

## RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA: RECUPERAÇÃO E CADASTRAMENTO DE RESÍDUOS DOS LABORATÓRIOS DE GRADUAÇÃO DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Suzana T. Amaral, Patrícia F. L. Machado, Maria do Carmo R. Peralba, Maria Regina Camara, Tatiana dos Santos, Ana Lúcia Berleze, Humberto Luciano Falcão, Marcia Martinelli, Reinaldo S. Gonçalves, Eduardo R. de Oliveira, Jorge L. Brasil, Marco Aurélio de Araújo e Antonio Cesar A. Borges.

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, CP 15003, 91501-970 Porto Alegre - RS

Recebido em 26/6/00; aceito em 16/10/00

REPORTING AN EXPERIENCE: RECOVERING AND RECORDING RESIDUES OF TEACHING LABORATORIES OF CHEMICAL INSTITUTE OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL. An experience aiming to promote a residue interchange and recovery between the teaching laboratories of the Chemistry Institute of this University is described. At the present, several residues interchange have already appeared as advantageous. To make the work easier, a software has been developed in order to keep a record of all the residues generated by the teaching laboratories. Standard labels have been developed for the residues in order to organize them. The software and the label design are described.

Keywords: environmental chemistry; residues; recycling.

### INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos cresceu a nível mundial a conscientização por parte das indústrias químicas, das instituições acadêmicas e dos órgãos governamentais a respeito da necessidade de um tratamento eficaz ou de uma adequada disposição final de qualquer tipo de resíduo<sup>1</sup>. Sempre que possível, existe um empenho na recuperação dos resíduos gerados por vários tipos de processos, objetivando torna-los úteis novamente<sup>1-26</sup>. Por outro lado, as indústrias estão gradualmente trocando processos tradicionais por tecnologias limpas<sup>27-36</sup>. Atitudes responsáveis deste tipo são essenciais para que os danos ambientais e os riscos à saúde da humanidade sejam minimizados.

Os resíduos recuperados podem não somente ser sucessivamente reutilizados no mesmo processo em que foram gerados, como também podem se transformar em matéria prima para outros processos.

As Universidades, como instituições responsáveis pela formação de seus estudantes e, conseqüentemente, pelo seu comportamento como cidadãos do mundo, devem também estar conscientes e preocupadas com este problema. As atividades de laboratório realizadas, seja em aulas experimentais ou atividades de pesquisa, geram resíduos que podem oferecer riscos ao meio ambiente ou à saúde.

O Instituto de Química da UFRGS, preocupado com esta problemática, vem desde 1994 desenvolvendo atividades de coleta seletiva e tratamento de rejeitos dos laboratórios de pesquisa e graduação<sup>37</sup>. No âmbito dos laboratórios de ensino de graduação, algumas disciplinas já realizaram diversas atividades visando tanto recuperação de resíduos como a síntese de reagentes para utilização em outros laboratórios de ensino ou em laboratórios de pesquisa, etc. No entanto, estas ações tinham um caráter restrito e isolado, na medida em que eram realizadas dentro de um setor ou Departamento. Em 1998, quando do lançamento do Edital PADCT III – Apoio a Cursos de Graduação em Química e Engenharia Química, o Instituto de Química apresentava a maturidade necessária para o desenvolvimento de um programa institucional, que refletisse o espírito dos seus sucessivos dirigentes, bem como de seus professores e funcionários. O projeto apresentado “Ensino e a Química Limpa”, sob a coordenação do Prof. Dimitrios Samios e da Profa. Annelise Engel Gerbase foi aprovado e tem como meta a formação de um profissional em química preocupado

com a preservação do meio ambiente e com o desenvolvimento e utilização de tecnologias limpas.

Dentro deste projeto, previu-se a criação de um “Programa em Química Limpa” onde destaca-se a atividade “Fluxo de Resíduos e Produtos”, sob responsabilidade da Profa. Suzana Trindade Amaral.

