

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DOS LABORATÓRIOS DE ENSINO DE QUÍMICA DA UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO, RS

RESIDUES MANAGEMENT ON THE CHEMISTRY LABORATORIES OF UNIVERSITY OF PASSO FUNDO, RS

Clóvia Marozzin Mistura, Ana Paula Härter Vaniel, Mara Regina Linck

Universidade de Passo Fundo, Campus I - km 171 - BR 285, Bairro São José, Caixa Postal 611 - CEP 99001-970, Passo Fundo/RS Fone/Fax (54) 3316-8347, E-mail:clovia@upf.br

RESUMO

Com as recentes discussões, por parte das instituições acadêmicas, sobre a importância da educação ambiental e não geração de resíduos químicos, fazem-se necessários um diagnóstico e plano de ação para a gestão de resíduos de laboratório nas universidades. Este trabalho objetivou implementar discussões e estratégias de não geração, redução, segregação, reutilização e destinação final adequada dos resíduos gerados em atividades nos laboratórios de ensino de química da Universidade de Passo Fundo, RS, bem como desenvolver uma visão crítica e uma consciência ética junto aos(as) docentes e discentes das disciplinas que utilizam os laboratórios nos diversos cursos quanto à toxicidade e periculosidade dos resíduos produzidos durante suas atividades práticas. As disciplinas onde o projeto foi implantado foram Química Geral I e/ou II, dos mais diversos cursos da UPF. Os resultados permitiram o desenvolvimento de procedimentos mais limpos, com menor quantidade de reagentes e, conseqüentemente, menor geração de resíduos, ações que visam ao diagnóstico, à identificação, à caracterização, ao tratamento, reaproveitamento e à disposição final dos mesmos. Esta prática passou pela reavaliação de diversas atividades experimentais pelo grupo de pesquisa e posterior indicação de substituição de alguns reagentes originais, minimizando-se a geração inicial, estimulando-se a reutilização dos resíduos e sua recuperação e utilizando-se boas práticas de laboratório. Em último caso, também se procuraram formas adequadas de disposição dos rejeitos, os quais 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. Esse conjunto de ações, embora não seja a solução completa para a gestão de resíduos químicos nos laboratórios de ensino, certamente contribui para a mudança de atitudes nos grupos de discussão e, principalmente, para incentivar a visibilidade do problema da geração e destino dos resíduos das atividades experimentais das instituições de ensino superior.

Palavras-chave: Gestão ambiental. Boas práticas de laboratório. Resíduos químicos.

ABSTRACT

It has been discussed worldwide by the academics institutions the relevance of proper chemical residues management. Without its proper care, the residue generated in such entities might be contributing against its core objectives, establishing a cost/benefit relation totally unfit for teaching centers. Therefore this paper aims to implement concepts and strategies of non-generation, reduction, segregation, reuse, reutilization and proper final destination to all the chemical residues generated on the experimental activities conducted on the chemistry laboratories of University of Passo Fundo, as well as develop a critical view along with an ethical conscience among the students and teachers of chemistry related classes of all the courses that conduct practical activities as far as toxicity and dangerousness of the most different kinds of residues are concerned. The disciplines which this project was conducted were: General Chemistry I and II from the courses of Chemistry, Pharmacy, Veterinarian Medicine, Agronomy and Biology. The results achieved during the implementation of the project allowed, from the development of cleaner practices with a reduced usage of chemicals along with less generation of final residues, up to actions aiming the identification, treatment, reuse and final disposition of such agents. This practice allowed the minimization of the generation of waste, stimulating the reuse through reutilization or recuperation and as far as the necessity of final destination goes, the final waste was discarded in proper landfills. It is understood that, despite of the fact that such actions may not represent a complete solution for the chemical waste residue management in teaching institutions, they might contribute towards a change on the current reality and, most of all, incentive further discussions on the subject.

