

# Proposta para disposição final dos resíduos químicos identificados nos laboratórios do *Campus* da Fazenda Experimental/UNIVASF

Profa. Dra. Vivianni Marques Leite dos Santos (UNIVASF – BA/Brasil) - vivianni@univasf.edu.br  
• *Campus* Juazeiro, Rodovia BA 210, Km 4, s/n, CEP 48908-810, Juazeiro-BA, fone (55) 87-8818-4758  
Laerton dos Santos Medrado (UNIVASF – PE/Brasil)- lalo18medrado@hotmail.com  
José Edilson dos Santos Júnior (UNIVASF – BA/Brasil)- jose.edilson@univasf.edu.br  
MSc. Juliana Angeiras Batista da Silva (UFPE – PE/Brasil)- juangeiras@yahoo.com.br

**RESUMO** Nas últimas décadas, os efeitos da poluição ambiental estão mais evidentes e, por isso, vêm sendo foco em várias discussões. Um dos principais responsáveis pela contaminação por resíduos químicos dos rios, mares, solos e ar são as indústrias de processos químicos. O reconhecimento de que a ação do homem gera avanços tecnológicos, mas acarreta sérias deteriorações ao meio ambiente, alerta para a necessidade de que o desenvolvimento de qualquer atividade deve conter previsão sobre os possíveis danos ambientais. Portanto, espera-se também, que os centros de geração de conhecimento estejam preocupados com o consumo dos recursos naturais e com os resíduos gerados por suas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Apesar dos menores volumes gerados nas instituições de ensino superior, estas não devem ser consideradas menos importantes. Partindo disto, foi realizado um levantamento dos resíduos químicos gerados pelos Laboratórios da Fazenda Experimental/UNIVASF e proposto um procedimento para armazenamento e tratamento, levando em consideração seus custos, simplicidade e ampla aplicação dos vários tipos de resíduos gerados.

**Palavras-chave** Química; meio ambiente; descarte.

**ABSTRACT** *In recent decades, the effects of environmental pollution have been more obvious and therefore have been focused on discussions. One of the most responsible for river, sea, soil and air contamination is chemical waste generated by chemical process industries. The recognition that humans develop technologies is undeniable; on the other hand it usually causes serious damage to the environment. All this makes us aware of the necessity of thinking about the damage caused to the environment when new technologies are developed. Therefore, it is expected that the centers of knowledge generation be concerned about the consumption of natural resources and the waste generated by its teaching, researching and extension activities. Despite lower volumes resulting from colleges and universities, they should not be considered less important. Assuming this, a survey was conducted on the chemical waste generated by Experimental Farm/UNIVASF laboratories and a scheme was proposed for storage and treatment taking into account cost, simplicity and wide application of various types of waste generated.*

**Keywords** *Chemistry; environment; discard.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a última década, os impactos ambientais têm sido tema de constantes indagações, principalmente devido à influência que o homem vem causando ao planeta, que tem acarretado sérios problemas, como aquecimento global, o efeito estufa e outros.

Entre os maiores vilões da geração de resíduos químicos estão as indústrias de processos químicos. Entretanto, nas instituições de ensino superior, vem aumentando a quantidade de laboratórios, em função da melhoria na qualidade de ensino e maiores investimentos para realização de pesquisas científicas. Os resíduos químicos são gerados por essas instituições, durante experimentos, atividades de ensino ou pesquisa ou mesmo de apoio, sendo, portanto, previstos antes da execução da atividade. Apesar dos pequenos volumes gerados em comparação com aqueles das indústrias, em torno de 1% (TAVARES e BENDASSOLLI, 2005), estes são, na maioria das vezes, lançados nas tubulações e conseqüentemente, também contaminam o meio ambiente. Os problemas relacionados a esses resíduos referem-se não apenas às situações de manejo, mas também, à comunidade acadêmica e ao seu comportamento perante esses resíduos, que na maioria das vezes, os descarta inapropriadamente.

Donaire (1999) ressalta o espírito de responsabilidade comum como processo de mudança, no qual a exploração de recursos materiais, os investimentos financeiros e as rotas do desenvolvimento tecnológico deverão adquirir sentidos harmoniosos.

