

Criação e descoberta*

R. HOFFMANN**

Para descrever aquilo que fazem, os cientistas têm usado, em geral, a metáfora da descoberta e os artistas a da criação. O clichê "desvendar os segredos da natureza" ficou de pedra e cal nas nossas cabeças. Mas acho que a metáfora da descoberta só é efectiva para descrever uma parte da actividade dos cientistas e uma parte, ainda mais pequena, da actividade dos químicos. As razões históricas, psicológicas e sociológicas que determinaram esta aceitação imediata merecem um pouco mais de atenção.

Em primeiro lugar, a ascensão da ciência moderna na Europa coincidiu com a época da exploração geográfica. Os homens pisaram costas distantes, exploraram *terra incognita*. Mesmo no nosso século, um homem, cujo nome¹ me deram, navegou pela primeira vez na passagem do Noroeste e atingiu o Pólo Sul. Viagens de descoberta, mapas completados — estas são, sem dúvida, imagens poderosas. Como é também a entrada num túmulo real cheio de vasos de ouro reluzentes. Não é surpresa para ninguém que estas metáforas foram e são aceites pelos cientistas como descrevendo adequadamente a sua actividade, em geral limitada ao laboratório. Há aqui algum compartilhar, por interposta pessoa, nestas aventuras imaginadas?

Em segundo lugar, a tradição racionalista francesa da Filosofia e a sistematização da Astronomia e da Física, antes das outras ciências, deixaram a ciência com um núcleo reducionista. É suposta existir uma hierarquia lógica de ciências e o conhecimento é apenas definido em termos verticais como uma redução à ciência mais básica. Quanto mais matemática, melhor. Deste modo, os fenómenos biológicos devem ser ex-aplicados pela Química, a Química pela Física, etc. A lógica duma filosofia reducionista ajusta-se à metáfora da descoberta: cava-se mais fundo e descobre-se a verdade.

Mas o reducionismo é apenas uma face do conhecimento. Fomos dotados com a habilidade não só de desmontar, desligar e analisar, mas também de construir. Não há nenhum teste mais convincente do conhecimento passivo do que a criatividade activa. Talvez "teste" não seja aqui a palavra adequada, porque construir ou criar diferem intimamente da análise reducionista. Quero propor um papel maior na ciência para o modo construtivo e avançado [1].

No que diz respeito à sociologia por trás da metáfora: os filósofos da ciência que começaram como cientistas praticantes tinham uma formação, creio eu, de física ou matemática. A educação dos filósofos profissionais provavelmente favorece os mesmos ramos; há um papel especial, muito compreensivelmente, para a lógica na filosofia. Não é de espantar que a ideologia prevalente do raciocínio nas áreas subjacentes de especialização dos filósofos da ciência tenham sido alargada por eles — irrealistamente, acho eu — a toda a ciência.

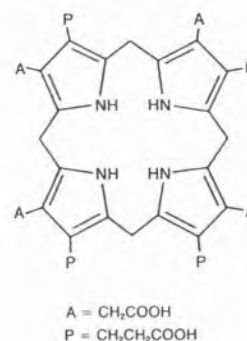
O que é estranho é que os químicos aceitem a metáfora da descoberta. A Química é a ciência das moléculas (até há uns cem anos ter-se-ia dito "substâncias" ou "compostos") e das suas transformações. Algumas das moléculas estão realmente lá, à espera de serem feitas por nós. Acabamos por conhecê-las nas suas propriedades estáticas — que átomos contêm, como estão ligados, a forma das moléculas, as suas esplêndidas cores. E nas suas características dinâmicas — os seus movimentos internos, a sua reactividade. As moléculas são as da terra, por exemplo, a simples água e a complicada malaquite, ou as da vida — o relativamente simples colesterol, a mais complexa hemoglobina. O paradigma da descoberta aplica-se, sem dúvida, ao estudo destas moléculas.

Mas tantas outras moléculas da Química são feitas por nós no laboratório! Somos tremendamente prolíficos; um registo de compostos conhecidos e bem caracterizados ronda agora os dez milhões. Estes não estavam na terra antes. É verdade que a sua constituição segue regras subjacentes e, se o químico A não tivesse feito uma dada molécula num certo dia, com certeza que o químico B a teria sintetizado uns dias ou décadas mais tarde. Mas é um ser humano, um químico, que escolhe a molécula a fazer e uma forma especial para a fazer [2]. Este trabalho não é assim tão diferente do artista que, embora constrangido pela física do pigmento e da tela e moldado pelo seu treino, mesmo assim cria algo novo.