Key-words: Residues management. Minimization of the waste. Good laboratory practices.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a química tem uma grande presença na vida da civilização, sendo responsável pela produção e transformação do mundo material em diversos produtos importantes para a melhoria da qualidade de vida, desde diversos medicamentos até combustíveis que movimentam nossas cidades e campo. No entanto, se não forem bem gerenciadas, as atividades ligadas à química muitas vezes podem trazer graves prejuízos ao ambiente e ao próprio homem.

Segundo Bendassolli et al. (2003), é notório que a maioria dos profissionais do segmento químico não recebeu formação adequada para lidar com esses problemas nos bancos acadêmicos, também porque as próprias instituições de ensino e pesquisa não tratavam seus resíduos de atividades laboratoriais até bem pouco tempo atrás. Recentemente, uma nova filosofia de trabalho para a química vem tomando grande impulso: a “química verde” ou “química sustentável”, que tem como alguns de seus princípios evitar a geração de rejeitos e utilizar processos mais seguros e sustentáveis para o meio ambiente. (SANSEVERINO, 2000, 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 reflexo de que o movimento não é efêmero nem, muito menos, um modismo, pois as universidades (e outros geradores de resíduos) não podem adotar uma postura de incoerência quanto à 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. GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS

A geração de resíduo químico não é exclusiva das indústrias, uma vez que laboratórios de universidades, escolas e institutos de pesquisa também são geradores de resíduos de elevada diversidade, mas de volume geralmente reduzido, quando comparado ao industrial, representando 1% do total de resíduos perigosos (Classe I) produzidos em um país em desenvolvimento (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005).

O laboratório é um lugar no qual são realizadas tarefas específicas numa determinada área de conhecimento. Assim, difere de outros locais por ser necessário adotar procedimentos especiais nas atividades que lá se realizam; por essa razão, é um local de certo risco. Dessa maneira, ao projetar e montar um experimento é necessário que toda a sua estrutura atenda aos padrões mínimos de segurança. Isso significa que deve possuir um bom *layout*, espaço físico adequado para a movimentação dos usuários e seu conforto, um acondicionamento planejado dos reagentes, a instalação correta de redes elétricas, equipamentos e tubulações, dentre outros. Tais fatores, no entanto, por si só, não garantem a prevenção total de acidentes. Aliado a isso, é necessário também que haja conhecimento sobre os riscos existentes na atividade laboratorial, 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 quanto 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 (IZZO, 2000; CUNHA, 2001; AMARAL, 2001; JARDIM, 1998; CANOVA, 2004; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; NOLASCO et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2008; FORNAZZARI, 2008). Os benefícios obtidos com a minimização da geração de resíduos incluem a racionalização dos procedimentos, visando ao menor consumo de reagentes e ao 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 ao tratamento adequado dos diversos tipos de rejeitos produzidos em atividades laboratoriais junto aos(as) acadêmicos(as) e professores(as) dos cursos que realizam atividades práticas nos laboratórios envolvidos no ensino e na pesquisa. A área da química atende aos cursos Química Licenciatura e Bacharelado, Farmácia, Medicina Veterinária, Agronomia, Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado, Engenharias de Alimentos Produção, Elétrica, Mecânica, Ambiental e Civil, Física, Ensino Médio e pós- médio em Técnico de Alimentos, perfazendo aproximadamente 1800 estudantes sendo atendidos anualmente pelos laboratórios de ensino da química da UPF. Dessa forma, a área de química gera um elevado volume de resíduos.

Nos vários segmentos onde a Gestão Ambiental vem sendo praticada, principalmente nas universidades, foram criados modelos de gerenciamento de resíduos, respeitando desde os tipos e volumes desses materiais até as restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental estadual (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

A Área de Química, sensibilizada pelo grupo de pesquisa e ciente 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, procura implantar a mudança de atitude. Assim, levando em conta a minimização da contaminação ambiental e dos custos gerados num todo, realizou-se um programa que concretiza as atividades nesse sentido.

2.1 Gestão de resíduos de laboratórios

Na Figura 1 apresenta-se a síntese das discussões do grupo para a gestão dos resíduos nos laboratórios de ensino de química da UPF, adaptado de Cunha (2001).