Muitos resíduos químicos inorgânicos, como alguns compostos de nitrato de prata, cloreto de bário, ácidos e bases, comuns em laboratórios de química geral, são danosos para o meio ambiente, mesmo em baixas concentrações. Tais compostos, também podem ser bioacumulados na cadeia alimentar e atingir concentrações nocivas para os seres humanos e outros organismos.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) teve suas atividades iniciadas em 2004 e, em 2007, já contava com um número considerável de laboratórios, distribuídos em quatro *campi* sendo dois em Petrolina-PE, um em Juazeiro-BA e um em São Raimundo Nonato-PI. Em 2007, o laboratório de química do *campus* de Juazeiro descartava apropriadamente seus resíduos, segundo o professor responsável pelo laboratório. No mesmo ano, o *campus* da Fazenda Experimental da UNIVASF contava com nove espaços físicos, onde foram distribuídos os laboratórios, sendo eles: Anatomia Animal (LAA), Citologia, Morfologia e Taxonomia Vegetal (LCMTV), Citologia, Histologia, Embriologia, Fisiologia Animal e Biofísica (LCHEFAB), Microscopia e Lupas (LML), Microbiologia e Imunologia Animal (LMIA), Zoologia, Farmacologia, Semiologia, Parasitologia Animal (LZFSPA), Química Geral e Analítica (LQGA), Química Orgânica, Bioquímica e Bromatologia Animal (QOBBA), Informática (LI), os quais atendiam, principalmente, as necessidades acadêmicas, de pesquisa e de extensão dos alunos dos cursos de medicina veterinária e zootecnia, além da realização de trabalhos de pesquisa e extensão relacionadas aos demais cursos da Instituição.

Desde o início das atividades, o laboratório de Química Geral e Analítica manteve a política de não lançar resíduos químicos na rede de saneamento, os quais eram armazenados, tratados ou descartados apropriadamente por alunos de iniciação científica, sob a orientação do professor responsável pelo laboratório.

Este trabalho foi idealizado para contribuir com o início de atividades da Instituição, dentro dos padrões de gerenciamento, partindo do princípio de que é menos custoso não poluir do que executar atividades, contaminar e depois, investir recursos para recuperação do que nem sempre é possível recuperar. Para isso, foram realizados levantamentos dos resíduos gerados, visando à reutilização do material no laboratório de origem ou nos demais laboratórios da Instituição. Neste estudo, além do levantamento e propostas de tratamento, foi elaborado um manual prático, contendo dados sobre as substâncias utilizadas no *campus* e também, uma planta baixa com *layout*, que permitiu melhor visualização da contribuição dos laboratórios para a degradação do meio ambiente e certificação sobre a necessidade de saídas de emergência, em função da distribuição dos laboratórios e seus graus de risco, buscando a identificação de perigos eminentes oriundos destes laboratórios.

Para o gerenciamento de resíduos sólidos, devem ser seguidas as seguintes etapas:

1. Levantamento de todas as entradas e saídas (NBR ISO 14.001:2004).
2. Criar procedimentos para coleta, tratamento, armazenamento e transporte de resíduos dentro da empresa, indústria ou academia.
3. Definir bem a destinação a ser dada a cada tipo de resíduo.

Além disso, segundo De Martini *et al.* (2005), deve ser seguida a seguinte ordem de prioridades: 1º. eliminação ou redução da geração na fonte, 2º. reciclagem, 3º. tratamento, 4º. disposição final. Esta ordem é similar à filosofia dos 3R's (COMISSÃO, 2004): reduzir, reutilizar e reciclar. Neste estudo, foi ressaltado o Repensar, o qual deve ser o primeiro a ser colocado em prática, fazendo com que os responsáveis pelos laboratórios repensem sobre suas atividades nos laboratórios, no que diz respeito à geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente.

Este trabalho visou melhorar a qualidade das atividades desenvolvidas nos laboratórios da Fazenda Experimental UNIVASF, assim como minimizar ou eliminar a contaminação ambiental, causada pelo descarte incorreto dos resíduos líquidos e sólidos, oriundos das atividades cotidianas da Instituição. A metodologia utilizada pode ser aplicada para uma adequada disposição dos resíduos em outros laboratórios existentes nos demais *campi* da UNIVASF ou em outras instituições de ensino, pesquisa e/ou extensão que visem sua inserção dentro dos padrões da Química Limpa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O controle da poluição é um dos maiores desafios do crescimento mundial acelerado. Desta forma, países desenvolvidos e em desenvolvimento estão buscando alternativas em relação à restauração do ambiente natural (NASCIMENTO e MELLO, 2002).

