

# Allchemy Web

<http://allchemy.iq.usp.br>

## Cópia de Arquivo

**Atenção:** O(s) autor(es) e o(s) detentor(es) dos direitos autorais do material que compõe este arquivo concordam que o mesmo seja copiado para o microcomputador do usuário e impresso exclusivamente para consulta pessoal. Reprodução, distribuição ou modificação do conteúdo, em parte ou no todo, para qualquer outra finalidade não é permitida sem autorização explícita dos mesmos. Citações baseadas neste arquivo devem ser identificadas com autor (, título) e referência abaixo, seguidos de *apud* Allchemy.

## Identificação

TIT: Química Analítica e Análise Química

AUT: Paschoal Senise (Prof. Emérito)

REF: reproduzido com permissão de: Química Nova, 1993, 16(3), 257-261

CLA: Reprodução de artigo publicado, baseado em conferência

TEM: Química analítica, análise química, Kolthoff

ABS: A distinção entre Química Analítica e Análise Química é enfatizada. O avanço histórico da Química Analítica como ciência é discutido com base na contribuição de dois químicos analíticos excepcionais: I. M. Kolthoff e F. Feigl

KEY: química analítica, análise química, Kolthoff, Feigl

ARQ: INFOQUIMICA - Série Alfa, 1995, BA57004C.DOC

# QUÍMICA ANALÍTICA E ANÁLISE QUÍMICA\*

---

**Paschoal Senise**

Instituto de Química da Universidade de São Paulo - C.P. 26077

05599-970 - São Paulo - SP

Recebido em 29/1/93

---

**The distinction between Analytical Chemistry and Chemical Analysis is strongly emphasized. The historical advancement of Analytical Chemistry as a science is discussed on the basis of the contribution of two outstanding analytical chemists: I.M. Kolthoff and F. Feigl.**

**Keywords: Analytical Chemistry; Chemical Analysis.**

Há cerca de trinta anos, deparamo-nos com um interessante artigo intitulado “Reflexões sobre a Química Analítica”, de C.J. Van Nieuwenburg da Universidade de Delft, Holanda, publicado no Bulletin de la Société Chimique de France<sup>1</sup>, em que o autor assim inicia as suas considerações: “após ensinar química analítica durante mais de trinta e cinco anos, parece oportuno perguntar de que se cuida, na verdade, nessa disciplina quais são os seus fundamentos, quais as características peculiares a esse ramo da química. Segundo uma definição corrente, a química analítica trata de identificar e de dosar as substâncias químicas”. “A meu ver”, diz Van Nieuwenburg, “a definição é demasiado simplista e perigosa, errônea pelo menos sob dois pontos de vista. Em primeiro lugar, porque ignora a diferença bem nítida entre a química analítica e a análise química. Não se podem confundir esses dois conceitos”. “A química analítica é, indiscutivelmente, um ramo da química, e, por conseguinte, uma ciência, digna de ser ensinada no mais alto nível, ao passo que a análise química é uma técnica, ou melhor, um conjunto de manipulações e de preceitos destinados a proporcionar o conhecimento da composição química de uma substância ou de uma mistura de substâncias. Essa distinção tem sido muito freqüentemente esquecida, levando por isso a subestimar o valor da química analítica como ciência”.

Refere-se o autor também a tratados e livros-texto que geralmente não dão a devida importância a essa distinção, com raras exceções, entre as quais cita o livro “Química Analítica Qualitativa” do renomado cientista espanhol M. Burriel-Marti, em que se lê: “A química analítica estuda os meios para determinar a composição de uma amostra natural ou artificial. Esse estudo nos proporciona um conjunto de técnicas que constituem a análise química”. “Portanto, a química analítica estuda e a análise química é um conjunto de técnicas resultante desse estudo”.

Van Nieuwenburg, porém, não se satisfaz completamente com essa definição, pois entende que o aspecto essencial da análise química é o da rotina, uma vez que ela comprova a validade dos métodos quando aplicados a toda uma série de amostras.

As suas considerações o levam às seguintes definições: “A análise química é um conjunto de técnicas e manipulações destinadas a proporcionar o conhecimento da composição qualitativa e quantitativa de uma amostra, mediante métodos de rotina. A química analítica é um ramo da química, a ciência que persegue o objetivo de resolver os problemas de composição com operações de rotina”.

