



Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor (es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

TRATAMENTO DE RESÍDUOS GALVÂNICOS DE LABORATÓRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Autores: ¹BORGES, M.S; ²NASCIMENTO, R.F,S; ²AIDA, A,K; ³KRAFT,P, B.

marisa@ufpr.br

¹ Pesquisador – Mestre em Engenharia de Materiais – Dptº de Engenharia Química - UFPR

² Aluno - Dptº Engenharia Química - UFPR

³ Técnico – Dptº de Engenharia Química - UFPR

Grupo de Eletroquímica Aplicada – Laboratório de Tecnologia Ambiental

Departamento de Engenharia Química

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Resumo

O presente trabalho consiste em avaliar as atividades de um laboratório de pesquisa e desenvolvimento do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. A busca por melhores condições em todas as atividades de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento do âmbito acadêmico leva-se em consideração também os aspectos e impactos ambientais. A área de Gestão da Qualidade e Ambiental é multidisciplinar e relativamente recente nas áreas da Engenharia, tendo a missão de desenvolver novos métodos de gestão baseados no conceito de desenvolvimento sustentável. A implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade e Ambiental (SGQA) em um laboratório pode ser vista como uma inovação, uma vez que se trata de um processo complexo, que exige mudanças comportamentais e de certa forma envolve níveis de incerteza. Assim, a componente Qualidade e Ambiental passa a ser um fator determinante no desenvolvimento de novas tecnologias e no melhoramento das existentes, tornando-se uma ferramenta indispensável, não apenas na indústria, mas inclusive no ensino superior, envolvendo a pesquisa e o

desenvolvimento. Dessa forma, consolida-se um novo estilo de desenvolvimento que tem como meta a busca do ensino sustentável e solidário com o meio ambiente. O principal objetivo deste trabalho é o levantamento dos fatores condicionantes de sucesso na implementação de SGQA (Sistemas de Gestão da Qualidade e Ambiental) em Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento, conforme a norma NBR ISO 14001 e NBR ISO 17025.

Palavras-chave: gerenciamento; resíduos químicos de laboratório; minimização.

Abstract

Key-words: management, laboratories chemical, minimization

The present work consists of evaluating the activities of a research laboratory and development of the Department of Chemical Engineering of the Universidade Federal do Paraná. Search for better conditions in all the activities of research laboratories and development of the academic ambit turns imperative the necessity of innovate these laboratories, considering the aspects and environmental impacts. The Quality and Environmental Management are multidisciplinary and relatively recent in the areas of the Engineering, tends the mission of developing new administration methods based in the concept of maintainable development. The implementation of a Quality and Environmental Management System (QEMS) in a laboratory can be seen as an innovation, once it is a complex process, for demands behaviour changes. Like this, the QEMS can be a decisive factor in the development of new technologies and in the improvement of the existent ones, becoming an indispensable tool, no just in the industry, but besides in the higher education, involving the research and the development. In that way, he/she consolidates a new development style that has as goal the search of the maintainable and solidary teaching with the environment. The principal objective of this work is the rising of the factors success condicionantes in the implementação of SGQA (Systems of Administration of the Quality and Environmental) in Laboratories of Research and Development.

1. Introdução

A crescente expansão das atividades antrópicas sobre o meio ambiente tem gerado aumento expressivo da demanda por tecnologias e implantação de sistemas e normas controle de qualidade e ambiental (GILBERT, 1995). A necessidade de levantamento de dados, documentação e monitoramento das atividades de laboratório e seus aspectos técnicos têm resultado na evolução de novas tecnologias e implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade e Ambiental – SGQA (VALLE, 1996).