A adoção de estratégias relacionadas à preservação ambiental é resultante de uma evolução da conscientização dos cidadãos e empresas, sobre os danos causados por diversas atividades domésticas e empresariais. Os avanços, no sentido de preservação, estão aumentando nas últimas duas décadas, sendo uma das preocupações principais, a questão da geração de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos que têm como destino final, a atmosfera, os solos e os lençóis freáticos (MOZETO e JARDIM, 2002).

Durante muito tempo, predominou uma versão de que o desenvolvimento das nações passava apenas por cálculos e estratégias complicadas de economistas e decisões políticas de governantes (AMÂNCIO, 2001). Essa forma de pensar não considerava os impactos ambientais ocasionados pelos fatores que movimentam a economia, a exemplo da indústria, do comércio, da agricultura, dos serviços, da urbanização, dentre outros.

Os problemas ambientais receberam maior atenção, quando as consequências negativas ocasionadas pelo descaso com o meio ambiente, a exemplo da chuva ácida, das mudanças climáticas e do esgotamento dos recursos naturais, passaram a ser sentidas de forma mais evidente e real, em todo o planeta (AMÂNCIO, 2001).

Nas últimas três décadas, muitas conferências foram realizadas em várias partes do mundo, para discutir a questão ambiental e, assim, encontrar soluções para problemas como desmatamento, poluição do ar, das águas, dos solos, aquecimento global, uso indiscriminado dos recursos naturais e a extinção de espécies. Essas conferências contribuíram para chamar a atenção das IES, sobre a responsabilidade que elas têm na formação de profissionais comprometidos com o meio ambiente e com o desenvolvimento sustentável. No campo acadêmico, de acordo com Gasparini (2007), o debate sobre os problemas ambientais ganhou maior atenção com o lançamento do Programa Internacional de Educação Ambiental (PIEA), em 1975, pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), como resultado de uma recomendação das Organizações da Nações Unidas (ONU), durante a conferência de Estocolmo, em 1972.

Na Conferência de Tbilisi, em 1977, foi considerado que a universidade, por sua função de centro de pesquisa e de formação de especialistas, deveria revisar suas potencialidades e abrir seus esquemas disciplinares tradicionais à introdução da Educação Ambiental. Isso implicaria, entre outras questões, no desenvolvimento de pesquisas sobre Educação Ambiental e na formação de profissionais, para que suas atividades no marco laboral estivessem sempre em harmonia com a preservação do meio ambiente (CARBONELL *et al.*, 2004).

Nos anos 80, entre os eventos relacionados ao meio ambiente, teve destaque a conferência de Taillores, considerada um marco para o comprometimento das universidades com o desenvolvimento sustentável. A Declaração de Taillores foi assinada por representantes de universidades de todo o mundo e revelou a preocupação desses dirigentes em reconhecer que é função das IES contribuir com o desenvolvimento sustentável (ULSF, 1990).

A conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada no Rio de Janeiro, em 1992, culminou com a criação da Agenda 21, que trata, no seu capítulo 36, com o título “Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento”, do papel da educação na promoção do desenvolvimento sustentável. O ensino, o aumento da consciência pública e o treinamento estão vinculados virtualmente a todas as áreas de programa da Agenda 21 e ainda mais próximo das que se referem à satisfação das necessidades básicas, fortalecimento institucional e técnica, dados e informação, ciência e papel dos principais grupos. [...] tanto o ensino formal como o informal são indispensáveis para modificar a atitude das pessoas, para que estas tenham capacidade de avaliar os problemas do desenvolvimento sustentável e abordá-los. O ensino é também, fundamental para conferir consciência ambiental e ética, valores e atitudes, técnicas e comportamentos em consonância com o desenvolvimento sustentável e que favoreçam a participação pública efetiva nas tomadas de decisão [...] (AGENDA 21, 1992).

Em 1995, na Costa Rica, dirigentes das universidades assinaram a ata de fundação para a criação da Organização Internacional de Universidades para o Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (OIUDSMA, 1995). A partir deste contexto, o que se percebe é que a universidade não pode se omitir do compromisso de pesquisar, debater, construir e difundir conhecimento (OLIVEIRA, 2009).