Várias outras definições poderiam ser citadas que foram surgindo no decorrer do tempo. Com as mudanças havidas no papel da química analítica, poder-se-ia, eventualmente, adotar a da Sociedade Alemã de Química, de 1977, citada por Klockow<sup>2</sup>, ou seja: “Química Analítica é a ciência da extração (diríamos, talvez, obtenção) de informações de sistemas materiais acerca de sua composição e estrutura e da interpretação dessas informações relacionada com o objetivo de sua utilização”.

Ou ainda a de H. Laitinen, de 1980<sup>3</sup>, lembrada em excelente conferência proferida pelo Prof. Antonio Celso Spinola Costa, em 1985, em Fortaleza, no XXVI Congresso Brasileiro de Química, a qual o conferencista se refere da seguinte maneira: “Laitinen define a química analítica como ciência de caracterizações e medições químicas” e enfatiza que as noções de caracterização e medição tem evoluído e continuarão a evoluir e que os instrumentos com que são feitas as medidas químicas também estão em constante evolução. “São de fato, esses avanços na teoria e na prática da caracterização e das medidas químicas que constituem a pesquisa em Química Analítica”.

O que no entanto todos querem dizer é que não se devem perder de vista os valores fundamentais que distinguem o químico analítico de um simples executor de procedimentos ou operador de instrumentos, por mais hábil e treinado que seja. É esse o ponto crucial em que se empenha também o Prof. Spinola Costa, que na conferência de abertura deste Encontro enfatizou a importância da teoria e a prática caminharem juntas.

Pondera Van Nieuwenburg que, na primeira metade do século XIX a química analítica era, em grande parte, a própria química. Poder-se-ia dizer, sem grande exagero, acentua ele, que a obra das grandes escolas de Berzelius, de Gay-Lussac, de Dumas e de seus contemporâneos visava a esclarecer a composição química do mundo que nos cerca, a tal ponto que a química mineral e a química analítica eram expressões quase que sinônimas, como se podia constatar, por exemplo, no provimento das cátedras universitárias. Havia coerência nisso porque a grande maioria das análises era de produtos minerais. A análise orgânica estava ainda em sua primeira infância e surgindo no meio industrial mais do que nos laboratórios das universidades.

Prosseguindo em seu apanhado histórico, assinala que toda a análise quantitativa do século XIX deriva, no fundo, da teoria atomística de Dalton, doutrina que atribuía a cada espécie de átomos massa constante determinável experimentalmente. Conceito aplicável tanto à gravimetria como à volumetria.

Na verdade, o autor ainda lembra que o número de princípios em que se baseavam as dosagens era muito limitado. Somente no século XX algumas noções fundamentais contribuíram para a ressurreição da química analítica como ciência. De fato, não se pode negar que essa ciência, por volta do ano de 1900, estava pelo menos moribunda senão realmente morta. Ela mesma vinha cavando a sua própria sepultura. Assim, no período de 1900 a 1910, aproximadamente, considerava-se a análise química quase perfeita e portanto a química analítica chegava mesmo às portas da morte. Os tratados de Fresenius e de Treadwell, nessa época, podem

ser considerados monumentos do apogeu da análise química, mas ao mesmo tempo monumentos funerários da química analítica. Além do mais, era o período do desabrochar eufórico da físico-química e da química orgânica, juntamente com a bioquímica.

Essas áreas atraíram muitos dos bons químicos da época contribuindo, por conseguinte, para a estagnação da química analítica.

Felizmente, a noção de pH, a teoria das curvas de titulação e a dos potenciais de oxido-redução contribuíram decisivamente para a sua ressurreição. Mas ela renasceu de suas cinzas rejuvenescida e principalmente mais profunda com o advento e desenvolvimento dos assim chamados métodos instrumentais provocando uma verdadeira revolução na análise química.

Na época atual (são considerações ainda de Van Nieuwenburg, que datam, portanto, de 1958), temos já uma plethora de novos princípios alicerçados em propriedades físicas cuja mensuração nos possibilita proceder a análises químicas com relativa facilidade. O autor passa a enumerar exemplos ligados aos territórios da eletroquímica, da espectroscopia de emissão e absorção, da cromatografia, da energia nuclear e assim por diante.