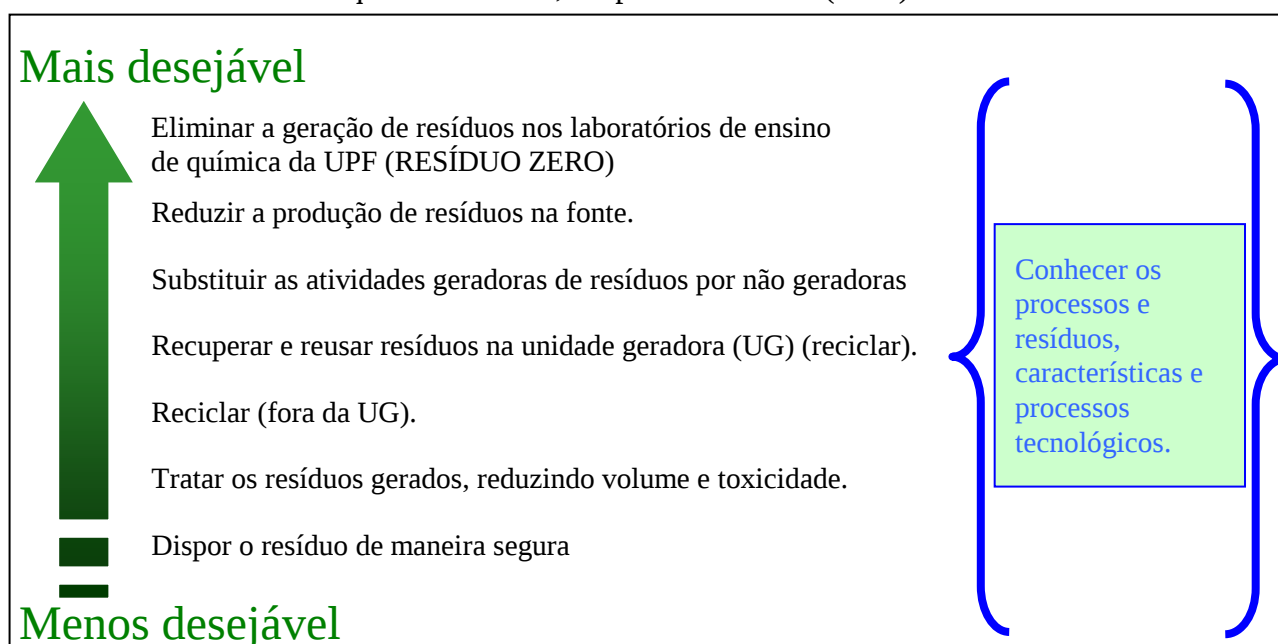


Figura 01: Processo desejado no programa de gestão dos resíduos dos laboratórios de ensino de química da UPF.

2.2 Programa de Gestão de Resíduos de Laboratório de ensino de Química na UPF

Dentre os objetivos 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; levantar os recursos financeiros necessários para implantação do programa; avaliar preliminarmente o passivo existente; estimar as fontes e quantidades do ativo; escolher as melhores tecnologias (custo e risco/benefício) para tratamento; identificar e cadastrar os geradores de resíduos químicos nas atividades experimentais nos laboratórios de ensino de química; identificar, caracterizar e quantificar os resíduos gerados; planejar e testar procedimentos alternativos para diminuição de consumo de reagentes para realização de atividades experimentais; tratar os resíduos gerados; reutilizar os resíduos transformando-os em matéria-prima; construir coletivamente o programa de gerenciamento e testar sua eficiência para duas disciplinas de graduação (Química Geral e experimental I e II); criar mecanismos de continuidade do programa; implementar o programa de gerenciamento de resíduos; propor a reavaliação continuada do programa (atualização, processos emergentes). As metas a serem atendidas pelo programa foram: mudança de hábitos e de atitudes, não apenas nos(as) estudantes e professores (as) mas de todos os(as) servidores(as) da universidade envolvidos(as); demonstrar à comunidade usuária dos laboratórios de ensino de química que as atividades de redução, reúso e reaproveitamento de resíduos representa um desafio constante para o químico e outros futuros profissionais; proporcionar na formação inicial a discussão sobre atitudes sustentáveis na futura profissão; divulgação das atividades, das metas propostas e dos resultados para a comunidade acadêmica da UPF.