Particularmente, quanto à geração de resíduos químicos em instituições de ensino, pesquisa e/ou extensão no Brasil, ainda pouco se discute, sendo praticamente desconsiderado o fato de que estes resíduos podem causar danos ao meio ambiente, partindo do princípio de que estes volumes são pequenos e que dessa forma, não seriam significativos. Na grande maioria das universidades, a gestão dos resíduos gerados nas suas atividades rotineiras é inexistente, principalmente devido à falta de um órgão fiscalizador. Infelizmente, o descarte inadequado ainda é praticado (JARDIM, 1998). Segundo Takeyama *et al.* (2007), a maioria dos resíduos líquidos, gerados nos laboratórios, ainda é descartada na rede de saneamento, sem qualquer tratamento prévio, causando efeitos danosos à saúde pública e ao meio ambiente.

De acordo com Zancanaro (2002), a maioria dos procedimentos necessários para eliminação de materiais químicos traz algum tipo de agressão ao meio ambiente ou risco à saúde do pessoal envolvido com a operação. Dessa forma, nas atividades de ensino e pesquisa, só devem ser enviados para descarte aqueles reagentes, nos quais foram esgotadas todas as possibilidades de recuperação, reutilização ou reciclagem do material. Nascimento e Mothé (2007), também ressaltam que para um adequado gerenciamento de resíduos, deve-se levar em consideração também a busca por ações preventivas, preferencialmente as ações corretivas e deve ter uma abordagem multidisciplinar.

O interesse pela Química Limpa, através da qual as indústrias deverão gradualmente substituir processos tradicionais por tecnologias ambientalmente corretas, deve-se estender às instituições de ensino e pesquisa, despertando o interesse na implementação de programas de gerenciamento de resíduos. Algumas instituições já vêm realizando e divulgando o tratamento de seus resíduos, com a implementação de um programa para gerenciamento de resíduos (AMARAL *et al.*, 2001; AFONSO *et al.*, 2003; ALBERGUINI *et al.*, 2003; BENDASSOLLI *et al.*, 2003; CUNHA, 2001; DEMAMAN *et al.*, 2004; GERBASE *et al.*, 2006). Entretanto, este número deve ser consi-

derado pequeno no cenário das 185 universidades, 127 centros universitários, 2162 faculdades, 1 instituto superior (escola superior) e 2 centros de educação tecnológica (PORTAL MEC, 2009). Durante o desenvolvimento deste trabalho, não foi encontrada publicação relativa às experiências de instituições de ensino da região do semi-árido nordestino.

### 3. MATERIAL E MÉTODO DA PESQUISA

Foi realizado o levantamento dos resíduos gerados nas atividades de ensino, pesquisa e/ou extensão, através da elaboração e distribuição de um formulário (Figura 1) em cada laboratório do *campus*. O documento foi preenchido pelos professores após atividades práticas. Neste formulário, foi solicitado o tipo de resíduo, a data em que foi gerado, o volume e concentrações desse resíduo, o procedimento final adotado pelo responsável para tratamento, descarte ou armazenamento e a assinatura do técnico ou professor responsável pelo laboratório. Foi proposto que os docentes responsáveis por cada laboratório se disponibilizassem em repensar os procedimentos realizados nos laboratórios e que contribuíssem para a disposição final correta de cada produto, através de propostas de tratamento ou encaminhamento para o Laboratório de Química Geral e Analítica - LQGA, onde o professor responsável, um dos autores deste trabalho, daria disposição final apropriada, até que um laboratório específico para o tratamento de resíduos fosse construído.

Para facilitar e uniformizar apresentação dos frascos de resíduos, foi proposta a utilização de um rótulo-padrão para os resíduos químicos, facilitando a identificação dos produtos e explicitando os riscos à saúde para as pessoas que trabalham ou frequentam o laboratório. Antes da utilização dos rótulos, a maioria dos usuários (alunos, professores, técnicos ou visitantes) não tinha conhecimento sobre a natureza dos resíduos armazenados. As informações no rótulo tomaram como base o sistema NFPA 704 e o diagrama de Hommel (ALBERGUINI *et al.*, 2005). O sistema da NFPA 704 é uma codificação, cuja finalidade principal é oferecer proteção ao pessoal de atendimento a emergências e, devido à utilização de sinais de fácil reconhecimento e entendimento, serviu de base ou padrão para indicar a toxicidade, a inflamabilidade e a reatividade de produtos químicos levantados neste estudo, dando uma ideia geral do grau de periculosidade desses materiais. Os rótulos foram estabelecidos ao longo das atividades desenvolvidas no projeto, sofrendo modificações, de acordo com as necessidades identificadas durante a execução dos trabalhos.

