., Inglaterra, Holanda, Itália, Noruega, Suécia, França e Grécia) e 2 nos Estados Unidos.

Mais do que a concentração momentânea no ar de um determinado agente agressivo importa a quantidade que é absorvida por unidade de superfície na unidade de tempo.

Esta determinação foi feita pelo método IRMA (Immissions — Raten — M e SS — Apparatur) [7], que



Fig. 4

Igreja da Conceição Velha — Friso enegrecido recoberto de pó [4].

utiliza um aparelho baseado na reacção dos poluentes, que se pretende determinar, com um líquido absorvente adequado que escorre na forma de um filme contínuo (constituindo a superfície de medida) sobre uma manga cilíndrica que se encontra saturada. O líquido é continuamente reciclado por bombagem. Os produtos de reacção foram analisados periodicamente (períodos de 14 dias) e expressos em  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ .

Paralelamente estes valores foram comparados com o teor em poluentes dos provetes colocados nos mesmos locais (uma série exposta às intempéries e outra abrigada da chuva).

Este estudo, entre outras conclusões, evidenciou uma correlação entre os compostos oxigenados do enxofre presentes na atmosfera e a acumulação de poluentes sobre a pedra natural. Mostrou também que a corrosão do material pétreo depende de factores da dinâmica dos fluidos (velocidade média do gás, difusão, tempo de permanência) e das propriedades do material. Outros estudos à escala internacional visando a «determinação do impacto da poluição atmosférica (compostos do enxofre) sobre as pedras em obra» estão a ser conduzidos pelo Prof. Furlan da «École Polytechnique Fédérale de Lausanne», nos quais Portugal também toma parte por intermédio do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Na fig. 5 pode ver-se um suporte contendo provetes de pedra exposto num dos janelões da Igreja da Conceição Velha, em Lisboa.

Nestes provetes têm vindo a ser analisados os compostos de enxofre depositados durante determinados períodos de tempo.



Fig. 5

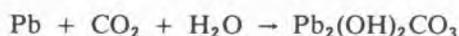
Provetes de pedra expostos na Igreja da Conceição Velha.

### Os metais e a deterioração das pedras

Os metais como o chumbo, o estanho, o cobre, e suas ligas, têm sido utilizados na construção desde tempos imemoriais: tubos, coberturas, «gatos», chumbadouros, caleiras, etc.

Estes metais são os que mais facilmente se extraem dos seus minérios e de um modo geral comportaram-se bem perante a acção dos poluentes naturais atrás mencionados que produzem sobre eles uma película compacta e aderente que os protege de acção ulterior.

Esta película é geralmente constituída por óxidos, sendo, no caso do chumbo, praticamente de carbonato básico:



As camadas referidas podem não ser protectoras, quando existam cloretos, pois estes, provocam a sua rotura seguindo-se corrosão acentuada.

Actualmente, devido aos poluentes industriais, os metais, tal como as pedras, comportam-se pior, com menor relevância para o chumbo, dada a grande insolubilidade do sulfato de chumbo.

Como podem os metais deteriorar a pedra?

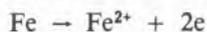
Evidentemente que se tratará de uma deterioração física, pois os metais não a atacam quimicamente.

Um processo de deterioração será a formação de manchas coradas se os produtos de corrosão o forem, como é o caso do cobre e do ferro. Assim uma estátua de cobre ou bronze pode originar manchas verdes nas pedras do pedestal que a suporta. Note-se: é apenas uma alteração do aspecto, porque os produtos de corrosão dos metais não provocam por si só a deterioração química das pedras.

Os grandes problemas surgiram quando se começou a usar nas restaurações o ferro ou o aço, nomeadamente em gatos ou chumbadouros. O desaire que teve maior repercussão foi a restauração da Acrópole de Atenas [9] no primeiro quartel do séc. XX, na qual se utilizaram, não só elementos estruturais como vigas e outros, mas também elementos de união, gatos e chumbadouros, de aço. Passadas algumas dezenas de anos várias pedras apresentavam fissuras profundas. Os gatos, por exemplo, provocaram em alguns casos o destacamento de fragmentos de mármore compreendido entre os pontos de inserção.

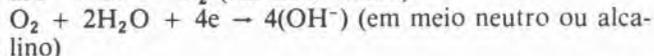
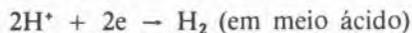
Esta deterioração deveu-se à corrosão do aço pois os seus produtos de corrosão não produzem camadas protectoras, o que se explica seguidamente.

A corrosão do aço, como a de qualquer outro metal, é um fenómeno electroquímico, ou seja, em que há transferência de electrões, exigindo portanto a presença de água, para receber os iões formados. Assim, numa zona em que está a dar-se corrosão ocorrerá a reacção:



passando o ião para a solução e ficando o electrão no metal, que deste modo se carrega negativamente.

Para que a reacção continue a processar-se será necessário que no meio exista uma espécie capaz de se reduzir, isto é, captar os electrões. Ora geralmente há duas espécies aptas a provocar esta redução, o ião  $\text{H}^+$  e o oxigénio:



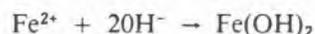
Em condições atmosféricas evidentemente que predomina a segunda reacção.

Estabelece-se assim à superfície do metal uma multiplicidade de micropilhas, cujos polos (cátodo e ânodo) podem variar de posição com o tempo, resultando então uma corrosão uniforme, ou mantê-la mais ou menos, e a corrosão é localizada, tipo que é sempre mais perigoso.

A formação de uma camada protectora, que amortece o prosseguimento da corrosão, deve-se à precipitação, na superfície do metal, de compostos provenientes da reacção do ião metálico com qualquer espécie existente no meio. Geralmente a reacção dá-se com o próprio  $\text{OH}^-$  libertado, visto que os ânodos e cátodos estão muito próximos, podendo também formar-se

outros compostos, em maior ou menor proporção, conforme a respectiva insolubilidade e quantidade da referida espécie. Tratando-se de corrosão atmosférica muitas vezes estes compostos são sais básicos.

Ora, no caso do ferro acontece que o hidróxido de possível formação:



é relativamente solúvel e precipita com certo afastamento da superfície metálica, originando produtos soltos e porosos que se mantêm permeáveis à água e ao ar. Deste modo a camada de produtos de corrosão não tem qualquer poder protector e a corrosão continua.

Numa reacção posterior o oxigénio oxidará o  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  produzindo a ferrugem, mistura de óxidos mais ou menos hidratados, como por exemplo,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Assim, a menos que se trate duma atmosfera extremamente seca como a que existe em Delhi, onde uma coluna de ferro datada do séc. IV permanece ainda agora em bom estado, não há amortecimento do fenómeno corrosivo.

Ora, para além de soltos e permeáveis, os produtos de corrosão do ferro ocupam um volume muito maior do que o do metal desaparecido, desenvolvendo portanto forças expansivas que provocam a rotura das pedras em que as peças de ferro ou aço estão introduzidas.

Foi o que se passou no caso citado da Acrópole de Atenas.

Mas já na Babilónia se usavam gatos de ferro e na primitiva Acrópole também a união das pedras se fazia com aço, quer no interior das colunas, quer nas ligações das pedras das paredes, sem que se tenham produzido roturas... Simplesmente o aço estava revestido de chumbo, pois era este metal que assegurava a aderência à pedra, dada a sua maleabilidade. E o chumbo, como se disse, resiste bem à corrosão atmosférica.

Na restauração da Acrópole, a ligação entre o aço e as pedras processava-se muitas vezes por uma calda de cimento, ficando o metal nas condições de uma armadura de betão, isto é, protegido contra a corrosão, porque num meio alcalino, como é o resultado da hidratação do cimento, o aço se encontra passivado. Porém, o estado de passivação perde-se quando, por exemplo, se dá a carbonatação do hidróxido de cálcio libertado na hidratação do cimento, pelo dióxido de carbono do ar acção tanto mais rápida quanto a permeabilidade da calda for maior. Também os poluentes industriais ácidos, como são os derivados do enxofre, têm acção análoga, reforçando portanto a do dióxido de carbono. Acresce que a proximidade do mar — caso da Acrópole — terá agravado o fenómeno, pois os cloretos destroem também, e muito activamente, a passivação. Além disso aumentam a condutividade do meio, o que favorece, como é óbvio, a velocidade dos fenómenos electroquímicos.

É pois necessário prever nas restaurações em que se usem gatos, chumbadouros ou outras peças de metal, que este seja resistente à corrosão, sugerindo-se as ligas de titânio, o aço inoxidável e o bronze por ordem decrescente, conforme a agressividade do ambiente e a preciosidade do monumento.

Foca-se também que a corrosão pode, destruindo o metal, pôr em perigo a segurança das estruturas de reforço dos monumentos restaurados, o que, não sendo uma causa de deterioração da pedra, é certamente uma causa de deterioração dos monumentos.

Deve pois cuidar-se para que as estruturas metálicas fiquem bem protegidas contra a corrosão.

## Bibliografia

- 1 — Lemaire, R.M. — *Introduction, Colloques sur l'altération des pierres*, Bruxelles 1966-1967.
- 2 — Wolff, A. — *Die Gefardung des Kölner Domes, Seine Steine und ihr Zustand in Jare 1972*, Sonderdruck, aus Kölner Domblatt 35, 1972.
- 3 — Urone, P. — *The primary air pollutants — gaseous, their occurrence, sources*, in: A.C. Stern (Ed.), *Air Pollution*, 3rd ed., Vol. I, Academic Press, New York, 1976.
- 4 — Castro, E.; Rodrigues, J.D.; Cravo, M.R.T. — *Estudos relativos à limpeza e protecção da fachada da Igreja da Conceição Velha*, LNEC, Rel. Proc. 54/1/7244, Lisboa, 1983.
- 5 — Amoroso, G.G.; Fassina, V. — *Stone Decay and Conservation*, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, Oxford, New York, 1983.
- 6 — Luckat, S.; Zalmanzig, J. — *Atmospheric Measurements of Air Pollution, Pilot Study on Conservation and Restoration of Monuments*, Committee on the Challenges of Modern Society, n.º 158, NATO, 1985.
- 7 — *Determination of the Immission Rate by Means of the IRMA — Method — VDI 3794*, 1982.
- 8 — Winkler, E.M. — *Decay of Stone*, Vol. I, IIC, New York, 1970.
- 9 — Skoulikidis, T. — *Attaque atmospherique (goujons en acier) et mesures à prendre*, 2<sup>ème</sup> Colloque International sur la deterioration des pierres en oeuvre, Atenas, 1976.

Se os nossos leitores estão bem lembrados, no número anterior deste boletim (1), o seu Director (o seu dele... boletim), teve a coragem de pôr em causa o seu lugar (o seu dele... director), publicando a primeira dose do novo léxico científico. A justeza dessa posição pode ser avaliada nas seguintes opiniões entretanto chegadas à redacção do boletim.

## A opinião dos leitores

- ... O boletim está a descer de nível... *J. Mundo Azedo*  
 ... O Director é que tem a culpa... *J.J.J.*  
 ... Excelente! *António Vesúvio*  
 ... Deviam subsidiar o Projecto! *Francisco Vesúvio*  
 ... Uma corrente de ar fresco! *José Vesúvio*  
 ... O léxico deve continuar! *Florêncio Vesúvio*

## Contribuição para um novo léxico científico

... em desordem alfabética - 2.<sup>a</sup> dose (2)

Pelo vosso amigo... Prof. Florêncio Vesúvio  
 Crítico e humanista científico

**Inspiração do cientista** — Acto de introduzir ar nos pulmões do cientista.

**Publicação de 3 artigos** — Escrever assim no boletim... «o, a, um».

**Escrever dois trabalhos** — Escrever assim no boletim... «dois trabalhos».

**Ordem de reacção** — Autorização para os conservadores (3) avançarem.

**Velocidade de reacção** — Velocidade dos conservadores a cumprir a ordem anterior.

**Fim da reacção** — Objectivo de luta dos progressistas.

**Desvio para o vermelho** — aumento das votações na esquerda.

**Desvio para o azul** — comportamento oposto (4) ao anterior.

**Bolsa de estudo** — recipiente onde se guardam os objectos de estudo.

**Metais complexados** — Falta de confiança das trompas, flautas, saxofones e afins no confronto com os outros instrumentos da orquestra.