Dispondo de um elenco tão vasto, pergunta o autor se a análise química não poderia passar a ser uma subdivisão da física, como de fato chegaram a dizer alguns físicos. Seria, diz ele, como se nos denominassem de microbiologistas a nós químicos, por utilizarmos um fermento na dosagem de um hidrato de carbono. E, continuando, afirma que a determinação da composição de uma substância e, desde tempos imemoriais, privilégio inalienável da química. A ela cabe essa tarefa independentemente dos meios que utilize para cumpri-la.

Mas quem soube aproveitar, dizemos nós, essas propriedades orgânicas e desenvolveu métodos analíticos de grande eficiência e potencialidade a que se refere Van Nieuwenburg? Certamente um deles e dos mais brilhantes foi Izaak Maurits Kolthoff, excepcional e extraordinário cientista, atualmente com 95 anos de idade, também citado por Spinola Costa.

Justamente, ao ensejo da passagem de seu 95<sup>o</sup> aniversário natalício, Kolthoff foi homenageado pela revista "Analytical Chemistry" com um relatório publicado em fevereiro do corrente ano de 1989, elaborado pela Editora Assistente, Mary Warner<sup>4</sup>, com base em depoimentos de 4 de seus mais ilustres antigos alunos: Herbert Laitinen, David Hume, Joseph Jordan e Stanley Bruckenstein.

A mesma revista, ao completar Kolthoff 90 anos, publicou trabalho de autoria de H. Laitinen e E.J. Meehan<sup>5</sup> que complementa o artigo biográfico escrito por J. Lingane em 1964<sup>6</sup> quando da comemoração dos 70 anos de idade do Mestre comum.

Kolthoff nasceu em Almelo, na Holanda, em 11/2/1894, obteve o seu PhD na Universidade de Utrech em 1918 e se radicou no EUA a partir de 1927, quando ingressou como docente na Universidade de Minnesota, em Minneapolis, onde continua até hoje como Professor Emérito.

Com excepcional produção e produtividade, o impacto de sua obra no desenvolvimenlo da Química Analítica como ciência foi enorme. Convém lembrar que até os 70 anos, ou seja, até 1964, publicou 823 trabalhos científicos, chegando a 1984 com 933 publicações, excluídos livros e monografias, sendo que 153 após a "aposentadoria", ocorrida em 1962 aos 68 anos, ou seja após 35 anos de permanência na Universidade de Minnesota. Quando se transferiu para os EE.UU., em 1927, já havia publicado cerca de 250 trabalhos.

Ainda como aluno, Kolthoff mostrava-se firmemente decidido a enfrentar o desafio de imprimir bases científicas à Química Analítica que, na época, era dominada pelo empirismo. A sua inteligência privilegiada e a sua perspicácia impressionaram o seu orientador de doutorado, na Universidade de Utrech, Prof. N. Schoorl que o estimulou a conduzir de maneira independente as suas pesquisas. Conforme ele próprio conta, grande influência exerceu sobre seu pensamento o livro adquirido em 1912 de autoria de Wilhelm Ostwald, que, embora rotulado de físico-químico, tinha como título: “As bases científicas da Química Analítica”, considerado por ele, mais tarde, o primeiro livro-texto científico de química analítica.

É muito interessante seguir a trajetória de seus trabalhos que penetram em pelo menos doze áreas, com apreciável interpenetração de muitos deles.

No começo, empolgou-se pelas consequências importantes, em química analítica, da definição de pH, feita por S.P.L. Sorensen em 1912, e pelos primeiros trabalhos de Joel H. Hillebrand em 1913 sobre titulação ácido-base, mediante o uso do eletrodo indicador de hidrogênio e o de referência de calomelano.

Começou logo a estudar esse campo com equipamento tosco, mas que lhe permitiu publicar o seu primeiro artigo versando sobre a titulação de ácido fosfórico como mono e diprótico, em 1915, antes, portanto, de seu doutorado obtido em 1918, com a tese “Fundamentos da Iodometria”, da qual se originaram 19 artigos, publicados em 1919-20, que revelam estudos abrangentes das reações observadas, de seus mecanismos, das reações colaterais, da função dos indicadores, das fontes de erro, etc. Paralelamente, continuou a interessar-se pelo comportamento das reações ácido-base em seus aspectos fundamentais mas também pelas suas aplicações de interesse prático, indo desde o efeito salino sobre as constantes de ionização até o estudo da urina e outros líquidos biológicos, mostrando assim a importância da interação da teoria com a prática. Estudos em profundidade de tampões e indicadores deram origem à sua primeira monografia sobre o assunto, em 1922, em língua alemã, traduzida para o inglês, em 1926, por N.H. Furman. Em 1937, com a colaboração de Charles Rosenblum, reviu e ampliou o texto publicado com o título “Indicadores Ácido-Base”, obra clássica geralmente encontrada em nossas bibliotecas.