2.3 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 Implantando 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 microescala 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”¹, eliminando ou abolindo os mais problemáticos.

¹ O termo “reagente verde” para a química foi cunhado pelo artigo da American Chemical Society, Safety in Academic Chemistry Laboratories Committee on Chemical Safety, em 1979, e reforçado por Sanseverino em *Síntese orgânica limpa* em 2000. É aquele que

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 microescala em laboratórios de ensino de química*

Entende-se por microescala em laboratório o uso de menores quantidades de reagentes e equipamentos, juntando grupos para a realização de experimentos, ou mesmo executá-los de forma demonstrativa, desde que não prejudiquem o desenvolvimento pedagógico e didático das atividades experimentais. Entendeu que assim se aumenta a segurança na realização dos experimentos; minimiza-se a contaminação da atmosfera do laboratório; reduz-se a quantidade de reagentes novos adquiridos e a quantidade de resíduos gerados; reduz-se o tempo necessário para reações e usa-se menos energia; permite-se o uso de maior variedade de reagentes e o uso múltiplo do laboratório, proporcionam uma arrumação mais rápida entre aulas concomitantes no mesmo turno; melhora-se o aprendizado quando conduzidos de forma adequada e discussões pertinentes (MARTINS, 1986).

2.6 *Utilização de experimentos virtuais*

O uso das tecnologias de comunicação, dentre elas o computador e outras ferramentas multimídia como auxílio para alguns experimentos mais complexos, também foi pautado no programa de minimização de resíduos. A implantação desses procedimentos demanda uma maior instrumentalização dos(as) docentes em tecnologias alternativas, buscando-se uma maior inclusão digital e uso de *softwares* de simulação.

2.7 *Otimização da compra de reagentes e suprimentos*

Um estudo preliminar demonstrou que produtos não utilizados compõem até 40% do total de resíduos gerados nos laboratórios de ensino de química e que a compra de grandes quantidades não produz uma economia efetiva, pois 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 uma seleção de fornecedores que apoiem 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 *O reciclo e o reúso*

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

Reusar: utilizar um resíduo de atividade experimental como insumo para outras, sem que haja necessidade de qualquer tratamento. Exemplos: soluções diversas preparadas para capacitação na

produz o menor dano possível ao ambiente e aos que o manipularem, sendo mais seguro que outros utilizados para o mesmo fim anteriormente.

Química Geral I, como de $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$, $\text{HCl}_{(\text{aq})}$, etc., utilizadas para procedimentos de Química Analítica I e II, 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 A gestão do estoque

A 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. A principal ação neste item foi a readequação do espaço de almoxarifado para os laboratórios de ensino da química e a ampliação da área física, contando com um almoxarifado auxiliar.

2.10 A substituição de reagentes

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

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). Tem-se como regra geral que antes de usar um produto químico, deve-se saber como descartá-lo com segurança.

Essas são algumas sugestões de métodos de descarte de resíduos que podem ser usadas. Esses 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 tanto.

Ao se utilizarem um reagente e material, jamais se deve descartar o resíduo gerado no laboratório sem antes ter certeza de estar utilizando um método seguro e apropriado de descarte. Manter-se um inventário atualizado de quantidades e características dos diversos resíduos a serem tratados no laboratório. Devem-se priorizar técnicas convencionais de tratamento: neutralização, separação, fixação, oxidação, precipitação, troca iônica.

