

CONCLUSÃO

O sistema que apresentamos constitui uma alternativa bastante útil e prática, com vantagens quanto: a) ao número ilimitado de peças, propiciando a montagem de estruturas bastante complexas, b) à resistência física, flexibilidade e leveza, c) ao baixo custo, utilizando materiais facilmente encontrados no comércio, d) ao dimensionamento, permitindo que se construa modelos para várias finalidades. Além disso, desenvolve a habilidade manual, estimulando ao mesmo tempo o exercício da criatividade.

Agradecimentos — Queremos expressar nossos agradecimentos aos colegas e alunos pelo entusiasmo com que receberam esta nossa tentativa de facilitar o ensino da estereoquímica, incentivando-nos a redigir o presente artigo.

REFERÊNCIAS

¹ Watson, J.D., 1968, "The Double Helix", Atheneum, New York.

ASSUNTO GERAL

A QUÍMICA ANALÍTICA

Adilson José Curtius

Departamento de Química da PUC/RJ

(Recebido em 06/08/82)

1. Histórico

A Analítica é o mais antigo ramo da Química, podendo ser considerado a mãe desta ciência. Sem o conhecimento da composição das substâncias não é possível se pensar em sintetizá-las. Assim a Química moderna tem se desenvolvido com a ajuda da Química Analítica. Mesmo leis básicas como a das proporções múltiplas, só puderam ser estabelecidas quando os químicos já tinham um conhecimento razoável de análise de minerais e compostos inorgânicos.

Não é só à Química que a Analítica tem dado apoio. Os diagnósticos médicos cada vez mais se fundamentam nas análises clínicas. O que seria da agricultura moderna, da engenharia do meio ambiente sem a Analítica? E das indústrias? Como controlariam as matérias primas, os processos, e os produtos sem um laboratório de análise?

A tecnologia química apareceu antes da Química. No início da história escrita do Homem já se conhecia o tingimento de fibras, o curtimento de couro e a cerâmica. A Química como ciência só apareceu nos primeiros séculos da era cristã com a Alquimia e o projeto de se obter ouro através da transformação de substâncias fundamentais. A história da Química Analítica tem mais de 4 mil anos. A balança

- ² Mak, T.C.W., Lam, C.N. e Lau, O.W., 1977, "Drinking-Straw Polyhedral Models in Structural Chemistry", J. Chem. Educ., 54:438-439.
- ³ Huang, Y.Y., 1980, "How to make a zeolite model", J. Chem. Educ., 57:112-113.
- ⁴ Hanley, J.R., III e Hanley, J.R., Jr., 1979. "A low-cost classroom demonstration of the aufbau principle", J. Chem. Educ., 56:747.
- ⁵ Niac, G., 1978. "Balloon Models for Organic Molecules", J. Chem. Educ., 55:303.
- ⁶ Mano, E.B., Oliveira, C.M.F. e Guimarães, P., 1979. "Modelo Macromolecular Estatístico em três dimensões. Como construí-lo", Ciência e Cultura, 31:1161-1164.
- ⁷ Ferreira, A.M.C. e Toma, H.E., 1981. "Ensino da Estereoquímica através de modelos moleculares acessíveis e versáteis", Ciência e Cultura (Resumos), 33:139.
- ⁸ Walton, A., 1969. "The Use of Models in Stereochemistry", Progress in Stereochemistry, vol. 4, Butterworths, London.

é tão antiga que sua invenção era atribuída aos Deuses. Por uma necessidade comercial, a pureza do ouro e da prata, já na antiguidade, era controlada, pesando-se o metal antes e depois de um tratamento térmico. É o primeiro registro de Química Analítica. Há 2600 a.C. já se conhecia um sistema de unidades. Os médicos antigos se preocupavam com o exame da água. A água que fervia mais rápido era considerada de melhor qualidade. A pureza era determinada pela quantidade de resíduo após a destilação. Uma história detalhada da Química Analítica pode ser encontrada no livro de F. Svabadváry¹.

Hoje o analista utiliza instrumentos complexos e sensíveis, necessitando a assistência quase que permanente de técnicos em eletrônica para garantir o funcionamento dos equipamentos. Há analistas que utilizam os instrumentos e os que, ao lado de engenheiros e físicos cuidam do projeto, construção ou aprimoramento. A formação do analista torna-se, assim, cada vez mais multidisciplinar.

