



## Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que Fazer?

**Patrícia Fernandes Lootens Machado e Gerson de Souza Mól**

A geração de resíduos e rejeitos perigosos é um fato inerente à experimentação no ensino de Química. Portanto, faz-se necessário discutir com a comunidade escolar a relevância do gerenciamento de materiais residuais gerados em aulas experimentais de Química, apontando formas adequadas e seguras para o manuseio desse material. Essa discussão, que deve ser considerada uma obrigação do ponto de vista de preservação ambiental, é uma importante ação de educação, podendo ser abordada em qualquer área de ensino.

► minimização de resíduos, disposição de rejeito, educação ambiental ◀

Recebido em 6/8/07, aceito em 11/6/08

**É** consenso entre professores de Química de diferentes níveis de ensino a importância que a experimentação desempenha no processo de ensino-aprendizagem.

Em concordância, temos a visão de Silva e Machado (2008):

*A aula experimental em Química pode ser considerada uma estratégia pedagógica dinâmica que tem a função de gerar problematizações, discussões, questionamentos e buscas de respostas e explicações para os fenômenos observados, possibilitando a evolução do aspecto fenomenológico (macroscópico) observado para o teórico (microscópico), e chegando, por consequência, ao representacional. (s/p)*

Sob esse ponto de vista, podemos considerar que se encontra no nível fenomenológico (concreto) a preocupação com a utilização de materiais ou substâncias, com suas propriedades e possíveis transformações.

Dentre diferentes materiais e substâncias manuseados em aulas de

Química, encontram-se aqueles classificados como perigosos por apresentar características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade ou toxicidade. Quando são utilizados em aulas experimentais, estes podem transformar-se em materiais que, em função de seu caráter tóxico e de potenciais danos ao ambiente, não devem ser descartados em lixo comum ou em redes de esgoto. Por isso, os resíduos devem ser recuperados para reutilização e os rejeitos descartados de forma adequada.

Nessa perspectiva, para Figuerêdo (2006), tanto os resíduos quanto os rejeitos "são materiais remanescentes de alguma apropriação, processo ou atividade desenvolvida" (p. 48). A diferença entre eles é que o resíduo possui um potencial de uso com ou sem tratamento. Já o rejeito não apresenta possibilidade técnica ou econômica de uso, devendo ser tratado para descarte final (Amaral e cols., 2001).

Uma aula experimental de Química, por gerar produtos perigosos, é uma atividade potencialmente poluidora. Para diminuir esse problema, durante seu planejamento, deve-se avaliar e reconhecer os riscos e os perigos dos produtos químicos que serão

manuseados, bem como dos resíduos ou rejeitos produzidos durante esta. Caberá ao professor buscar formas de minimizar a quantidade dos resíduos gerados nas aulas experimentais, bem como planejar a recuperação ou o descarte deles. Além disso, é importante que ele debata com seus alunos sobre a necessidade de se dispor corretamente rejeitos perigosos, tema explorado no trabalho de Gimenez e cols. (2006). Nesse debate, é oportuna a discussão de problemas ambientais e de saúde pública causados pela poluição, abordando a aplicação responsável dos conhecimentos científicos, a relevância do planejamento para prevenção de impactos negativos gerados pelo progresso e a necessidade de modificar posturas. Enfim, é imprescindível discutir com os alunos como as ações de cada indivíduo influenciam, de forma positiva ou não, nas questões ambientais. Apesar de um único indivíduo não mudar quadros tão amplos, ele pode ser o catalisador de mudanças de concepções que levam a transformações almeçadas.

Recomenda-se que as aulas experimentais sejam planejadas,

reduzindo-se ao máximo possível a escala dos processos laboratoriais. Dentre os benefícios alcançados com a diminuição de escala, pode-se destacar a redução da poluição, do nível de exposição aos materiais ou substâncias, do tempo reacional, dos riscos e da severidade dos acidentes, do volume de resíduos/rejeitos gerados e do custo dos experimentos.