Estudou intensamente potenciais de óxido-redução e a ele se atribui a introdução da expressão titulação potenciométrica. Voltou-se também para a titulação condutométrica mediante estudos sistemáticos, praticamente ao mesmo tempo que se dedicava ao esclarecimento da formação e propriedades dos precipitados, proporcionando conhecimentos que se tornaram clássicos a respeito de fenômenos como os de coprecipitação e de adsorção. Somente sobre este último assunto, ou seja, sobre a importância da adsorção em química analítica, publicou uma série de nove trabalhos.

Como se vê, a preocupação de Kolthoff era a de, sempre que possível, estudar em primeiro lugar e em profundidade o fenômeno para depois elaborar os métodos analíticos. É, pois, significativo que muitos de seus trabalhos tenham sido publicados em periódicos de interesse geral para os químicos, como J. American Chem. Soc. e o J. Physical Chemistry, embora a meta fosse sempre de caráter analítico. Aparentemente, não se interessou muito pela polarografia quando ela surgiu na Checoslovaquia, mas quando o seu inventor Heyrovsky visitou os Estados Unidos e proferiu uma conferência em Minneapolis, percebeu o grande alcance dessa descoberta e, além de estabelecer colaboração científica com seu colega checo, dedicou-se com entusiasmo

a esse campo, principalmente com seu doutorando James Lingane, com o qual publicou em 1941 a primeira edição do famoso tratado “Polarography”, poucos anos depois desdobrado em 2 volumes, obra que teve enorme influência no desenvolvimento científico do método polarográfico. Surgiu a amperometria a qual não se dedicou pessoalmente no desenvolvimento metodológico, mas estimulou fortemente seus colaboradores e antigos discípulos a fazê-lo.

Lembro-me bem da sua rápida visita a São Paulo, como escala de uma viagem a América do Sul, na década de 50. Recebido pela ABQ, cujo presidente regional era o saudoso Prof. Oscar Bergstrom Lourenço, proferiu palestra no auditório da Escola Politécnica, justamente sobre amperometria, impressionando a todos não apenas pela clareza da exposição, mas também e, principalmente, pelo entusiasmo. Mais uma vez, fez questão de frisar a importância do conhecimento dos fenômenos fundamentais para chegar às aplicações de maneira racional e mais segura. E assim procedeu nos demais e vários campos em que atuou.

Em 1949, quando foi agraciado com a Nichols Medal, conferida pela American Chemical Society, pela primeira vez a um químico analítico, comentou em seu discurso que, apesar dos esforços despendidos para valorizar a química analítica e dar-lhe o status de ciência, ainda havia resistência dos que a comparavam a uma serviçal (empregada doméstica) para os outros ramos da Química.

Kolthoff mostrou-se preocupado com a tendência crescente de superestimar a instrumentação como recurso simples e suficiente por si mesmo para obter dados confiáveis e insistia em dizer que sem o conhecimento das propriedades básicas químicas, orgânicas ou biológicas das substâncias não poderia haver verdadeiro desenvolvimento da química analítica.

Apesar da sua contribuição na introdução de métodos que se chamaram de físicos ou físico-químicos durante algum tempo, Kolthoff nunca se considerou nem foi considerado físico-químico; ao contrário, sempre fez questão de se dizer químico analítico e na verdade foi e é um dos maiores químicos analíticos da história.

Não podemos deixar de lembrar, a esta altura, outro grande cientista que se insere também na galeria dos maiores químicos analíticos de todos os tempos. Referimo-nos a Fritz Feigl, austríaco de nascimento e que, por ser judeu, após várias peripécias para fugir da treloucada perseguição nazista, conseguiu vir ao Brasil com sua esposa e filho, aqui chegando em 1940, aos 49 anos de idade e onde adquiriu a cidadania brasileira por naturalização, em 1944, vindo a falecer em 1971.

