



## **Gerenciamento dos Resíduos dos Laboratórios do Ensino de Química da Universidade de Passo Fundo**

**Gláucia Carine dos Santos<sup>1</sup>, Clóvia Marozzin Mistura<sup>2</sup>, Alana Neto Zoch<sup>3</sup>, Mara Regina Linck<sup>4</sup>, Ana Paula Vaniel dos Santos<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Mestrado em Engenharia - Infra-estrutura e Meio Ambiente/ Faculdade de Engenharia e Arquitetura - FEAR/ Universidade de Passo Fundo, Campus 1, Passo Fundo/RS - Brasil. (glauciacarine@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Curso de Química/ Instituto de Ciências Exatas e Geociências - ICEG/ Universidade de Passo Fundo, Campus 1, Passo Fundo/RS - Brasil. (clovia@upf.br)

<sup>3</sup> Curso de Química/ Instituto de Ciências Exatas e Geociências - ICEG/ Universidade de Passo Fundo, Campus 1, Passo Fundo/RS - Brasil. (alana@upf.br)

<sup>4</sup> Curso de Química/ Instituto de Ciências Exatas e Geociências - ICEG/ Universidade de Passo Fundo, Campus 1, Passo Fundo/RS - Brasil. (linck@upf.br)

<sup>5</sup> Curso de Química/ Instituto de Ciências Exatas e Geociências - ICEG/ Universidade de Passo Fundo, Campus 1, Passo Fundo/RS - Brasil. (anavaniel@upf.br)

### **Resumo**

Crescem, em nível mundial, as discussões por parte das instituições acadêmicas sobre a importância do gerenciamento de resíduos químicos. Este trabalho objetivou implementar preceitos e estratégias de não-geração, redução, segregação, reutilização e destinação final adequada dos resíduos gerados em atividades experimentais nos laboratórios de ensino de Química Universidade de Passo Fundo, bem como desenvolver uma visão crítica e uma consciência ética, junto aos acadêmicos e professores das disciplinas de Química dos cursos que realizam atividades práticas nos laboratórios envolvidos no ensino. As disciplinas onde o projeto foi implantado foram: Química Geral I e II dos cursos de Química, Farmácia, Veterinária, Agronomia e Biologia. Os resultados permitiram o desenvolvimento de métodos mais limpos e com menor volume de reagentes e conseqüentemente, menor geração de resíduos, até ações que visam à identificação, tratamento, reaproveitamento e a disposição final dos mesmos. Esta prática passou pela reavaliação de atividades experimentais e substituição de matérias-primas. Minimizando-se a geração, estimulando o reaproveitamento e recuperação. Também se procurou dispor os rejeitos, que foram encaminhados para aterros e destinos apropriados. A divulgação interna e externa do projeto, através da participação em eventos científicos e da publicação do trabalho é destaque dentre os resultados. Este conjunto de ações, embora não seja a solução completa para o gerenciamento de resíduos químicos nos laboratórios de instituições de ensino, pode contribuir para a mudança da realidade atual e principalmente incentivar a discussão sobre a geração e destino dos resíduos das aulas experimentais das instituições de ensino superior.

Palavras-chave: Gerenciamento. Resíduos de laboratórios. Resíduos químicos.

Área Temática: Educação Ambiental.

### **1 Introdução**

A química tem hoje uma grande presença em nossas vidas, pois é responsável por inúmeros produtos importantes para a humanidade, desde diversos medicamentos até combustíveis que movimentam carros e aviões. No entanto, as atividades ligadas à química



muitas vezes trazem graves prejuízos à natureza e ao próprio homem. Nos últimos anos, porém, uma nova filosofia para a química vem tomando grande força: a chamada ‘química verde’ ou ‘química sustentável’, que tem como alguns de seus princípios evitar a geração de rejeitos e utilizar processos mais seguros para o meio ambiente (SANSEVERINO, 2002).