**Corpo Radiante** — Indivíduo muito feliz.

**Corpo Negro** — Indivíduo de raça africana.

**Corpos Celestes** — Anjinhos e afins.

**Filosofia** — Amigo da Sofia.

**Laser** — Ócio, repouso, na nova ortografia Luso-Brasileira.

e ainda as seguintes contribuições dos Professores Eustáquio Petróleo e Gerales Estrada — obrigado Professores...!

**Transferência de massa** — Fenómeno que ocorre quando se dá pelo desaparecimento da carteira.

**Supercondutor** — Condutor da R.N. que consegue levar um autocarro ao Castelo de S. Jorge.

**Tranferência de momento** — Situação em que o aluno necessita de consultar os seus auxiliares de memória.

**Transferência de calor** — Arrepio que se sente quando passa aquela loira platinada.

Até ao próximo número escrevam...

AVISO: O Diálogo seguinte é só para iniciados! Cuidado com as pessoas estranhas ao meio...

F.V.

## Diálogo... entre utilizadores de um IBM e de um Apple II.

I — Tenho um programa a correr, para hoje à noite. Queres inserir?

A — Não, sabes, estou em looping e apetece-me mesmo quitar daqui para fora.

I — Olha lá, sava as preocupações e loada o programa com o rapaz. Está prevista uma subrotina, para depois das onze, que nem te digo...

A — Convenceste-me. Mas primeiro tenho de printar aqui umas coisas para a minha, depois zapo, e insiro no teu programa.

(1) — Vá lá ler o número anterior, pág. 36 senão não percebe nada desta «lengalenga».

(2) — E com isto são mais dois artigos para o curriculum.

(3) — Aconselharam-me a pôr esta palavra em vez de reaccionário para não ferir susceptibilidades. É preciso viver...

(4) — Atenção que esta coisa das cores pode mudar de um dia para o outro.

# A investigação científica aplicada ao estudo das obras de arte.

Resumo das actividades do Laboratório Central do Instituto de José de Figueiredo

Ana M.M. e Carmo <sup>a</sup>, Luísa M.P.A. Alves <sup>a</sup>  
Maria Isabel M. Ribeiro <sup>a</sup>

O Instituto de José de Figueiredo, instituição oficial que se dedica ao estudo, conservação e recuperação de obras de arte, conta, a partir de 1969, com um Laboratório de Física e Química que começa a funcionar em instalações provisórias no ano seguinte e em instalações próprias a partir de 1972.

As nossas linhas de orientação de trabalho são de investigação aplicada, investigação analítica, divulgação e ensino. O nosso objectivo fundamental é contribuir para o «prolongamento indefinido» das obras de arte, conhecendo os materiais empregues, as técnicas usadas, o comportamento dos materiais no meio ambiente, os produtos da sua alteração, a fim de propor medidas adequadas de conservação e recuperação. Para tal, utilizamos amostras de dimensões reduzidas, por isso de difícil manuseamento e observação, envelhecidas, contaminadas com materiais de adunção, que exigem métodos e esquemas de análise próprios e até adaptação de equipamento. Presentemente o Laboratório Central está apetrechado com equipamento destinado à realização de documentação fotográfica e radiográfica, bem como à análise instrumental (Espectroscopia Infravermelha, Absorção Atómica e Cromatografia Gasosa), à microscopia e cromatografia de camada fina. O pessoal é constituído por três técnicos superiores, um técnico, dois técnicos de foto-radiografia e três técnicos profissionais, levando a cabo uma actualização permanente quer bibliográfica quer em intercâmbios com organismos similares estrangeiros; temos também divulgado as nossas actividades quer por meio de relatórios, quer por publicações ou seminários, oferecendo também o nosso contributo leccionando em cursos de conservadores de Museus, de Conservadores-Restauradores e de Ciências Documentais.

O estudo de uma obra de arte, seja com o objectivo de conservação-restauro ou de investigação, segue uma via científica iniciando-se com a realização de documentação acerca dela:

Documentação Histórica, Técnica, documentação antes do tratamento e documentação durante e após o tratamento.

Ocupar-nos-emos somente da documentação técnica subdividida em exames de área e exames de ponto.

O **exame de área** consiste em:

1 — **Observação à vista desarmada** que nos permitirá fazer o inventário das características da obra de arte. Esta observação é efectuada em condições padrão de iluminação de modo a poderem ser feitas comparações, estabelecidas analogias e detectadas diferenças entre áreas da mesma obra ou entre várias obras em estudo.

2 — **Observação à lupa** que permite a percepção de pormenores.

### 3 — Fotografia sob luz normal.

Por fotografia sob luz normal referimo-nos a toda as que são tiradas com luz cujo comprimento de onda se situa entre 400 e 700 nm, isto é, na parte visível do espectro.

Esta fotografia é uma fotografia de pormenor que serve para revelar as características ínfimas próprias do objecto: a sua estrutura, a sua técnica de execução e o seu estado de conservação.

Há alguns anos a esta parte, os diapositivos a cor de obras de arte tiveram um grande impulso. Eles fornecem uma documentação preciosa, mas prestam-se facilmente à subjectividade, são pouco estáveis e a cor deteriora-se com o tempo.

Até este momento a fotografia a preto e branco é a mais indicada para uma documentação que perdure. É também necessário não esquecer que uma documentação fotográfica é muito distinta da fotografia artística.

### 4 — Fotografia Técnica.

Este ponto irá ser dividido em seis alíneas, que examinaremos uma a uma.

#### a) — Fotografia sob luz rasante.

Este tipo de fotografia destina-se a pôr em evidência o aspecto superficial da área fotografada. A área é iluminada tangencialmente por uma fonte de tal modo que todas as asperezas e relevos sejam acentuados pelas sombras projectadas sobre a superfície.

Uma fotografia 1:1 sob luz rasante fornece por vezes um documento fotográfico difícil de localizar na obra; com efeito, este tipo de iluminação faz desaparecer a imagem normal da zona que procuramos examinar, se o aspecto desta for muito rugoso ou fortemente empastado. Nestes casos, convém completar o documento com uma visão geral do quadro.

Aplicações:

— Põe em evidência o aspecto superficial da matéria;

— Evidencia a técnica de execução e as estruturas ou pormenores feitos por incisão;

— Realça as alterações e o estado de degradação.

Em certos casos, este tipo de fotografia pode servir de instrumento de medida da deformação do suporte.

#### b) — *Macrofotografia*

A macrofotografia implica ampliação directa do objecto no momento em que é fotografado, conseguindo-se negativos na qual a ampliação é várias vezes maior que as dimensões reais do objecto, Fig. 1. Não se deve confundir uma macro com uma ampliação a partir dum negativo.

<sup>a</sup> Laboratório Central do Instituto de José de Figueiredo (IPPC).



Fig. 1

Macrofotografia representando pormenor de uma iluminura sobre pergaminho, 5x.

#### Aplicações:

- Põe em evidência o estado da superfície;
- Estuda pormenores ou textos pouco legíveis, apagados ou gastos tais como assinaturas, monogramas, etc.;
- Estuda a alteração e a degradação; e controla os resultados conseguidos durante um tratamento.

A macrofotografia serve ainda para completar o exame preliminar do quadro, feito com o microscópio binocular, e também para fazer o estudo comparativo da técnica de pintura com vista à identificação do auto ou à detecção de falsos.

#### c) — Fotografia no Infravermelho

A radiação infravermelha, invisível para nós, começa no limite do espectro visível e estende-se na escala dos comprimentos de onda até às ondas hertzianas, de 750 até  $10^5$  nm.

É habitual dividir o espectro infravermelho em três regiões: a do infravermelho próximo, médio e longínquo. Somente o infravermelho próximo, isto é os comprimentos de onda entre 750 e 1000 nm, pode ser registado por via fotográfica. Empregam-se para isso emulsões sensibilizadas para o infra-vermelho e um filtro transparente a esta radiação que tem a função de seleccionar a banda espectral correspondente à sensibilidade da emulsão. Para a iluminação utilizam-se lâmpadas de incandescência.

A fotografia infravermelha fornece da zona fotografada uma imagem selectiva, revela certos pormenores

invisíveis a olho nu, mas na qual as tonalidades registadas podem ser muito diferentes dos valores cromáticos visíveis.

As suas aplicações são:

- Evidenciar pormenores principalmente em zonas escuras ou engorduradas;
- Detectar materiais estranhos à matéria original;
- Detectar o primeiro traço que o artista apagou e o desenho subjacente;
- Realçar pormenores apagados, gastos ou dissimulados e teoricamente identificar pigmentos.

#### d) — Reflectografia Infravermelho

Em fotografia infravermelho só se consegue detectar o desenho subjacente sob áreas avermelhadas, esbranquiçadas ou acastanhadas. As áreas azuis e verdes não são praticamente atravessadas pela radiação infravermelha de comprimento de onda usada em fotografia e por isso aparecem escuras.

As tintas usadas, principalmente nos séculos XV e XVI, são mais transparentes a radiações infravermelhas de comprimento de onda de aproximadamente 2000 nm. É portanto útil usar radiação com este comprimento de onda.

Como, mesmo filmes especiais, só são sensíveis até 900 nm, tem de se adoptar outro método — a Reflectografia infravermelha.

Em reflectografia infravermelha a pintura é iluminada como na fotografia I.V., mas a radiação reflectida irá ser detectada por um sistema sensível a radiação deste comprimento de onda. Este sistema detector transforma a radiação infravermelha em imagem visível, ponto por ponto, por varrimento da área observada. Esta imagem pode ser vista num écran monitor se se usarem tubos especiais infravermelhos chamados «vidicons» num sistema de televisão, podendo esta imagem televisiva ser também fotografada, Fig. 2.

#### a) — Fotografia Ultravioleta e Fluorescência

A radiação ultravioleta é uma radiação invisível cujo comprimento de onda é imediatamente inferior à zona visível do espectro, isto é, com comprimento de onda entre 10 e 400 nm.

Certos constituintes das obras de arte, têm, sob o efeito desta luz, a propriedade de absorver energia emitindo luz de maior comprimento de onda que a incidente e que já se encontra na região do visível. A este fenómeno dá-se o nome de fluorescência.

A reflexão da radiação ultravioleta só pode ser registada por fotografia. O seu inconveniente de ordem



Fig. 2

Reflectograma, visível desenho subjacente à carnação rosa e ao cabelo castanho.

prática é que o tempo de pose tem de ser muito longo. Assim, a fotografia ultravioleta é frequentemente substituída pela fluorescência ultravioleta.

Aplicações:

- Detecção de materiais estranhos aos originais;
- Exame do estado das camadas de verniz;
- Controle da limpeza e da remoção de vernizes;
- Detecção de vestígios dum tratamento anterior;
- Detecção de manchas invisíveis sob luz normal;
- Realce ou leitura de pormenores gastos ou apagados, etc.;
- Evidenciar uma interrupção na superfície;
- Detecção de microorganismos invisíveis sob luz normal;

e identificação de alguns pigmentos e aglutinantes devido à sua fluorescência.

#### f) — Radiografia

Os raios-X têm um comprimento de onda inferior ao da radiação ultravioleta. Os raios-X têm, entre outras, a propriedade de atravessarem objectos opacos para a luz visível, propriedade que é a base da radiografia.

