

Segurança nos Laboratórios

Maria João Marcelo Curto ^a

RECUPERAÇÃO E ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS DE PRODUTOS QUÍMICOS

Um dos problemas que se põe diariamente num laboratório é o da destruição de resíduos de produtos químicos, quer de origem comercial, quer resultantes do trabalho experimental realizado nesse laboratório. O mesmo problema surge quando se procede à verificação dos produtos em armazém e é necessário eliminar os que sofreram decomposição.

A inexistência de um sistema de tratamento de resíduos químicos nos nossos laboratórios, mesmo nos de mais recente concepção, tem vindo a fomentar a prática, incorrecta e perigosa, de lançar no esgoto municipal os resíduos químicos da actividade desses laboratórios. Também a ausência de um incinerador onde se possa proceder à destruição destes produtos, em particular de solventes inflamáveis correntemente utilizados na actividade laboratorial, e de empresas com capacidade para destruir resíduos químicos contribui para a situação presente.

Confrontados com a inexistência de infra-estruturas adequadas para a solução destes problemas, resta, até que elas sejam criadas, procurar minimizar os efeitos nocivos da prática corrente de lançamento de produtos químicos nos esgotos, para o que podem ser consideradas as seguintes alternativas:

- Recuperação de solventes
- Recuperação de metais valiosos
- Troca de produtos desnecessários com outros laboratórios que deles tenham necessidade
- Utilização como combustíveis
- Eliminação dos resíduos convertendo-os em produtos não tóxicos susceptíveis de serem lançados no esgoto municipal

Deter-nos-emos sobre este último ponto, pois é aquele que corresponde à prática corrente e que consideramos ser o que necessita de ser melhor conhecido por todos os que exercem actividade laboratorial.

ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS DE PRODUTOS QUÍMICOS

Os resíduos de produtos químicos só devem ser lançados em sistemas de esgotos que confluem para uma estação de tratamento de águas. As quantidades de produtos químicos lançados no esgoto nunca devem ser superiores a algumas centenas de miligramas ou mililitros e a diluição com água, no laboratório, dever ser de um excesso de 100.

No que se refere aos produtos químicos orgânicos, só podem ser lançados nos esgotos os que forem suficientemente solúveis em água, entendendo-se que um compos-

to é considerado solúvel em água se se dissolver pelo menos até 3% neste solvente. Pode efectuar-se um teste simples de solubilidade, verificando, num tubo de ensaio, se 0,2 ml ou 0,1 g do composto são solúveis em 3 ml de água.

O critério de solubilidade em água exclui desde logo os seguintes tipos de compostos orgânicos:

- hidrocarbonetos
- hidrocarbonetos halogenados
- compostos nitrados
- tióis
- a maior parte dos compostos oxigenados com mais de 5 átomos de carbono
- explosivos (exemplo: azidas e peróxidos)
- polímeros solúveis em água capazes de formar um gel

Contudo o teste de solubilidade em água não basta para se concluir ser possível lançar um composto no esgoto. É necessário atender a outras propriedades do composto, tendo de ser excluídas deste processo de eliminação por lançamento directo no esgoto:

- as substâncias de cheiro desagradável
- as substâncias de ponto de ebulição inferior a 50°C, que podem provocar acumulação perigosa de vapores dentro das canalizações
- as misturas em que só um dos componentes respeita o critério de solubilidade; no entanto, é aceitável a eliminação no esgoto de misturas de compostos desde que as substâncias insolúveis de uma mistura não ultrapassem 2%
- os compostos que são tóxicos e/ou muito reactivos, e que têm de ser decompostos antes de lançados no esgoto

No que se refere aos produtos químicos inorgânicos, é permitida a eliminação de soluções diluídas de sais inorgânicos desde que o anião e o catião sejam relativamente pouco tóxicos:

Catiões menos tóxicos

Al, Au, Bi, Ca, Ce, Cs, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, Pd, Zn

Aniões menos tóxicos

HSO_3^- , BO_3^{3-} , Br^- , CO_3^{2-} , Cl^- , OCN^- , OH^- , I^- , O^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , SCN^-

^a Departamento de Tecnologia de Indústria Química (LNETI), Estrada das Palmeiras, 2745 Queluz.

Os ácidos minerais e as bases devem ser neutralizados antes de lançados no esgoto.