Feigl, foi acolhido pelo Laboratório da Produção Mineral no Rio de Janeiro, órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, onde trabalhou intensamente em instalações muito modestas que, passados alguns anos, foram ampliadas, não chegando porém a ser adequadas para um cientista do seu porte. De hábitos muitos simples, não tinha ambição nesse sentido e vivia para o trabalho.

Feigl, como todos sabem, foi o inventor da Análise de Toque que, em língua inglesa, foi chamada de Spot Tests.

Com rara habilidade, conseguia identificar as mais variadas espécies a partir de quantidades diminutas de substância, com maior frequência por via úmida, ou seja, utilizando apenas gotas de solução (via de regra uma só gota da solução da amostra e uma do reagente) em suportes também muito simples, geralmente papel de filtro ou placas de porcelana.

Vimos muitas pessoas empolgadas pela simplicidade da técnica, que realmente e

fascinante, mas sem se dar conta de que por debaixo dela havia todo um raciocínio científico altamente crítico, baseado no conhecimento ou na investigação profunda das reações químicas e de como estas podem ser dirigidas pela variação das condições do meio.

A genialidade de Feigl está principalmente nesse domínio fantástico das reações, na aguda observação de pormenores, colhidos muitas vezes em simples notas de rodapé ou na literatura antiga que gostava de consultar, geralmente na ótima biblioteca do então Instituto de Química Agrícola, ao lado do Jardim Botânico, no Rio de Janeiro.

Quando resolveu enveredar pela química orgânica, conseguiu realizar reações que surpreenderam os próprios químicos orgânicos e desenvolveu rapidamente tão grande número de testes que acabou desdobrando o seu livro de provas de toque em dois volumes: “I. Spot Tests In Inorganic Analysis” e “II. Spot Tests In Organic Analysis”, obras traduzidas em todo o mundo em grande número de idiomas.

A sua obra-prima é o livro “Chemistry of Specific, Selective and Sensitive Reactions” editado em 1939. É uma obra excepcional que toda vez que dela se lêem algumas páginas surgem idéias ou reflexões. O autor, no prefácio, diz “Este livro é baseado na pesquisa e no estudo da literatura e é uma tentativa de resumir nossos conhecimentos sobre a base da especificidade, seletividade e sensibilidade dos métodos analíticos”.

Na verdade, muitos spot tests permitem obter valores que podem ser considerados semi-quantitativos com limites de identificação muito baixos (abaixo de 1  $\mu\text{g}$ ) e limites de diluição muito altos (1:1.000.000, p. ex.).

Como dizíamos, Feigl foi um grande mestre no domínio das reações; até parecia divertir-se com elas fazendo com que mudassem o seu curso pretensamente natural ou deixassem de sofrer incômodas eventuais interferências pelo condicionamento do meio, como dissemos há pouco, pela variação, por exemplo, do pH ou pelos processos de mascaramento e desmascaramento muito ao seu agrado, ou ainda, por modificações na molécula do reagente. Nesse sentido, é muito importante assinalar a contribuição de Feigl para o progresso da química de coordenação, principalmente na identificação de grupos reativos em moléculas orgânicas cujo conhecimento lhe permitiu, muitas vezes, introduzir modificações estruturais para tornar tais moléculas mais adequadas para provas de toque sem afetar as suas características de reatividade. É por isso que o título de sua obra sobre reações específicas, seletivas e sensíveis deve ser entendido válido para as condições em que efetivamente a reação química de interesse se realiza. Portanto, mais do que a reação em si e o teste que pode ser sensível, seletivo e até específico.

Em seu modesto laboratório no Rio de Janeiro, Feigl recebeu vários pesquisadores estrangeiros por períodos de curto e médio prazo, bem como elementos de vários estados brasileiros. É pena, porém, que não tenha sido melhor aproveitado em nosso país, com vinculação efetiva a uma Universidade como, por exemplo, a UFRJ, em que pudesse formar um grupo estável continuador de sua obra. Deixou sim alguns discípulos brasileiros que não puderam porém dedicar-se integralmente ao campo aberto pelo antigo Mestre. Indiretamente, porém, principalmente através do saudoso Prof. Pe. Leopoldo Hainberger contribuiu para a formação de uma equipe de primeira linha na PUC do Rio de Janeiro.

O Pe. Hainberger começou a trabalhar com Feigl, já com idade relativamente avançada, ao redor de 50 anos (se não me falha a memória) e defendeu sua tese de doutorado em Viena.