As aplicações da radiografia são:

- Estudo técnico das camadas de policromia como forma de identificar a técnica de execução;
- Revelar a estrutura interna do objecto, como por exemplos encaixes da madeira, a presença de nós, etc.;
- Informação acerca do estado de conservação como a descoberta de galerias de insectos e localização de lacunas em zonas de certa densidade;
- Descoberta de pormenores dissimulados;
- Identificação de certos materiais: sobretudo de pigmentos à base de Pb;
- Estudo dos efeitos de tratamentos anteriores, tais como retoques, colagens e preenchimentos;
- Controle técnico do tratamento efectuado e
- Detecção de falsos.

A radiografia permite ainda, de certa forma, assistir à génese da obra contribuindo para uma melhor compreensão do estilo da pintura.

Para o Laboratório, o objectivo destes exames de área é a definição da técnica, em grandes linhas, e a orientação na amostragem para o exame de ponto.

O **exame de ponto** consiste em:

#### — Exame Prévio. Microscopia

O exame macro ou microscópico dos objectos de arte, permite detectar pormenores por vezes invisíveis a olho nú, tanto à superfície das pinturas como sobre objectos arqueológicos, esculturas, etc.

São utilizados diferentes aparelhos consoante a ampliação desejada. A microscopia óptica permite ampliações até 3000×, enquanto que na microscopia electrónica se atingem ampliações de 1 000 000×.

A lupa binocular cujo poder de ampliação atinge as 100× está equipada de dois sistemas ópticos independentes que dão uma visão estereoscópica, preservando a sensação de relevo do objecto. Esta propriedade é útil, por exemplo, no estudo da decoração de objectos e dos «craquelés» das pinturas.

O microscópio óptico, empregue para o exame de superfícies polidas, está equipado com iluminação por reflexão para cortes expostos e por transmissão para lâminas delgadas transparentes.

O microscópio metalográfico possui uma óptica que permite examinar por reflexão objectos volumosos. A observação sob luz polarizada de um corte metalográfico, previamente polido e submetido a ataque químico

ou electrolítico, revela o tipo de cristalização do metal cujos grãos tomam cor diferente conforme a sua orientação.

#### Cortes espessos.

Vamos considerar em primeiro lugar os cortes de pintura, escultura, etc., e em segundo lugar os metalográficos.

O exame microscópico de pequenas colheitas de amostras efectuadas em objectos de arte exige a preparação das mesmas em cortes finos ou espessos. Esta amostragem deve cobrir, quando possível, todas as cores, e em cada uma as circunstâncias de sombra e luz.

As amostras, com aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> de área, são extraídas da superfície do objecto a estudar com o auxílio da lâmina de um bisturi e de agulhas. A amostra é então envolvida numa resina poliéster que auto-endurece à temperatura ambiente. Obtem-se assim um bloco duro transparente que envolve a amostra e que vai ser polido de tal forma que seja visível a amostra seccionada transversalmente.

A amostra assim preparada é observada ao microscópio sob luz reflectida com ampliações entre 110 e 220× e pode ser registada em diapositivos permitindo-nos observar a estratigrafia da amostra, Fig. 3.

#### Cortes metalográficos

Sendo os metais opacos, o estudo da sua estrutura granular é efectuado com um microscópio metalográfico, que permite observar por reflexão a superfície da amostra preparada.

Uma amostra metalográfica é cuidadosamente extraída da peça sendo envolvida em resina para facilitar a sua manipulação. Em seguida faz-se o polimento numa superfície perfeitamente plana para que possa reflectir a luz no microscópio. O exame efectuado após polimento, permite distinguir os elementos que possuem uma cor ou poder reflector diferentes: constituintes coloridos, inclusões, maclas, poros, etc. Após o polimento, faz-se uma ataque químico na superfície polida da amostra com o reagente específico, para contrastar os pormenores da estrutura por coloração dos grãos, dissolução selectiva ou despolimento ligeiro de algumas fases.

Os cortes finos dividem-se em cortes de fibras têxteis, de madeira, de líquenes e de peles.

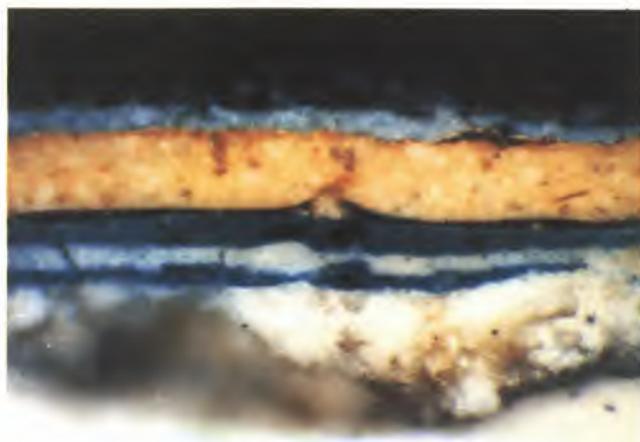


Fig. 3

Microfotografia correspondente à estratigrafia na policromia duma escultura em mármore.

### Cortes de fibras têxteis

Devido à pequena quantidade de amostras disponíveis quando se trabalha com objectos de arte, os cortes finos de têxteis são efectuados colocando um fio de dimensão reduzida, no máximo 0,5 cm, no interior de um pequeno cilindro de cortiça. O bloco constituído pela cortiça e pelo fio é seccionado transversalmente com o micrótomo de forma a obter cortes com uma espessura de aproximadamente 25  $\mu\text{m}$ , os quais são observados por transmissão no microscópio para permitir a sua identificação.

### Cortes da Madeira

Os métodos científicos utilizados para determinar a espécie de uma madeira são a macroscopia e a microscopia. A primeira só é possível por observação directa, com fraca ampliação duma superfície aparada com uma lâmina. A segunda necessita de uma colheita de amostras que serão amolecidas e cortadas ao micrótomo segundo três direcções — transversal, tangencial e radial — que põem em evidência as características próprias das fibras, dos vasos, dos raios e das pontuações.

### Cortes de Líquenes

Os líquenes colonizam os substratos naturais, troncos de árvores e arbustos, folhas e rochas bem como materiais artificiais tais como o cimento, barro, vidro, etc. Os líquenes são plantas que têm um crescimento extremamente lento e capazes de viver muitos anos, para cima de 4500. São muito resistentes à exposição, variações de temperaturas, secagem de ambiente, mas estão entre os organismos mais sensíveis à poluição essencialmente devida ao  $\text{SO}_2$  atmosférico.

A sua identificação é feita ao microscópio, Fig. 4, sob cortes finos obtidos com o micrótomo equipado com platina de congelação.

### Cortes de peles (análise histológica)

Os fragmentos de couro ou pergaminho com alguns milímetros quadrados de superfície, são mergulhados num líquido amaciador que serve também de fixador. Esta operação, que deve ser levada a cabo cuidadosamente, pode demorar um ou alguns dias até à obtenção dum tecido suficientemente macio. Depois de desidratadas e aclaradas, as amostras são incluída em blocos de parafina, de ponto de fusão de 54-56°C, para serem depois cortadas com o micrótomo em cortes de 5 e 10 microns e coradas sobre lâminas antes da montagem.

A identificação é possível graças à disposição dos folículos pilosos que formam o desenho do grão e que é característico da espécie; Cortes efectuados paralelamente à superfície da pele permitem a observação do agrupamento folicular. Secções perpendiculares dão informação sobre a implantação dos pelos até à profundidade da derme.

**A identificação de Materiais Inorgânicos** é elaborada segundo três métodos: Colorimetria, Espectrometria de Absorção no Infravermelho e Espectrometria de Absorção Atómica.

### Colorimetria

A colorimetria é uma técnica de análise que permite medir a concentração duma substância corada a partir da sua intensidade de coloração.

Esta técnica aplica-se à análise de iões (átomos ou agrupamentos de átomos carregados electricamente) e de moléculas.



Fig. 4

Microfotografia dum corte transversal de líquenes saxícolas (*Lecanora muralis* e *Caloplaca aurantia*). Visível o substrato — pedra, além dos dois líquenes.

Na prática, faz-se passar um feixe luminoso através dum tubo padrão que contém a solução corada. Parte deste feixe luminoso vai ser absorvido, reflectido ou ainda transmitido. A intensidade da fracção do feixe transmitido é então detectada por meio de fotocolorímetros. A solução desconhecida é então comparada com soluções padrão de várias concentrações e que foram preparadas de forma idêntica.

Trata-se de um método rápido que permite dosear vestígios, mas que necessita de preparação de bastantes amostras.

### Espectrometria de Absorção no Infravermelho

A espectrometria de absorção no infravermelho é uma técnica de análise que permite identificar compostos químicos a partir da energia de ligação dos seus átomos.

Uma molécula é um conjunto não rígido de átomos ligados por forças de intensidade variável, as ligações químicas. Os movimentos a que uma molécula está sujeita são de dois tipos: as vibrações ditas de valência e que têm origem no eixo que liga os átomos, e as deformações por rotação com orientações variadas. Estas energias de vibração e de rotação são quantificadas. Quando a molécula recebe radiação infravermelha, absorve energia e a amplitude das vibrações atómicas aumenta. Quando regressa ao estado fundamental, liberta energia sob a forma de calor. Como todos os átomos de uma molécula estão sujeitos a estes movimentos, os espectros emitidos no infravermelho podem

apresentar numerosas bandas de absorção representando cada uma um grupo de vibração.

Na prática, o aparelho consiste numa fonte de radiação infravermelho, num sistema óptico dispersivo e num detector. A fonte é uma lâmpada de infravermelho tipo Nernst, sendo a radiação em parte absorvida pela amostra que se encontra misturada com brometo de potássio para formar uma pastilha. A radiação transmitida é dispersa por um monocromador de prisma ou de rede em radiações monocromáticas que são detectadas por uma célula fotoelétrica ou por um termopar que transmite a informação a um registador para se obter um espectro de absorção infravermelho.

As bandas de absorção que aparecem no espectro são características da estrutura das moléculas. Atlas de espectros de referência permitem, por comparação com o espectro obtido, identificar o composto químico analisado.

#### Espectrometria de Absorção Atômica

A espectrometria de absorção atômica permite analisar os elementos químicos de um material quer em solução quer directamente no estado sólido. Os compostos químicos podem ser dissociados em átomos através de dois tipos de fontes de atomização:

— Seja na chama obtida por combustão numa mistura de gases (ex.: ar-acetileno) muito energética na qual a amostra líquida é nebulizada;

— seja num forno de grafite de alta temperatura no qual a amostra é introduzida no estado sólido ou líquido.

Todo o elemento químico no estado atômico tem a propriedade de absorver selectivamente as radiações que, dirigidas através da chama ou do forno, serão tanto mais absorvidas quanto maior for o número de átomos absorventes provenientes da amostra.

Uma célula fotoelétrica detecta a radiação transmitida pela chama e mede a diferença de intensidade existente entre o feixe absorvido e o feixe incidente. Esta diferença de intensidade está relacionada com a concentração de átomos absorventes presentes na solução analisada.

Este método é destrutivo. Ele necessita de alguns milímetros de solução. A sensibilidade experimental é ainda mais elevada quando se trabalha com o forno de grafite, que necessita somente de algumas dezenas de microlitros de amostra.

#### Exemplos de Identificação de Materiais

##### — Metais

Após uma primeira identificação dos catiões metálicos existentes na liga por análise micro clássica é feita a sua análise quantitativa por espectrometria de absorção atômica.

##### — Mordentes

Os metais do mordente (sais metálicos adicionados ao banho do tingimento para facilitar a fixação do corante à fibra) são identificados e quantificados por espectrometria de absorção atômica.