Tais técnicas e implantação de sistemas têm avançado significativamente nos últimos decênios e estabelecido papel relevante para o gerenciamento e controle de laboratórios quanto à documentação, aspectos e impactos ambientais, controle da legislação vigente, revisão dos objetivos e metas, melhoria contínua e projetos de melhoria, exigências legais de segurança e higiene. As diretrizes a serem apresentadas e implementadas, são baseadas em padrões de referência nacionais e internacionais, estando em harmonia com os Critérios de Qualidade EQA – European Quality Award, ISO (Internacional Organization for Standardization) 9001, ISO 14001, ABNT

(Associação Brasileira de Normas Técnicas), IBAMA (http://www.ibama.gov.br/bpl/portaria_66.htm) Programa Boas Práticas de Laboratórios - BPL

1.1. Descrição do universo de trabalho

Este trabalho visa à complementação duas propostas de projetos sendo: (a) Gestão Integrada de Qualidade e Meio Ambiente, com base nas Normas da Série ISO 14000 e ISO 17025 no LTA. (b) Implementação do Modelo de um Planejamento Integrado de Gestão da Qualidade e Ambiental Aplicado em um Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento, onde são complementadas as áreas de higiene, limpeza, saúde e segurança no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LTA) podendo estender-se a outros laboratórios de instituições e organizações.

- A principal contribuição desta proposta de trabalho refere-se à organização e às condições de planejamento, realização, monitoramento, registros e relatos das atividades desenvolvidas em um laboratório. De acordo com as Boas Práticas de Laboratório - BPL (Portaria Conjunta IBAMA/INMETRO nº 66, de 17 de junho de 1997), tais princípios asseguram a confiabilidade dos resultados, demonstrando, auxiliando e orientando os laboratórios que estão procurando excelência em inovações tecnológicas, sem aumentar excessivamente os custos.

2. Metodologia Experimental

A etapa inicial consistiu no reconhecimento do laboratório, na identificação das atividades desenvolvidas, tanto na parte de ensino quanto de pesquisa.

Na seqüência foi feito um levantamento criterioso dos reagentes existentes no almoxarifado, e dos resíduos gerados no laboratório em questão. A parcela dos resíduos que foram identificados tratava-se de soluções antigas utilizadas em aulas práticas e que estavam estocadas antes da criação do LTA (2002). Estas soluções foram majoritariamente tratadas conforme descrito em procedimento para tratamento destes resíduos.

Atividades executadas no LTA

O Laboratório de Tecnologia Ambiental desenvolve pesquisa científica e aplicada nas áreas de tratamento de efluentes e resíduos industriais, por técnicas limpas como a remediação de eletrocinética e utilização de reatores eletroquímicos de leito tridimensional. Os projetos desenvolvidos levam em consideração aspectos relacionados à prevenção a poluição (PP), minimização de perdas e avaliação de ciclo de vida.

Armazenamento de Reagentes e Gerenciamento de Resíduos Químicos

O almoxarifado do Laboratório de Tecnologia Ambiental (LTA) mantém um sistema de controle de estoque, integrado aos demais laboratórios do Grupo de Eletroquímica Aplicada (GEA). Para manter o armazenamento mais seguro, informações e princípios foram adotados.

3. Resultados

Inventário do passivo existente no Laboratório de Tecnologia Ambiental

No mês de março de 2004 foi feito o inventário do passivo ambiental existente no LTA, conforme descrito a seguir:

- Quatro caixas de material inservível (incluindo plásticos, papeis e vidros vazios).
- Reagentes e soluções com prazo de validade vencida e sem rótulos que pertenciam a docentes aposentados e que foram utilizadas em aulas didáticas em anos anteriores, o que levou à formação de um considerável estoque de passivo ambiental. As soluções são as seguintes: 5 litros contendo hidróxido de cobre; 12 litros contendo níquel; 3 litros contendo paládio; 12 litros contendo cromo; 2 litros contendo vanádio.

Procedimento para tratamento destes resíduos:

5 litros de hidróxido de cobre foram neutralizados conforme procedimento a seguir:

Tratamento dos resíduos de cobre

Ao resíduo de cobre foi adicionada solução de Carbonato de cálcio até pH 7, obtendo-se um precipitado de hidróxido e uma solução azul intensa.