Figura 1 – Formulário para levantamento dos Resíduos gerados nos laboratórios da Fazenda experimental UNIVASF.

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS**

Levantamento mensal de resíduos químicos dos laboratórios da fazenda experimental da UNIVASF

LABORATÓRIO DE \_\_\_\_\_

Tipos de resíduo	Data	Volume gerado	Armazenamento, reutilização ou descarte

\_\_\_\_\_

Assinatura do técnico ou responsável

Fonte: Elaboração dos autores.

Para um apropriado mapeamento dos resíduos da universidade, foi elaborada uma planta baixa dos laboratórios do *campus*, classificando os resíduos de acordo com a norma 10.004 da ABNT. Esta norma tem por objetivo classificar os resíduos sólidos quanto à sua periculosidade, considerando seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Essa norma estabelece três classes de resíduos (classe I, II, III). Os resíduos considerados da classe I são aqueles que produzem grande risco à saúde e ao meio ambiente ou que possam provocar acidentes, por serem inflamáveis, tóxicos, patogênicos, reativos ou corrosivos. Os resíduos da classe II são resíduos considerados como de baixo risco à saúde e ao meio ambiente e aqueles da classe III, podem ser descartados no lixo comum. Adotando os códigos das classes, o *layout* dos laboratórios, elaborado nesse estudo, contém informações sobre as classes dos resíduos gerados em cada um.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado ainda um manual, contendo informações sobre os produtos químicos mais utilizados nos laboratório deste *campus*, para que todos os usuários tivessem acesso rápido às informações sobre esses produtos, como suas fórmulas químicas, a classificação das substâncias, como os produtos podem ser encontrados no meio ambiente, informações de risco à saúde, as maneiras de penetração das substâncias, formas de descarte, medidas de primeiros socorros e também, medidas de combate a incêndios, auxiliando também, no preenchimento do diagrama de Hommel (rótulo). Experiência obtida através da realização de aulas práticas com alunos de graduação, mostra que, muitas vezes, o aluno não tem o hábito de procurar informações fundamentais sobre os produtos que serão utilizados, principalmente o procedimento correto de manuseio e qual deve ser sua atitude em caso de acidentes. Portanto, o manual foi elaborado com o intuito de servir de consulta no próprio laboratório, antes do início da aula prática.

O programa de gerenciamento dos resíduos químicos adotou, como regra geral, para todos os usuários, a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo, é responsável pelo mesmo, com a seguinte hierarquia de atividades: Prevenção na geração de resíduos (perigosos ou não); Minimizar a proporção de resíduos perigosos que são inevitavelmente gerados; Segregar e concentrar correntes de resíduos, de modo a tornar viável tecnicamente e economicamente a atividade gerenciadora; Reúso interno ou externo; Reciclar o componente material ou energético do resíduo; Manter todo resíduo produzido na sua forma mais passível de tratamento; Tratar e dispor o resíduo de maneira segura.

Para o tratamento dos resíduos, foram utilizados procedimentos-padrão, bem como propostos novos procedimentos, a partir de testes em laboratório, consultas a tabelas de solubilidade de sais e estequiometria de reação (KOTZ e TREICHEL, 2002; GARRITZ e CHAMIZO, 2003; LANGE, 1944), de acordo com a necessidade de cada laboratório. Para a realização dos tratamentos, foram utilizados os equipamentos de proteção individuais (EPI'S) apropriados, como as luvas, jaleco, óculos de proteção e capelas. Resíduos não tratáveis pelos procedimentos adotados foram armazenados, rotulados adequadamente e encaminhados ao laboratório de Química Geral e Analítica para disposição final.