2. A Química Analítica no Século XX

O progresso da Química Analítica neste século foi muito maior do que em toda a sua história anterior. Novos pro-

gressos foram particularmente feitos nos últimos 30 anos. A seguir é apresentada uma discussão sobre o comportamento da Química Analítica no período de 1910 a 1970, baseada nos dados compilados por R. R. Brooks e L. E. Smythe². Esses autores utilizaram principalmente o Chemical Abstracts como fonte de informação.

O número de publicações em Analítica tem acompanhado o número total de publicações representando desde 1910, 5, 6 a 7,5% do total, exceto em 1920 quando chegou a 9,9%.

Foram verificadas quedas do número de publicações em Analítica na I Grande Guerra, na Depressão Americana e principalmente na II Grande Guerra. Cerca de 20.000 artigos foram publicados em 1970 em um total de cerca de 270.000 artigos de química, esperando-se o dobro em 1980. Interessante notar que as quedas em número nas grandes crises correspondem a um aumento na percentagem de artigos em Analítica, podendo indicar um estímulo às ciências aplicadas em detrimento das ciências puras, nestas circunstâncias.

As seis nações que mais publicaram em Analítica foram: Rússia, Estados Unidos, França, Inglaterra, Alemanha e Japão. Em 1970 a Rússia publicou 28,4% do total liderando a lista. Seguem os Estados Unidos com 17,7%, o Japão com 7,7%, a Alemanha com 6,1% e a Inglaterra com 5,9%. Não há dados para o Brasil, mas sabe-se que a participação foi menor do que 1%, abaixo da Espanha, Holanda, Itália e Índia. A Alemanha manteve a liderança até 1935, quando foi ultrapassada pela Rússia. Esta perdeu a liderança em 1945 para os Estados Unidos, recuperando-a a partir de 1960. Uma nação que muito publica é a Tchecoslováquia com 5,6% do total, logo abaixo da Inglaterra.

A maioria dos artigos são escritos em inglês, desde 1910, havendo apenas algumas inversões com o russo e o alemão. Em 1970, 30,3% dos artigos foram em inglês, 28,4% em russo, 8,1% em alemão, 7,7% em japonês, 5,6% em tcheco. O português participa com menos de 1%, abaixo do polonês, romeno ou escandinavo. Dado o crescimento contínuo da participação do russo, desde 1955, é possível que hoje já seja a língua mais importante em Química Analítica. Em conformidade com estes dados, as tradicionais línguas exigidas nos programas de pós-graduação além do inglês, que são o francês e/ou espanhol, deveriam ser trocadas pelo russo e/ou alemão.

O número de livros de Analítica publicados tem aumentado anualmente, com duas grandes quedas durante as duas Guerras Mundiais. O aumento, no entanto, é aritmético, podendo isto ser atribuído ao aumento, em tamanho, dos textos. Em 1970 foram publicados cerca de 70 livros. O número de periódicos aumentou novamente até 1945, época em que havia cerca de 7 e daí, cresceu muito rapidamente, passando a cerca de 37 em 1970. A explicação para um aumento apenas aritmético para os livros, enquanto que o número de publicações aumentou geometricamente, pode ser o crescimento do número de página dos periódicos, a diminuição do tamanho dos artigos e a possibilidade de muitos deles serem publicados em revistas não específicas. As 13 maiores revistas, cada uma com mais de 1% do total mundial de artigos de Analítica são, por ordem alfabética: Analytica Chimica Acta, Analytical Biochemistry, Analytical Chemistry,

Japan Analyst, Journal of Electroanalytical Chemistry, Journal of the Association of Official Analytical Chemist, Mikrochimica Acta, Nukleonika, Talanta, The Analyst, Zavodskaya Laboratoriya, Zeitschrift für Analytische Chemie e Zhurnal po Analiticheskoi Khimii.

Examinando a distribuição dos artigos por sub-áreas, nota-se um nível constante ao longo dos anos para os de análises agrícolas e de alimentos. Há um aumento apreciável dos de análise bioquímica e aparelhagem técnica. Estes aumentos correspondem a uma diminuição de artigos sobre análises orgânicas e inorgânicas.