O precipitado decantou no fundo do recipiente e o líquido que restou já devidamente neutralizado, foi descartado, a pasta sólida foi estocada no laboratório.

Tratamento dos resíduos de níquel

O resíduo de níquel foi tratado com Carbonato de cálcio em excesso até pH 7 e neutralizado a solução com HCl (sem a formação de precipitados). O uso de carbonato de cálcio visa impedir alguma ressolubilização de outros metais presentes nos resíduos dos elementos em estudo quando da precipitação do Ni ou do Mn.

Os resíduos sólidos contendo Ni estão devidamente estocados no laboratório.

Para as soluções contendo paládio e vanádio, o procedimento foi o mesmo utilizado para as soluções contendo níquel e cobre.

Após o tratamento dos resíduos, o resultado final foi uma massa sólida contendo Níquel, Cobre, Paládio e Vanádio, os quais após terem sido majoritariamente tratados (processos de redução e neutralização) estão estocados no próprio laboratório.

Tratamento de resíduos contendo cromo

Grande parte destes resíduos correspondia a soluções antigas utilizadas em aulas práticas e misturas sulfo-crômicas velhas, o que implicava na necessidade simultânea de eliminar a acidez (pH inicial muito baixo) e de precipitar o cromo.

A uma amostra inicial de resíduo de adicionou-se aos poucos óxido de cálcio (cal) sob vigorosa agitação, até pH 6. A presença do cromo em solução, basicamente é devido à presença de Cr^{3+} , solúvel no meio. O precipitado, amarelo claro, corresponde ao CaCrO_4 .

Neutralizantes: óxido de cálcio e bissulfito de sódio sólidos. O óxido de cálcio serve para aumentar o pH da solução e o bissulfito para reduzir o cromato a cromo (III) e ainda consumir íons H^+ do meio.

Em alguns dias, o material tornou-se um sólido verde amarelado quebradiço. O qual encontra-se armazenado no próprio laboratório para serem incorporados a outros resíduos sólidos.

Cromo hexavalente

O cromo hexavalente é facilmente reduzido para a forma trivalente mediante a dosagem de metabisulfito de sódio. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ – que em água forma bisulfito de sódio:



A reação de redução dá-se em meio ácido, ao que bisulfito de sódio converte-se em ácido sulfuroso e bisulfato de sódio:



A redução de cromo hexavalente é rápida abaixo de pH 3,0:



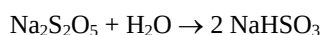
O fim da reação pode ser detectado visualmente pela cor azul final característica de cromo III.

(Pelas equações a), b) e c) acima, 1,5 mols de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ reagem com 2 mols de H_2CrO_4 , ou seja, são necessários 2,74 kg de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ para reduzir 1 kg de Cr^{VI} .

A recomendação é que se deve dosar um excesso de metabisulfito de ordem de 10 %.

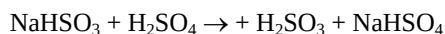
Adicionalmente, a acidez é consumida na reação: 1,56 kg H_2SO_4 para 1 kg de Cr^{VI} . O reagente que efetua a oxidação é o ácido sulfuroso, que por ser um ácido fraco encontra-se praticamente sem grau de dissociação abaixo de pH 2,5. Acima de pH 4,0, 99 % do ácido encontra-se em solução na forma dissociada, estando apenas 1 % disponível na forma de H_2SO_3 para a reação de oxidação, o que torna a reação muito lenta (PONTE, 2000).

Reações



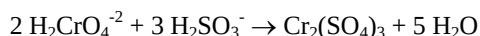
(a)

A reação de redução dá-se em meio ácido, o bissulfito de sódio converte-se em ácido sulfuroso e bissulfato de sódio:



(b)

A redução de cromo hexavalente é rápida abaixo de pH 3,0:



(c)

O fim da reação pode ser detectado visualmente pela cor azul final característica de cromo III.