Para destruição de resíduos de produtos químicos inorgânicos, quando incluam catiões tóxicos, podem separar-se esses catiões das soluções aquosas por precipitação como óxidos, hidróxidos e sulfuretos. Os precipitados podem ser separados e posteriormente enterrados ou incinerados, com exceção dos que contêm Hg, Se, As, e Tl, por libertarem compostos voláteis e tóxicos por combustão.

Refere-se seguidamente os métodos de destruição a utilizar para as principais classes de compostos:

Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são insolúveis em água, pelo que não podem ser deitados no esgoto. Devem ser incinerados ou usados como suplemento combustível. Só podem ser enterrados em pequenas quantidades depois de absorvidos num suporte sólido.

Os alcenos, em especial os cíclicos, formam peróxidos explosivos, que têm de ser destruídos antes de se proceder à respectiva eliminação.

Hidrocarbonetos halogenados

Muitos dos hidrocarbonetos halogenados são bastante tóxicos. Por serem insolúveis em água, não podem ser lançados no esgoto. Os que são utilizados em grande quantidade podem ser recuperados por destilação.

A eliminação pode ser feita enterrando-os absorvidos em suporte sólido, ou queimando-os só depois de misturados com excesso de hidrocarbonetos não-halogenados, pois da sua combustão resultam gases ácidos, que requer incineradores especiais.

Alcoóis

Os alcoóis são muito usados como solventes e reagentes no laboratório. Podem ser incinerados, usados como suplemento combustível ou enterrados. Muitos dos alcoóis mais vulgares são biodegradáveis, pouco tóxicos e solúveis em água, pelo que podem ser lançados no esgoto desde que devidamente diluídos com água.

Éteres

Os éteres são relativamente pouco tóxicos, mas geralmente inflamáveis, pelo que não devem ser destruídos no laboratório, além de que são pouco solúveis em água, não devendo por isso ser lançados no esgoto. Pequenas quantidades de éteres podem ser deixadas evaporar numa hote com extracção eficaz, desde que não haja fontes de ignição no local.

Muitos éteres formam peróxidos explosivos, que têm de ser destruídos antes de se proceder à sua eliminação.

Tióis

Os tióis são compostos contendo o grupo de SH, e têm cheiro muito desagradável. Estes compostos só são usados no laboratório em pequenas quantidades, podendo ser destruídos por incineração ou por oxidação a ácido sulfónico e lançamento no esgoto:



Ácidos Carboxílicos

Os ácidos carboxílicos podem ser enterrados ou incinerados, depois de embalados em recipientes de vidro ou de plástico, pois corroem as embalagens metálicas.

Os ácidos caboxílicos solúveis em água e os seus sais de Na, K, Ca e Mg podem ser lançados no esgoto com diluição adequada.

Haletos de Ácidos e Anidridos de Ácidos

Estes compostos, RCOX e $(\text{RCO})_2\text{O}$, reagem com a água, alcoóis e aminas, não podendo ser lançados no esgoto.

A maior parte destes compostos pode ser hidrolisada e compostos solúveis em água e de baixa toxicidade, que podem ser lançados no esgoto:



Ésteres, Amidas e Nitrilos

Os ésteres, as amidas e os nitrilos podem ser incinerados ou enterrados.

Alternativamente, os ésteres podem ser hidrolisados aos respectivos ácido e álcool, e o ácido transformado num sal solúvel em água.

As amidas e os nitrilos podem também ser convertidos nos ácidos correspondentes por reacção com uma solução de hidróxido de potássio em etanol a refluxo.

Cetonas

As cetonas, em especial a acetona, são solventes comuns no laboratório. Podem ser incineradas ou usadas como combustível, ou convertidas num sal do ácido correspondente.

Aldeídos

Muitos aldeídos são irritantes para o aparelho respiratório e alguns deles muito tóxicos, como o formaldeído. Podem ser destruídos por oxidação com permanganato de potássio ao ácido caboxílico correspondente:

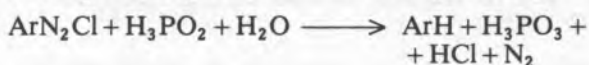
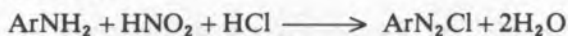


Aminas

Geralmente utilizadas como intermediários de síntese, algumas aminas são usadas como solventes (ex. piridina, trietilamina).