Este artigo relata o trabalho que está sendo desenvolvido pelo grupo de professores e funcionários vinculados a esta atividade, com o objetivo de reduzir as quantidades de resíduos produzidos nos laboratórios de ensino de graduação do Instituto de Química. Estão sendo mostrados exemplos de rótulos padronizados que foram adotados visando uma melhor classificação dos “resíduos”, bem como está sendo também divulgado um programa de computador desenvolvido por um técnico de laboratório da instituição, cujo objetivo é organizar de forma acessível informações detalhadas sobre os diferentes resíduos produzidos e torná-los passíveis de reaproveitamento, uma vez que o uso de computadores está muito difundido em qualquer atividade<sup>38-40</sup>, e nas Universidades tanto professores como alunos e equipe técnica são capazes de desenvolver programas para atender necessidades específicas<sup>41-45</sup>.

### RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS DE GRADUAÇÃO

O Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul é dividido em três Departamentos: Departamento de Química Inorgânica, Departamento de Química Orgânica e Departamento de Físico-Química, sendo que o Departamento de Química Inorgânica engloba três setores: Química Geral, Química Inorgânica e Química Analítica (Qualitativa e Quantitativa). Estes três Departamentos iniciaram um programa de intercâmbio de resíduos envolvendo seus laboratórios de graduação. Os estudantes estão sendo constantemente alertados para a necessidade de um descarte consciente, cuidadoso e adequado a fim de que seja evitada qualquer contaminação indesejada dos resíduos. O objetivo é que tenham sempre presente: “O resíduo de hoje pode ser o reagente de amanhã e o prejuízo ao meio ambiente pode ser reduzido”.

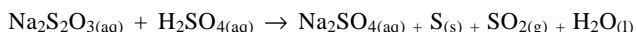
Como foi mencionado, a principal meta deste trabalho é tornar úteis os resíduos gerados nos laboratórios de graduação e, desta forma, minimizar a quantidade daqueles que necessitam um descarte definitivo. Muitos destes resíduos são recuperados

como produtos puros e vários experimentos novos estão sendo desenvolvidos e testados, a fim de implementar o aproveitamento daqueles que usualmente eram diretamente descartados.

A Figura 1 mostra um fluxograma que exemplifica os intercâmbios atualmente em andamento entre os Departamentos do Instituto de Química da UFRGS.

Alguns reaproveitamentos especificados no fluxograma serão comentados a seguir, com a finalidade de detalhar o trabalho que está sendo realizado.

Um bom exemplo de reaproveitamento é o enxofre sólido, produzido pelo setor de Química Geral, gerado em um experimento de Cinética Química, no qual se objetiva determinar a ordem da seguinte reação:



O enxofre sólido é retirado da mistura por filtração, secado em estufa, dissolvido em álcool, filtrado para separá-lo das impurezas e reprecipitado com água. A seguir, o enxofre é filtrado, secado em estufa e encaminhado para o setor de Química Inorgânica, que o utiliza como reagente do experimento intitulado “Estudo do Enxofre”.

Outro exemplo, é a recuperação do nitrato de prata,  $\text{AgNO}_3$ , a partir de resíduos de  $\text{AgCl}$ . O resíduo é misturado com água, açúcar e  $\text{NaOH}$  e é aquecido a fim de promover uma redução completa à prata metálica<sup>46</sup>. A prata, assim obtida, é filtrada,

exaustivamente lavada com água destilada e, depois de seca, é misturada com  $\text{HNO}_3$  concentrado em quantidade estequiométrica. A mistura é aquecida e filtrada, sendo que o filtrado é concentrado e resfriado em banho de gelo para precipitar o  $\text{AgNO}_3$ . Os cristais de  $\text{AgNO}_3$ , assim obtidos, são secados sob vácuo e guardados para reutilização. Esta recuperação é realizada nos setores de Química Geral e Inorgânica. O  $\text{AgNO}_3$  obtido é utilizado no próprio setor de Química Inorgânica e também pelo Departamento de Química Orgânica.

Outros reaproveitamentos que podem ser citados, são vários produtos obtidos em experimentos de Síntese Orgânica no Departamento de Química Orgânica. Estes podem ser utilizados como reagentes em outros Departamentos e setores, como por exemplo:

- vermelho de metila é usado como indicador em experimentos de volumetria de neutralização nos setores de Química Geral e Química Analítica Quantitativa;
- produtos como ácido acetil salicílico, eugenol e acetil eugenol podem ser reaproveitados pelo setor de Química Analítica Quantitativa em experimentos de cromatografia em fase gasosa.