Entre os métodos eletrométricos, a polarografia orgânica tem tido o maior número de publicações. Os de absorção e fluorescência atômica têm aumentado exponencialmente, em uma razão maior do que os de qualquer outra técnica.

O interesse sobre quase todos os métodos apresenta o mesmo perfil em relação ao tempo. Logo que surgem há uma grande atenção dos pesquisadores sobre o mesmo, aumentando o número de publicações exponencialmente (1ª fase). Após certo tempo há uma estabilização no número de publicações (2ª fase). Entre os métodos espectrométricos (RMN, Massa e Raman), a liderança é da RMN que ainda se encontra na 1ª fase. Os métodos clássicos, titulometria e gravimetria, como era de se esperar, encontram-se na 2ª fase e num nível muito abaixo da maioria dos métodos instrumentais. Os métodos de separação estão em crescimento, exceto a destilação, que apresenta um sintoma claro de desaparecimento. A cromatografia lidera os métodos de separação, seguida pela eletroforese e a extração.

Na década de 80, espera-se o ressurgimento dos métodos de emissão atômica com o aparecimento de novas fontes de excitação, como o plasma e a "glow discharge lamp".

A curva do gráfico do logaritmo do número de instrumentos de absorção atômica em uso, em relação ao número de artigos, apresenta uma forma de sigma, cuja subida inicial pode ser explicada pela corrida dos pesquisadores para o novo método. A parte final pode ser atribuída ao fato de que os novos aparelhos colocados em uso, cada vez mais se destinam à análise de rotina e não à produção de artigos originais.

Os elementos mais populares são os da indústria pesada, tais como, Al, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Ag, Sn e Zn, mantendo-se a percentagem de artigos sobre os mesmos mais ou menos estável. Outros elementos apresentam variações; assim, Ge e Li aumentaram a participação no período de 1950 a 1955 devido à indústria eletrônica e, no caso do lítio, também ao uso medicinal. Há um aumento na percentagem dos artigos sobre mercúrio a partir de 1965, certamente provocado pelos problemas ambientais.

3. A Química Analítica no Brasil

Foi feita uma análise de 1974 a 1981 da situação da Química Analítica no Brasil, baseada nos Suplementos de Ciência e Cultura, que publicam os resumos das comunicações das Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

Na Tabela I é mostrada a distribuição das comunicações nas diferentes sub-áreas da química. O total de comunicações aumentou de 1974 a 1976, diminuindo em 1977 e

Tabela I: Distribuição anual das comunicações de Química por sub-área.
(Fonte: Suplemento de Ciência e Cultura, 1974 e 1981)

Ano	Análítica	Inorgânica	Orgânica	Físico-Química	Produtos Naturais	Bioquímica	Total	% Analítica
1974	30	44	56	50	51	106	343	8,7
1975	26	40	91	67	59	80*	363	7,2
1976	25	48	118	86	65	161*	503	5,0
1977	27	59	83	50	96	81**	396	6,8
1978	27	54	72	51	70	41	315	8,6
1979	49	38	113	46	77	72	395	12,4
1980	52	66	126	84	105	63	496	10,4
1981	72	78	127	112	130	45	564	12,7

* Bioquímica, Biologia Molecular e Biofísica

** Bioquímica e Biofísica

1978 e voltando a crescer a partir de 1979. As de Analítica se mantiveram aproximadamente estáveis de 1974 a 1978, aumentando a partir de 1979.

A percentagem das de Analítica em relação ao total varia de 5% a 12,7%. Nos últimos três anos tem se mantido acima de 10%, bem superior à média mundial para publicações. Isto pode ser atribuído ao estágio de desenvolvimento deste país, que estimula as ciências mais aplicadas.

Na Tabela II é mostrado o número de comunicações em analítica pelas universidades que mais se destacam nesta

área: A USP, que inclui o Instituto de Física e Química de São Carlos e a Faculdade de Ciências Farmacêuticas além do Instituto de Química, lidera com uma participação de 20%. Segue-se a UNICAMP com 19% e a PUC/RJ com 15%. Estas três universidades são responsáveis por mais de 50% das comunicações. A UFBA, UNESP e UFMG têm participação acima de 5%. A UNESP, a partir de 1977, quando pela primeira vez apresentou comunicações, tem uma participação bem significativa, 7%.