Deve-se dar preferência a experimentos cujos resíduos possam, posteriormente, ser úteis em outras atividades experimentais. Entretanto, se não for possível o reuso, o material deve ser tratado e só poderá ser descartado, na pia ou no lixo comum, caso obedeça a padrões de segurança e esteja de acordo com as condições e exigências dispostas na legislação ambiental, seja em âmbito municipal, estadual e federal, como, por exemplo, a Resolução Conama Nº 357/2005 (BRASIL, 2005a) e a Norma ABNT/NBR 9800 (1987).

Essa atividade tem caráter valioso, pois além de ensinar ciências, ajuda a despertar a responsabilidade socioambiental e a promover o desenvolvimento de uma consciência ética. Essas ações se opõem à prática comum e não sustentável de jogar na pia ou no lixo qualquer resíduo/rejeito gerado em aulas experimentais.

### Minimização de material residual

Para consolidar práticas de minimização, o professor deverá seguir alguns critérios de utilização racional, segura e ambientalmente adequada de produtos químicos. A teoria dos 4Rs (Reduzir, Reusar, Reciclar e Recuperar) insere-se perfeitamente nessa proposta para trabalhar Educação Ambiental em aulas de Química. Para minimizar a produção de resíduos químicos, é recomendável:

1. reduzir fontes geradoras de poluição, diminuindo volumes e concentrações de reagentes químicos;
2. utilizar reagentes que causem menor impacto ambiental, incluindo a saúde dos indivíduos;
3. reusar, recuperar e reciclar, sempre que possível, os resíduos químicos, preservando recursos naturais;
4. planejar a aquisição de produtos

químicos em pequenas quantidades, evitando deterioração e acúmulo destes no laboratório, visto que o acúmulo de materiais aumenta os riscos de derramamentos e incêndios;

5. controlar o estoque de produtos químicos por meio de inventário, suas condições de armazenagem e a integridade de seus rótulos;
6. evitar a obtenção e o uso de substâncias de elevada toxicidade como, por exemplo, benzeno, tolueno, clorofórmio, formaldeído, tetracloreto de carbono ou sais contendo íons de mercúrio, chumbo, cromo, cádmio, níquel, bário, arsênio, ósmio, cianetos etc.;
7. não aceitar doações de produtos químicos que não estejam nos planos de utilização e que possam se transformar em resíduos;
8. doar ou trocar com outras instituições produtos químicos excedentes ou que não estejam mais em uso no laboratório, antes que estes se tornem instáveis, reativos ou até explosivos;
9. alterar experimentos que não se enquadrem nessa proposta, substituindo reagentes químicos sem prejudicar a compreensão das relações conceituais exploradas (exemplos: em algumas reações de oxidação, usar o hipoclorito de sódio em vez do dicromato de sódio; utilizar vinagre e amônia em substituição a ácidos e bases convencionais; empregar hidróxido de sódio para precipitar metais no lugar de sulfetos; substituir termômetros de mercúrio pelos de álcool; substituir sais de metais tóxicos por sais que provoquem pouco ou nenhum impacto - por exemplo: substituir  $\text{BaCl}_2$  por  $\text{CaCl}_2$ , na identificação do íon sulfato, e substituir o  $\text{PbI}_2$  por  $\text{CaCO}_3$  como modelo de reação de precipitação).

Mesmo seguindo essas recomendações, no laboratório de ensino, sempre há produção de rejeitos que necessitam ser tratados para disposição final. Nesse caso, faz-se

necessário observar os seguintes procedimentos:

1. não misturar materiais perigosos com não perigosos (por exemplo: soluções aquosas com resíduos orgânicos, soluções contendo metais tóxicos com aquelas que não os contêm), já que terão destinos diferenciados;
2. não misturar solventes orgânicos não halogenados com halogenados, visto que poderão ser tratados de formas distintas (por exemplo: os halogenados não podem ser incinerados se não houver lavadores dos gases produzidos – haletos de hidrogênio);
3. respeitar a incompatibilidade entre resíduos perigosos para não os acondicionar em um mesmo recipiente;
4. coletar os resíduos em recipientes limpos, compatíveis, em bom estado e com tampas ajustadas adequadamente;
5. rotular os recipientes conforme seus conteúdos e riscos. Cada rótulo deve indicar claramente: a composição química aproximada, os nomes das substâncias contidas, suas concentrações, seus riscos físicos e para a saúde, a procedência (laboratório de origem), o nome do responsável pelo laboratório e a data de coleta;
5. armazenar corretamente os recipientes até o descarte, respeitando possíveis incompatibilidades entre seus conteúdos;
6. não preencher os recipientes além de 2/3 de suas capacidades, devido à possibilidade de geração de gases, o que acarretaria riscos de derramamento do material;
7. ao utilizar sacos plásticos como recipientes primários, usar outro recipiente rígido, como plástico ou caixa de papelão, para embalar;
8. redobrar os cuidados com a segurança dos indivíduos que manuseiam resíduos/rejeitos, utilizando os equipamentos de proteção individual e coletiva imprescindíveis à atividade.

A adequada disposição final de rejeitos perigosos pode ser feita por meio de incineração, co-processamento ou envio a aterros industriais [Classe 1 – NBR 10004 da ABNT (2004) e Resolução N° 358/2005 do Conama (BRASIL, 2005b)]. Entretanto, isso geralmente tem custo elevado. Dessa forma, é mais razoável programar atividades experimentais que utilizem materiais que possam ser reutilizados ou reciclados, sem a necessidade de serem encaminhados para disposição fora da escola. Além disso, no Brasil, existem poucas empresas devidamente licenciadas por órgãos ambientais que prestam esses serviços, tornando ainda mais difícil se desfazer desses resíduos de forma segura.

**A experimentação desempenha um papel importante no processo de ensino-aprendizagem de Química.**

Como a produção de rejeitos em escolas de Ensino Médio é muito pequena comparada ao montante de uma indústria, o custo proporcional de sua disposição é muito alto. Sugere-se que, nesses casos, a Secretaria de Educação responsabilize-se por efetivar convênios com outras instituições de ensino ou mesmo de pesquisa, formando uma cooperativa para viabilizar a disposição final de rejeitos perigosos.

Os materiais identificados e pouco impactantes podem ser dispostos no lixo (sólido) ou na rede de esgoto (soluções), desde que em pequenas quantidades, baixas concentrações e toxicidade e atendendo aos limites estabelecidos pelas legislações ambientais. Dessa forma, podem ser descartadas substâncias formadas pela combinação dos seguintes íons representados no Quadro 1.

No caso desses íons formarem ácidos e bases, há necessidade de, antes do descarte, ajustar o pH

Quadro 1: Íons de baixa toxicidade para o ambiente quando em pequenas quantidades.

Cátions	Ânions
H <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Li <sup>+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> , Ti <sup>2+</sup> e NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .	BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> , B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> , Br <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , OH <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> e CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> .

das soluções para uma faixa entre 6,0 e 8,0.

Algumas substâncias orgânicas, desde que em pequenas quantidades, com até 4 átomos de carbono e diluídos em água a 10% ou menos, também podem ser descartadas em lixo comum ou pia. Citam-se entre elas os alcoóis, cetonas, aminas, aldeídos, éteres, nitrilas, ésteres e ácidos, além de açúcares como dextrose, frutose,

glicose e sacarose (University of Wisconsin, 2002). Em todos esses casos, impõe-se a necessidade de se drenar grande volume de água de lavagem. Há que se considerar que, no Brasil, a diluição de resíduos pode ser considerada crime ambiental. No entanto, instituições de ensino caracterizam-se por gerar pequenas quantidades de resíduos, apesar da grande diversidade e que, na maioria das vezes, atendem às exigências e limitações padrões impostas pela legislação sobre descarte em redes de esgoto [Resolução Conama N° 357/2005 (BRASIL, 2005a) e a Norma ABNT/NBR 9800 (1987)].