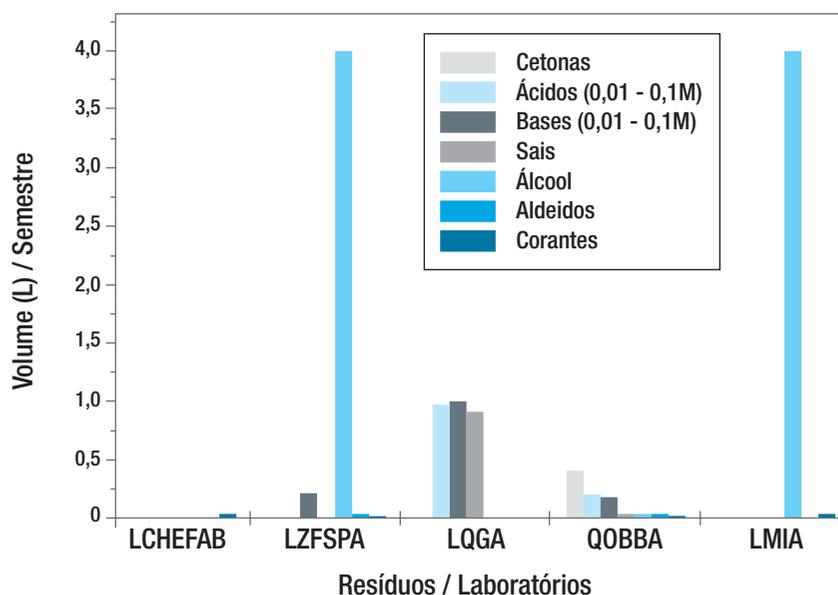
## 4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

### 4.1. Levantamento dos resíduos dos laboratórios

A partir do levantamento realizado nos laboratórios da Instituição, através do preenchimento do formulário e de entrevistas com os responsáveis, pôde-se identificar quais resíduos são gerados e suas quantidades. O volume de resíduos químicos gerado (em litros) semestralmente, por cada laboratório da Instituição, está mostrado no gráfico da Figura 2. Entre os seis geradores, o

laboratório de Anatomia Animal - LAA não se encontra no gráfico, mas destaca-se por ser o que produz maior volume de resíduo: cerca de 40 litros de aldeídos por mês, em períodos de recepção de cadáveres; e 10 litros por mês, em atividades de rotina. Pode-se observar grandes volumes de álcool gerados nos laboratórios LMIA e LZFSPA e que embora em pequenas quantidades, o laboratório QOBBA gera maior diversidade de resíduos. O LCHEFAB gera apenas pequenas quantidades de corantes e bicarbonato de sódio.

Figura 2 – Resíduos gerados nos Laboratórios do *Campus* Fazenda experimental, com exceção ao de Anatomia animal.



Fonte: Elaboração dos autores

No Quadro 1, encontram-se os principais resíduos gerados pela Instituição, por cada laboratório do *campus* da Fazenda experimental da UNIVASF.

As bases e ácidos inorgânicos, gerados no LQGA, foram utilizados em aulas práticas para realização de titulações, elaboração de escalas de pH e outras. Os grandes volumes de álcool são diluídos a 70° GL e reutilizados para conservação e assepsia de instrumentos, como placa de Petri, bancadas e instrumentos cirúrgicos e os resíduos de sais inorgânicos são tratados e reutilizados em aulas práticas, como identificação de *cátions*.

De acordo com este levantamento, pode-se constatar que o *campus* da Fazenda Experimental da UNIVASF possui 6 laboratórios que são geradores de resíduos: os laboratórios LAA, LMIA, LZFSPA, LQGA, QOBBA e LCHEFAB, sendo os cinco primeiros os que geram resíduos de maior grau de risco.

No gráfico da Figura 3, estão mostrados apenas os principais resíduos gerados pelo laboratório de Química Geral e Analítica, durante o primeiro semestre de 2008, devido ao fato de este ser o laboratório de maior interesse neste projeto, uma vez que é um dos principais geradores e para onde são encaminhados os resíduos dos demais laboratórios. O aumento observado entre os volumes de resíduos gerados em 2007 (Figura 2) e em 2008 ocorreu devido ao aumento do número de turmas e, conseqüentemente, de aulas práticas.