##### — Pigmentos

Para observação em luz transmitida polarizada, são feitas lâminas finas, ou são utilizados grãos isolados, que nos permitem, conjugando a cor, tamanho, forma e propriedade ópticas, fazer atribuições de composição para as partículas dos pigmentos empregues em cada camada.

Testes de análise química, conduzidos ao microscópio e espectros de absorção atômica, Fig. 5, sobre grãos de pigmentos, permite-nos identificar os aniões e cатиões presentes.

Da junção dos dados obtidos por estas duas vias e usando a terminologia de Gettens e Stout, é atribuída uma composição provável ao pigmento.

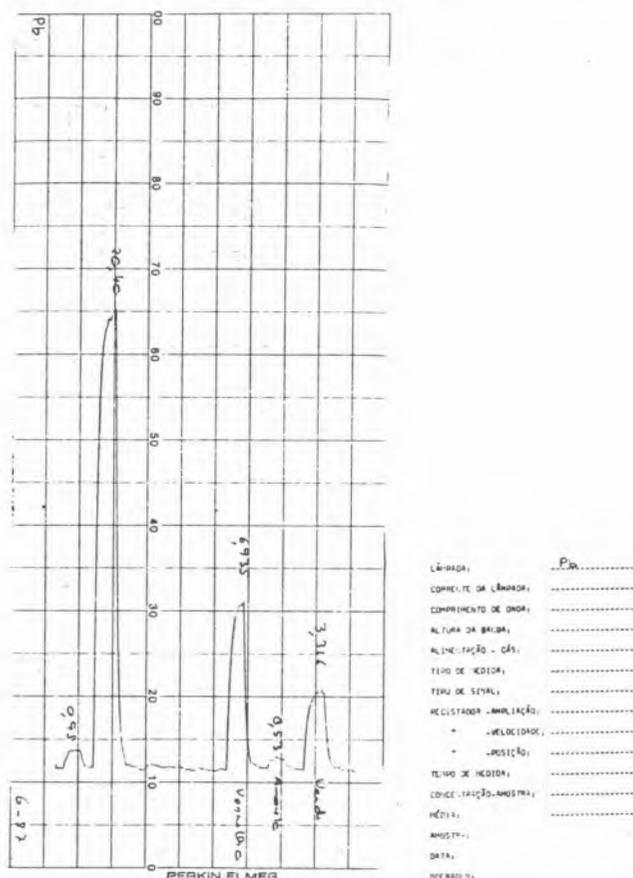


Fig. 5

Espectro de absorção atômica, chumbo, conduzido sobre amostras de pigmentos vermelho, amarelo e verde. Colhidos de uma pintura do século XVII-XVIII.

##### — Pedras (e seus produtos de alteração)

As análises químicas das alterações das pedras a partir dos métodos clássicos ou por espectrometria I.V., Fig. 6, põem em evidência os sais nocivos: sulfatos, nitratos, cloretos. A sua origem pode ser devida à poluição atmosférica ou bacteriana: as análises microbiológicas dão uma estimativa da actividade bacteriana na responsável pela produção do ácido nítrico e do ácido sulfúrico.

A flora (algas, líquenes, musgos) que se instala nas pedras é também estudada com vista a conhecer o tipo de alteração que provoca.

As alterações sofridas pelas pedras podem ser quantificadas por espectrometria de absorção atômica e por análise clássica.

A identificação dos Materiais Orgânicos pode ser feita por Cromatografia ou por Espectrometria de Absorção no Infravermelho.

#### Cromatografia

A cromatografia de camada fina é uma técnica de cromatografia em fase líquida na qual a fase estacionária é um pó depositado em camada fina sobre uma placa

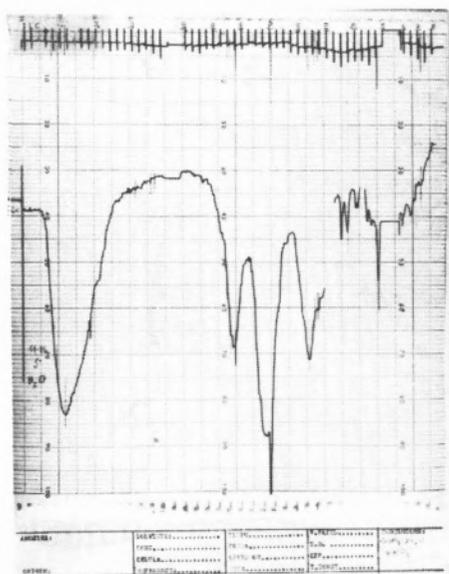


Fig. 6

Espectro I.V. do extracto aquoso de uma crosta negra do portal axial do Mosteiro dos Jerónimos.

(de vidro, plástico ou metal). A mistura a analisar encontra-se depositada numa extremidade da placa e é em seguida arrastada por um eluente que migra no pó por capilaridade. Uma vez efectuada a separação, os diferentes constituintes são localizados e a sua identificação é feita por comparação, fazendo migrar nas mesmas condições os produtos de referência.

Na cromatografia em fase gasosa, a fase estacionária encontra-se numa coluna atravessada por uma corrente gasosa. A amostra a analisar é vaporizada e seguidamente introduzida na coluna onde os constituintes da mistura atingem sucessivamente a outra extremidade da coluna com atrasos directamente relacionados com a natureza de cada constituinte. Eles passam através dum detector sendo em seguida registados num registador ou integrador (cromatogramas) no qual cada constituinte corresponde a um pico cuja superfície é função da concentração de cada constituinte na mistura inicial.

Esta técnica permite efectuar análises qualitativas e quantitativas.

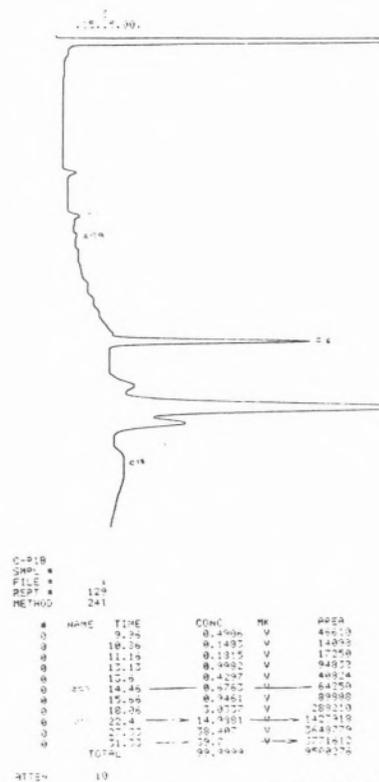


Fig. 7

Cromatograma do óleo de linho usado como aglutinante em pintura.

### Exemplos de Identificação de Materiais Orgânicos.

#### — Aglutinantes, Vernizes e Consolidantes.

Na identificação de aglutinantes, Fig. 7, vernizes e consolidantes, a primeira aproximação é feita com a determinação de pontos de fusão em platina de aquecimento, testes de coloração e solubilidade sobre a estrutura. Após este ensaio prévio o resultado obtido é completado com a espectrometria e a cromatografia gasosa.

No âmbito da actualização do Laboratório, foi adquirida uma Unidade de Controle e Registo de resultados analíticos que nos permite um tratamento dos dados colhidos. A utilização de métodos não destrutivos de análise é a etapa que estamos a iniciar actualmente.

# Introdução à conservação e restauro do azulejo

Ana Porto <sup>a</sup>

Quando pensamos em restaurar azulejos, há duas situações a considerar porque vão definir, depois do restauro, a sua apresentação.

Assim, temos os azulejos que já foram retirados da arquitectura a que intimamente pertencem e, os azulejos que estão integrados.

Mesmo assim, ainda temos que considerar os azulejos assentes no exterior dos edifícios e, os azulejos assentes no interior.

Reportando-nos ao azulejo integrado na arquitectura, a sua saúde e longevidade está profundamente ligada à superfície de suporte (geralmente paredes) e, às argamassas utilizadas no seu assentamento.

Podemos mesmo dizer que, o azulejo além de reflectir calor e luz, reflecte também o estado de saúde das paredes.

Fundamentalmente (sejam quais forem as causas que a provoquem) é a humidade a grande causadora da deterioração das paredes e, conseqüentemente do azulejo. É por acção da humidade que se dá a expansão das paredes com desgregação dos elementos mal ligados; é por acção da humidade que se dá a cristalização de sais provenientes dos solos ou contidos nas argamassas de assentamento e que, ao eflorescerem provocam a queda do esmalte dos azulejos.

É evidente que nunca podemos considerar o restauro do azulejo integrado na arquitectura, sem que haja uma estreita colaboração com um arquitecto ou engenheiro civil que se ocupe da recuperação da parede, considerando sobretudo a eliminação das causas da humidade e não somente os efeitos.

Voltando ao restauro do azulejo integrado na arquitectura, frequentemente deparamos com dois casos mais comuns: ou se deu uma desagregaçã das massas de assentamento e o azulejo forma «barrigas» de maior ou menor extensã na parede, incorrendo conseqüentemente no risco de queda ou, a afloraçã dos sais já atravessou toda a camada de barro do azulejo, esbarrou de encontro à superfície vítrea (nã porosa), formando primeiro umas pequenas «bolhas» e depois desprendendo o próprio esmalte.

Nestes casos, há que proceder-se ao levantamento dos azulejos do seu suporte inicial. O levantamento constitui um trabalho delicado no qual se deverá ter em conta sobretudo a conservaçã de cada uma das unidades uma vez que ao destacã-las da parede, o azulejo sofre com as vibrações das pancadas.

Consideramos massas de assentamento, as tradicionais, constituídas por cal e areia já que sã por enquanto irrecuperãveis os azulejos assentes com cimento hidráulico ou cola de contacto.

Após o indispensãvel levantamento fotogrãfico dos conjuntos, procede-se à marcaçã das espécies que os constituem. Esta marcaçã é feita com uma letra e um

número para cada unidade. As letras, por ordem alfabética, sã apostas de baixo para cima, ordenando assim as fiadas horizontais e, os números da esquerda para a direita referem as fiadas verticais.

Esta marcaçã, feita sobre a face nobre, deverá ser indelével e resistente tanto às lavagens como ao manuseamento. Assim, sendo escrita sobre uma pincelada de verniz acrílico e coberta por outra pincelada idêntica consegue-se facilmente o objectivo.

Procede-se depois à remoçã cuidadosa dos excessos de argamassa aderentes ao tardõz do azulejo e ao seu acondicionamento em caixotes próprios de madeira, colocando-os face em face.

Sempre que um azulejo nã saiu inteiro (muitas vezes por ter sido assente já partido), todos os fragmentos sã recolhidos num saco de papel que ganha a sua referênciã.

Estes caixotes sã etiquetados, com o número de ordem correspondente a uma ficha de levantamento que refere as unidades nela contidas e o conjunto a que pertencem.

Uma vez no laboratõrio, acabam-se de remover todas as aderências tanto no tardõz como na face nobre (se as houver), procedendo-se depois à colagem dos azulejos fragmentados utilizando uma cola reversível mas, resistente à água tendo os cuidados indispensãveis para que nã provoque demasiado enchimento nas juntas, nem desnivelamento na superfície vidrada.

Os azulejos sã depois lavados com um detergente neutro para nã provocar reacções químicas indesejãveis. Procede-se entã aos testes de identificaçã de sais incorporados. Esses sais podem ser solúveis ou insolúveis. É praticamente impossivel encontrar azulejos retirados do seu suporte original que nã acusem a presença de sais provenientes de infiltrações.

Após os sucessivos banhos em água desmineralizada, em que os azulejos ficam de um dia para o outro, essa água é analisada e renovada, diariamente, até que deixe de acusar qualquer presença de sais.