Dirigiu o Departamento de Química da PUC durante vários anos, com persistência e extrema dedicação, e, até mesmo com obstinação foi desenvolvendo a área de química analítica. Conseguiu estabelecer convênios com universidades alemãs, principalmente com a de Jülich, através dos quais e de auxílios financeiros de agências nacionais, soube estabelecer salutar intercâmbio de professores, além de obter equipamentos e bolsas. Assim procedendo, possibilitou que se desenvolvesse a pesquisa analítica e se instalasse a pós-graduação. Já há alguns anos a PUC é, sem dúvida, um dos melhores centros de química analítica do país. Os jovens que para lá foram atraídos souberam responder condignamente ao estímulo do incansável Pe. Hainberger.

É de sua autoria bela biografia de Fritz Feigl, apresentada na sessão de abertura do “I Encontro Nacional de Química Analítica”, ENQA, na PUC do Rio de Janeiro, em 1982, publicada posteriormente em Química Nova<sup>7</sup>. O Pe. Hainberger faleceu no ano passado, 1988, quando, apesar de doente, ainda trabalhava em pesquisa com seus estudantes.

Valho-me desta oportunidade para consignar os meus sentimentos de profundo pesar pela perda desse homem eminente a quem sempre dediquei enorme admiração.

Voltando a considerar as provas de toque de Feigl, cabe indagar por que após um período áureo em todo o mundo quanto a sua aplicação, caíram em desuso e poucos falam delas. Acreditamos que o surgimento e avanço rápido da instrumentação levaram muitos a esquecer testes que apesar de sua simplicidade, podem proporcionar valiosas informações. Esse fato é apontado e criticado pelo próprio Laitinen conforme mencionamos em palestra proferida em Reunião da SBPC/SBQ em Campinas, em julho de 1982<sup>8</sup>.

Acredito que no auditório muitos estarão se perguntando porque saí do tema central e me detive (talvez demasiadamente, em função do tempo disponível) em considerações das obras de Kolthoff e de Feigl.

É que me pareceu oportuno focalizar a atuação desses dois excepcionais e multilaureados cientistas, os quais, cada um a seu modo, contribuíram extraordinariamente para o progresso da química analítica como ciência e ambos mostraram à sociedade como a química analítica é um ramo da química, aberto à investigação científica e indispensável ao progresso da própria química, bem como ao de outros campos da ciência e da tecnologia.

Mais uma vez, se infere dos seus enfoques a importância crescente da interação da teoria com a prática a que aludiu o Prof. Spinola Costa em sua conferência, bem como a importância dos conhecimentos fundamentais de química e de outros campos científicos para o desempenho do químico analítico.

A química analítica evoluiu, ganhou outras dimensões, ao contrário dos que pensavam que ela se tornaria inútil em face do aprimoramento da instrumentação e do melhor conhecimento dos princípios físicos em que se baseia a construção dos instrumentos de medida. Como já foi discutido na palestra mencionada<sup>8</sup> e também dito por vários colegas neste V ENQA, a química analítica moderna deve preocupar-se muito mais com o problema do que com a amostra.

O Prof. D. Klockow da Universidade de Dortmund, Alemanha, que há alguns anos vem mantendo intenso intercâmbio com grupos brasileiros, principalmente com colegas daqui, da Bahia, escreveu interessante artigo, publicado em 1981 na Fresenius Z. Anal. Chem.<sup>2</sup>, em boa parte traduzido e adaptado a outros exemplos, que mostra como a química analítica deve ser usada para, juntamente com informações de outras fontes científicas e tecnológicas, poder contribuir para a solução de problemas de amplo interesse para a sociedade, como, por exemplo,



os ecológicos. Esse assunto também já foi abordado neste encontro e em parte tratamos dele, no que concerne à evolução do trabalho analítico, em conferências no I e II ENQA<sup>9</sup>.