## RÓTULOS PADRONIZADOS

Para obter uma melhor organização, foram propostos rótulos padronizados que permitam uma fácil identificação dos

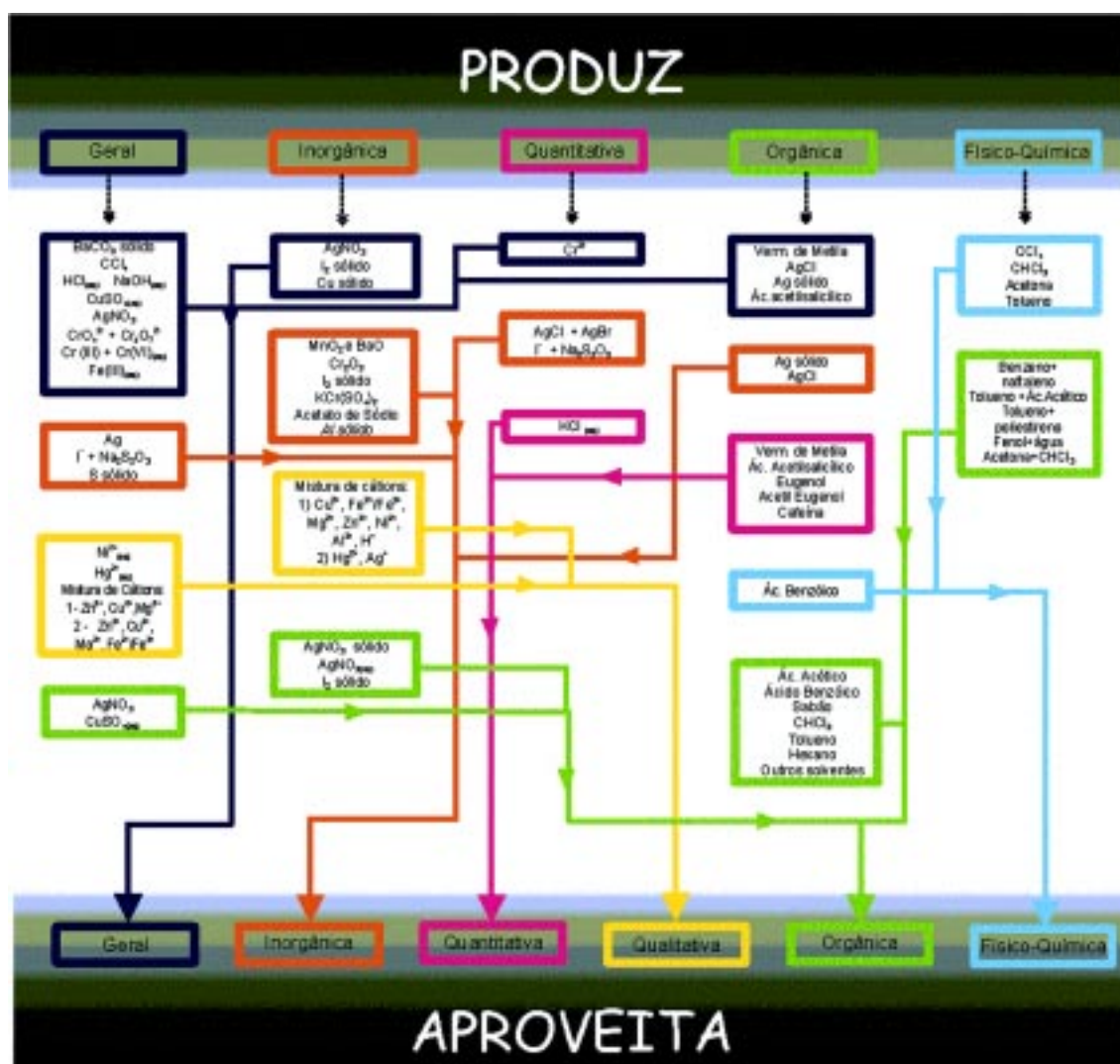


Figura 1. Fluxograma de Intercâmbio de Resíduos.

resíduos, independente dos mesmos serem recuperáveis ou não. Três tipos de rótulos foram propostos em função da convenção de nomenclatura adotada no Instituto de Química:

1º) *Rótulos de Insumos*: Convencionou-se como sendo “Insumo” o produto originado de qualquer processo de recuperação ou de algum processo de síntese. Estes rótulos são identificados por uma barra verde na parte superior.