O azulejo só é enxuto quando se tiver a certeza de que nã há nenhum ácido no seu interior e de que todos os sais formados durante o processo terã sido removidos. É preciso ter em conta que os sais insolúveis se convertem em sais solúveis, eventualmente reactivos. Secam-se entã os azulejos, numa estufa de secagem com ventilaçã cuja temperatura nã exceda os 100º centígrados, ficando assim os azulejos aptos para a recolocaçã.

No caso de haverem algumas faltas de azulejos, ou tendo estes grandes falhas de esmalte e que dificultem a leitura do painel ou repetiçã do padrã, é aconse-

<sup>a</sup> Técnica de Conservaçã e Restauro, Museu Nacional do Azulejo.

lhável a reprodução desses azulejos, desde que haja elementos repetitivos e não se inventem interpretações, sempre duvidosas. Por exemplo, se num painel figurativo faltam azulejos no emolduramento ou na cerca-dura, o tema está lá mas, se ao contrário nos faltam azulejos que constituem as figuras ou elementos descritivos da cena representada, sem haver fotografias antigas ou desenhos que garantam a sua veracidade é recomendável preencher essas falhas com azulejos sem desenho mas com o tom de cor dominante do painel. Quando as faltas são em grande quantidade ou se torna impossível o seu reassentamento opta-se geralmente por uma apresentação museológica em que os acidentes ficam à vista e, se conservam os restantes como documento.

No preenchimento de faltas de azulejos integrados na arquitectura, temos deparado com as soluções mais inacreditáveis. Desde encontrar azulejos do séc. XIX a preencher faltas em padrões do séc. XVII, à baralhada de emendas feitas com azulejos de pintura a azul e branco, até às próprias fachadas em que muitas vezes se vêem dois ou três remendos de padrões diferentes, quase poderíamos dizer que é tão fértil a imaginação criadora nos revestimentos azulejares, como nas soluções de remendice, no remedeio das faltas.

No entanto, não há regras fixas para restauro devendo este adaptar-se a cada caso. Conforme, as condições que se apresentam, assim se deverão propôr as soluções mais convenientes, tendo sempre em atenção o seu carácter garantidamente reversível.

---

# Estudo sobre o estado de alteração de alguns monumentos portugueses \*

Luís Aires Barros <sup>a</sup>  
Luísa M. Picciochi Alves <sup>b</sup>

1. O Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa e o Laboratório do Instituto de José Figueiredo do Ministério da Cultura vêm realizando, em colaboração, estudos sobre a caracterização dos estados de alteração de alguns monumentos portugueses e, em face dos casos analisados, têm proposto os convenientes tratamentos a serem executados pela Direcção-Geral de Edifícios e Monumentos Nacionais do Ministério do Equipamento Social.

A capacidade destes laboratórios vai desde a possibilidade de realizar estudos mineralográficos por microscopia com luz transmitida e com luz reflectida, análises químicas de elementos maiores e menores utilizando fluorescência dos raios-X, até determinações por espectrofotometria no domínio do visível, do ultra-violeta e do infravermelho. Há ainda a possibilidade de usar técnicas termo-diferenciais e termo-poderais e radiográficas (difracção e difractometria dos raios-X). Estão rotinados para a determinação de grandezas físicas caracterizadoras de rochas, como a porosidade, permeabilidade, módulo de elasticidade e tensão de rotura. Podem usar-se, ainda, ensaios de envelhecimento acelerado de rochas o que permite averiguar a alterabilidade de provetes de rochas colhidas em pedreiras para futuros restauros em monumentos. É ainda possível estudar ao microscópio, segundo cortes convenientes, crostas finas de diversa origem que atapetam certas zonas dos monumentos ou partes relevantes deles como estátuas, retábulos, etc.

2. Podem referir-se alguns estudos que se consideram paradigmáticos da actividade conjunta realizados desde há alguns anos.

Assim referir-se-ão os casos de:

- 2.1. Palácio do Raio, na cidade de Braga
- 2.2. Paço de sub-Ripas, na cidade de Coimbra
- 2.3. Claustro do Silêncio e Capela de S. Teotónio na Igreja de Santa Cruz, na cidade de Coimbra
- 2.4. Claustro do Convento de Celas, na cidade de Coimbra
- 2.5. Portais sul e poente no Mosteiro dos Jerónimos, na cidade de Lisboa.

## 2.1. O Palácio do Raio, na cidade de Braga

Trata-se de um palácio construído no século XVIII, na época de D. João V, em típica arquitectura barroca. Na bela fachada rasga-se um portal recortado sobre o qual se eleva um balcão de balaústres ornado de duas esculturas. O andar nobre é embelezado por janelas com molduras de granito lavrado e por varandas em ferro forjado. O palácio está recoberto por belos azule-

jos de fundo azul médio com decorações florais estilizadas e arabescos amarelos, castanhos, brancos e roxos (Fig. 1).



Fig. 1  
Pormenor da porta do Palácio de Sub-Ripas

Além da «Fachada principal», virada a nascente, foram ainda examinadas as «Fachada poente» e a «Fachada sul».

Verifica-se, na generalidade, que os azulejos estão em bom estado de conservação mas assentam em parede em mau estado de conservação a avaliar pelo facto de soarem a oco e apresentarem «barrigas». Há casos em que os azulejos estão quase a cair da parede. Mas raramente se verifica que alguns têm o vidrado a destacar-se.

Foi ainda estudada a escadaria principal do palácio onde se observaram eflorescências nas argamassas que deixaram cair alguns azulejos.

Para além dos fenómenos observados nos azulejos (escamação) e da degradação das argamassas, por vezes peçadas de eflorescências, há a referir a alteração das ombreiras graníticas das portas e janelas da «Fachada Principal».

\* Comunicação apresentada ao 1.º Congresso do Património Construído Luso no Mundo, Lisboa 1987.

<sup>a</sup> Laboratório de Mineralogia e Petrologia do IST.

<sup>b</sup> Laboratório Central do Instituto José Figueiredo do IPPC.

São notáveis os fenómenos de escamação dos granitos que está arenizado, desagregando-se quando raspado com uma espátula. São vulgares as escamas, largas e espessas que se podem obter fazendo «lascar» o granito das ombreiras (Fig. 2).

O estudo microscópico deste granito mostrou uma rocha granular grosseira a porfiróide, rica de quartzo xenomórfico, de feldspatos alcalinos e de moscovite e biotite. A rocha está muito fina e densamente fissurada (Fig. 3) verificando-se que as microfissuras dos feldspatos estão preenchidas por montmorilonite, embora as plagas dos feldspatos estejam razoavelmente «frescas».

Sendo a montmorilonite um mineral argiloso expansível os fenómenos sazonais de sacagem-molhagem explicam a escamação ampla e importante verificada.

As eflorescências e a fracção argilosa de granito das ombreiras foram estudadas por várias técnicas mineralógicas e químicas. Os principais factos a referir são, para além da presença da montmorilonite no granito das ombreiras com as consequências mencionadas:

- a presença de montmorilonite na argamassa mais degradada, facilitando a queda dos azulejos;
- a sulfatação quer dos granitos, quer da porta dos azulejos da «Fachada sul» do Palácio;
- a fraca sulfatação da argamassa dos azulejos da «Fachada sul» em contraste com o valor dez vezes maior na parte dos mesmos azulejos;
- a sulfatação das argamassas;
- a presença de cloretos e nitratos nas argamassas de ligação dos azulejos das «Fachada principal» e «Facha-



Fig. 2

Capela de S. Teotónio, Igreja de Santa Cruz. Representação do painel esquerdo



Fig. 3

Pormenor do pelinto esquerdo do Arco Triunfal de acesso à capela de S. Teotónio

da sul», explicando as eflorescências mencionadas;

- a relevante quantidade de sulfatos, cloretos, nitratos e nitritos nas argamassas da escadaria principal.

Da conjugação das observações feitas há algumas conclusões e recomendações que se apresentam.

Quanto às conclusões, verifica-se que há migração acentuada de sulfatos da argamassa dos azulejos da «Fachada sul» para a pasta dos azulejos provocando a sua deterioração (escamação do vidro). Nos panos de azulejos da escadaria principal verifica-se que há também migração de sais importantes (sulfatos, cloretos e nitratos) da argamassa para a pasta dos azulejos com as consequências nefastas já referidas.

No que concerne a recomendações:

1) Quanto à substituição da rocha granítica das ombreiras há que a escolher evitando usar rocha aparentemente «sã», mas com minerais argilosos expansivos nas microfissuras.

2) Quanto às paredes revestidas a azulejo, há que evitar a ascensão capilar das águas existentes no sub-solo, em caves do palácio e valas existentes nas imediações (lado sul) procurando drenar tais águas e realizando a revisão das paredes onde estão assentes os painéis de azulejos. Todo o cuidado deve ser posto nas novas argamassas a usar evitando material rochoso com montmorilonite.

## 2.2. O Paço de Sub-Ripas na cidade de Coimbra

Na região de Coimbra abunda um tipo de calcário dolomítico do Jurássico, de tom amarelado e de textura

oolítica. Este tipo de rocha tem sido usado, ao longo da História, em inúmeros monumentos da cidade de Coimbra. Assim são de citar a Sé-Velha, monumento romântico e *ex-libris* da cidade, do mesmo modo boa parte da Igreja de Santa Cruz e inúmeros outros monumentos usam este tipo de rocha.

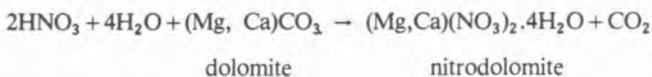
A Casa ou Paço de Sub-Ripas (construída no século XVI) foi sujeita em 1983/84 a profundas obras de beneficiação dado o seu estado de degradação.

Os trabalhos que realizámos dizem respeito ao portal do paço que mostra um belo traçado no estilo manuelino (foto 1).

Verifica-se que este portal e em especial as armas e demais motivos que o ornavam estão forte e generalizadamente degradados, esboroando-se, perdendo os efeitos escultóricos as suas formas.

O calcário dolomítico oolítico amarelo mostrou-se fina e generalizada ferruginização. Os oolitos estão soldados entre si por calcite criptocrystalina. Todavia a rocha é finamente vacuolar. Sucede que os oolitos estão orlados por fina película argilo-ferro-nitratada. O efeito de secagem-molhagem leva a que, por fadiga térmica e hidratação-desidratação, a rocha se desagregue. Gera-se assim uma poeira de oolitos resultantes da desagregação da rocha. A origem para os nitratos tem de se procurar, quer na presença de pombos, quer no facto de a cidade ser acidentada e haver hortas e quintais sobranceiros a alguns monumentos e ainda na poluição atmosférica. Assim se pode gerar nitro-amónia e ácido nítrico que actuando sobre a dolomite a transformará em nitrodolomite, sal nitratado do tipo do detectado nas películas debilitadas que orlam os oolitos em vias de desagregação.

O mecanismo geoquímico para a desagregação-decomposição do calcário oolítico amarelo pode ser:



### 2.3. Claustros do Silêncio e Capela de S. Teotónio na Igreja de Santa Cruz, na cidade de Coimbra

A igreja de Santa Cruz é um dos mais antigos monumentos do país. Com efeito o mosteiro inicial foi fundado no século XII. Todavia a igreja, tal como hoje a temos, foi reconstituída e profundamente modificada no século XVI, em pleno renascimento português, estando largamente marcada pelo manuelino.

O Claustro do Silêncio é construído com o calcário dolomítico oolítico do Sinemuriano da região. Os casos de desagregação são patentes quer nos umbrais de portais, quer nas rosáceas do fecho de abóbadas e em nervuras destas mesmas abóbadas e dos pilares. O tipo de desagregação e os resultados deste fenómeno são idênticos aos descritos para o paço de Sub-Ripas.