Mesmo quando se está claramente a operar no modo de descoberta em química, elucidando a estrutura ou a dinâmica de uma molécula conhecida, que existe na natureza, é preciso geralmente intervir com moléculas criadas. Ouvi recentemente uma bela conferência por Alan Battersby, um

excepcional químico orgânico britânico, sobre a biosíntese da uroporfirinogene-III. (Mesmo entre os profissionais, o nome desta molécula é abreviado para urogene-III.) Não é uma molécula deslumbrante, mas devia ser. Porque deste precursor as plantas fazem clorofila, a base de toda a actividade fotossintética. Todas as células usam outro derivado de urogene-III nos citocromas para transporte de electrões. E o fragmento crucial da hemoglobina, que contém ferro e transporta oxigénio, deriva também desta pequena molécula em forma de disco.

A molécula de urogene-III, represen-



tada na figura, é feita de quatro anéis, chamados pirroles, eles próprios ligados uns aos outros num anel maior. Reparem nos marcadores A e P em cada anel. Estão sempre na mesma ordem quando se dá a volta ao anel (partindo de cerca das 10 horas) — excepto o último conjunto que está "trocado". Deste modo, os marcadores lêem-se A, P, A, P, A, P, A, P.

O modo como esta molécula natural se forma dentro de nós é claramente uma questão que está no âmbito da descoberta. De facto, os quatro anéis pirrole são ligados numa cadeia com a ajuda dum enzima e depois ciclizados. Mas último anel é inicialmente posto lá "incorrectamente", ou seja, com os marcadores na mesma ordem que os outros anéis, para dar A; P, A, P, A, P, A, P. Depois, numa reacção fantástica separada, o último anel, com os marcadores que lhe estão ligados, salta para a posição correcta.

Esta história, verdadeira mas incrível, foi deduzida por Battersby e seus colaboradores, usando uma sequência de moléculas sintéticas, ligeiramente diferentes das moléculas naturais [3]. Cada uma foi concebida para testar uma parte crítica do processo natural no sistema vivo. Cada uma foi a seguir tratada, nas condições fisiológicas, para permitir detectar a sequência dos acontecimentos naturais. Usando moléculas feitas por nós, aprendemos como a natureza constrói uma molécula que torna a vida possível.

A síntese das moléculas põe a química muito perto das artes. Criamos objectos que nós ou outros a seguir estudamos ou apreciamos [4]. Isto é precisamente o que fazem escritores, compositores, artistas visuais, todos trabalhando nas suas áreas — trabalhando talvez mais perto da alma. Acredito que, de facto, esta capacidade criadora é ex-traordinariamente forte na Química. Os matemáticos também estudam os objectos por eles criados, mas estes objectos, para não tirar nada daquilo que lhes é singular, são mais conceitos mentais do que estruturas reais. Alguns ramos da engenharia estão, na realidade, perto da química nesta questão da síntese. Talvez seja este o parantesco que o químico-narrador de *The Monkey's Wrench* sente pelo construtor Faussone, a personagem principal na novela de Primo Levi recentemente traduzida [5].

Na construção de teorias e de hipóteses, ainda mais do que na síntese, o acto é criador. Tem que se imaginar, que fazer aparecer um modelo a que se ajustem observações por vezes irregulares [6]. Há regras; o modelo tem que ser coerente com conhecimento de confiança já adquirido. Têm-se sugestões sobre o que fazer; vê-se o que foi feito em problemas relacionados. Mas o que se procura é uma explicação que ainda não estava lá antes, uma

ligação entre dois mundos. Muitas vezes, de facto, é uma metáfora que serve de pista: "Dois sistemas em interacção, hmm... vamos usar como modelo um par de osciladores harmónicos em ressonância, ou ...um problema de penetração de barreiras" [7]. O mundo lá fora é moderadamente caótico — assustador mesmo, nas partes que não compreendemos. Queremos ver padrões nele. Somos inteligentes, nós, "os conhecedores do caos", e por isso achamos/criamos um. Tivesse havido mais filósofos da ciência com formação em Química e tenho a certeza de que teríamos um paradigma da ciência muito diferente.