2º) *Rótulos de Resíduos*: Convencionou-se como sendo “Resíduo” todo e qualquer resíduo que pode ser reaproveitado, sem tratamento prévio, em algum outro experimento. Estes rótulos são identificados por uma barra amarela na parte superior.

3º) *Rótulos de Rejeitos*: Convencionou-se como sendo “Rejeito” todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado. Estes rótulos são identificados por uma barra vermelha na parte superior.

Todos os rótulos contêm na sua parte inferior informações adicionais: nome do técnico responsável pelo acondicionamento, data deste procedimento, logotipo do Departamento de origem e um número de referência que corresponde ao número da ficha (NF) deste resíduo no programa de cadastramento. Este programa será comentado abaixo.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram alguns exemplos destes rótulos que utilizam a convenção anteriormente descrita.



Figura 2. Exemplo de Rótulo de Insumo.



Figura 3. Exemplo de Rótulo de Resíduo.



Figura 4. Exemplo de Rótulo de Rejeito.

#### PROGRAMA DE CADASTRAMENTO DE INSUMOS, RESÍDUOS E REJEITOS

Com a finalidade de tornar disponível a maior quantidade de informação possível sobre os resíduos gerados nos laboratórios de graduação dos três Departamentos, um programa de computador denominado “Sistema de Reutilização de Resíduos” foi desenvolvido pelo técnico de laboratório Humberto Luciano Falcão e testado pelos também técnicos de laboratório Ana Lúcia Berleze, Tatiana dos Santos e Jorge Lima Brasil. Este programa deve estar brevemente instalado na rede do Instituto de Química da UFRGS, a fim de disponibilizar informações sobre todos os insumos, resíduos e rejeitos.

O programa apresenta-se sob forma de fichas que contêm informações sobre o resíduo em questão e que podem ser facilmente acessadas pelo número de referência existente no rótulo.

As Figuras 5, 6, 7, 8, e 9 mostram um exemplo de ficha devidamente preenchida e a Figura 10 mostra o localizador de informações.



Figura 5. Programa de Cadastramento: “Sistema de Reutilização de Resíduos”.

Na primeira página do programa são registradas informações sobre a origem do resíduo, a quantidade gerada por semestre, a data da última atualização e o nome do responsável pelo preenchimento das informações.

O exemplo preenchido nesta ficha refere-se ao resíduo do experimento de "Cinética Química" do setor de Química Geral do Departamento de Química Inorgânica já comentado anteriormente. Deste resíduo, após filtração, são obtidos em média 150 gramas por semestre de enxofre sólido.

Figura 6. 1ª Página da Ficha de Cadastramento.

Na segunda página do programa são listados os reagentes utilizados no experimento, as reações químicas que ocorrem e a composição majoritária e minoritária do resíduo.

No exemplo em questão, os reagentes utilizados no experimento são soluções de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que, uma vez misturadas, produzem o enxofre sólido o qual, após filtrado, é obtido separadamente. Portanto, a composição majoritária é o próprio enxofre sólido e o filtrado é uma solução de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Figura 7. 2ª Página da Ficha de Cadastramento.

A terceira página apresenta informações sobre algumas propriedades físicas do resíduo.

No exemplo, o resíduo é uma mistura heterogênea antes da filtração, tendo pH 1. Informações adicionais sobre o processo de recuperação foram preenchidas.

A quarta página contém informações sobre o possível tratamento a que pode ser submetido o resíduo.

Nesta página da ficha é detalhado o processo de recuperação e purificação do enxofre sólido que é efetuado e que já foi descrito anteriormente.

Figura 8. 3ª Página da Ficha de Cadastramento.