Entretanto, essa forma de descarte só deve ser utilizada após a minimização da geração dos resíduos, de seu reaproveitamento em outras atividades experimentais ou de sua devida inertização (Figueiredo, 2006).

Da mesma forma, existem materiais ou substâncias que as restrições para lançamento são mais limitativas pelo elevado caráter tóxico, e outras que não podem ser lançados na rede de esgoto, entre os quais citamos como exemplo:

- solventes inflamáveis: acetona, benzeno, éter etílico, tolueno, xileno e acetonitrila;

- solventes halogenados: cloroformio, tetracloreto de carbono, dicloroetano e tricloroetano;
- substâncias tóxicas: fenóis, hidrazinas, cianetos, sulfetos, formamida e formaldeído;
- soluções contendo íons de metais tóxicos (Be, Hg, Cd, Ba, As, Cr, Pb, Os, Se, Tl e V), a menos que em concentrações permitidas por lei [exemplos: mercúrio total = 0,01 mg/L; cromo VI = 0,5 mg/L; chumbo total = 1,5 mg/L; cádmio total = 0,1 mg/L (ABNT NBR 9800, 1987)]. Como tais valores são muito baixos, a melhor atitude é a não utilização de soluções contendo esses metais.

Entretanto, alguns dos rejeitos químicos mais comuns encontrados em laboratórios de Ensino Médio podem ser facilmente tratados e adequadamente descartados, quando em pequenas quantidades e de acordo com a legislação. Entre esses, destacamos:

- ácidos e bases inorgânicas (isentos de metais tóxicos) devem ser neutralizados (6,0 < pH < 8,0) e diluídos antes de serem descartados na pia;
- soluções salinas contendo cátions que podem ser precipitados como hidróxidos, carbonatos, sulfatos e até sulfetos (Afonso e cols., 2003; Baccan e cols., 2001; Figueiredo, 2006). Recomenda-se a não utilização de sulfetos como ânion precipitante pela sua toxicidade, entretanto, se for utilizado, o sulfeto residual deve ser oxidado a sulfato com hipoclorito de sódio (água sanitária) [4ClO<sup>-</sup> (aq) + S<sup>2-</sup> (aq) → 4Cl<sup>-</sup> (aq) + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (aq)]. Os sobrenadantes podem ser jogados na pia, desde que as concentrações atendam aos limites permitidos por lei. Os precipitados obtidos podem ser separados por filtração e, se possível, reutilizados.

Materiais sólidos contendo os metais tóxicos citados anteriormente devem ser encaminhados para disposição final em aterros industriais.

Devido às dificuldades relacionadas à análise de concentrações e descarte de rejeitos potencialmente tóxicos, a melhor atitude a ser tomada em práticas de laboratório na Educação Básica é a não utilização de materiais impactantes.

### Considerações finais

A importância da experimentação é ressaltada por inúmeros autores e textos publicados nessa revista. Entretanto, sua realização deve considerar que materiais perigosos não podem ser descartados inadequadamente e que os custos da disposição final desses rejeitos são muito elevados.

Considerando que o ambiente não pode ser negligenciado em prol da experimentação, antes de se realizar qualquer atividade prática, há que se avaliar suas implicações socioam-

bientais e educacionais. Além de problematizar, possibilitando discussões e questionamentos relacionados aos conceitos científicos, a experimentação deve também motivar debates relacionados a questões ambientais.

A gestão de resíduos químicos favorece a percepção da Química como uma ciência que tem papel fundamental no compromisso ético com a vida. O fazer consciente dessa gestão é também uma ação de Educação Ambiental, uma vez que favorece a obtenção de conhecimento, o desenvolvimento de percepção crítica e a mudança de atitude dos indivíduos. A adoção de ações preventivas com relação ao manuseio de produtos químicos reflete a filosofia da Química Verde, movimento relativamente recente que objetiva mudanças de paradigmas pela incorporação de posturas mais sustentáveis e harmo-

niosas entre homens e natureza. O desenvolvimento de uma consciência ambiental só se consolida na relação teoria-prática e não em discursos afastados da realidade.