O momento atual caracterizado por uma postura global voltada para a preservação ambiental, refletida na implementação massiva das ISO 14000 e BPL (Boas Práticas de Laboratório, do Inglês: Good Laboratory Practices – GLP) é o reflexo de que o movimento não é efêmero ou muito menos um modismo, as Universidades (e outros geradores de resíduos) não podem adotar uma postura de incoerência quanto a questão dos resíduos gerados. O gerenciamento de resíduos nas universidades é um dever para com a sociedade. Para tanto se esbarra muitas vezes no apoio da Instituição para programas de reciclagem e não geração.

## 2 Resíduos de Laboratório

O laboratório é um lugar no qual são realizadas tarefas específicas numa determinada área de conhecimento. Sendo assim, difere de outros locais por ser necessário adotar procedimentos especiais nas atividades que lá se realizam e, por esta razão, é um local de risco. Desta maneira, ao projetar e montar um experimento, é necessário que toda a sua estrutura atenda aos padrões mínimos de segurança. Isto significa que deve possuir um bom layout, um acondicionamento adequado dos reagentes, a instalação correta dos equipamentos, entre outros. Tais fatores por si só, não garantem a prevenção de acidentes. Aliado a isto, é necessário também um conhecimento dos riscos existentes na atividade laboratorial e a observância das regras de segurança recomendadas e a busca pela produção ZERO de resíduos (MISTURA, 2004). A preocupação com a mudança de visão nos laboratórios químicos frente à redução do volume e tratamento dos resíduos gerados é o tema deste trabalho, a discussão científica sobre o assunto já motivou diversos trabalhos em laboratórios de ensino e pesquisa em universidades brasileiras (CUNHA, 2001; AMARAL, 2001; JARDIM, 1998; CANOVA, 2004). Os benefícios obtidos com a minimização da geração de resíduos incluem a racionalização dos procedimentos visando o menor consumo de reagentes e o decréscimo dos custos com tratamento e disposição final, além de colaborar com a segurança do operador e da comunidade, uma vez que previne a contaminação ambiental (WHITEHEAD & FREEMAN, 1982).

É de fundamental importância desenvolver uma visão crítica e uma consciência ética quanto à toxicidade, periculosidade e tratamento adequado dos diversos tipos de rejeitos produzidos em atividade laboratoriais, junto aos acadêmicos e professores dos cursos que realizam atividades práticas nos laboratórios envolvidos na pesquisa, sendo que a área da química atende os seguintes cursos: Química, Farmácia, Agronomia, Medicina Veterinária, Engenharia Mecânica, de produção, Civil, Ambiental e de Alimentos, Ciências Biológicas, Física, Ensino Médio e Técnico em Alimentos, perfazendo aproximadamente 1800 estudantes anualmente sendo atendidos pelos laboratórios de ensino da química da UPF. A área de química atende um grande número de cursos da UPF, gerando, conseqüentemente, um elevado volume de resíduos.

Conscientes da importância de adotar ações efetivas no sentido do gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios, tanto do ponto de vista de responsabilidade civil quanto da formação de futuros profissionais, com relação à minimização da contaminação ambiental e dos custos gerados num todo, realiza-se um programa que concretiza as atividades nesse sentido.



## 2.1 A hierarquia na gestão de resíduos

Abaixo na Figura 01, apresenta-se a síntese das discussões do grupo para o gerenciamento dos resíduos nos laboratórios de ensino de química da UPF.