As aminas podem ser incineradas ou enterradas, mas sempre segregadas de ácidos.

As aminas aromáticas podem ser desaminadas antes de destruídas:



Peróxidos

Todos os reagentes capazes de formar peróxidos devem ser datados quando usados pela primeira vez e testados para detectar a presença de peróxidos antes de eliminados.

Os peróxidos podem ser eliminados passando o reagente por uma coluna de alumina básica activada, por tratamento com crivos moleculares ou por redução com

sulfato ferroso:



Agentes Oxidantes

No grupo dos agentes oxidantes incluem-se hipocloritos, cloratos, bromatos, iodatos, periodatos, peróxidos inorgânicos, peróxido de hidrogénio, hidroperóxidos, persulfatos, cromatos, molidbatos e permanganatos.

Estes compostos podem ser reduzidos com bissulfito de sódio e as misturas reaccionais lançadas no esgoto com diluição adequada.

Hidretos de Metais

Dos hidretos de metais, muitos reagem violentamente com água, com evolução de hidrogénio que pode formar misturas explosivas com o ar; outros são pirofóricos.

A maior parte do hidretos de metais pode ser destruída por adição de etanol, metanol, álcool *n*-butílico ou álcool *terc*-butílico, depois de suspensos num solvente inerte, como o éter dietílico, tetrahydrofurano ou tolueno.

Metais Alcalinos

Estes metais reagem violentamente com água, com solventes hidroxilados comuns e com hidrocarbonetos halogenados. Por este motivo, os metais alcalinos não podem ser enterrados, embora possam ser incinerados em quantidades até 100 g.

O sódio e o lítio podem ser destruídos com etanol 95%; o potássio, mais reactivo, deve ser destruído com álcool *terc*-butílico.

Produtos Não Identificados

Um produto num recipiente não etiquetado tem de ser classificado numa classe geral antes de ser destruído. Para proceder à respectiva classificação, deve examinar-se o recipiente; a identificação do fornecedor pode dar algumas indicações. O tamanho da embalagem pode indicar se se trata de um produto de uso comum (geralmente fornecido num recipiente grande).

Verificar se o produto é sólido ou líquido, fluido ou viscoso. Com papel de pH, verificar se é ácido ou básico.

Se se tratar de um sólido, verificar se funde ou se decompõe.

Verificar se o produto contém halogéneos, colocando um pequeno pedaço num fio de cobre, queimando e observando a chama: os compostos halogenados conferem à chama uma cor característica.

Testar a solubilidade em água, e, se apropriado, em éter, hidróxido de sódio diluído, ácido clorídrico diluído e ácido sulfúrico concentrado.

Geralmente os dados assim recolhidos permitem a classificação do produto numa classe, embora em certos casos seja necessário efectuar testes adicionais, incluindo determinações espectroscópicas.

Para finalizar, uma advertência: a destruição de resíduos por via química requer os mesmos conhecimentos que os exigidos a um indivíduo capaz de no laboratório efectuar uma síntese química, pelo que esta actividade não pode nunca ser entregue a pessoal sem a formação e experiência adequadas para trabalhar nas maiores condições de segurança.

Informa-se:

Os sócios da Sociedade Portuguesa de Materiais, para efeitos de inscrição nos congressos da Sociedade Portuguesa de Química, consideram-se em igualdade com os sócios desta sociedade.

Convite à Reflexão...

A Ciência na Sociedade

(...) A que tipo de argumento recorrer para justificar a exigência de que a sociedade subsidie o trabalho científico? Por que motivo deverão os governos contribuir financeiramente para conferências científicas, para as universidades, institutos politécnicos e outros estabelecimentos que se ocupam da ciência? (...)

A ciência como actividade justificada pelo valor das aplicações

Encarando-a desta maneira, considera-se benéfica a ciência por ela representar um instrumento capaz de atingir objectivos que, por seu turno, possuem valor intrínseco. Francis Bacon, por exemplo, opinava dever apoiar-se a pesquisa científica por esta se cifrar em descobertas úteis, contribuindo para a melhoria da saúde, da riqueza e do bem-estar geral do país. Tomava-se como certo que tais progressos eram valiosos por si próprios. Era preferível ter uma população saudável do que doente. Para justificar tal afirmativa bastava recuar até um benefício humano último, o da promoção da felicidade e da erradicação do sofrimento.