Cuidados adicionais a serem observados no laboratório: manter rótulos sempre presentes e legíveis; fazer circular as fichas toxicológicas (MSDS) dos reagentes entre o pessoal que utiliza do laboratório (UNESP, 2007); a estocagem dos reagentes deve seguir as boas práticas e ser adequada, observando-se, no mínimo, a vida de prateleira, estabilidade e incompatibilidade, como, por exemplo, a existente entre ácidos e bases, oxidantes e redutores; considerar a não estocagem de solventes voláteis e tóxicos no laboratório; executar projetos específicos para estocagem e uso de gases comprimidos, cuidando para usar válvulas e reguladores certificados, e o transporte deve ser feito de forma adequada, com auxílio de carrinho; preparar um procedimento para o caso de acidentes e derrame acidental dos produtos estocados através de um programa de evacuação e recolhimento, com posterior tratamento dos resíduos gerados; finalmente, periodicamente realizar treinamentos de formação continuada para os envolvidos no trabalho nos laboratórios de ensino com simulação de atendimento e procedimentos em caso de acidentes.

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 disso, conhecendo algumas características físicas e 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 equipamentos com dois estágios de combustão. No caso de resíduos contendo metais regeneráveis, estes devem ser recolhidos separadamente.

2.14 Classificação de recipientes coletores de resíduos

Para estocagem dos resíduos produzidos, os recipientes foram distribuídos em conjuntos em cada dependência dos laboratórios de ensino de Química, sendo designados e rotulados 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).

Também foi adquirido um recipiente para os resíduos sólidos gerados nas aulas práticas, de cor laranja, identificado como Classe 9, resíduos sólidos diversos (ANTT, 2004). São colocados no momento da aula e retirados ao serem preenchidos; são recipientes de cinco litros de capacidade, plásticos e rotulados conforme designado acima. Após cada início de atividade prática, os(as) estudantes recebem orientação sobre os resíduos daquela aula e reconhecem os recipientes nos quais devem descartá-los.

Para conhecimento da comunidade acadêmica, foram confeccionados cartazes para informação do procedimento geral da segregação dos resíduos e nas apostilas de química utilizadas das diversas disciplinas foi acrescentada a informação detalhada desses procedimentos, ressaltando a importância da participação de cada um no sucesso do programa.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Quantidades tratadas de resíduos químicos

Segundo levantamento feito pelo setor de resíduos da 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 58,29 % do total gerado na universidade no triênio 2002-2004 e, 46,13 % no triênio 2005-2007. Isso se deve às particularidades dos laboratórios de ensino de química, que atendem vários cursos de graduação, ensino médio e pós-médio (Figura 2).