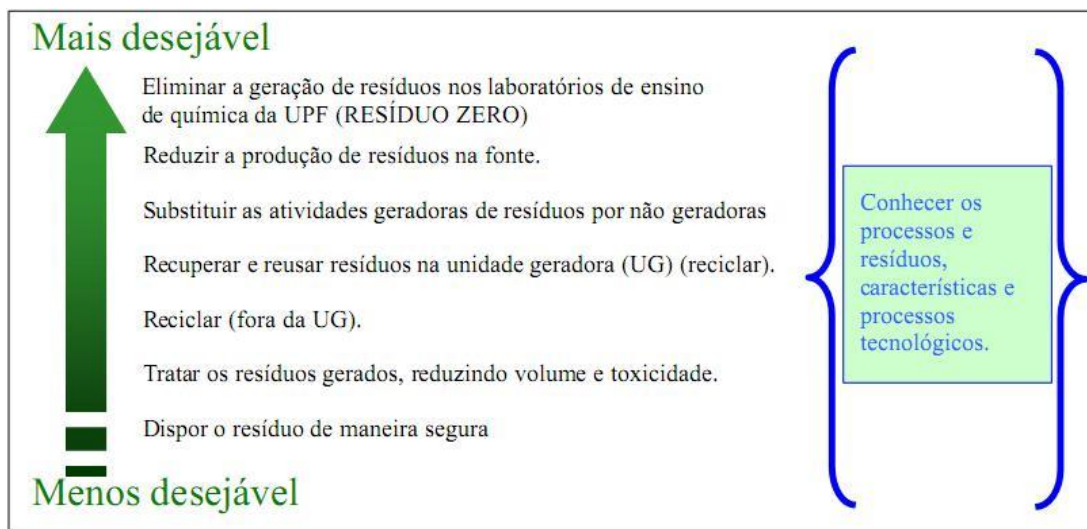


Figura 01: Processo de gerenciamento dos resíduos dos laboratórios de química da UPF.

## 2.2 Programa de Gerenciamento de Resíduos de Laboratório na UPF

Dentre os objetivos que foram levados em consideração no gerenciamento de resíduos de laboratório de ensino de química da UPF estão: Contabilizar os recursos humanos envolvidos para engajar o maior número possível de pessoas no projeto; Contabilizar os recursos financeiros necessários para implantação do programa; Fazer uma avaliação preliminar do passivo; Fazer uma estimativa das fontes e quantidades do ativo; Escolher as melhores tecnologias (custo e risco/benefício); Levantar os geradores de resíduos químicos nas atividades experimentais nos laboratórios de ensino de química; Identificar, caracterizar e quantificar os resíduos gerados; Desenvolver procedimentos alternativos para diminuição de consumo de reagentes para realização de atividades experimentais; Tratar os resíduos gerados in loco e reutilização dos resíduos transformados em matéria-prima; Construir coletivamente o programa de gerenciamento e testar sua eficiência para 2 disciplinas de graduação (Química Geral e experimental I e II); Criar mecanismos de continuidade do Programa; Implementar o programa de gerenciamento de resíduos; Reavaliação continuada; o programa (atualização, processos emergentes); As metas a serem atendidas pelo programa foram: Mudança de hábitos e de atitudes, não apenas nos estudantes e professores mas de todos os servidores da universidade envolvidos; Demonstrar à comunidade usuária dos laboratórios de ensino de química que as atividades de redução, reuso e reaproveitamento de resíduos representa um desafio constante para um Químico e Divulgação das atividades, das metas propostas e dos resultados para a comunidade acadêmica da UPF.

## 2.3 Importância da minimização e prevenção na produção de resíduos

Vários critérios foram norteadores para a construção do programa de resíduos, aqui apresentado como: Responsabilidade (ética) ambiental; Mudança de mentalidade na formação de novos cidadãos; Encorajamento da segurança nos laboratórios; Economia de recursos; Conformidade com a legislação; Coerência de postura da academia diante dos problemas ambientais (SHELDON, 1994).



## 2.4 Praticando a minimização

Para minimizar os resíduos partiu-se para ações de ensino e na pesquisa.