Figura 9. 4ª Página da Ficha de Cadastramento.

O menu localizado à direita de cada página somente pode ser acessado por pessoas autorizadas, que desejam modificar ou atualizar a informação disponível. Este menu apresenta as seguintes alternativas, além do número de referência: opção para criar uma nova ficha, editar novas informações, deletar e localizar informações. A opção de localização de informações, abre uma nova janela no Windows onde o nome de um produto químico pode ser digitado em busca de informações adicionais. A página do localizador lista, então, os experimentos que utilizam o produto químico especificado pelo interessado.

Se o usuário estiver buscando algum resíduo que contenha enxofre, ao digitar no espaço apropriado o nome desta substância e solicitar a sua localização, o programa deverá listar os experimentos que geram enxofre e as disciplinas em que estes experimentos são realizados.

## CONCLUSÕES

A atividade - Fluxo de Resíduos e Produtos - está sendo implantada com sucesso no Instituto de Química da UFRGS. O seu impacto pode ser avaliado pelo comportamento dos estudantes, que demonstram entusiasmo por estarem contribuindo para a redução de danos ao meio ambiente e, principalmente, pelos próprios professores e funcionários por estarem conseguindo viabilizar uma proposta antiga da Instituição.

O desenvolvimento do programa de computador "Sistema de Reutilização de Resíduos" oferece diversas vantagens. A



Figura 10. Página do Localizador.

informação é facilmente atualizada e disponibilizada para o usuário que busque um conhecimento mais detalhado sobre um determinado resíduo.

O grupo responsável por esta atividade está convencido de que os futuros profissionais da Química egressos da UFRGS estarão conscientes da necessidade de evitar a poluição do ambiente. Espera-se que em suas atividades, estes profissionais empenhem-se em desenvolver processos que diminuam as emissões de agentes poluentes.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico)

