Química a Microscala

– uma solução para um problema crítico

As coisas boas surgem em pequenas quantidades
(Provérbio chinês)

MARGARIDA SARAIVA NEVES^a, FRANCISCO J. ARNÁIZ^b, RONALD M. PIKE^c

INTRODUÇÃO

A importância de envolver os alunos de química em actividades experimentais é universalmente reconhecida.

Em Portugal, o reconhecimento dessa importância reflecte-se em vários documentos oficiais elaborados a partir das directrizes definidas pela Comissão de Reforma do Sistema Educativo [1], no âmbito da Reforma Educativa iniciada em 1986.

Na Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 46/86, de 14 de Outubro) encontram-se várias referências a actividades experimentais e nos programas das disciplinas das áreas de Física e Química em vigor, é enfatizada a importância da componente experimental sendo fornecidas orientações para a realização de alguns trabalhos práticos.

Contudo, é frequente encontrar alunos que, à saída do Ensino Secundário, referem que pouco envolvimento tiveram com actividades experimentais.

São várias as razões que os professores apontam para não proporcionarem aos alunos, mais frequentemente, a realização de actividades experimentais, e entre elas são referidas os custos que as mesmas acarretam e os riscos envolvidos na sua execução. Outro aspecto, de crescente importância e que pode condicionar seriamente a implementação de actividades experimentais no futuro, é o respeitante à poluição ambiental.

O recurso à microscala (utilização de pequenas quantidades de reagentes) parece ser uma resposta para algumas destas questões.

O objectivo deste artigo é divulgar alguns dos seus aspectos, referindo as suas potencialidades e apresentando uma bibliografia útil para quem pretender realizar experiências de Química a microscala.

UM POUCO DE HISTÓRIA

As primeiras referências a experiências de Química a microscala, na Europa central, datam de meados do

século XIX. Posteriormente, Emish e Pregl desenvolveram trabalhos nesta área, o que valeu a este último a atribuição do Prémio Nobel da Química, em 1923.

Já no século XX, é de realçar o trabalho desenvolvido, neste campo, por Feigl, e que se reflecte na sua obra traduzida para espanhol "*Análisis cualitativo mediante reacciones a la gota*" [2], no qual se encontram óptimas descrições de materiais e métodos de trabalho a microscala.

Nos EUA, após a II guerra, em algumas instituições académicas ensinaram-se técnicas de microscala, tanto a nível analítico como sintético. Também nas Universidades de Copenhaga e do Cairo se desenvolveram programas nesse sentido [3].

Na sequência desses trabalhos, publicaram-se diversos artigos que pouca repercussão tiveram na altura, possivelmente devido a factores como:

- fraco reconhecimento da necessidade de preservar o ambiente;
- conhecimento limitado quanto ao perigo de manusear alguns produtos químicos;
- inexistência de balanças electrónicas monoprato, o que dificultava a pesagem de pequenas amostras.

Porém, os movimentos ecologistas e a crescente tomada de consciência da urgência de defender o ambiente tornaram clara a necessidade de reduzir a produção de resíduos tóxicos.

Em 1982, após muito se questionarem acerca da pertinência da reintrodução e readaptação das técnicas de microscala nos laboratórios de ensino da Química, os professores Mayo, Pike e Butcher desenvolveram materiais didácticos necessários à sua implementação. A testagem destes materiais, em anos seguintes, revelou incontestáveis vantagens da microscala relativamente aos métodos tradicionais, tendo muito boa aceitação por parte dos alunos. Com a publicação de "*Microscale Organic Laboratory*" [4], como resultado dos trabalhos daqueles professores, e a subsequente comercialização de equipamentos propostos nessa obra, registou-se um crescimento expo-

nencial na realização de cursos de microscala, nos EUA.