**ENSINO:** para as atividades de ensino buscaram-se as seguintes práticas: Reavaliação das atividades experimentais, toxicidade e quantidades; Adoção de micro escala para as atividades imprescindíveis, mais atividades em grupos em detrimento das individuais; Implantar uma central de reagentes única para serem reutilizados em diversas atividades ao longo do semestre e entre semestres; Buscar reagentes e procedimentos menos tóxicos e mais “verdes”, eliminando ou abolindo os mais problemáticos.

**PESQUISA:** Reavaliação de novos procedimentos; Ajuste daqueles usados rotineiramente; Responsabilizar agentes geradores de resíduos e os grupos de pesquisa envolvidos; Nos projetos de pesquisa, contemplar uma nova discussão de como não gerar e/ou minimizar e tratar os resíduos eventualmente gerados.

## 2.5 Uso de micro escala em laboratórios de ensino

Entende-se por micro escala em laboratório o uso de menores quantidades de reagentes e equipamentos, juntando grupos para a realização de experimentos ou mesmo fazê-los de forma demonstrativa desde que não prejudiquem o desenvolvimento pedagógico e didático das atividades experimentais, pois se entendeu que os mesmos: Aumentam a segurança na realização dos experimentos; Minimizam a contaminação da atmosfera do laboratório; Reduzem a quantidade de reagentes comprados e a quantidade de resíduos gerados; Reduzem o tempo necessário para reações e usam menos energia; Permite o uso de maior variedade de reagentes; Permite o uso múltiplo do laboratório, arrumação mais rápida entre aulas concomitantes no mesmo turno; Melhora o aprendizado quando conduzidos de forma adequada e discussões pertinentes (MARTINS, 1986).

## 2.6 Introdução de experimentos virtuais

O uso do computador e outras ferramentas multimídia como auxílio para alguns experimentos mais complexos também foi pautado no programa de minimização de resíduos.

## 2.7 Compra de reagentes e suprimentos

Um estudo preliminar demonstrou que a produtos não utilizados compõem até 40% do total de resíduos gerados e que a compra de grandes quantidades não produz uma economia efetiva pois os mesmos não são utilizados e passam de sua data de validade, adotou-se então a compra de apenas o que é estritamente necessário.

Algumas estratégias foram adotadas como fazer a seleção de fornecedor que apóiem programas de gestão recebendo os resíduos para disposição ou trocando os vencidos; uma padronização das compras e centralização dos pedidos no coordenador do laboratório.

## 2.8 Praticando o reciclo e o reuso

Para tanto foi criado um banco de reagentes para usos diversos centralizado pelo pessoal de preparação das atividades experimentais.

**Reusar:** utilizar um insumo sem que haja necessidade de qualquer tratamento. Exemplos: Soluções de NaOH, Resíduos a base de Cr(VI), Resíduos orgânicos não halogenados.

**Reciclar:** utilizar um resíduo ou seu conteúdo energético. Como exemplos têm-se: Solventes, Combustíveis, Óleos. Recuperar catalisadores.



## **2.9 Gerenciando o estoque**

Rotulagem deve ser apropriada: todos os frascos devem ser rotulados, principalmente aqueles contendo resíduos; o rótulo deve ser padronizado; também deve ser “visível”.

Centralização do almoxarifado: minimização dos riscos de acidentes; materiais incompatíveis devem ser estocados separadamente; cuidados com temperatura e ventilação; acesso deve ser restrito; inspeção e treinamentos devem ser rotineiros.

## **2.10 Substituindo reagentes**

Para a limpeza de vidrarias optou-se pelo banimento da clássica e tóxica solução sulfocrômica. Optando-se por outros produtos disponíveis no mercado: detergentes líquidos.

## **2.11 A segregação dos resíduos**

Mesmo dentro de um programa de gerenciamento bem elaborado, ainda existe a produção de resíduos (ativo). Estes precisam ser segregados de acordo com a destinação final. Resíduos aquosos ou líquidos são armazenados e podem ser tratados por processos convencionais ou emergentes (foto catálise; neutralização, etc.). Resíduos sólidos são estocados após imobilização na espera de uma definição quanto à disposição final.