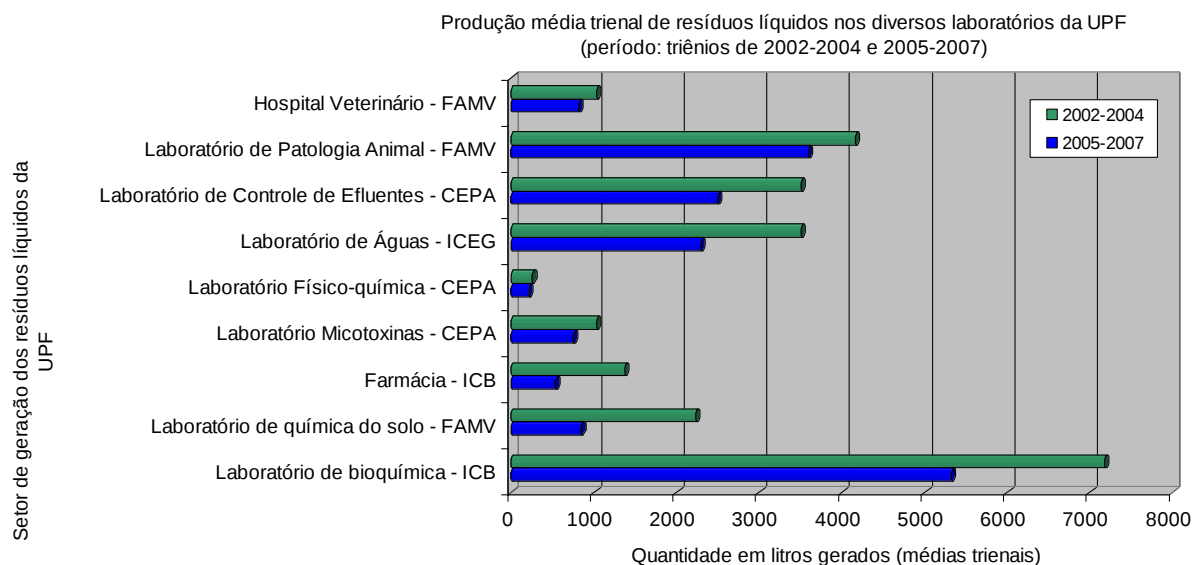


Figura 2: Representação da geração de resíduos da UPF no período de 2002/2005.

Fonte: Seção de conservação dos Campi da UPF – Tratamento de Resíduos– 2008

3.2 Resultados financeiros do projeto

As quantidades sugerem que, em média, cada acadêmico(a) atendido(a) nos laboratórios de ensino da Química da UPF produziu no triênio 2002-2004 1,17 L; no triênio 2005-2007 a produção foi de 0,65 L *per capita* anual de resíduos nos laboratórios. Houve um decréscimo de geração anual/estudante de 6,24 L por estudante atendido(a) nos laboratórios de ensino da química, perfazendo 55,55 % de redução. Assim, gerou-se uma economia financeira de R\$ 42.042,00 (quarenta e dois mil e quarenta e dois reais) pela não necessidade de tratamento dos mesmos e de compra de reagentes pela reutilização dos materiais e reagentes recuperados pelo projeto.

Quadro 1: Resultados dos custos para tratamento de resíduos da UPF - 2002/2007.

	média dos triênios		2002-2004	2005-2007			
	2002-2004	2005-2007					
	Produção				diminuição		
implantação do projeto / Setor da UPF	Litros (L)		s gastos com destinação final dos re	litros trianuais	o de geração entr	onomia Total (R	
Laboratório de bioquímica - ICB	7176	5326	47.361,60	35.151,60	1850	25,78	12.210,00
Laboratório de química do solo - FAMV	2236	852	14.757,60	5.623,20	1384	61,90	9.134,40
Farmácia - ICB	1378	539	9.094,80	3.557,40	839	60,89	5.537,40
Laboratório Micotoxinas - CEPA	1040	753	6.864,00	4.969,80	287	27,60	1.894,20
Laboratório Físico-química - CEPA	260	215	1.716,00	1.419,00	45	17,31	297,00
Laboratório de Águas - ICEG	3510	2300	23.166,00	15.180,00	1210	34,47	7.986,00
Laboratório de Controle de Efluentes - CEPA	3510	2500	23.166,00	16.500,00	1010	28,77	6.666,00
Laboratório de Patologia Animal - FAMV	4160	3600	27.456,00	23.760,00	560	13,46	3.696,00
Hospital Veterinário - FAMV	1040	822	6.864,00	5.425,20	218	20,96	1.438,80
Laboratórios de ensino de Química - ICEG	14170	7800	93.522,00	51.480,00	6370	44,95	42.042,00
Totais	24310	16907	160446,00	111586,20	7403	30,45	48.859,80
Valor do Frete de transporte até destino final	13326,75						
com empresa licenciada.							
Custo do Tratamento = R\$ 6,60 por Litro = frete							

Fonte: Seção de conservação dos Campi da UPF – Tratamento de Resíduos– 2008

Citam-se os ganhos relativos à integração dos(as) acadêmicos(as) com os problemas relacionados com a geração de resíduos e seu tratamento, além do envolvimento dos professores e funcionários nas preocupações ambientais inerentes às atividades experimentais dos químicos e do ensino nos laboratórios.

A avaliação feita do projeto foi satisfatória, tendo atendido a todos os objetivos propostos, pois foram implementadas estratégias de reúso, 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 três 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 maioria das disciplinas que utilizam atividades experimentais nos laboratórios.