Buscando uma solução menos agressiva ao meio ambiente, adotamos maneiras de inertizar os resíduos contendo metais pesados os quais tem as mesmas características de lodo galvânico, incorporando-os a outros materiais e reutilizando-os como materiais de revestimentos cerâmicos.

Os materiais que foram utilizados: Argila (argilominerais), Areia de fundição (sílica), Microesferas de Vidro (vidro moído).

De acordo com os testes realizados, os primeiros resultados já podem confirmar a boa resistência à tração e bons resultados a retração das combinações destas misturas de resíduos contendo metais pesados, argila e resíduos de classe II de fundição.

Os demais ensaios quanto à solubilidade e lixiviação segundo a NBR ainda estão em fase de preparação.

4. Discussão

A capacidade de estocagem do almoxarifado e a utilização do mesmo demonstram um melhor aproveitamento do espaço físico do almoxarifado.

A manutenção da área de trabalho, passagens e dispositivos de segurança estão sinalizadas, livres e desimpedidas.

O conhecimento da localização dos extintores de incêndio, chuveiros de emergência/lava-olhos, bem como a inspeção periódica (quinzenal) do chuveiro de emergência/lava-olhos, vem sendo obedecida.

A inspeção periódica (trimestral) do estado de conservação dos frascos e embalagens dos reagentes estocados no almoxarifado é feita periodicamente, dando ênfase aos frascos de metais alcalinos.

É mantida, conforme o recomendável, a menor quantidade possível de produtos químicos no almoxarifado. Ficando, portanto, proibido acumular recipientes contendo ou não produtos químicos, em bancadas, pias e capelas.

Tornou-se obrigatório o uso de avental sobre a roupa, o uso de óculos de segurança, calçado fechado e calça comprida durante a realização dos trabalhos no laboratório.

O manuseio de produtos químicos tóxicos e corrosivos estão sendo feitos na capela com exaustão ligada e o uso de luvas de proteção.

A estocagem de produtos químicos foi dividida de acordo com a classificação de riscos, sendo obrigatório manter um inventário atualizado dos produtos químicos estocados.

Tomou-se a precaução de não colocar líquidos altamente perigosos, como os corrosivos e inflamáveis, em prateleiras altas devido ao risco de quedas com conseqüências graves.

Padronização do estoque

Para a padronização do almoxarifado do LTA, foram adotadas as seguintes cores (vermelho = ácidos; azul = produtos orgânicos; verde = produtos inorgânicos), conforme a tabela abaixo:

Produto	Data de entrada	Validade
Reagentes Ácidos		
Reagentes Orgânicos		
Reagentes Inorgânicos		

Gerenciamento dos resíduos de laboratório

No final de cada experimento, todo resíduo gerado é tratado por quem o gerou. Esta medida interna tem por finalidade o planejamento no emprego de substâncias químicas e serve para tratar os resíduos perigosos e dar um destino final adequado de acordo com as suas características. Compreende as operações de classificação, armazenamento, transporte, tratamento, recuperação e eliminação dos resíduos. Antes de qualquer procedimento é preciso conhecer os resíduos.

Armazenamento de resíduos no laboratório

- Os resíduos contendo metais são armazenados no laboratório para recuperação e ou tratamento e destino final adequado.
- Não se acumula grande quantidade de resíduos no laboratório.
- Os frascos contendo resíduos devem ser identificados e rotulados com clareza.
- Resíduos ácidos, básicos e orgânicos devem ser armazenados em locais diferentes para evitar misturas incompatíveis no momento do descarte.
- Não armazenar frascos de resíduos na capela e nem próximo a fontes de calor ou de água.

Controle do processo de redução

O sistema foi controlado pelo uso de papel indicador de pH

Os metais precipitam na forma de hidróxidos, sulfetos ou complexos orgânicos.

Certos ânions e amônia podem ter um efeito desfavorável dificultando a remoção de alguns metais na forma de seus hidróxidos.