## **2.12 Tratamento de resíduos on-site**

"Nenhum trabalho é tão importante e urgente que não possa ser planejado, e executado com segurança" (MARTINS, 1986; MELLO, 1990).

Regra Geral: Antes de usar um produto químico, saiba como destruí-lo com segurança.

Estas são algumas sugestões de métodos de descarte de resíduos, que podem ser usadas. Estes métodos são apresentados de forma geral, sendo que, para cada tipo de resíduo, deve ser feito um estudo minucioso por entidades e órgãos capacitados para isso. Jamais deve-se descartar um resíduo de laboratório sem antes ter certeza de estar utilizando um método seguro. Levantamentos de quantidades e características dos diversos resíduos a serem tratados no laboratório. Tipos de técnicas convencionais de tratamento: neutralização; separação; fixação; oxidação; precipitação; troca iônica.

Cuidados a serem utilizados no laboratório: Rótulos: sempre presentes e legíveis. Ficha toxicológica (MSDS): deve ser conhecida (UNESP, 2007). Manuseio de reagentes: Estocagem adequada: vida de prateleira. Estabilidade e incompatibilidade: ácidos e bases, oxidantes e redutores. Solventes: voláteis, tóxicos, não estoque no laboratório. Gases comprimidos: usar válvulas e reguladores corretos, não carregar sem carrinho. Derrame: programa de evacuação, tratamento.

## **2.13 Tratamento de resíduos “out-site”**

Para eliminar de forma adequada os resíduos de laboratório, é necessário ter, pelo menos, algum conhecimento do tipo de produto ou subproduto a ser eliminado. A partir disto, sabendo algumas características químicas do resíduo, pode-se acondicioná-lo em recipientes adequados e descartá-lo de forma segura. Os métodos de descarte variam conforme a característica de cada resíduo, por exemplo, ácidos e bases de alta toxicidade podem, em alguns casos, ser neutralizados, diluídos e descartados. Pode-se também, dentro das possibilidades, incinerar o material em incinerador com dois estágios de combustão. No caso de resíduos contendo metais regeneráveis, estes devem ser recolhidos separadamente.





## 2.14 Classificação de Recipientes

Os recipientes foram designados da seguinte forma:

A) Orgânicos não halogenados: Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios.

B) Orgânicos halogenados: Solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios.

C) Resíduos inorgânicos: tóxicos, como por exemplo, sais de metais pesados e suas soluções. Descartar em frasco resistente a rompimento, fechado firmemente, com identificação visível, clara e duradoura.

E) Ácidos e bases.

F) Outros: resíduos específicos que possam ser recuperados e/ou encaminhados para tratamento externo, identificado o tipo de reagente que se refere no frasco (UNESP, 2007). São colocados no momento da aula e retirados ao serem preenchidos, são recipientes de 5 Litros de capacidade, plásticos e rotulados conforme designado acima. Os estudantes após cada início de atividade prática recebem orientação sobre os resíduos daquela aula e reconhecem os recipientes onde devem descartar os mesmos.

## 3 RESULTADOS OBTIDOS

### 3.1 Quantidades tratadas de resíduos químicos:

Segundo levantamento feito pela UPF e dados da produção de resíduos gerados pelos laboratórios de ensino de química no período de 2002 a 2004, a química foi o setor da universidade que gerou maior quantidade de resíduos, chegando a gerar 36,82 % de toda quantidade da UPF. Isto se deve as particularidades dos laboratórios de ensino de química que atendem vários cursos de graduação, ensino médio e pós-médio (Figura 02).

