



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA

Ângela Fracon Medina¹, Douglas Felipe dos Santos² e Núbia Natália de Brito³

RESUMO

As atividades de laboratórios sempre foram reivindicações dos estudantes das universidades e até mesmo do ensino médio. Nas escolas onde havia aulas práticas, principalmente da área de química, muito pouco se falava dos cuidados com os resíduos gerados nos laboratórios; esta preocupação tornou-se mais evidente a partir dos anos 90. Hoje em dia, cuidar dos resíduos gerados nas práticas laboratoriais é condição necessária para proteção ao meio ambiente em complemento às atividades teóricas. Este trabalho apresenta atividades simples de gestão e tratamento de resíduos gerados nas aulas práticas do Curso de Licenciatura em Química (UFSCar). Nos estudos foram empregados os próprios resíduos como reagentes no tratamento de metais tóxicos e outras substâncias ambientalmente perigosas. Os resultados mostraram uma excelente recuperação dos materiais tratados, minimizando a toxicidade dos produtos, aumentando enormemente a quantidade de novas experiências.

Palavras-chave: resíduos laboratoriais; tratamento; disposição.

WASTE MANAGEMENT OF PRACTICAL CHEMISTRY

ABSTRACT

The activities of laboratories have always been demands of university students and even high school. In schools where lessons were practical of laboratories, especially in the area of chemistry, very little is talked about the care of the waste generated in laboratories, this concern has become from the 90's. Today, care of waste generated in laboratory practical is a prerequisite for environmental protection in addition to theoretical activities. This paper presents simple activities of management and treatment of waste generated in the practical lessons of Chemistry Course (UFSCar). In the study was used the waste itself as reagents in the treatment of toxic metals and other hazardous environmentally substances. The results showed an excellent regeneration of the treated material, minimizing the toxicity of products, greatly increasing the amount of new experiences.

Keywords: waste laboratory; treatment; disposition.

Trabalho recebido em 08/02/2010 e aceito para publicação em 17/06/2010.

¹ Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR – Centro de Ciências Agrárias – CCA. Curso de Licenciatura em Química. e-mail: angelamedina4@hotmail.com

² Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR – Centro de Ciências Agrárias – CCA. Curso de Licenciatura em Química. e-mail: douglas_santos48@hotmail.com

³ Universidade Federal de Goiás – UFG - Instituto de Química IQ – Rodovia Campus Samambaia, CP 131 CEP 74001-970 - Goiânia – Goiás e-mail: nubibruto@quimica.ufg.br

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos químicos derivados de laboratórios de ensino começou a ser amplamente discutido no Brasil a partir dos anos de 1990. Os cuidados com os resíduos gerados em aulas práticas são de vital importância principalmente para as Universidades, em função do trabalho com formação de novos profissionais que vão atuar em indústria e principalmente da formação de novos professores que vão ser difusores dos conhecimentos modernos.

A adoção de atividades de gestão de resíduos de laboratório é uma ação conservadora que evita poluir o meio ambiente, evita o desperdício de material e se for incluída como atividade educativa pode dar maior significado às aulas práticas. Dentro desse contexto, diversas Instituições Federais, Estaduais e Particulares no Brasil vêm buscando gerenciar e tratar seus resíduos de forma a diminuir o impacto causado ao meio ambiente, criando também um novo hábito a fazer parte da consciência profissional e do senso crítico dos alunos, funcionários e professores (AFONSO *et al.*, 2003).

Algumas técnicas simples de tratamentos e acondicionamentos podem evitar ações predatórias e contaminadoras. Uma simples neutralização pode ser determinante entre o ato de poluir e o de

proteger o meio ambiente. As técnicas de precipitação também têm grande importância ambiental principalmente na retenção de metais pesados. Os metais tóxicos insolúveis permanecem imobilizados e, portanto não biodisponíveis. A segregação dessa categoria de resíduo em aulas práticas e sua destinação correta é uma atitude educativa e ambientalmente correta.

Do ponto de vista educacional, o conceito de ácido e base tem grande utilidade, porque permite a correlação de um grande número de reações químicas e algumas propriedades características de ácidos e de bases. Outros conceitos também podem ser trabalhados, como de neutralização que indica reação entre um ácido e uma base em quantidades proporcionais de modo a cancelar ou neutralizar características ácidas ou básicas do meio. O termo pH também pode ser utilizado para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução.