Será que toda a arte é criação? Não acho. Numa medida substancial é descoberta — das verdades profundas do que também nos rodeia, frequentemente sobrepondo-se, ainda mais frequentemente indo para além do conjunto de problemas que a ciência escolheu, para si, para tentar compreender. A arte aspira a descobrir, explorar, deslindar — seja qual for a metáfora escolhida — o mundo múltiplo, fortuito, irredutível dentro de nós.

*Tradução por M.J.C de "Creation and Discovery", *American Scientist* 78 (1989) 14.

**R. Hoffman é Professor de Química na Universidade de Cornell, Nova Iorque, E.U.A.

REFERÊNCIAS

1. Para um debate relevante sobre reducionismo, ver S. Weinberg, *Nature* 330 (1987) 433 e *Nature* 331 (1988) 475; E. Mayr, *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press, pg. 59-63, 1982.
2. Neste contexto, ver G. Stent, *Sci. Am.* Dez. 84 (1972); *Eng. and Sci.* (Cal Inst. Technol.) Set. 9 (1985); *Progress in Science and its Social Condition*, ed. T. Ganelius, Nobel Symposium nº. 58, Pergamon Press, Oxford, 1989.
3. Para principais referências à elegante química discutida tão a correr aqui, ver A. R. Battersby e E. McDonald, *Accounts Chem. Res.* 12 (1979) 14; A. R. Battersby, *Pure Appl. Chem.* 61 (1989) 337; A. R. Battersby, C. J. R. Fookes, G.W.J. Matcham e E. McDonald, *Nature* 285 (1980) 17.
4. Cita-se muitas vezes M. Berthelot, *Chimie Organique Fondée sur la Synthèse*, tome 2, Mallet-Bachelier, Paris, 1860. Ver também J. — P. Malrieu, *L'Actualité Chimique*, 3, pg. ix (1987); A. F. Bochkov e V. A. Smit, *Organicheskii Sintez*, Nauka, Moscovo, 1987.
5. Primo Levi, *The Monkey's Wrench*, Simon & Shuster, 1986.
6. Baruch S. Blumberg pôs em evidência o papel da fantasia na construção de modelos, num artigo recente muito interessante: *Med. J. Writers Assoc.* 4 (1989) 2.
7. Para a discussão da metáfora em ciência ver vários artigos, especialmente um por R. R. Hoffmann, em *The Ubiquity of Metaphor*, ed. R. Dirvan e W. Paprotte, John Ben-jamin, Amsterdam, 1985.

NOTA

¹ O nome próprio do autor é Roald, o mesmo do explorador norueguês Amundsen (NT).

Biodinâmica

Biónica Aplicada Lda.

RUA DA GUINÉ, 2-2º E
1100 LISBOA-PORTUGAL
TEL. 815 07 60 — FAX 815 07 70

INSTRUMENTAÇÃO

HI-TECH SCIENTIFIC - Stopped Flow e instrumentação para estudos de cinética de reacções rápidas.

PHOTON TECHNOLOGY INTERNATIONAL (PTI) - Fontes de Radiação, Fluorímetros (estado estacionário e de tempos de vida), Lasers de Azoto com ou sem laser de corantes, Fluorescência de Rácio, software.

IBH - Tempos de vida, Lâmpadas pulsadas, Detecção ultra rápida (fotomultiplicadores e instrumentação), software.

OLIS - Espectrofotómetros clássicos modernizados. Monocromadores de Scanning Rápido (até 1000 scans/sec).

CANBERRA INDUSTRIES - Instrumentação nuclear, detectores de estado sólido, etc.

BROOKHAVEN INSTRUMENTS - Analisadores de tamanho de partículas por dispersão de luz,

centrifugação e electrocinética.

KINETIC SYSTEMS - Mesas e "breadboards" para óptica.

GENTEC - Medidores de energia para lasers.

LASER SHIELD - Óculos de protecção para radiação laser (Nd-Yag, CO₂, He-Ne), espectro largo e UV.

CORION - Gama completa de filtros ópticos.

STRAWBERRY TREE COMPUTERS - Placas e software para aquisição de dados.

HELLMA - Células (cuvettes) em vidro e quartzo.

Desenvolvimento e construção de instrumentação.