Além disso, foram racionalizados os procedimentos visando a menor consumo de reagentes e ao decréscimo dos custos com tratamento e disposição final, segundo a análise financeira apresentada no item 3.1. Constatou-se uma diminuição significativa nas quantidades de resíduos gerados, além do envolvimento dos estagiários(as) 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 neste início de milênio, que é alcançar um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente.

4. 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*, v. 24, n. 3, 419-423, 2001.

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

CANOVA, Thaís dos Santos. Tratamento de resíduos de laboratório: uma nova visão no ensino de química. In: EDEQ, XXIV. UCS, 2004.

CUNHA, Carlos Jorge da. O Programa de Gerenciamento dos Resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. *Química Nova*, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

JARDIM, Wilson de Figueiredo. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 21, n. 5, 1998.

JARDIM, F. W. *Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa*. Instituto de Química – UNICAMP, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421998000500024&lng=es&nrm=iso> Acesso em: 18 nov. 2006.

NOLASCO, Felipe Rufine; TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino. Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais em Universidades: Análise Crítica e Recomendações. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, jun. 2006 .

SCHNEIDER, J. et al. Proposta de Gerenciamento de Resíduos Químicos do Laboratório de Ensino de Química do Departamento de Química – UFES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 48. Rio de Janeiro. 2008.

AFONSO, J. C. et al. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Química Nova*. v. 26, n. 4, p.602-611, 2003.

AMARAL, T. S. et al. 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. 3, p.419-423, 2001.

ALBERGUINI, L. B. A. *Normas para recolhimento dos resíduos químicos do Campus de São Carlos*. USP, 2006. Disponível em: <<http://www.sc.usp.br/residuos>> Acesso em: 12-nov-2007.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. C.; RESENDE, M. O. O. *Química Nova*, v. 26, 2003.

GERBASE, A. E. et al. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 27, n. 1, 2005.

IZZO, R. M. Waste Minimization and Pollution Prevention in University Laboratories. *Chemical Health & Safety*, p. 29-33, May/June, 2000.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. Unicamp. *Química Nova*, v. 21, n. 5, 1998.

MACHADO, A. M. R. *Normas de procedimento para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos*. UFSC. Set, 2005. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/residuos>> Acesso em: 15 nov. 2007.

MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S. Resumo da 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas. Brasil, 2001.

MORTARI, S. R.; MACHADO, J. C.; BOLSI, J. H. Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos do Centro Universitário Franciscano. In: ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 12. São Luis. UFMA, AB 105, 2003.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 11, n. 2, p. 118-124, abr./jun. 2006.

FORNAZZARI, Isis Mariane; STIIRMER, Júlio César. *Implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos nos Laboratórios de Química da UTFPR-PG*.

VI Semana de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil. v. 2, n. 35, 2008

BENDASSOLLI, J.A. et al. Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP. *Química Nova*, v.26, n.4, p.612-617, 2003.

TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A. Implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos e Águas Servidas nos Laboratórios de Ensino e Pesquisa no CENA/USP. *Química Nova*, v.28, n.4, p.732-738, jul./ago. 2005.

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. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESIDUE MANAGEMENT IN UNIVERSITIES, 2. *Livro de Resumos*. UFSM, 2004.

SANSEVERINO, A. M. Síntese orgânica limpa. *Química Nova*, v. 23, n. 1, 2000.

SANSEVERINO, Antonio M. Química verde. *Ciência Hoje*, v. 8, n. 8. p. 20-27, 2002.

SHELDON, R. A. Consider the Environmental Quotient. *Chemtech*, v. 24, n.3, 1994.

TROST, B. M. The atom economy. A search for synthetic efficient. *Science*, v. 254, n. 5037, 1991.

UNESP. <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.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004 de 31 de maio de 2004. *Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos*.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade de Passo Fundo (UPF), pela colaboração e apoio institucional para a realização deste programa, bem como aos projetos de extensão universitária em Química Aplicada da Área de Química da UPF.

Aos(as) estagiários(as) voluntários(as) e aos(as) funcionários(as), sem cujo apoio e dedicação o programa não teria o sucesso que alcançou ao longo do desenvolvimento e implantação.