Também abordamos nesses trabalhos a atitude equivocada de muitas universidades norte-americanas que, por confiarem demasiadamente na instrumentação e na aplicação direta de princípios físico-químicos, chegaram a desativar completamente programas de pós-graduação em química analítica e reduziram substancialmente o ensino da disciplina nos cursos de graduação. Como disse o Prof. Spinola Costa, formaram-se químicos de apertar botão de caixa preta. Por imitação, algumas universidades de outros países fizeram o mesmo. Em pouco tempo se provou que muitos químicos com ótimo preparo físico-químico e de outras disciplinas foram incapazes de resolver problemas que envolviam, por exemplo, análises de traços e outros que exigiam treinamento metodológico específico e postura adequada. Em consequência, começou uma reação nos EUA procurando encorajar candidatos a pós-graduação a obterem PhD em química analítica. Formaram-se grupos integrados por docentes universitários e químicos de indústrias, como o de Allerton, com o objetivo de organizar eventos para atrair e aumentar o número de candidatos ao PhD em química analítica. Disso também já falamos em algumas das citadas palestras<sup>9</sup>. Também demos conhecimento de estudos estatísticos mostrando a clara tendência de diminuição nos EUA, no correr dos anos, da graduação de doutores nos vários campos da química, com exceção dos em química analítica cuja formação estaria em ascensão, razão pela qual os salários destes últimos já eram, via de regra, superiores aos dos demais, fatos que realmente vêm ocorrendo.

De certa forma, surpreendeu-nos o Editorial de George Morrison<sup>10</sup> na revista *Analytical Chemistry*, de maio do ano passado (1988) em que é mostrada a preocupação com a grande demanda de PhDs em química analítica, pelas indústrias e que as universidades que deveriam implementar os seus programas não tem conseguido fazê-lo por falta de professores, atraídos estes por salários maiores na indústria.

Destaca Morrison que, na época, apenas 12 escolas nos EUA diplomavam mais da metade de todos os PhDs em química analítica. Referindo-se as dificuldades existentes, conclama a indústria e a universidade a se unirem para organizar campanhas mais agressivas a fim de fazer frente a tal carência.

Essa situação pode decorrer do fato, ainda freqüente, de se confundir o químico analítico com o executor de análises (quer seja um técnico de laboratório, quer seja um químico pesquisador de outro ramo). Nesse sentido é interessante lembrar a observação com que J.K. Taylor<sup>11</sup> termina artigo a respeito das características do químico analítico: “Quem você gostaria de ter em seu grupo de trabalho: um executor de análises ou um químico analítico? Este último, evidentemente. Mas por que é ele geralmente tratado como se fosse o primeiro?” Não há dúvida de que ainda existe preconceito em relação à química analítica da parte de muitos químicos dedicados a outras especialidades.

Há cerca de um ano, durante um congresso internacional, ouvi casualmente um diálogo informal entre dois renomados cientistas, um do leste europeu e outro da região ocidental do mesmo continente: “eu não gosto de química analítica”, disse um deles, ao que o colega acrescentou “e só técnica...”. “Pois é”, retrucou o primeiro: palavras ditas com certo ar de superioridade e com sentido algo pejorativo. Atitude, mais uma vez, decorrente da falta de distinção entre a química analítica e a análise química, e que lembra manifestações um tanto freqüentes de

químicos, geralmente orgânicos: “eu também faço química analítica”... Se é verdade que há publicações pretensamente originais que apenas mostram a aplicação de técnicas conhecidas e comprovadas sem nenhuma inovação (fato que também ocorre em outras áreas da química), não é menos verdade que existem bons trabalhos analíticos de pesquisa que cuidam de aspectos técnicos mas que não deixam de ter valor científico. Muitas técnicas surgiram ou se aperfeiçoaram graças ao trabalho extremamente criativo e racional. É justamente a criatividade o fator principal que caracteriza a atividade científica. Muitos são os exemplos que poderiam ser citados, mas basta lembrar a técnica de análise por fluxo contínuo (FIA) que permitiu enorme avanço no monitoramento de reações químicas e que continuamente se aperfeiçoa, em virtude da imaginação fértil dos que a ela se dedicam. Ou como todos sabem, no amplo campo da espectroscopia são de importância fundamental alguns aspectos e pormenores técnicos que têm exigido muito esforço intelectual para alcançar os objetivos práticos desejados.