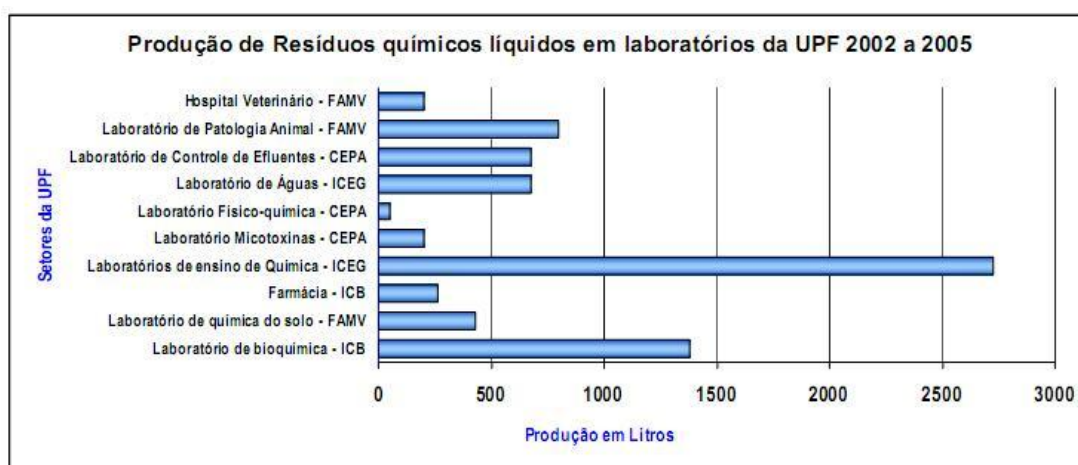


Figura 02: Representação da geração de resíduos da UPF no período de 2002/2004.

Fonte: Seção de conservação dos Campi da UPF – 2005

### 3.2 Resultados financeiros do projeto:

As quantidades sugerem que em média cada acadêmico atendido nos laboratórios de ensino da Química da UPF produziram entre os anos de 2002 a 2004: 0,90 L per capita anual de resíduos nos laboratórios, gerando um custo de R\$ 5,00 (cinco reais) anuais (Tabela 01).



Com os resultados do projeto foram produzidos no ano de 2005, 90 L de resíduos, perfazendo um rebaixamento de 818 L comparado a produção média dos 3 últimos anos.

Tabela 1 - Resultados dos custos para tratamento de resíduos da UPF - 2002/2004.

<b>Setor da UPF</b>	<b>Prod. Litros (L)</b>	<b>Trat. Valor (R\$) / L</b>	<b>Frete % incidência</b>	<b>Valor relativo</b>	<b>Total (R\$)</b>
Laboratório de Bioquímica – ICB	1380	4,5 6210,00	18,65	828,42	7038,42
Laboratório de Química do Solo - FAMV	430	4,5 1935,00	5,81	258,13	2193,13
Farmácia – ICB	265	4,5 1192,50	3,58	159,08	1351,58
Laboratório de Ensino de Química - ICEG	2725	4,5 12262,50	36,82	1635,83	13898,33
Laboratório de Micotoxinas - CEPA	200	4,5 900,00	2,70	120,06	1020,06
Laboratório de Físico Química - CEPA	50	4,5 225,00	0,68	30,02	255,02
Laboratório de Águas - ICEG	675	4,5 3037,50	9,12	405,21	3442,71
Laboratório de Controle de Efluentes - CEPA	675	4,5 3037,50	9,12	405,21	3442,71
Laboratório de Patologia Animal - FAMV	800	4,5 3600,00	10,81	480,24	4080,24
Hospital Veterinário - FAMV	200	4,5 900,00	2,70	120,06	1020,06
<b>Totais</b>	<b>7.400</b>	<b>33.300,00</b>	<b>100,00</b>	<b>4.442,25</b>	<b>37.742,25</b>
Valor do Frete de transporte até destino final R\$ 4442,25					

Fonte: Seção de conservação dos Campi da UPF – 2005 – Dados anteriores a implantação do projeto.