Os valores de pH são de extrema importância ambiental porque os ecossistemas sempre estão sujeitos aos impactos provocados a essas variações. Muitas bactérias não podem se proliferar em níveis de pH abaixo de 4,0 ou acima de 9,5 sendo que, geralmente, o pH ótimo para o crescimento bacteriano está entre 6,5 e 7,5 (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Neste sentido, um controle rigoroso dos valores

de pH dos resíduos de laboratório químico faz-se necessário para avaliar as características dos rejeitos.

Os resíduos gerados em atividades do laboratório de ensino podem facilmente ser caracterizados, inventariados e gerenciados, servindo mesmo para finalidades didáticas. Desta forma, este trabalho teve como finalidade o desenvolvimento de atividades rotineiras de gerenciamento, tratamento e destinação dos resíduos gerados em aulas práticas.

2. METODOLOGIA

Os resíduos monitorados foram referentes à disciplina de Química Experimental do curso de Licenciatura em Química do Centro de Ciências Agrárias –

CCA- UFSCar. Para o gerenciamento foram desenvolvidas atividades de levantamento, organização, segregação e caracterização dos resíduos e os relatos inventariados eram catalogados em fichas (Tabela 1). Como tratamentos foram utilizados os conceitos de reação de neutralização, de precipitação e de oxirredução para o tratamento dos resíduos, também foram empregadas atividades físicas de filtração e evaporação. Como destinação, alguns resíduos foram reutilizados, outros usados como reagentes nas próprias atividades de tratamento por reação química e alguns resíduos após tratamento foram acondicionados e entregue aos aterros sanitários da região que promovem tratamento do chorume.

Tabela 1: Ficha de Monitoramento de Resíduos

Ficha de Monitoramento de Resíduos N^o		
Laboratório		
Professor responsável		
Responsável pelo preenchimento		
Data da Coleta:		
Apontar a característica predominante do Resíduo Químico		
Solvente não halogenado	Solução com metais pesados	
Solvente halogenado	Solução contendo Hg	
Acetonitrila	Solução contendo Ag	
Fenol	Sólido com metal pesado	
Pesticida ou Herbicida	Peróxido orgânico	
Solução sem metal pesado	Outros sais	
Solução contaminada com solvente orgânico	Presença de enxofre ou substâncias sulfuradas	
Gerador de cianetos	Amina	
Acido ou Base	Oxidante	
Redutor	Óleos especiais	
Misturas	Outros (tintas, vernizes, resinas)	
pH=		
Composição do Resíduo	Quantidade (em L ou Kg)	Observações

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos de Ácido Sulfúrico (H₂SO₄), Ácido Clorídrico (HCl), Hidróxido de Sódio (NaOH) e Solução Tampão Hidróxido de Amônio (NH₄OH)-Cloreto de Amônio (NH₄Cl).

Os resíduos de ácido sulfúrico, ácido clorídrico, hidróxido de sódio e hidróxido de amônio foram empregados em seus próprios tratamentos utilizando reações de neutralização através do controle dos valores de pH 7,2 de acordo com as equações 1 e 2.



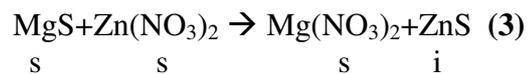
Após o processo de neutralização os resíduos foram acondicionados, catalogados e separados para descarte em aterro sanitário.

Resíduos de Zinco (Zn⁺²), Alumínio (Al⁺³), Chumbo (Pb⁺²), Prata (Ag⁺), Cobre (Cu⁺²), Mercúrio (Hg⁺²) e Ferro (Fe⁺² e Fe⁺³).

1- Sulfeto de Magnésio- MgS

Nitrato de Zinco- Zn(NO₃)₂

Os resíduos de sulfeto de magnésio e nitrato de zinco foram empregados na precipitação do zinco pela formação de sulfeto de zinco (eq. 3) que torna insolúvel permanecendo imobilizado (s – solúvel, i – insolúvel).

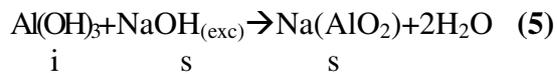
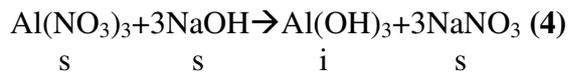


O zinco (Zn⁺²) elemento comumente encontrado na crosta terrestre é um micronutriente essencial às plantas, porém, em concentrações elevadas na forma solúvel, esse metal atinge níveis tóxicos no ambiente e pode afetar o crescimento e metabolismo normal de espécies vegetais. As maiores emissões de zinco para o ambiente são os resíduos (escória) metalúrgicos, bacias de rejeitos da mineração, cinzas de processos de combustão e o uso de fertilizantes à base de zinco, como o óxido de zinco, sulfato de zinco, nitrato de zinco e cloreto de zinco. Esse metal atinge os corpos d'água por meio do processo de lixiviação (WOLFF, et al., 2009).