Acresce que, com o reconhecimento crescente da importância da determinação de teores extremamente baixos de algumas espécies tendo em vista o papel que podem desempenhar em diferentes meios, houve generalizada preocupação quanto à necessidade de aprimoramento de técnicas que pudessem levar à determinação de valores cada vez menores sem perda da confiabilidade. Desenvolveu-se assim a chamada “análise de traços” que, pela enorme variedade e alta especialização metodológica e instrumental, poderia ser considerada, conforme comenta G.H. Morrison<sup>10</sup>, um campo específico dentro da química analítica. Seria quase inimaginável, há pouco mais de duas décadas, que se pudesse chegar, não apenas a detectar, mas também a determinar com apreciável grau de segurança, teores em nível de picograma e até mesmo de femtograma como vem ocorrendo atualmente. Muitas vezes, o surgimento de novas técnicas ou o aperfeiçoamento de outras já existentes tem resultado de estudos em profundidade com embasamento científico, não havendo razões para subestimar tal tipo de trabalho e considerar a pesquisa analítica em nível inferior ao dos demais ramos da química.

Como já dissemos, a química analítica alcançou outras dimensões e dela também se exige muito mais, como, por exemplo, a necessidade de se conhecer a espécie em que se encontra determinado elemento e não apenas detectar a sua presença. A “especificação” é pois muito valiosa e pode ser até mesmo essencial para a solução ou pelo menos para o equacionamento de relevantes problemas.

Nesse sentido, cabe lembrar o interesse que vem aumentando celeremente pela “análise de superfície”. As propriedades da superfície podem indicar muitas vezes o comportamento de vários materiais, como sucede, por exemplo, com a corrosão, propriedades elétricas e magnéticas que são determinadas em função das condições da superfície correspondente. Não se pode esquecer que as reações entre um dado composto com o meio ambiente começam na superfície, daí a importância de se proceder à análise de superfície antes que o material sofra transformações destrutivas se se quiser conhecer as espécies presentes. É altamente significativo que se tenham constituído foros de âmbito internacional para discussão de diferentes aspectos e problemas a respeito de técnicas e desenvolvimento da análise de superfícies, reuniões cada vez mais concorridas, conforme acentua H. Nickel em editorial recente no periódico *Fresenius Z. Anal. Chem.*<sup>12</sup> em que se refere ao 5<sup>o</sup> Simpósio da especialidade realizado em Jülich em junho do ano passado (1988), devendo o próximo ter lugar em 1990. A conferência de abertura em Jülich foi proferida pelo eminente Prof. H. Malissa de Viena, decano

dos químicos analíticos austríacos, subordinada ao título: “Aspectos Filosóficos sobre a Química Analítica”. O texto dessa importante palestra, bastante alentado, foi reproduzido também no mesmo periódico e mostra a necessidade de uma nova e mais ampla visão filosófica dos nossos procedimentos analíticos<sup>13</sup>.

Em síntese, o processo de criação com objetivos, quer fundamentais, quer aplicados, constitui o cerne da química analítica, ao passo que a simples utilização dos conhecimentos que esse processo desvenda caracteriza a análise química. Assim, poderíamos concluir com uma consideração contida nas reflexões de Van Nieuwenburg há mais de trinta anos<sup>1</sup>: “Será que os robôs serão capazes de fazer química analítica?... Não há dúvida de que poderão efetuar muito bem análises químicas, mas nunca farão química analítica, um domínio claramente reservado ao cérebro humano.”

## REFERÊNCIAS

1. Van Nieuwenburg, C.J.; *Bull. Soc. Chim. France*, (1958) 117.
2. Klockow, D.; *Fresenius Z. Anal. Chem.*, (1981) 305,119.
3. Laitinen, H.H.; *Anal. Chem.*, (1980) 52, 885A.
4. Warner, M.; *Anal. Chem.*, (1989) 61, 287A.
5. Laitinen H.H. e Meehan E.J.; *Anal. Chem.*, (1984) 56, 248A.
6. Lingane, J.; *Talanta*, (1964) 11, 67.
7. Hainberger, L.; *Química Nova*, (1983) 6, 55.
8. Senise P.; *Química Nova*, (1982) 5, 137.
9. Senise P.; *Química Nova*, (1983) 6, 112; *ibid* (1985) 8, 54.
10. Morrison G.; *Anal. Chem.*, (1988) 60, 555A.
11. Taylor, J.K.; *Chemtech*, (1982) 285.
12. Nickel, H.; *Fresenius Z. Anal. Chem.*, (1989) 333, 283.
13. Malissa, H.; *ibid*, (1989) 333, 285.

\* Conferência proferida em 6 de setembro de 1989, durante o V Encontro Nacional de Química Analítica, ENQA, Salvador, BA.