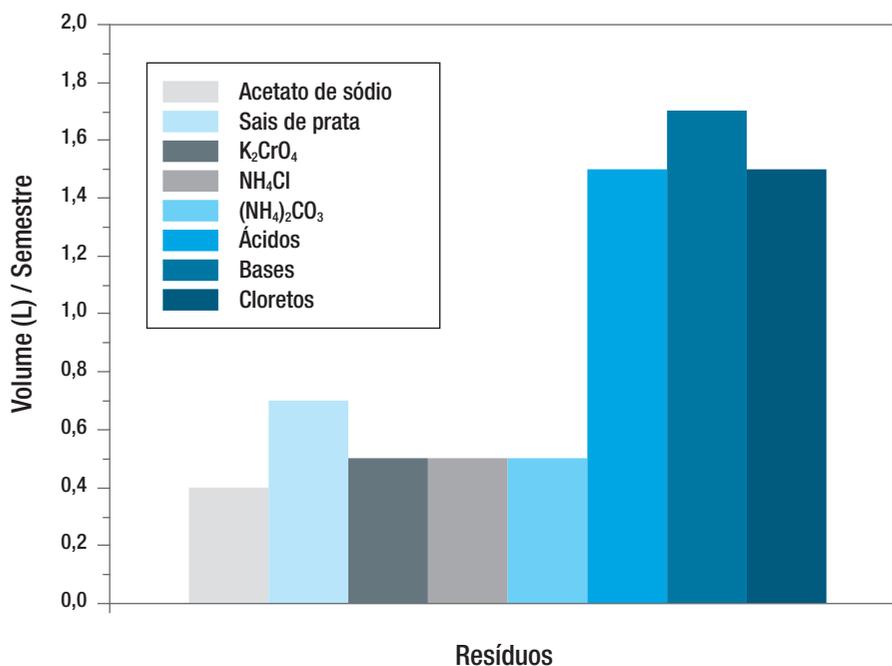
Quadro 1 – Principais resíduos gerados nos laboratórios do *Campus* da fazenda experimental da UNIVASF.

Tipo de resíduo	Laboratório
Aldeídos (Formol)	QOBBA, LAA, LZFSFA
Ácidos inorgânicos (HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	LQGA, QOBBA
Bases inorgânicas (NaOH, KOH)	LQGA, QOBBA, LCHEFAB, LMIA, LZFSFA
Sais inorgânicos (NaNO <sub>3</sub> , MgCl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , BaCl <sub>2</sub> , NaCl, AgNO <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CuSO <sub>4</sub> )	LQGA, QOBBA
Etanol	LMIA, LZFSFA, LCHEFAB
Ácido Acético	LZFSFA
Corantes como azul de metileno, fucsina básica e lugol	LMIA, LCHEFAB
Bicarbonato de sódio	LCHEFAB
Fenolftaleína	LQGA, QOBBA
Ácido tricloroacético	LQGA, QOBBA
Acetona	LQGA, QOBBA

Fonte: Elaboração dos autores.

A partir destes dados, foram propostos tratamento para cada tipo de resíduo, levando em consideração que estes foram armazenados e rotulados adequadamente, caso houvesse impossibilidade de realização imediata do tratamento. Foi ressaltada a importância de não misturar os resíduos gerados, para que não houvesse impossibilidade ou redução de reutilização ou de realização do tratamento proposto e também, problemas de incompatibilidade.

Figura 3 – Resíduos do Laboratório de Química Geral e Analítica da Fazenda Experimental UNIVASF durante o primeiro semestre de 2008.

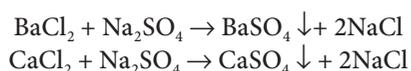


Fonte: Elaboração dos autores.

A seguir, estão relatados os procedimentos propostos para tratamento e/ou descarte dos resíduos que não estavam sendo reutilizados diretamente.

## 4.2. Resíduos contendo os sais de cloreto de bário e cálcio

Os resíduos de cloretos de bário e de cálcio (Figura 4) são tratados a partir da adição de uma solução a 10% de sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), conforme testes realizados com base em tabelas de solubilidade e reações estequiométricas (KOTZ e TREICHEL, 2002; GARRITZ e CHAMIZO, 2003) e toxicidade dos produtos gerados (LANGE, 1944). Em seguida, a mistura deve ser aquecida até evaporação total do sobrenadante. O processo de tratamento pode ser compreendido com análise das seguintes reações químicas:



O cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) formado não é tóxico ao ambiente e o sulfato de bário precipitado é armazenado, ocupando um pequeno volume e reutilizado em aulas práticas.