2 – Nitrato de Alumínio- Al(NO₃)₃

Hidróxido de Sódio- NaOH

Os resíduos de nitrato de alumínio e hidróxido de sódio foram empregados na imobilização do alumínio pela formação de hidróxido de alumínio (eq. 4). O controle dos valores de pH é muito importante no caso dessa reação porque o alumínio insolúvel pode tornar-se solúvel com excesso de hidróxido de sódio através da formação da substância aluminato de sódio Na(AlO₂) (eq. 5).



O alumínio (Al^{+3}) é um metal comum no meio ambiente e um dos mais abundantes da crosta terrestre. O alumínio é liberado no meio ambiente por processos naturais de erosão do solo, erupções vulcânicas e por ações antropogênicas. A fonte mais importante de obtenção do metal é a bauxita, que contém 55% de óxido de alumínio. A maior parte da ingestão do alumínio provém da alimentação, através de diferentes formas: alimentos contaminados por água e alimentos industrializados que possuem o alumínio como conservante e/ou corante.

Considera-se que, mesmo a alimentação sendo importante fonte de ingestão de alumínio, é na água onde se apresenta a forma mais biodisponível para ser absorvido pelo intestino. Sais de alumínio são amplamente utilizados como coagulantes para redução da matéria orgânica, turbidez e presença de microrganismos durante o tratamento de água superficial, que apresenta maior quantidade de partículas em suspensão. Essa utilização, apesar de necessária para o tratamento de água em muitos municípios,

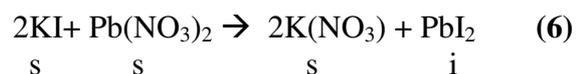
pode aumentar a concentração de alumínio no ponto final de consumo.

Alguns estudos assinalam a presença de alumínio em água potável e em alimentos como um dos agentes etiológicos de doenças mentais, havendo também a hipótese de que a exposição a esse elemento represente risco para o desenvolvimento da Desordem Neurodegenerativa (FERREIRA *et al.*, 2008).

3- Iodeto de Potássio- KI

Nitrato de Chumbo II- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Os resíduos de nitrato de chumbo e iodeto de potássio foram empregados na imobilização do chumbo através da precipitação de iodeto de chumbo (eq. 6).



O chumbo precipitado na forma de iodeto de chumbo II torna-se não-biodisponível, perde a mobilização e reduz drasticamente sua toxicidade. A contaminação da água pelo chumbo solúvel em áreas urbanas e suburbanas tem sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores. A OMS sugere que o limite aceitável de chumbo na água potável, seja de 0,05 ppm (LARINI, 1997).

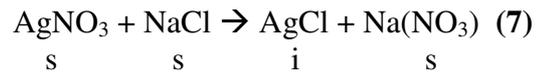
A ação tóxica do chumbo provoca diversas alterações bioquímicas, todas elas deletérias. Intoxicações provocadas pelo chumbo podem atacar o sistema nervoso cujos efeitos sugerem problemas psiquiátricos como alucinações, tremores, delírios, insônia, cefaléia e profundas alterações do humor. Em alguns casos os sintomas podem progredir até convulsões, paralisias e coma. Uma outra moléstia decorrente da intoxicação pelo chumbo a longo prazo é a doença denominada de saturnismo ou plumbismo, que provoca um aumento acentuado da anemia (LARINI, 1997).

A forma mais tóxica do chumbo para os seres humanos é através de compostos orgânicos de chumbo. Estes compostos são altamente lipossolúveis (dissolve em gorduras) tornando bioacumulativos, não sendo excretados pelas vias orais. Os compostos orgânicos de chumbo podem contaminar através da pele e da amamentação, por isso mesmo atividades com estas substâncias exigem extremos cuidados e precauções (LARINI, 1997).

4- Nitrato de Prata- AgNO_3

Cloreto de Sódio- NaCl

Os resíduos de nitrato de prata foram imobilizados através da precipitação de cloreto de prata em reação com cloreto de sódio (eq. 7).