Por tudo isso e buscando uma melhor aprendizagem dos conceitos da Química, além da ratificação do papel dessa ciência na sociedade moderna, o professor deve privilegiar a experimentação mais limpa, explorando também seu potencial socioambiental no processo de formação do educando.

---

**Patrícia Fernandes Lootens Machado** (plootens@unb.br), bacharel em Química pela UFC, mestre e doutora em Engenharia pela UFRGS, é docente no IQ – UnB. **Gerson de Souza Mól** (gsmol@unb.br), bacharel e licenciado em Química pela UFV, mestre em Química Analítica pela UFMG, doutor em Ensino de Química pela UnB, é docente no IQ e docente/orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – UnB.

### Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Serviços: pesquisa de normas técnicas. NBR 9.800/1987 - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Disponível em: <<http://abnt.org.br/servicos.htm>>. Acesso em: março 2007.

\_\_\_\_\_. Serviços: pesquisa de normas técnicas. NBR 10.004/2004 - Resíduos sólidos – Classificação. Disponível em: <<http://abnt.org.br/servicos.htm>>. Acesso em: março 2007.

AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P. e FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

AMARAL, S.T.; MACHADO, P.F.L.; PERALBA, M.C.R.; CÂMARA, M.R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A.L.; FALCÃO, H.L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R.S.; OLIVEIRA, E.R.; BRASIL, J.L.; ARAÚJO, M.A. e BORGES, A.C.A. 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. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 419-423, 2001.

BACCAN, N.; DE ANDRADE, J.C.; GODINHO, O.E.S. e BARONE, J.S. Química analítica quantitativa elementar. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções CONAMA. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Resolução CONAMA nº 357/2005 - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. 2005a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acessado em 20 abril 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções CONAMA. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Resolução CONAMA nº 358/2005 - "Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências." - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU nº 084, de 04/05/2005, p. 63-65. 2005b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acessado em 20 abril 2007.

FIGUERÊDO, D.V. Manual para gestão

de resíduos químicos perigosos de instituições de ensino e de pesquisa. CRQ-MG, 2006.

GIMENEZ, S.M.N.; ALFAYA, A.A.S.; ALFAYA, R.V.S.; YABE, M.J.S.; GALAO, O.F.; BUENO, E.A.S.; PASCHOALINO, M.P.; PESCADA, C.E.A.; HIROSSI, T. e BONFIM, P. Diagnóstico das condições de laboratório, execução de atividades prática e resíduos químicos produzidos nas escolas de Ensino Médio de Londrina – PR, *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 32-36, 2006.

SILVA, R.R. e MACHADO, P.F.L. A experimentação no Ensino Médio de química: a problemática da segurança em laboratórios de escolas públicas do Distrito Federal. *Ciência & Educação*. 2008 (no prelo).

UNIVERSITY OF WISCONSIN. Safety Department. Chemical safety and disposal guide. Madison, EUA, 2002. 288 p. Disponível em: <<http://www2.fpm.wisc.edu/chemsafety/guide/toc.htm>>. Acesso em 20 abril 2007.

### Para saber mais

HIRATA, M.H. e MANCINI FILHO, J. *Manual de biossegurança*. São Paulo: Manole, 2002.

**Abstract:** Chemical wastes from experimental classes: what must be done? A hazardous waste generation is fact inherent to the chemistry experimentation. So, it's necessary to discuss among school community the relevance of waste materials management generated in chemistry experimentation lessons, pointing out right and safe ways of handling such material. This discussion, that must be considered mandatory under the environment preservation point of view, is a very important environment education.

**Keywords:** waste minimization, waste disposal, environment education.