Neste tipo de argumento para apoio da ciência, os aspectos morais e políticos respeitantes ao valor da pesquisa científica transferem-se desta para a tecnologia que lhe está associada, visto ser nas aplicações práticas que a ciência revela a sua valia para a humanidade. A aceitação ou o repúdio de projectos de investigação científica fundamentam-se nas qualidades morais dos resultados obtidos quando se aplica a concomitante tecnologia. Por vezes, os próprios cientistas argumentam que os estudos científicos são neutros do ponto de vista moral e que os aspectos éticos e políticos só vêm ao de cima quando as descobertas científicas são utilizadas na prática pelos governos ou pela indústria. Ao apresentarem este argumento, eximem à crítica moral a actividade científica e sentem-se autorizados a prosseguir os seus programas de pesquisa mesmo quando pareça evidente que o fruto de tal labor será provavelmente canalizado para fins moralmente odiosos. Assim, por exemplo, poderão alegrar que o estudo de estirpes mutantes de doenças virulentas representa apenas a microbiologia; tal actividade só se transforma

em guerra biológica quando os governos se apropriam dos resultados deste estudo, convertendo-os em produtos bélicos. Mas aqueles que se servem desta linha argumentativa para rejeitar o repúdio à actividade científica terão de admitir que a consistência exige que eles não validem o seu trabalho citando-lhe como provas as consequências benéficas.

A ciência como actividade justificada pelo valor intrínseco

Muitas pessoas acreditam que os progressos no conhecimento da Natureza são intrinsecamente meritórios, sem necessidade de justificativos utilitários. (...)

(...) No entanto, há certa dificuldade em aceitar uma resposta tão simples ao problema da valia da ciência. Com efeito, as sociedades dispõem de recursos limitados para prosseguimento de todas as actividades, sejam elas quais forem, que o Estado se propõe empreender. De uma ou de outra maneira, terão de estabelecer-se prioridades quanto a tais empreendimentos, todos eles susceptíveis de se considerarem como possuidores de algum mérito. (...)

(...) Em todas as sociedades, parece pouco provável que a busca do conhecimento seja objecto de consumo universal quanto à sua categoria de bem prioritário a que tenham de sacrificar-se todas as outras actividades a que também se atribui valor. (...)

(...) Dir-se-á que o princípio de que o conhecimento científico é intrinsecamente valioso não serve de fundamento básico justificativo da investigação científica.

Mas há um outro género de mérito fundamental ou intrínseco a procurar no estudo científico: este levar-se-ia a efeito pela beleza e pelo valor estético dos seus produtos. Os cosmólogos e os físicos fundamentais referiram-se frequentemente à ciência como a uma espécie de arte. Supõe-se que a ciência proporciona certos prazeres que resultam da prática das formas artísticas mais abstractas ou formais, tal como a música. Deste modo, é de esperar que uma sociedade apoie a física fundamental, a cosmologia matemática e outras actividades semelhantes apenas pelo mesmo tipo de razões que se alegarão a favor da música, da literatura, etc.

E o justificativo de tal reivindicação encontrar-se-á no princípio de que uma sociedade é melhor quando apoia o que se revela intrinsecamente bom.

Ron Harré, «As Filosofias da Ciência»

3

Li
6,941

LÍTIO, de *lithos*, que significa pedra; descoberto em 1817; é o mais leve de todos os elementos sólidos. É armazenado em óleos inertes; forma um óxido negro quando exposto ao ar. É usado em cerâmica, ligas, na bomba-H e no tratamento de artrites e depressões nervosas.

4

Be
9,012

BERÍLIO, do mineral berilo, onde foi encontrado em 1798. Este elemento produz ligas extremamente elásticas, daí o seu uso no fabrico de molas e outras peças. Devido ao seu elevado ponto de fusão ($t_f = 1285^\circ\text{C}$) usa-se também no fabrico das pontas cónicas dos foguetes.

5

B
10,81

BORO, de borax; descoberto em 1808. O boro, não metal, é mais conhecido na forma de borax (borato de sódio) e de ácido bórico — o único ácido que é bom para os olhos. Cerca de um milhão de toneladas de boro é usado na indústria por ano. Na agricultura, serve simultaneamente de alimento para plantas e de destruidor de ervas daninhas.