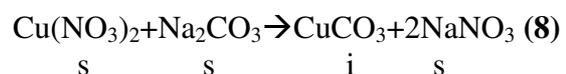


Segundo a legislação brasileira vigente, resolução nº 357/05 do CONAMA, o limite de prata em efluentes para lançamento em corpos receptores hídricos é de 0,1 mg.L⁻¹. No ambiente, prata iônica atua como um inibidor enzimático, interferindo no processo metabólico dos organismos. Apesar da sua toxicidade, a prata apresenta elevado valor de mercado e é um metal com risco de escassez, logo, a sua recuperação pode trazer grandes benefícios ambientais e econômicos (BORTOLETTO *et al.*, 2007).

5 - Nitrato de Cobre II- $\text{Cu(NO}_3\text{)}_2$

Carbonato de Sódio- Na_2CO_3

Os resíduos de nitrato de cobre II e carbonato de sódio foram para imobilizar os íons de cobre através da precipitação do carbonato de cobre II (eq. 8).



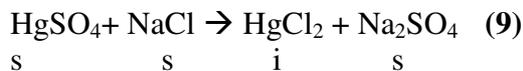
O cobre é um micronutriente essencial vida de diversos organismos, sua deficiência causa perdas de produção em várias culturas e seu excesso é altamente tóxico para as plantas e para os microrganismos da água e do solo (DOS SANTOS *et al.*, 2007). As características físico-químicas da água, bem como a

concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada, exercem influência sobre a biodisponibilidade e toxicidade do cobre, por isso esse metal deve ser acondicionado de maneira adequada evitando ser descartado para o ambiente mesmo em forma insolúvel (LIMA & BIACHINI, 2010).

6 - HgSO₄ – Sulfato de Mercúrio

NaCl- Cloreto de Sódio

Os resíduos derivados de sulfato de mercúrio II foram tratados como cloreto de sódio formando um precipitado de cloreto de mercúrio II (eq. 9).



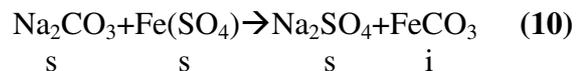
A agressão antrópica do mercúrio ao meio ambiente tem sido considerada uma das práticas mais danosa provocada pelo homem. O uso indiscriminado do mercúrio sob diversas formas vem sendo mostrado como um dos exemplos mais representativos da interferência aos ciclos desse elemento químico. Os principais sintomas associados à toxicidade por exposição ao mercúrio incluem tremor, vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, câibra, fraqueza, depressão, distúrbios visuais, dispnéia, tosse, inflamações gastrointestinais, queda de cabelo, náusea e

vômitos (MIRACONI *et al.*, 2000). Por isso, os trabalhos de laboratório que envolvem práticas com esse metal devem ser cuidadosos e os resíduos devem ser acondicionados e tratados de maneira bem criteriosa.

7 - Carbonato de Sódio – Na₂CO₃

Sulfato de Ferro II – Fe(SO₄)

Tratamento de resíduos derivados de Ferro II. Neste trabalho foram tratados sulfato de Ferro II com carbonato de sódio formando um precipitado de carbonato de Ferro II (eq. 10).



O ferro é citotóxico e pode ser letal afetando quase todos os órgãos, sendo considerado um ‘veneno’ sistêmico intracelular. A absorção de ferro é normalmente regulada de modo a evitar a acumulação deste no organismo porque não há nenhum mecanismo fisiológico que consiga eliminar o excesso de ferro no corpo. A toxicidade do ferro deve-se à sua acumulação no organismo na forma livre, ou seja, não ligado a moléculas protetoras como a transferrina ou a ferritina e está relacionada em grande parte com o processo de absorção do mesmo, uma vez que quanto maior for a sua ingestão maior

o risco de surgirem os efeitos tóxicos do metal (CANÇADO, 2007).

8 - KMnO_4 – Permanganato de potássio

H_2O_2 – Peróxido de Hidrogênio

O permanganato de potássio é um oxidante forte que contém o manganês no estado de oxidação +7 e exibe duas meias células de redução diferentes que são dependentes do pH. Sob condições fortemente ácidas, o permanganato pode aceitar cinco elétrons (VOGEL, 1992).



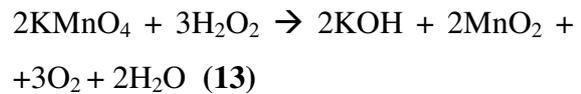
Todavia, sob condições neutras a alcalinas, a redução de meia-célula para o estado de +4, formando o dióxido de manganês insolúvel em uma redução de três elétrons:



O peróxido de hidrogênio, por ser um oxidante enérgico, é muito utilizado em processos de degradação de compostos recalcitrantes e também para eliminar a coloração persistente de efluentes pós-tratamentos biológicos (DE BRITO-PELEGRINI & PATERNIANI, 2008).