Tabela II: Distribuição anual das comunicações de Química Analítica por universidade com participação acima de 5%. (Fonte: Suplemento de Ciência e Cultura, 1974 e 1981)

Ano	Total	USP*	UNICAMP	PUC/RJ	UNESP	UFBA	UFMG
1974	30	10	3	4	—	1	3
1975	26	9	2	7	—	5	—
1976	25	5	2	3	—	—	—
1977	27	3	9	4	4	—	2
1978	27	4	6	3	3	3	—
1979	49	5	14	9	3	1	3
1980	52	10	9	9	5	7	4
1981	72	17	13	7	7	4	3
TOTAL:	308	63	58	46	22	21	15
%	100	20	19	15	7	7	5

* Inclui o Instituto de Química, o Instituto de Física e Química de S. Carlos e a Faculdade de Ciências Farmacêuticas.

Várias comunicações, principalmente da UFBA e da PUC/RJ, que também poderiam ser classificadas como de Analítica, não foram consideradas por estarem contidas na área de Ciências do Meio Ambiente. A UFCe tem aumentado sua participação nos últimos anos.

Baseando-se no ano de 1981, a USP apresentou comunicações sobre análise de alimentos, métodos eletroquímicos e espectrofotométricos e por absorção atômica. Os trabalhos da UNICAMP versaram principalmente sobre extrações de metais, métodos polarográficos, espectrofotométricos e radioquímicos. A PUC/RJ apresentou trabalhos sobre o estudo de reagentes orgânicos na determinação de metais, métodos condutimétricos, cromatográficos e por absorção

atômica em chama e no forno de grafite. A UNESP realizou estudos sobre equilíbrio de complexos, ácidos benzol-pirúvicos e determinação de resíduos de pesticidas. Na UFBA foram desenvolvidos métodos espectrofotométricos e otimizado o método para Hg por absorção atômica. A UFMG contribui com análise de produtos farmacêuticos e aplicações de métodos computacionais em analítica.

Nos países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos, houve um desestímulo às pesquisas em Química Analítica nas universidades, ocorrendo uma queda na oferta de doutores a partir de 1970. Hoje a demanda é maior do que a oferta, havendo só nas universidades cerca de 100 vagas não preenchidas para doutores em Analítica. A alta de-

manda pode ser explicada pelo ressurgimento da Química Analítica em anos recentes, provocado pelo estudo de problemas multidisciplinares, como os de bioinorgânica e meio ambiente e pelas novas técnicas físico-químicas de análise que tem possibilitado a determinação de quantidades de elementos e compostos cada vez menores. Mesmo assim, hoje nos Estados Unidos³, apesar da queda na oferta, 13,2% dos doutores em química são analíticos, enquanto que em 1970 a percentagem era de apenas 7,2%.

ASSUNTO GERAL

A QUÍMICA ANALÍTICA NA FORMAÇÃO DO QUÍMICO

Paschoal Ernesto Américo Senise

*Instituto de Química da Universidade de São Paulo
Caixa Postal 20.780 - São Paulo*

(Recebido em 14/09/82)

Pediram-nos que falássemos sobre a Química Analítica na formação do químico e ficamos a pensar qual o motivo da solicitação. Parece-nos que diverso seria o sentido se a indagação dissesse respeito à importância da Físico-Química ou, eventualmente, da Química Inorgânica ou Orgânica na formação do químico.

Acreditamos que, em seu bojo, a pergunta encerre algumas dúvidas e reflita a preocupação de muitos com relação a esse campo de estudo e atividade na área da química, sobre cujo papel tem havido discrepâncias de opiniões, em decorrência das quais a atenção que tem merecido tem sido também bastante diversificada. Referimo-nos, principalmente, aos pontos de vista distintos quanto ao lugar e à extensão que a disciplina deva ocupar em currículos de estudo e quanto à própria necessidade de formação do químico analítico através de programas de pós-graduação.