Em 1992, os professores Pike, Szafran e Singh criaram o National Microscale Chemistry Center (NMC²) no Merrimack College, North Andover, Massachusetts, com o objectivo de difundir o alcance e o significado das técnicas a microscala, organizando cursos teórico-práticos, destinados a professores de todos os níveis de ensino e a pessoal de laboratórios industriais.

O NMC² contribuiu desde o seu início para criação de outros centros congéneres nos EUA, na Finlândia, no México, na Austrália, na Suécia e na Holanda e, muito recentemente, na Índia e em Porto Rico.

Em 1998, a União Europeia apoiou a criação da MICRONET (Microscale Techniques for the Reduction of Hazardous Wastes in Academic Laboratories) que inclui instituições de Espanha, Suécia, Finlândia, Brasil e México.

O QUE É MICROSCALA?

Não há concordância entre os diversos autores quanto às quantidades de reagentes envolvidas num processo de microscala.

Para alguns autores, numa perspectiva analítica, um ensaio a microscala envolve quantidades de amostra inferiores a 10 mg, sendo frequentes ensaios com gotas de soluções. Contudo, para outros autores, do ponto de vista sintético, a amostra inicial poderá ir de 25 a 250 mg para sólidos, e de 0,05 a 2 ml para soluções.

A IUPAC optou pela expressão "Pequena Escala", indicativo de ser mais importante o facto de se registar uma redução significativa da quantidade de reagentes utilizados, do que a delimitação rigorosa do campo da microscala.

VANTAGENS DA QUÍMICA A MICROSCALA

Uma análise de livros americanos de experiências de Química, pu-

EQUIPAMENTO DE VÁCUO

blicados nos últimos cem anos, revela não haver redução significativa das quantidades de reagentes utilizados, ao longo deste período [5].

Na sala de aula, de um modo geral, o objectivo é ilustrar uma dada reacção ou a importância de uma técnica pelo que poderá ser suficiente a utilização de pequenas quantidades de reagentes.

Alguns resistências à adesão à microescala parece resultar, por um lado, de se pensar que a mudança envolve muita complicação e, por outro, do desconhecimento do muito que já se publicou sobre o assunto com uma enorme variedade de actividades que, com pouco esforço, poderão ser adaptadas aos diversos níveis de ensino.

A experiência tem mostrado que a microescala é a escala óptima para a maioria das situações, apresentando muito mais vantagens do que inconvenientes, nomeadamente a nível pedagógico.

A **segurança** é maior pois a exposição a produtos tóxicos é diminuída, os riscos de incêndio são reduzidos e as consequências de um eventual acidente são mínimas. E isto tem especial importância quando se trabalha com alunos muito jovens e com pouca experiência em trabalho laboratorial e em laboratórios com infraestruturas deficientes, como infelizmente se verifica em algumas das nossas escolas.

O **tempo** utilizado em montagem de equipamento e na execução de determinadas operações, nas experiências a microescala, é cerca de metade do necessário à escala tradicional [6]. Esse ganho de tempo é importante pois permite repetir experiências que tenham envolvido algum problema, realizar outros ensaios complementares na mesma sessão, aumentar o número de experiências a realizar, preparar e discutir as actividades experimentais.

A microescala possibilita a implementação de ensaios baseados em materiais e reagentes acessíveis a baixo custo o que origina **novas possibilidades de experiências**, indo ao encontro da própria dinâmi-

ca do desenvolvimento científico que exige uma cada vez maior sofisticação nas actividades [3]. Por exemplo, de um modo geral, apesar do seu interesse actual, evita-se propor experiências que envolvam metais devido ao seu custo elevado; com os ensaios a microescala esse problema está ultrapassado. Além disso, indivíduos com alguns tipos de deficiências físicas levam a cabo muito mais facilmente as operações envolvidas em microescala do que à escala normal.

Verifica-se um **maior envolvimento dos alunos**, quando se lhes explica as implicações do recurso à microescala, possivelmente por sentirem que estão a agir de um modo mais racional fazendo "química verde", e por envolver baixo risco.