No entanto na igreja de Santa Cruz é usada, ainda, outro tipo de rocha: trata-se da «pedra de Ançã». É um calcário branco, fino, oolítico, poroso que permite um lavrado fácil. Este tipo de rocha é usado desde longa data no país como pedra muito pretendida pelos escultores e arquitectos. É usado largamente nas esculturas, púlpitos, túmulos e fachadas de monumentos. É o que sucede na Igreja de Santa Cruz. No próprio Claustro do Silêncio há 3 belos retábulos encastoados nas suas paredes e ilustrando passos da vida de Cristo.

Nestas rochas, os estudos realizados sobre produtos pulveriformes, revelou a presença de sulfatos e mesmo

de nitratos. Deve ainda referir-se a presença de cloretos.

Facto notável e que tem de estar sempre presente no estudo deste monumento, diz respeito à cota elevada a que se encontra o nível hidrostático no sub-solo do monumento. No verão ele está a 2 m do chão da igreja, nos invernos muito pluviosos ele roça esse chão. Em anos de cheias anormais o nível das águas sobe até atingir a base (ou mais) dos túmulos dos dois primeiros reis de Portugal que se encontram no altar-mor. As águas de um poço aberto na igreja mostram-se cloretadas e nitradas.

Os casos de desagregação da pedra de Ançã estudados (fotos 2,3) são devidos a ascensão capilar, associada a fortes e dirigidas correntes de ar a que há que juntar acções de secagem-molhagem. Em Coimbra registam-se invernos rigorosos e verões muito cálidos.

Urge uma revisão geral da utilização desta igreja de modo a, por um lado fazer uma drenagem geral e conveniente das águas do subsolo, por outro lado providenciar a que haja remoção de eflorescência, substituição de pedras degradadas, acerto do conteúdo de juntas e ainda cuidados nos circuitos de passagem dos milhares de turistas visitantes do monumento.

### 2.4. Convento de Celas

Trata-se de um convento dos princípios do século XII, notável pelo seu pequeno mas precioso claustro romano-gótico, de colunas geminadas e capiteis revestidos de belos alto-relevos. Estes capiteis podem reunir-se em grupos. Assim temos os iconográficos com cenas da Vida de Cristo, os com figuras não hagiográficas, os com decorações de quimeras e os de decoração vegetal.

As peças do claustro, colunas e capiteis, estão talhados em um calcário brando, facilmente trabalhado, da região de Coimbra (foto 4).

No que diz respeito ao estado de conservação, há a assinalar colunas e respectivas bases em mau estado de conservação, havendo casos de pulverulência geral, por vezes com diminuição irregular de diâmetro das colunas e ainda pulverulência e fractura da pedra e escamação. Quanto aos capiteis observam-se escamações, perfurações, fracturas, eflorescências e perda parcial da forma. As faces dos capiteis virados a sul e poente são em regra as que se encontram em pior estado de conservação.



Fig. 4  
Capitel em fase inicial de degradação em que são visíveis: pulverulência e perda parcial da forma

Na parede sul do claustro, em um nicho rectangular, emoldurado de madeira entalhada, dourada e policromada do século XVII fica um alto relevo com a virgem cercada de anjos. O retábulo em pedra calcária branca de fraca dureza (pedra de Ançã) com  $150 \times 80$  m ainda mostra restos de policromia. A policromia foi-se destacando pela pressão dos sais que se formam subjacentemente. O retábulo está coberto por pulverulência geral branca. A moldura de talha está muito desconjuntada e perfurada por insectos.

O estudo mineralógico e químico dos produtos de alteração das pedras lavradas e das colunas mostra a presença de nitratos, sulfatos e cloretos.

O estudo da estratigrafia da policromia dos capiteis ainda pintados revela, por vezes, sequências de cinco pinturas sucessivas.

Quanto ao tratamento e restauro propostos verifica-se que as colunas deverão ser revistas e substituídas uma vez que se trata de pedra lisa.

Quanto aos capiteis, tratando-se de peças onde há policromia (ou seus vestígios) esta deverá ser consolidada com material filmogénico permeável e dessalinizado localmente por meio de pastas à base de papel e caulino. O retábulo da Coroação da Virgem que se encontra encastado na ala sul do claustro deve ser desmontado para conveniente tratamento semelhante ao que se referiu para os capiteis. A moldura deverá ser inspeccionada e desinfestada de possíveis insectos.

## 2.5. Portais sul e poente no Mosteiro dos Jerónimos, na cidade de Lisboa.

Um dos mais belos e mais importantes monumentos portugueses é o Mosteiro dos Jerónimos em Lisboa perto e fronteiro ao Tejo. É um típico exemplar do manuelino (século XVI). A sua construção deve-se a

D. Manuel. Começaremos por nos referir ao Portal de S. Vicente atribuído a Nicolau Chanterène.

Trata-se de um belo portal virado a poente, construído em calcário branco compacto. Sucede que o portal está junto à rua onde o trânsito é intenso e ainda relativamente perto do rio Tejo de onde sopra, diariamente, forte brisa marítima ao fim da tarde.

Verifica-se que as imagens que ornamentam o portal apresentam crostas, umas castanhas, outras negras (fotos 5,6). Muitas vezes estas crostas têm textura frambroidal. Há ainda fracturas e escamação da rocha. O estudo destas crostas mostra que elas são eflorescências constituídas por gesso e nitratos. O tom castanho deve provir dos hidróxidos de ferro formados por hidratação das argilas ferruginosas existentes no calcário. A dissolução do calcário deixa estes produtos argilo-ferruginosos (terra rossa) que impregnam as crostas gipso-nitrosas e lhes conferem o tom castanho. O estudo microscópico das porções negras das crostas mostra que a cor preta é devida à pigmentação carbonosa provocada pela poluição atmosférica.

No portal principal, virado a sul, aparecem zonas ricas de crostas negras (Fig. 7). Examinadas em pormenor estas crostas mostram que, sobre o calcário branco-creme original, se gera crosta acastanhada e sobre esta se despositaram películas anegradas. Verifica-se, ainda, que a formação destas crostas não pára o fenómeno de degradação da rocha subjacente. Com efeito se se estala uma crosta anegrada sob ela aparece uma formação branca incoerente, pulveriforme calcário-gipsífera (Fig. 8).

O estudo microscópico destas crostas negras, evidencia que a película mais exterior está impregnada de pontuações carbonosas e de alcatrão e que, interiormente, aparecem, os hidróxidos de ferro fêrrico e o gesso.

Estudos já realizados e outros em curso, mostram que há vários tipos de crostas sobre as rochas dos Jerónimos, em especial dos seus dois pórticos principais. Um são acastanhadas e localizam-se em zonas mais protegidas dos portais. São devidas ao jogo dos fenómenos condensação-evaporação da humidade do ar. As crostas negras ocorrem nas áreas molhadas intermitentemente e são constituídas por gesso, calcite, e partículas carbonosas embebidas naqueles minerais.

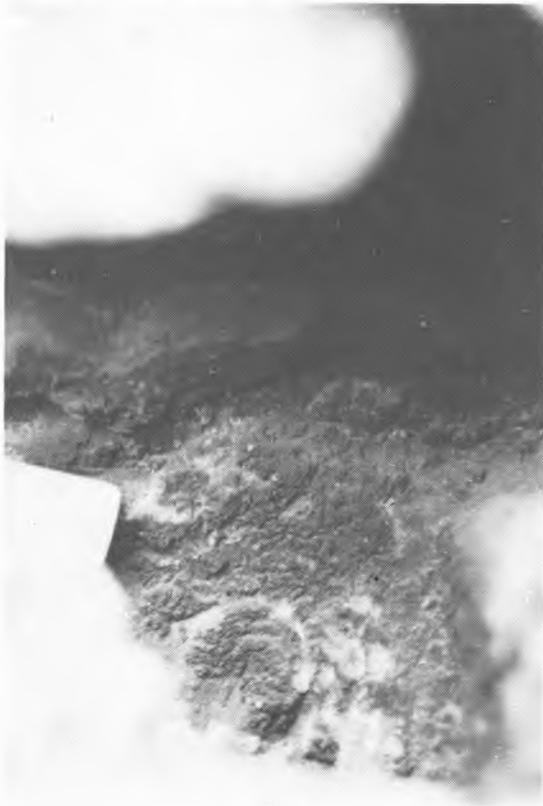


Fig. 5  
Pormenor das crostas negras

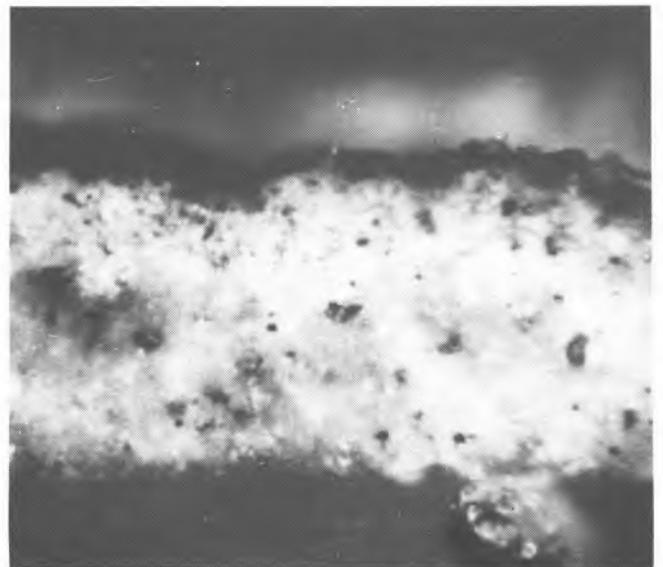


Fig. 6  
Aspecto estratigráfico das crostas negras observado em luz reflectida



Fig. 7

*Pormenor do portal virado a Sul onde são visíveis crostas acastanhadas e negras*

Em conclusão diremos que a rocha é vítima de meteorização atmosférica, quer a de origem fluvio-marinha tornando a atmosfera húmida e mesmo ligeiramente hidro-cloretada, quer a terrestre, provocada pelo tráfego que suja e impregna o ar de poeiras carbonosas que são fixadas pelas eflorações gipso-nitratadas.

Há que limpar o portal e isolá-lo da agressividade da atmosfera reinante no local por meio de anteparo adequado.

### Bibliografia

Aires-Barros, L. (1972) — Análise laboratorial da influência da granularidade na alterabilidade das rochas. «Técnica» Revista de Engenharia, separata do n.º 417, pp. 65-70, Associação dos Estudantes do I.S.T., Lisboa, 1972.



Fig. 8

*Visível a presença de crostas negras. Em alguns locais destacam-se deixando a rocha alterada à vista (pormenor de S. Vicente, porta axial)*

Aires-Barros, L.; Furtado, S.; Graça, R.C. (1977) — Nota preliminar sobre a geoquímica da alteração do calendário dolomítico empregue na Sé-Velha de Coimbra. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1972.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1983) — Estudo do tipo de alteração do granito e das argamassas dos azulejos do Palácio do Raio. Relatório interno. Lisboa.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1983) — Estudo da alteração de calcários empregues em monumentos de Coimbra. Relatório interno. Lisboa.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1984) — Estudo dos fenómenos de alteração ocorrentes no claustro do Silêncio e na capela de S. Teotónio da igreja de Santa Cruz (Coimbra). Relatório interno. Lisboa.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1984) — Estudo dos fenómenos de alteração ocorrentes no portal axial ou de S. Vicente do Mosteiro dos Jerónimos. Relatório interno. Lisboa.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1985) — Estudo dos fenómenos de alteração da pedra usada na Porta Especiosa da Sé-Velha de Coimbra — análise da situação e proposta de tratamento. Relatório interno. Lisboa.

Aires-Barros, L.; Alves, L.M. (1986) — Estudo dos fenómenos de alteração ocorrentes no portal sul (lateral) do Mosteiro dos Jerónimos. Relatório interno. Lisboa.