O alcalinizante, cal - Ca(OH)_2 Quimicamente, proporciona a formação do hidróxido metálico que se deseja remover da solução. Normalmente, a cal proporciona melhores resultados pelos seguintes motivos:

O sulfato de cálcio tem solubilidade reduzida (precipita sulfato); reage com carbonatos presentes na água para formar um precipitado muito ativo em agregar outras partículas. Este efeito pode ser aumentado dosando-se, também, carbonato de sódio. Entretanto, os reagentes têm que ser dosados separadamente e a presença de sódio não ajudarão na precipitação de sulfato.

Os metais pesados a ser removido se precipitam devido à presença de um cátion bivalente mais solúvel que favorece a precipitação de outros cátions polivalentes menos solúveis (PONTE, 2000).

5. Considerações finais

Os alunos participantes tiveram uma extraordinária oportunidade de aprender os fundamentos de gerenciamento, tratamento e reaproveitamento de resíduos de laboratório. Em conexão com esse aprendizado, a adoção de uma postura correta em laboratório, da segurança e da higiene do trabalho no caráter profissional foram de grandes êxitos obtidos com este trabalho.

Torna-se importante manter o sistema rotineiro de controle de produtos químicos adquiridos e dos resíduos gerados no próprio laboratório, visando eliminar o desperdício de recursos e a geração injustificada de rejeitos. Além da vantagem econômica, minimização de material não identificado, o trabalho serve de modelo para o tratamento de outros passivos similares existentes em outros laboratórios do Departamento de Engenharia Química.

Buscando uma solução menos agressiva ao meio ambiente, estudamos maneiras de inertizar os resíduos contendo metais pesados, reutilizando-os como materiais de revestimentos cerâmicos.

Além destes rejeitos, foram utilizados outros resíduos: Argila (argilominerais), Areia de fundição (sílica), Microesferas de Vidro (vidro moído) para o desenvolvimento de novos materiais.

6. Referências Bibliográficas

1. ABNT. ISO 14000: *Sistema de gestão ambiental*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
2. BENDASSOLLI, J.A. *et al*, Química Nova, 2003, 26, 612.
3. BORGES, M. S. *Manual e Regras Básicas de Segurança e Gerenciamento de Resíduos de Laboratório*. Curitiba, 2002.
4. BORGES, M. S. *Proposta para o Estabelecimento de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa. Estudo de Caso* (Dissertação de Mestrado), Curitiba, 2003.
5. BRASSARD, M. *Qualidade. Ferramentas para uma Melhoria Contínua*. Qualitymaky Editora LTDA. Rio de Janeiro, 1985.
6. CUNHA, C.J; O Programa de Gerenciamento de resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. Química Nova, 24, 424.2000.

7. D.A. PIPETONE *Safe storage of laboratory chemicals*, 2 nd edition, John Wiley & Sons, 1991.
7. GILBERT M.J. *Sistema de Gerenciamento Ambiental ISO 14001BS 7750*, 1995.
8. INMETRO. *Guia para Laboratórios Químicos: Um auxílio à organização e ao credenciamento*, Rio de Janeiro: Interciência, 2000, p. 76.
9. INMETRO. *Orientações para adoção da NBR ISO/IEC 17025 pelos Laboratórios Credenciados e postulantes ao credenciamento*. DOQDQUAL - 006. Revisão 00, abril, p. 32. 2001.
10. PETER A. REINHARDT, K. LEIGH LEONARD E PETER C. ASHBROOK, *In Pollution Prevention and Waste Minimization in Laboratories*, 1995, CRC Press, Boca Raton, USA;
11. PONTE, H.A. *Manual de Procedimentos para Utilização de Tecnologia Limpa na Indústria Galvânica*. Disciplina: Eletroquímica Aplicada e Corrosão – TQ 417. Série SIDEI # 18. UFPR, 2000.
12. VALLE, C.E. *Como se Preparar para as Normas ISO 14000 – Qualidade Ambiental – o Desafio de ser competitivo Protegendo o Meio Ambiente*. São Paulo: Pioneira – Administração e Negócios & ABIMAQ/SINDIMAQ, 1996.