O trabalho a microescala contribui para uma **melhor preparação dos alunos**, por um lado por promover a aquisição de maior destreza no manuseio de materiais e produtos, e por outro, o ganho de tempo permite maior dedicação à análise e discussão de resultados, além de que contribui para a consciencialização da necessidade de criar novos processos químicos menos poluentes e mais adequados às necessidades da sociedade.

Quanto às **vantagens económicas** é de destacar a menor necessidade de espaço, inferiores custos de instalação e manutenção, o menor custo de seguros pessoais e de edifícios e redução drástica do custo de reagentes e da neutralização de resíduos.

ALGUNS TRABALHOS DESENVOLVIDOS NESTA ÁREA

Um dos pioneiros mais destacados neste campo é o professor Thomson, da Universidade do Colorado. Em 1977, modificou experiências tradicionais e aproveitou as potencialidades de materiais plásticos (tubos, seringas, ...) na concepção de experiências a microescala, no campo da Química Geral (obra 13 da Bibliografia Básica).

Existem várias publicações com óptimas descrições da utilização de materiais baratos para microescala, al-

gumas das quais figuram na Bibliografia Básica que mais adiante se apresenta, sendo de destacar as obras 10., 11. e 12. Em todas elas se podem encontrar soluções engenhosas para a realização de uma grande variedade de experiências, tais como:

- construção e uso de capilares para a determinação da temperatura de ebulição de amostras da ordem do microlitro;
- uso de capilares para derivação das leis dos gases;
- construção e uso de micropipetómetros, de microcolunas cromatográficas, de microburetas, de equipamentos electrolíticos.

Numerosos artigos de interesse nesta área aparecem regularmente nas revistas da especialidade (veja-se, por exemplo, o J. Chem. Educ. on-line). Exemplos típicos são as várias formas de utilização da plasticina [7], ou de vulgares balões [8], a construção de condensadores de ar [9] e a preparação de instrumentos de microtitulação [10].

CONCLUSÃO

Tendo em conta as vantagens apontadas para a microescala, é desejável a sua rápida adopção em todos os laboratórios.

Essa adesão originará a incorporação de uma grande variedade de novas experiências que enriquecerá e facilitará o ensino actualizado da Química. Libertará mais tempo para reflectir sobre as experiências e envolverá o repensar a instalação e uso dos laboratórios.

Tudo isto implicará algum esforço, mas a satisfação dos alunos na realização das actividades e a sua melhor preparação, fazem-nos sentir que a microescala é a maneira mais adequada para aprender química de forma segura e quase sempre estimulante.

^a Est.ola, Sec. Fonseca Benevides, Lisboa, (e-mail: nevesgm@mail.telepac.pt)

^b Depart. Química, Univ. Burgos, 09001 Burgos, Espanha (e-mail: farnaiz@ubu.es)

^c Merrimack College, National Microscale Chemistry Center, Massachusetts, EUA (e-mail: rmpike@opposablethumb.com)

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Até à data foram publicados mais de 20 livros com experiências a microescala, contemplando todos os níveis de ensino da Química, e dos quais se destaca:

1. Harwood, L. M. e Moody, C. J. (1998). *Experimental Organic chemistry: Preparative and Microscale*. 2nd ed. Londres: Blackwell Science Ltd.
2. Holman, R. W. e Hesley, R. K. (1993). *Contemporary Microscale Organic Chemistry*. Kendall/Hunt: Dubuque, IA.
3. Mayo, D. W., Pike, R. M. e Trumper, P. K. (2000) *Microscale Organic Laboratory with Multistep and Multiscale Syntheses*, 4th ed.: New York, NY: Wiley.
4. Mayo, D. W., Pike, R. M. e Trumper, P. K. (2000). *Microscale Techniques for the Organic Laboratory*. 2nd ed. New York, NY: Wiley.
5. Mills, J. L., Hampton, M. D. (1991). *Microscale and Macroscale Experiments for General Chemistry*, 2ª ed., Burr Ridge, IL: WCB/Mc Graw-Hill.
6. Mohrig, J. R., Hammond, C. N. e Morrill, T. C. (1997) *Organic Chemistry Laboratory Manual / A Balanced Approach: Macroscale and Microscale*. New York, NY: Freeman & Co.
7. Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. e Engell, R. G. (1999). *Introduction to Organic Laboratory Techniques, A Microscale Approach*. 3ª ed. Philadelphia, P. A: Harcourt College Publishers.
8. Singh, M. M., Pike, R. M. e Szafran, Z. (1995). *Microscale and Selected Macroscale Experiments for General and Advanced General Chemistry, An Innovative Approach*. New York, NY: Wiley.
9. Szafran, Z., Pike, R. M. e Singh, M. M. (1991). *Microscale Inorganic Chemistry: A Comprehensive Laboratory Experience*. New York, NY: Wiley.
10. Szafran, Z., Pike, R. M. e Foster, J. C. (1993). *Microscale General Chemistry Laboratory with Selected Macroscale Experiments*. New York, NY: Wiley.
11. Szafran, Z., Pike, R. M. e Singh, M. M. (1996). *Microscale Chemistry for High School*. Vol. I, Kendall/Hunt Pub.: Dubuque, IA.
12. Szafran, Z., Pike, R. M. e Singh, M. M. (1996). *Microscale Chemistry for High School*. Vol. II, Kendall/Hunt Pub.: Dubuque, IA.
13. Thompson, S (1990). *Chemtrek: Small Scale Experiments for General Chemistry*. NJ: Prentice Hall, Upper Saddle River.
14. Williamson, K. L. (1999). *Macroscale and Microscale Organic Experiments*. 3rd ed., Boston, MA: Houghton Mifflin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comissão de Reforma do Sistema Educativo, *Proposta Global de Reforma: Relatório final*, Lisboa, Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério da Educação, 1988.
2. Feigl, F. (1949). *Análisis cualitativo mediante reacciones a la gota*, 3ª ed. Madrid: Paraninfo.
3. Arnaiz, F. J. e Pike R. M. (1999). *Microescala en los Laboratorios de Química: una revolución imparale*, Anales de la Real Sociedad Española de Química, Julho/Setembro, 45 - 51.
4. Mayo, D., Pike, R. e Butcher, S. (1986). *Microscale Organic Laboratory*. New York, NY: Wiley.
5. Mayo, D., Pike, R. e Trumper, P. (2000). *Microscale Organic Laboratory*. 4ª ed. New York, N.Y.: Wiley.
6. Pickering, M. e LaPrade, J. E. (1986). Macro versus micro: A controlled study of efficiency. *J. Chem. Educ.* 63, 535.
7. Arnaiz, F. J. (1998). Using plastiline in the laboratory. *J. Chem. Educ.* 75 (11), 1418.
8. Arnaiz, F. J. (1993) Balloons in Lab. *J. Chem. Educ.* 70, 1020.
9. Arnaiz, F. J. (1993) Air Condensers. *J. Chem. Educ.* 70, 1020 - 1021.
10. Singh, M. M., McGowan, C. B., Szafran, Z. e Pike, R. M. (1998). A Modified Microburet for Microscale titration. *J. Chem. Educ.* 75, 371.

Kromatografia + EspeKtroscopia

**CROMATOGRAFIA: HRGC / HPLC
ESPECTROSCOPIA/ESPECTROMETRIA
ENGENHARIA
EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO
PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS
CIÊNCIA DE MATERIAIS/VÁCUO**

Konik-Tech, S.A.

Rua Prof. Veiga Ferreira, 6B

1600 Lisboa

Telef. 21757 35 47

Fax. 21757 34 85

E-mail: lisboa@konik-group.com

Vendas: sales@konik-group.com

Marketing: marketing@konik-group.com

Serviço Técnico: SAT@konik-group.com

www.konik-group.com