Pareceu-nos, assim, que, embora com alguma liberdade no tratamento do tema proposto, esses dois aspectos essenciais poderiam ser abordados nesta oportunidade.

Com a ressalva de que a subdivisão da química em quatro grandes áreas é reconhecidamente artificial, desejamos referir-nos à redução do ensino da assim chamada Química Analítica clássica, em particular ao da Química Analítica Qualitativa, às vezes até completamente eliminada do currículo, que começou a ocorrer, principalmente nos Estados Unidos, na década de 40, com base na idéia de que os conhecimentos científicos fundamentais e o desenvolvimento da instrumentação reduzem a análise química a uma tarefa preponderantemente técnica e rotineira e, portanto, a obtenção de dados analíticos poderia ser feita por químicos e por outros cientistas ou profissionais, para a condução e interpretação de seus trabalhos, dispensando em consequência o treinamento mais profundo e extenso nesse setor.

I.M. Kolthoff, merecidamente reconhecido como um dos pais da Química Analítica moderna, procurou, mercê de ingentes esforços, imprimir bases verdadeiramente científicas a esta área, dando particular atenção aos fundamentos físico-químicos, para tirá-la do empirismo em que permaneceu por muito tempo. Pois foi o próprio Kolthoff que, em 1949, alertava para o movimento que vinha se formando, já àquela altura, contra o cultivo da disciplina e para as sérias consequências de uma conceituação errônea do papel do químico analítico ao se superestimar a instrumentação como recurso simples e suficiente por si mesmo. Acentua-

Espera-se que o engano americano em relação à Química Analítica sirva de exemplo às universidades brasileiras.

Referências

- ¹ F. Svabadváry, *History of the Analytical Chemistry*, Pergamon Press, 1966.
- ² R.R. Brooks e L.E. Smythe, *Talanta*, 22, 495-504, 1975.
- ³ *Chemical & Engineering News*, Sept. 7, p. 55, 1981.

va ele que, sem apoiar-se em estudos sistemáticos e no conhecimento das propriedades das substâncias, sob o aspecto químico, físico ou biológico, a Química Analítica ficaria realmente relegada a plano secundário e não teria o desenvolvimento científico adequado, em detrimento do progresso da própria química.

Mas, de fato, a tendência a deixar de certa forma de lado a Química Analítica se intensificou e as consequências preconizadas por Kolthoff, assim como por outros eminentes cientistas, infelizmente vieram a se concretizar.

Assim, quando em solenidade realizada em dezembro de 1969 tivemos oportunidade de nos referir à advertência de Kolthoff, também mostramos como vinte anos mais tarde já existia preocupação nos Estados Unidos quanto à orientação que havia sido adotada e à necessidade de providências no sentido de corrigir a situação criada. Este fato era evidenciado pela carência de profissionais com capacidade para resolver problemas que a sociedade começava a enfrentar em escala crescente e, como exemplo significativo dessa escassez, citávamos nota do *Chemical & Engineering News* de março daquele ano (1969), comentada por H. Laitinen em agosto, chamando a atenção para a grande falta de químicos analíticos com doutoramento e pela procura inusitada da parte de universidades de alta reputação no campo da química, de docentes na área analítica, onde o número de vagas se apresentava grande e não conseguia ser preenchido.

Na ocasião dizíamos textualmente, referindo-nos à situação americana: "muitas universidades, inadvertidamente, talvez, aceitaram a imagem da Química Analítica criada pelo trabalho de rotina do analista e se descuidaram de cultivar a atividade criadora neste campo" e prosseguíamos: "o fato de se ensinarem as bases físicas ou físico-químicas com que operam os instrumentos, cada vez mais aperfeiçoados e empregados para colher dados analíticos, ou mesmo dos fenômenos aproveitáveis, por várias vias, para a obtenção de tais dados, deu talvez a impressão de suficiência para se alcançarem os objetivos que se pretendem atingir com a análise e se subestimou, em alguns casos, o estudo da metodologia".

Nestes doze anos e meio que se passaram, o que se pôde observar foi o progressivo, embora lento, reconhecimento dessa falha e o esforço envidado para estimular a formação de especialistas em Química Analítica, como procuraremos mostrar adiante.