# Estudo de duas peças modeladas em cera, representando a «Adoração dos Magos» e a «Adoração dos Pastores»

Luísa M.P.A. Alves<sup>a</sup>  
 Maria Isabel M. Ribeiro<sup>a</sup>

## Introdução

Já no Antigo Egipto a cera era usada tanto na confecção de pequenas figuras religiosas como nas pinturas encaústicas. Durante o séc. XVI, em Itália, a cera começou a ser aplicada na modelagem de miniaturas de retratos policromados, à escala, apresentando um formato idêntico ao dos medalhões. Rapidamente esta técnica se estendeu a outros países da Europa tais como: França, Alemanha e Inglaterra, onde foram conhecidos bons executantes desta técnica, nos séc. XVII e XVIII. No séc. XVII a técnica de modelagem foi alargada com o aparecimento de painéis representando temas religiosos e mitológicos, modelados da mesma maneira que os retratos, mas apresentando figuras a três dimensões. No séc. XVIII a modelagem começou a ser aplicada mais na execução de cópias de personagens em cera (como hoje ainda existe na coleção Tussaud) e na de bonecos em cera com um aspecto mais comercial.

Além destas aplicações por vezes os escultores antes de executarem os seus trabalhos em mármore, madeira, etc., faziam maquetes destes à escala, em cerâmica, gesso ou cera. A cera utilizada era normalmente a cera de abelha à qual se adicionava um pouco de gordura animal, terebintina de Veneza e piche negro. A gordura tornava esta mais macia, a terebintina devido ao seu poder aglutinante e à sua plasticidade aumentava a tenacidade e o piche dava a esta uma cor negra e uma certa consistência. As ceras coloridas usadas nas modelagens geralmente eram obtidas com cera de abelha virgem em mistura com uma resina à qual se adicionava os respectivos pigmentos; estes não sofriam qualquer alteração de cor com o aquecimento necessário à incorporação destes na tinta. Por vezes as ceras eram também coloridas com corantes orgânicos, os quais eram misturados com branco de chumbo.

## Identificação da massa utilizada nas modelagens

As duas peças representando a «Adoração dos Magos» (Fot. 1) (1) e a «Adoração dos Pastores» (Fot. 2) (2) foram modeladas com uma mistura de cera e resina à qual foram adicionados pigmentos consoante a cor desejada. Para a identificação da massa de modelagem e dos respectivos pigmentos, utilizámos essencialmente três técnicas: a espectrometria de I.V., a Cromatografia Gasosa e a Espectrometria de Absorção Atómica.

### Espectrometria de I.V. e cromatografia gasosa

Através destas duas técnicas foi possível identificar o tipo de cera e resina utilizado nas modelagens. Após se ter efectuado uma amostragem completa das duas peças, fez-se uma selecção significativa das mesmas, as



Fot. 1

Aspecto geral do baixo relevo representando a «Adoração dos Magos», cujas dimensões são (29×24×5,5) cm



Fot. 2

Aspecto geral do baixo relevo representando a «Adoração dos Pastores», cujas dimensões são (29×24×5,5) cm

quais foram submetidas a um extracto ao clorofórmio. Destes extractos traçaram-se os respectivos espectros (3), os quais apresentavam picos correspondentes ao de uma cera animal. Sobre as mesmas amostras efectuámos um extracto ao butanol e traçámos os espectros dos mesmos. Após o exame cuidadoso dos mesmos, verificámos a existência de uma mistura de cera + resina, por comparação destes com um espectro de referência de uma mistura de cera de abelha + terebintina de Veneza, constatámos que há identidade com esta mistura.

<sup>a</sup> Laboratório Central do Instituto José de Figueiredo do IPPC.

Na sequência desta primeira identificação prosseguimos o estudo das mesmas amostras por cromatografia gasosa. Assim após extracção da cera e da resina com éter dietílico, metilámos os extractos com  $\text{BF}_3$  e traçámos os cromatogramas. Comparando estes com um cromatograma de referência de uma mistura de cera de abelha + terebintina de Veneza (4) e tendo em conta os tempos de retenção e as áreas dos picos, concluímos que a massa de modelagem era constituída por cera de abelha à qual foi adicionada terebintina de Veneza.

### Espectrometria de absorção atómica

Após um exame prévio dos diferentes pigmentos por análise micro e pelas propriedades ópticas dos minerais, as várias amostras foram preparadas e analisadas por espectrometria de Absorção Atómica (5). Conjugando depois os dados obtidos concluímos que os pigmentos utilizados foram o amarelo de estanho e chumbo, a azurite, o branco de chumbo, o ocre castanho, o carvão vegetal, a malaquite e o vermelhão. (ver Quadro I).

QUADRO I

Pigmentos utilizados na massa de modelagem			
Cor	Comp. Química	Nome	Data da sua utilização
Amarelo	$\text{Pb}_2\text{SnO}_4$	Amarelo de Sn e Pb	Muito usado na Europa nos séc. XV, XVI, XVII, até à 1.ª metade do séc. XVIII
Azul	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Azurite	Séc. XV até meio do séc. XVII, artificial sobretudo no séc. XVIII
Branco	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	Branco de Pb	Na Europa em todas as épocas até ao séc. XIX
Castanho	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Ocre castanho	Na Europa em todas as épocas
Preto	C	Carvão vegetal	Depois da 1.ª metade do séc. XVII
Verde	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	Malaquite	Na Europa em todas as épocas até ao séc. XIX
Vermelho	HgS	Vermelhão	Todas as épocas até à clássica, depois substituído pelo artificial

### Conclusões

A partir dos dados obtidos foi possível concluir que a massa de modelagem utilizada nas duas peças é constituída por cera de abelha (CA) e terebintina de Veneza (TV) à qual foi adicionado branco de chumbo (provavelmente para dar mais consistência à massa) e outro pigmento (em maior quantidade), consoante as cores desejadas (ver Quadro II).

Observando o Quadro I podemos colocar a hipótese, que as peças provavelmente foram executadas entre a 1.ª metade do séc. XVII e a 1.ª metade do séc. XVIII. Como se sabe que as peças são do séc. XVIII, logo se pode dizer com uma certa segurança que estas foram executadas na 1.ª metade do séc. XVIII.

Através da observação das radiografias das peças, facilmente se constata que na execução destas, foram utilizados suportes metálicos em certos pontos, provavelmente com o objectivo de tornar as figuras menos frágeis e de as mesmas ficarem fixas à estrutura da caixa.

QUADRO II

Constituição da massa de modelagem para as diferentes cores	
Cor	Constituição
	(CA + TV + Branco de Pb +)
Amarelo claro	Amarelo de Sn e Pb
Amarelo escuro	Amarelo de Sn e Pb + ocre castanho
Azul	Azurite
Branco	-----
Castanho	Ocre castanho
Cinzentos	Carvão vegetal
Verde	Malaquite
Vermelho	Vermelhão

### Bibliografia

- Vasari, Giorgio — *Vasari on Technique*, Dover Publications, Inc., New York (pp. 148-190).
- Kuhn, Hermann — *Detection and Identification of Waxes, Including Punic Wax, by Infra-red Spectrography*, Studies in Conservation, 5 (1960), 71-81.
- Kuhn, Hermann — *Lead-Tin Yellow*, Studies in Conservation, 13 (1968), 7-33.
- Masschelein-Kleiner L., Heylen J. et Tricot-Marckx F. — *Contribution à l'analyse des liants, adhésifs et vernis anciens*, Studies in Conservation, 13 (1968), 105-121.
- Frinta, Mojmir S. — *The Use of Wax for Appliqué Relief Brocade on Wooden Statuary*; Studies in Conservation, 8 (1983), 136-149.
- White, Raymond — *The Application of Gas-Chromatography to the Identification of Waxes*, Studies in Conservation, 23 (1978), 57-68.
- Harley R.D. — *Artists' Pigments c. 1600-1835*, IIC, London Butterworths, 1970.
- Rutherford, J. Gettens and Stout, George L. — *Painting Materials*, Dover Publications, Inc., New York, 1966.
- Vernon, J. Murrell — *Some Aspects of the Conservation of Wax Models*, Studies in Conservation, 16 (1971), 95-109.

### NOTAS

- (1) (2) — Peças pertencentes ao M.N.A.A. de Lisboa, n.ºs de Inv. 111 e 112 respectivamente. Estas peças estiveram na Divisão de Escultura do I.J.F. para se proceder à sua conservação.
- (3) — Para traçar os espectros utilizámos um Espectrómetro de I.V. de duplo feixe, Perkin-Elmer Mod. 056 (para expansão de ordenadas).
- (4) — Para traçar os cromatogramas utilizámos um Cromatógrafo Perkin-Elmer Sigma 3, equipado com dois detectores FID e duas colunas de aço inox de 1/8" de diâmetro e 2 m de comprimento, com um enchimento de 3% SE-30 sobre Chromosorb W(HP) 60/80 mesh, ao qual está associado um integrador Shimadzu Mod. C-RIB. As condições cromatográficas foram as seguintes:  
T det. = T inj. = 280°C  
Gás de arraste  $\text{N}_2$  25 ml/min.  
T programada 200 — 245°C · 2°C/min  
Quantidade injectada  $1\mu\text{l}$
- (5) — A análise por espectrometria de Absorção Atómica foi efectuada num Espectrómetro de Absorção Atómica Perkin-Elmer Mod. 372.

# Correspondência

Campinas, 18 de Maio de 1987

Sr. Editor:

Ao excelente artigo do Prof. Amorim Costa (A.M. Amorim Costa, «Do simples e verosímil em Química. John Dalton e Karl Popper», Bol. Soc. Port. Quím., (Março/1987, 13), em que trata das visões de Popper e Kuhn sobre a Ciência, gostaríamos de acrescentar algumas reflexões. A nosso ver a Química é caracterizada por dois aspectos complementares: a actividade prática, que é uma maneira toda especial de manusear a matéria, encarando-a de forma macroscópica, e a actividade teórica, que é o pensar sobre factos observados em termos do que genericamente se chama de *teoria molecular*, encarando a matéria sob o ponto de vista microscópico. A Química é a resultante desses dois modos de agir e pensar, da interação desses dois complementares (Quím. Nova (1986) 9(4), 268). Dentro desta perspectiva, Popper e Kuhn não se contradizem, ambos estão certos em suas afirmações. A visão de Popper está focada na Ciência teórica e a de Kuhn, na Ciência experimental. Examinando a evolução histórica desses dois aspectos da Química vemos satisfeitos os esquemas desses dois grandes pensadores. Ainda a propósito das relações da Química com a Física, estas estão muito bem claras no artigo de Theobald (D.W. Theobald, «Some Considerations on the Philosophy of Chemistry», Chem. Soc. Rev. (1976) 203). Mais uma vez desejo congratular-me com o Prof. Amorim Costa e com o Boletim pela publicação do excelente artigo.

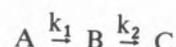
Cordiais saudações.

Aécio Pereira Chagas  
Instituto de Química — Unicamp  
C. Postal 6154  
13081 — Campinas (SP) — BRASIL

A Figura 1 do artigo «Clarificação de conceitos fundamentais em Cinética Química», apresentado no Boletim n.º 27 (Série 2 / Março 1987), carece de rectificação: o valor máximo de [B] e o ponto de inflexão da curva referente à espécie C devem corresponder ao mesmo valor de t, como se pode deduzir das equações [21] e [22].