Exponha-nos as suas necessidades



Medidor de Enxofre

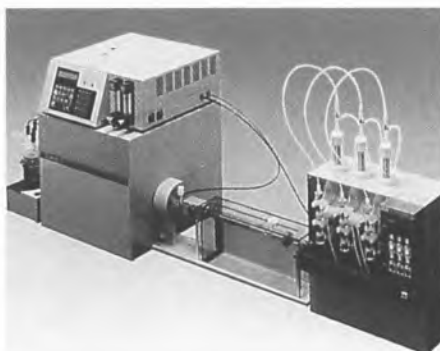
O modelo RX-600 SA é um medidor de alta eficiência para analisar o conteúdo de enxofre em gasolina, queroseno, gasóleo, crude e óleos pesados, produtos petrolíferos, etc. duma forma não destrutiva, rápida e precisa por fluorescência despersiva de raios X. Um pequeno tubo de raios X é adoptado como fonte. O painel de operação foi racionalizado diminuindo ao máximo o número de interruptores. O funcionamento é estabelecido por diálogo com o operador o que torna a operação bastante simples. A amostra pode ser introduzida livremente e em segurança por um amostrador adequado. Um sistema de detecção da célula de medida evita qualquer operação menos correcta. A temperatura do equipamento e a pressão atmosférica são corrigidas automaticamente. O equipamento é calibrado automaticamente em multipontos originando uma curva de trabalho precisa e compensação automática da razão C/H.



Analizador de Azoto Total

O modelo TN-05 é um analisador de azoto total de alta eficiência, por quimioluminescência. Permite análises em água e óleos, fáceis, rápidas e exactas. As suas principais características são: operação

automática; sensibilidade elevada e linearidade alargada; medições rápidas; catalisador único de alta eficácia; análises livres de interferências e sistema de análise automatizada.



Medidor de Halogéneos Orgânicos Totais

O modelo TOX-10 S (AOX/POX/EOX) utiliza a técnica combinada de coulometria/carvão activado e permite resultados rápidos; simples e exactos de quantidades mínimas de TOX na água. O sistema pode funcionar também como analisador de enxofre total com uma célula de enxofre opcional. O equipamento permite medidas na gama de ppm a % de cloro total e enxofre total. O sistema é composto por controlador, medidor de fluxo para Ar/O₂, medidor de fluxo para O₂, monitor em cristal líquido, teclado, unidade de reacção, célula de titulação para cloro e impressora.



Medidor Humidade tipo Karl Fischer

O modelo CA-06 é um medidor de humidade pelo método de Karl Fischer permitindo medidas coulométricas e volumétricas deste parâmetro. O equipamento

é de fácil utilização podendo ser utilizado na análise de humidade em sólidos, líquidos ou gases. Possibilita também um elevado número de operações incluindo um método revolucionário de medição volumétrica e a utilização de diferentes tipos de vaporizadores, permitindo medições em óleos viscosos, plásticos ou outro tipo de materiais. As suas principais características são: facilidade de operação, controle por microprocessador com interface para balança incorporada; limites de detecção entre 10 ppm e 100% em H₂O; função de diagnóstico, 80 ficheiros de aplicações disponíveis; opção para medição volumétrica e interface bidireccional.



Titulador automático compacto controlado por microprocessador

O modelo GT-06 é um titulador automático projectado para fácil uso e elevada eficiência com controle por microprocessador. O sistema é compacto, leve e de baixo custo. Tecnologia de ponta assegura operações simples e elevada exactidão. Efectua e imprime os resultados de vários tipos de titulação, incluindo ácido-base, redox, argentimétricas, quelatométricas, não aquosas ou fotométricas. O arranque é fácil, por selecção de um dos 8 ficheiros de titulação que é possível memorizar. Possibilidade de ligação a computador ou balança por meio de saída RS232C incorporada. Das suas características contam-se: unidade compacta; arranque por simples selecção no teclado do ficheiro a utilizar; impressora incorporada; interface para balança.

Dentre as opções contam-se um amostrador automático, unidade de titulação Karl Fischer; impressora gráfica; interface para computador, etc.

ELNOR

EQUIPAMENTOS TÉCNICOS E DE LABORATÓRIO, S.A.

R. Camões, 835-845 • 4000 PORTO • Tel. 550 25 05 • Telex 22 177 • Fax 550 28 31

1º Encontro de Química de Alimentos

SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA
GRUPO DE QUÍMICA ALIMENTAR

Com o apoio da União Europeia
(Programa Flair)

Comunicações convidadas
(parte I)



SANTARÉM

19 a 22 de Dezembro de 1993

Escola Superior Agrária de Santarém