Esta quantidade perfaz uma economia financeira de R\$ 4.090,00 (quatro mil e noventa reais) pela não necessidade de tratamento dos mesmos e uma economia de compra de reagentes pela reutilização dos materiais e reagentes recuperados pelo projeto.

Isto posto, ainda citam-se os ganhos relativos à integração dos acadêmicos com os problemas relacionados com a geração de resíduos e seu tratamento, ainda o envolvimento dos professores e funcionários nas preocupações ambientais inerentes das atividades experimentais dos químicos e do ensino nos laboratórios.

A avaliação feita do projeto foi satisfatória, tendo atendido todos os objetivos propostos, onde foram implementadas estratégias de reuso, segregação, reutilização e destinação final dos resíduos gerados em atividades experimentais nos laboratórios de ensino de química da UPF.

Segundo a avaliação, promoveu-se a formação de recursos humanos na área dos 3 Rs para resíduos gerados em atividades experimentais nos laboratórios, bem como se desenvolveu uma visão crítica e consciente, relacionada à diminuição na produção de resíduos e um aumento de reutilização de reagentes na grande maioria das disciplinas que utilizam atividades experimentais nos laboratórios e racionalizar dos procedimentos visando menor consumo de reagentes e o decréscimo dos custos com tratamento e disposição final, segundo a análise financeira apresentada. Constatou-se uma diminuição significativa nas quantidades de resíduos gerados, além do envolvimento dos estagiários na redução, reutilização e tratamento dos mesmos. Como avaliação geral obteve-se um grande avanço diante de uma área primordial nas relações de ensino e extensão nas universidades, que é a prevenção da contaminação ambiental.



A filosofia de química verde está baseada no melhor aproveitamento dos recursos naturais, proporcionando menor poluição ambiental e menos riscos para os acadêmicos e a sociedade. Essa nova estratégia de ação vem sendo adotada, cada vez mais, pelas indústrias químicas de todo o mundo, contribuindo significativamente para a superação de um dos grandes desafios da humanidade, nesse início de milênio: alcançar um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente.

## Referências

AMARAL, Suzana T.. 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, Vol. 24, no 3, 419-423, 2001.

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Safety in Academic Chemistry Laboratories. Committee on Chemical Safety. 3o ed. 1979.

CANOVA, Thaís dos Santos. Tratamento de Resíduos de Laboratório: uma Nova Visão no Ensino de Química. UNILASSALE. XXIV EDEQ – UCS, 2004.

CUNHA, Carlos Jorge da. O Programa de Gerenciamento dos Resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. Química Nova, Vol. 24, no 3, 424-427, 2001.

JARDIM, Wilson de Figueiredo. Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa. Química Nova, Vol. 21, no 5, 1998.

MARTINS, A. F. Segurança de Laboratório e Higiene Ocupacional: Manual de Prevenção de Acidentes em Laboratórios Químicos. Santa Maria: UFSM. Centro de Ciências Naturais e Exatas, 1986.

MELLO, E. S. Segurança no Trabalho com Produtos Químicos. Porto Alegre: UFRGS. Instituto de Química. 1990.

MISTURA, C. M. et al. 2nd International Symposium on Residue Management in Universities – Livro de Resumos. UFSM, 2004.

SANSEVERINO, A. M. Síntese Orgânica Limpa. Química Nova, v. 23(1), p. 102, 2000.

SANSEVERINO, Antonio M. Química verde. Ciência Hoje. V. 8. pg. 20 a 27. 2002.

SHELDON, R. A. Consider the environmental quotient. Chemtech, v. 24(3), p. 38, 1994.

TROST, B. M. The atom economy. A search for synthetic efficient. Science, v. 254(5037), p. 1471, 1991.

UNESP. <[www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/protocolo.htm](http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/protocolo.htm)> acessado em 03 de novembro de 2007.

WHITEHEAD, J. & FREEMAN, N. T. Safety in the Chemical Laboratory. London, Academic Press, 1982.