Exmo. Senhor Director do Boletim da S.P.Q.:

Li com interesse o artigo de Lídia M.P.C. Albuquerque e Raquel M.C. Gonçalves sobre *Clarificação de Conceitos Fundamentais em Cinética Química* publicado no último número do Boletim (Março 1987). Notei, no entanto, que o cuidado posto na definição dos conceitos e na validade das aproximações não se estendeu aos diagramas que ilustram o texto. É sabido, por exemplo, que no caso de duas reacções irreversíveis consecutivas de 1.ª ordem



a concentração da espécie B atinge um máximo no instante em que a concentração de C passa por um ponto de inflexão. A prova é imediata a partir das equações (21) e (22) do artigo em causa.

$$\frac{d[B]}{dt} = 0 = [A_0] \frac{k_1}{k_2 - k_1} (-k_1 e^{-k_1 t} + k_2 e^{-k_2 t})$$

o que se verifica para  $t = \frac{1}{k_1 - k_2} \ln \frac{k_1}{k_2}$ .

Analogamente

$$\frac{d^2[C]}{dt^2} = [A_0] \frac{k_1}{k_2 - k_1} (k_1^2 k_2 e^{-k_1 t} - k_1 k_2^2 e^{-k_2 t}) = 0$$

que conduz igualmente a  $t = \frac{1}{k_1 - k_2} \ln \frac{k_1}{k_2}$ .

É óbvio que a Figura 1 do texto não traduz esta situação e deve, por isso, ser corrigida.

Claro que isto é um simples pormenor que, apesar de tudo, costumo passar como exercício aos meus alunos de Química-Física.

Parece-me, todavia, que em artigo que à partida se propõe clarificar conceitos e evitar a propagação de erros graves todo o cuidado é pouco...

Com os meus cumprimentos

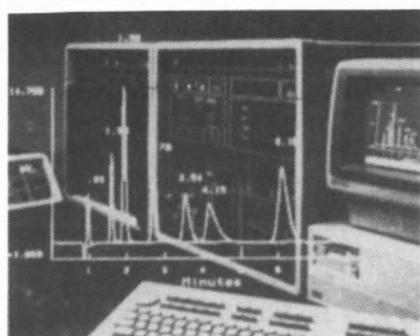
Jorge Calado



**DIAS DE SOUSA LDA**

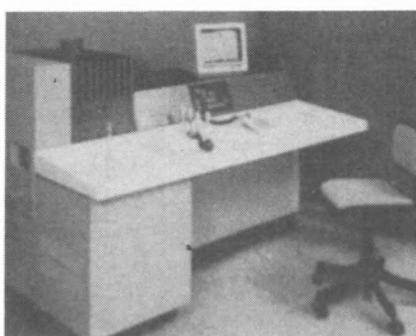
## **INSTRUMENTAÇÃO ANALÍTICA**

Distribuidores exclusivos em Portugal de:



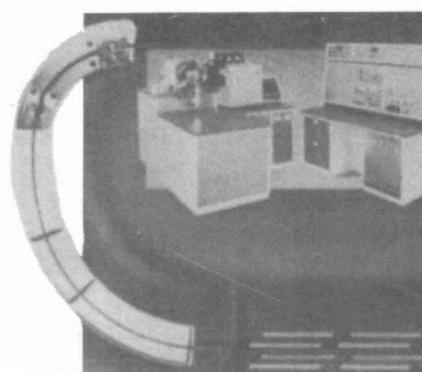
**Cromatografia Iónica**

**DIONEX**



**Espectrometria de Emissão**

**JOBIN  
YVON**



**Espectrometria de Massa**

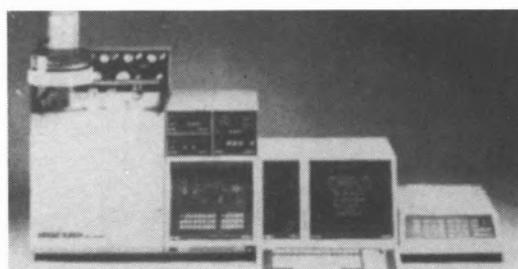
**KRATOS  
ANALYTICAL**



**Cromatografia HPLC**

**Integradores-Registadores computadorizados**

**Spectra-Physics**



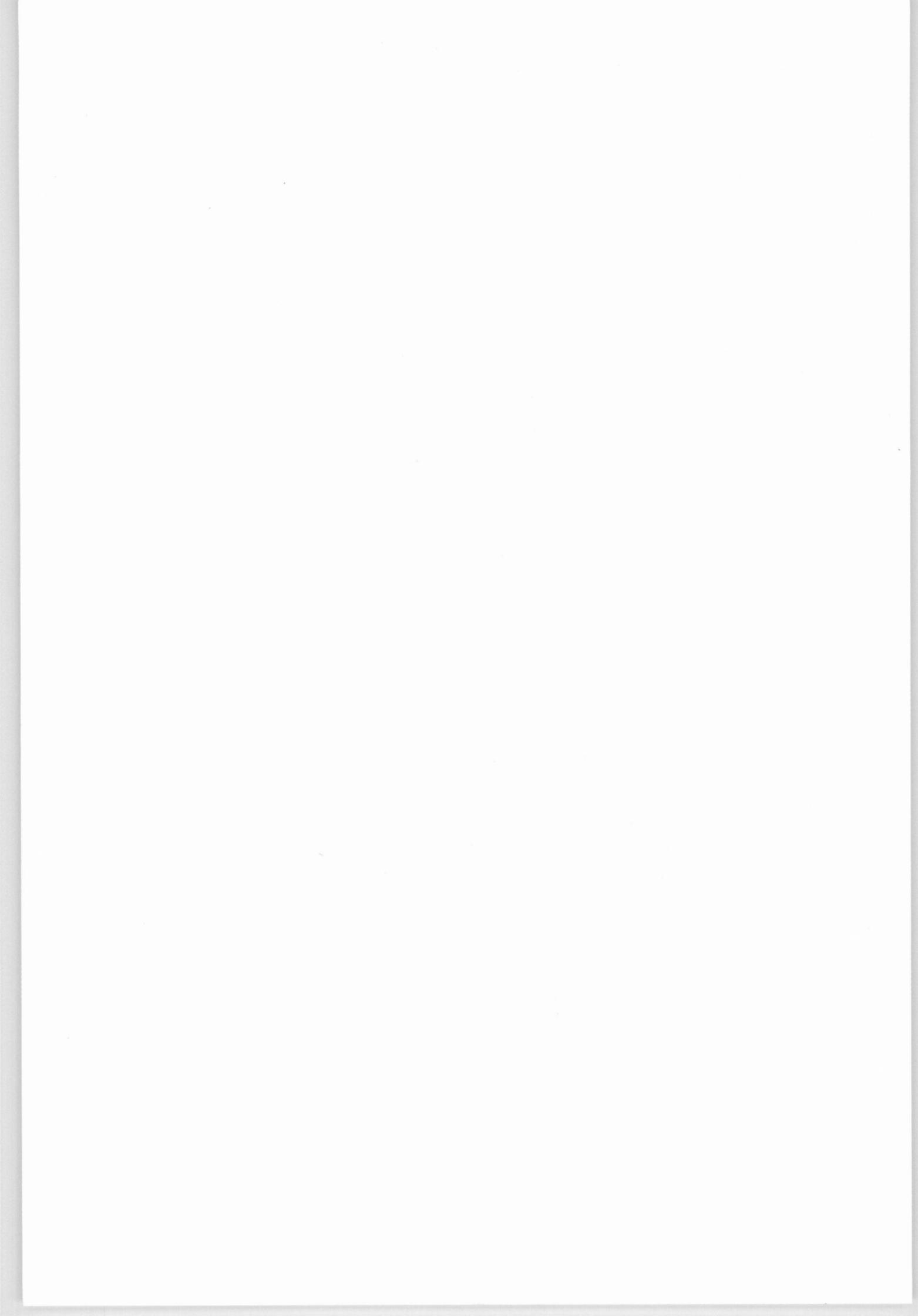
**Instrumentação Científica**

**CARLO ERBA  
STRUMENTAZIONE**

**Ao vosso serviço com Seriedade, Apoio Técnico e Analítico especializado, Enquadramento laboratorial.**

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 12 - 1.º D.  
2625 PÓVOA DE STA. IRIA  
TEL. (01) 259 23 16 - 259 24 09  
TLX. 43926 DISO P

PRAÇA PEDRO NUNES, 94  
4000 PORTO  
TEL. (02) 93 14 99 - 93 38 09  
TLX. 26250 NSC P



# boletim

SOCIEDADE  
PORTUGUESA  
DE  
QUIMICA



O Boletim da Sociedade Portuguesa de Química é o melhor suporte para tomar contacto com os químicos e engenheiros químicos portugueses e com as instituições e firmas que os empregam

**Para as suas inserções publicitárias** escreva para a Sociedade Portuguesa de Química, Av. da República, 37, 4.º 1000 LISBOA, ou telefone para 57 26 16 ext 266 (Eng.ª Matilde Marques)

## NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO DE ORIGINAIS NO BOLETIM

1. Os originais devem ser enviados em 3 exemplares (dactilografados) em envelope dirigido ao director do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, Av. da República, 37, 4.º, 1000 LISBOA.
2. Os originais não devem exceder, na generalidade, 15 páginas dactilografadas a 2 espaços.
3. As gravuras, desenhos, esquemas e outras figuras que acompanhem os originais devem estar numeradas e acompanhadas das legendas correspondentes: A qualidade das ilustrações deve permitir uma boa reprodução. As fórmulas complexas devem ser preparadas como ilustrações.
4. Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.
5. As regras de nomenclatura a utilizar devem ser exclusivamente as regras recomendadas pela IUPAC.
6. Compete à Direcção do Boletim a aceitação da publicação de qualquer original que lhe seja submetido. Em caso de dúvida sobre o interesse desta, o original será submetido a apreciação por, pelo menos, dois especialistas sócios da SPQ designados pela Direcção do Boletim.

## PREÇO DA PUBLICIDADE POR NÚMERO DO «BOLETIM»

### Página interior (só preto)

1/8 de página.....	5 000\$00
1/4 de página.....	7 000\$00
1/2 página.....	10 000\$00
1 página.....	15 000\$00

### Capa 3 (a duas cores)

1/8 de página.....	7 000\$00
1/4 de página.....	10 000\$00
1/2 página.....	15 000\$00
1 página.....	25 000\$00

<b>Capa 4 (a duas cores) .....</b>	<b>35 000\$00</b>
------------------------------------	-------------------

# QUÍMICA E ARTE

## UM ENCONTRO DE VÁRIOS ARTISTAS



1 João Cutileiro



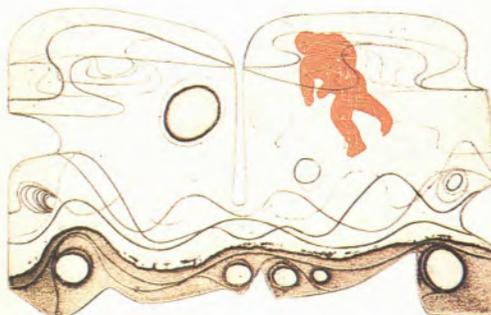
2 Jorge Mealha



3 João Cutileiro



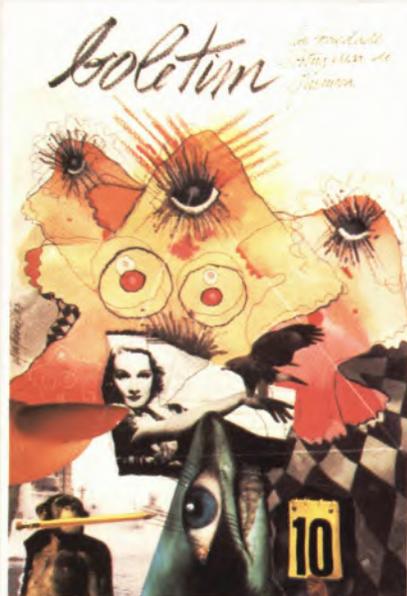
4 Martha Telles



5 José Augusto



6 Maria Gabriel



7 Rui Perdigão

**No interior  
mais indicações  
sobre as obras  
e condições  
de aquisição**