#### REFERÊNCIAS

- Emptoz, G.; *Chem. Ind. Eur.* 1850-1914, **1998**, 293.
- Ishibasshi, Y.; Arizone, K.; *J. Health Sci.* **1999**, 45, 87.
- Kothari, A. C.; *Chem. Eng World* **1999**, 34, 101.
- Mohanty, S. P.; Senapati, M. R.; *Res. J. Chem. Environ.* **1998**, 2, 75.
- Tonda, E.; Zanetti, M. C.; Clerici, C.; Operto, M.; *Proc. Natl. Congr. Valorisation Recycl. Ind. Wastes 1st 1997* (pub. **1998**), 89.
- Ferrari, G.; Barbera, A.; Paoli, P.; Cerulli, T.; Salvioni, D.; *Proc. Natl. Congr. Valorisation Recycl. Ind. Wastes 1st 1997* (pub. **1998**), 123.
- Hreglich, S.; Nicoletti, F.; *Proc. Natl. Congr. Valorisation Recycl. Ind. Wastes 1st 1997* (pub. **1998**), 155.
- Simoncini, B.; Orru', R.; Cao, G. *Proc. Natl. Congr. Valorisation Recycl. Ind. Wastes 1st 1997* (pub. **1998**), 307.
- Geyer, L. B. A.; Consoli, N.; Molin, D. Dal; *Challenges Concr. Next. Millenium, Proc. FIP Congr. 13<sup>th</sup>* **1998**, 2, 577.
- Fouche, J.; O'Neill, B.; Griffith, R.; *Annu. Jt. Serv. Pollut. Prev. Conf. Exhib., "Achieving Compliance Pollut. Prev."*, 3<sup>rd</sup> **1998**, 442.
- Tee, J. K. S.; Fray, D. J.; *EPD Congr. 1999 Proc. Sess. Symp.* **1999**, 883.
- Davis, S. A.; Lyon, D. R.; Owens, J. A.; Sprayberry, D. L.; Osborne, H. S.; *EPD Congr. 1999 Proc. Sess. Symp.* **1999**, 391.
- Caabeiro, J. C.; *Alimentaria* **1999**, 302, 73.
- Mishra, S. K.; *Min. Eng.* **1999**, 51, 29.
- Hobbs, D. T.; Steimke, J. L.; Kurath, D. E.; Balagopal, S.; Landro, T.; Sutija, D. P.; Genders, J. D.; Chai, D.; *Met. Sep. Technol. Beyond 2000: Proc. Symp.* **1999**, 281.
- Springer, A.; Higgins, J.; *J. Proc. - TAPPI Int. Environ. Conf.* **1999**, 3, 969.
- Swinnen, N.; Gregor, K.H.; *J. Proc. - TAPPI Int. Environ. Conf.* **1999**, 1, 91.
- Salgar, S.; *J. Proc. - TAPPI Int. Environ. Conf.* **1999**, 1, 103.
- Tsai, S. -P.; Pfromm, P.; Henty, M. P.; Fracaro, A.T.; *J. Proc. - TAPPI Int. Environ. Conf.* **1999**, 2, 831.
- Thakahashi, T.; Fujisawa, K.; Oosumi, K.; Nagata, K.; *KOBELCO Technol. Rev.* **1999**, 22, 7.
- Nagase, Y.; Yamagata, M.; Fukuzato, R. *KOBELCO Technol. Rev.* **1999**, 22, 11.
- Zhang, Y.; Muzzy, J. D.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 485.
- Bhat, G.; Narayanan, V.; Wadsworth, L.; Dever, M. 5<sup>o</sup> - Zhang, Y.; Muzzy, J. D.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 499.
- Realf, M. J.; Amons, J.C.; Newton, D. 5<sup>o</sup> -Zhang, Y.; Muzzy, J. D.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 547.
- Levy, A. B.; Sifniades, S. 5<sup>o</sup> -Zhang, Y.; Muzzy, J. D.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 471.
- Wang, Y. 5<sup>o</sup> -Zhang, Y.; Muzzy, J.D.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 533.
- Bare, J.C.; Cicmanec, J.; Cabezas, H.; *Drug Chem. Toxicol.* **1997**, 20, 411.
- Bohm, C.; Beckmann, O.; Dabard, O. A. G.; *Angew. Chem.* **1999**, 38, 907.
- Ercan, Y.; *Energy* **1999**, 24, 419.
- Moreland, T.; Rogers, M.; Jury, D. G.; *Annu. Jt. Serv. Pollut. Prev. Conf. Exhib., "Achieving Compliance Pollut. Prev."*, 3<sup>rd</sup> **1998**, 176.
- Schimek, P.; *Trans. Res. Rec.* **1998**, 1641, 39.
- Ebeling, H. O.; Lyddon, L. G.; *Hydrocarbon Process, Int. Ed.* **1999**, 78, 107.
- Lindstad, T.; *EPD Cong. 1999, Proc. Sess. Symp.* **1999**, 783.
- Altnau, G.; Gernig, R.; Grandrath, N.; *Eur. Coat. J.* **1999**, 60.
- Khait, K.; Torkelson, J. M.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 445.
- Daniels, E. J.; *Polym. - Plast. Technol. Eng.* **1999**, 38, 569.
- Costa, V. E. U.; Reis, L. F. M.; Kuamoto, P. M.; Melo, E. S.; *Congresso Brasileiro de Química, 34.* 1994, Porto Alegre. Resumos. Porto Alegre: ABQ, 1994, p 316.
- Glasser, R. E.; Poole, M. J.; *J. Chem. Educ.* **1999**, 76, 699.
- Kaess, M.; Easter, J.; Cohn, K.; *J. Chem. Educ.* **1998**, 75, 642.
- Gammon, S. D.; Hutchison, S. G.; Waller, B. E.; Tolbert, R. W.; *J. Chem. Educ.* **1999**, 76, 708.
- Harris, D.; *J. Chem. Educ.* **1998**, 75, 119.
- Smith, S. G.; *J. Chem. Educ.* **1998**, 75, 1080.
- Bowen, C. W. ; *J. Chem. Educ.* **1998**, 75, 1172.
- Armitage, D. B.; *J. Chem. Educ.* **1999**, 76, 287.
- Starkey, R.; *J. Chem. Educ.* **1999**, 76, 288.
- Kuya, M. K.; *Quim. Nova* **1993**, 16, 474.