Os resíduos em estudo foram colocados para reagirem entre si através de

uma reação de óxido redução, conforme eq.13.



Desta forma o manganês ficou precipitado na forma de Óxido de Manganês IV e todo o resíduo foi armazenado.

Toxicidade dos metais

Os efeitos tóxicos dos metais sobre a biota dependem de vários fatores, entre eles, a forma físico-química do metal e as características físico-químicas da água e do sedimento. Os metais-traço, dissolvidos ou ligados ao material particulado, estão presentes em águas superficiais sob diferentes formas. Na fase solúvel, formada por íons hidratados, complexos orgânicos e inorgânicos e por espécies associadas com dispersões coloidais heterogêneas, os metais se encontram em mais de um estado de valência.

A identificação das diferentes formas de metal presentes é importante para o entendimento das relações entre as fases solúvel, particulada, sedimentada e biológica e para a identificação da toxicidade e biodisponibilidade. A interação dos metais com os compartimentos intracelulares é altamente dependente de sua forma química. Algumas espécies são ligadas com

proteínas extracelulares, outras são adsorvidas às paredes celulares e outras são difundidas através das membranas celulares, são assimiladas e influenciam reações enzimáticas. A inativação química de proteínas constitui a principal ação tóxica (ARAÚJO, et al, 2006).

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com esse trabalho permitiram implementar ações de gestão, tratamento e destinação adequada dos resíduos produzidos nas aulas de Química experimental do Curso de Licenciatura em Química do CCA/UFSCar no segundo semestre de 2009. Também foi possível realizar estudos mais aprofundados sobre as teorias ácido-base, equilíbrio químico, pH, reações de neutralização e precipitação, além dos estudos relacionados às legislações ambientais tais como: Portaria 518 Ministério da Saúde e Resolução Conama 357/2005. Despertando desta forma, uma maior preocupação e responsabilidade sócio-ambiental de futuros profissionais de química.

5. REFERÊNCIAS

AFONSO, J. C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de

elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, v.26, n.4, 2003.

ARAÚJO, R.P.A.; BOTTA-PASCHOAL, C.M.R.; SILVÉRIO, P.F.; ALMEIDA, F.V.; RODRIGUES, P.F.; UMBUZEIRO, G.A.; JARDIM, W.F.; MOZETO, A.A. Application of toxicity identification evaluation to sediment in a highly contaminated water reservoir in southeastern Brazil. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 581-588, 2006.

BORTOLETTO, E. C.; IGARASHI-MAFRA, L.; SORBO, A. C. A.C.; GALLIANI, N. A., BARROS, M. A. S. D.; TAVARES C. R. G. Remoção de Prata em Efluentes Radiográficos. **Acta Science Technology**, v. 29, n. 1, p. 37-41, 2007.

DE BRITO-PELEGRINI, N. N.; PATERNIANI, J. E. S. Fotocatálise de Percolado de Aterro Sanitário Tratado por Filtração Lenta. 130p. **Tese Doutorado**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas (UNICAMP), 2008.

CANÇADO, R. D. Sobrecarga e quebração de ferro na anemia falciforme. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v .29, n. 03, jul/set. 2007.

- DOS SANTOS, E. M. R.; BOCHI-SILVA, N.; DE BRITO-PELEGRINI, N. N.; PELEGRINI R. T.; PATERNIANI, J. E. S. Avaliação ea Toxicidade Crônica e o Percolado e e Aterro Sanitário e de Substâncias Químicas: Fenol e Cobre em Sementes de *Lactuca Sativa* L.; *Lycopersicon Esculentum* Mill. e *Abelmoschus Esculentus* L. Visando o Uso na Agricultura de Hortaliças. Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina. **ECOSAN- Fortaleza – Brasil**, (2007).
- FERREIRA, P. C.; PIAI, K. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, v. 16, n.1, Jan/Fev, 2008.
- LARINI, L. **Toxicologia**. Editora Manole Ltda,1997.
- LIMA, A. F. A.; BIACHINI A. Acumulação e Toxicidade do Cobre em *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca: Bivalvia: Mesodesmatidae) Disponível em: www.mpu.furg.br. Acesso em 27 jan. 2010.
- MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM W. F. Compostos de Mercúrio. Revisão de Métodos de Determinação, Tratamento e Descarte. **Química Nova**, v.23, n.4, Jul/Ago, 2000.