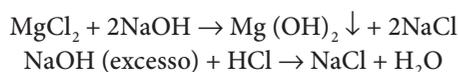
Figura 4 – Resíduos de sais de cálcio sendo tratados no Laboratório de Química Geral e Analítica.



Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.3. Resíduos de cloreto de magnésio

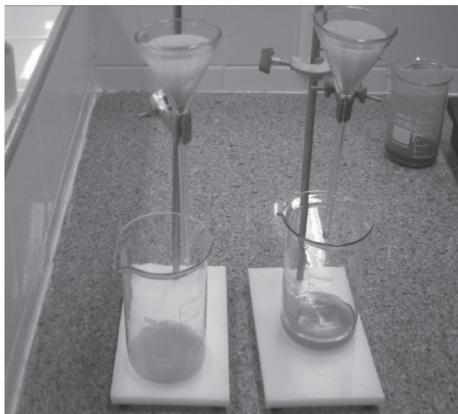
Também com base em dados sobre solubilidade e toxicidade dos compostos, o tratamento para os sais de magnésio foi realizado através da adição de solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), adicionada gota a gota, até formação de um precipitado branco, o hidróxido de magnésio. Em seguida, deixa-se em repouso e, posteriormente, filtra-se separando o precipitado. A solução resultante, de pH básico, é neutralizada com ácido clorídrico, para em seguida proceder ao descarte. O hidróxido de magnésio é encaminhado para reutilização em aulas práticas e/ou atividades de pesquisa e extensão.



## 4.4. Resíduos de cloreto de ferro

Inicialmente, foi utilizado peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) para promover a oxidação dos íons  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$  que possam estar presentes, seguindo para etapa de filtração (Figura 5).

Figura 5 – Resíduos de ferro sendo tratados. Etapa da filtração.

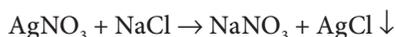


Fonte: Dados da pesquisa.

Como os resíduos são insolúveis em água (LANGE, 1944), a parte sólida ( $FeCl_3$ ) permanece retida no papel filtro, o qual, após secagem, segue para armazenamento e posterior reutilização, principalmente nas aulas práticas do LQGA.

## 4.5. Resíduos contendo sais de nitrato de prata

Como os resíduos de nitrato de prata apresentavam baixas concentrações, o tratamento adotado consistiu em uma primeira etapa de aquecimento, para aumento da concentração e, em seguida, tratamento pela adição de cloreto de sódio para precipitação do cloreto de prata (LANGE, 1944). O precipitado formado seguiu para armazenamento e reutilização em aulas práticas de química geral e analítica.



## 4.6. Resíduos químicos não-identificados

Para os resíduos químicos não identificados, que geralmente são resíduos passivos, que estão estocados, não caracterizados e aguardando destinação final, foi adotado um protocolo para caracterização preliminar (JARDIM, 1998). Esta caracterização prioriza o reciclo e o reúso de tudo que for possível, bem como habilita o resíduo para a sua destinação final (geralmente a incineração). O Quadro 2 traz uma série de testes simples, que podem ser usados na caracterização preliminar do passivo.

Após caracterização, o resíduo é tratado ou encaminhado ao laboratório de Química Geral e Analítica para armazenamento em bombonas específicas para cada tipo de resíduo (próximo tópico).

À medida que os resíduos vão sendo manejados corretamente, o resíduo passivo tende a ser cada vez menor e de fácil manejo.

Quadro 2 – Protocolo para a caracterização preliminar de resíduos químicos não-identificados.

Teste a ser realizado	Procedimento a ser seguido
Reatividade com água	Adicione uma gota de água e observe se há a formação de chama, geração de gás, ou qualquer outra reação violenta.
Presença de cianetos	Adicione 1 gota de cloroamina-T e uma gota de ácido barbitúrico/piridina em 3 gotas de resíduo. A cor vermelha indica teste positivo.
Presença de sulfetos	Na amostra acidulada com HCl, o papel embebido em acetato de chumbo fica enegrecido quando na presença de sulfetos.
pH	Usar papel indicador ou pHmetro.
Resíduo oxidante	A oxidação de um sal de Mn(II), de cor rosa claro, para uma coloração escura indica resíduo oxidante.
Resíduo redutor	Observa-se a possível descoloração de um papel umedecido em 2,6-dicloro-indofenol ou azul de metileno.
Inflamabilidade	Enfie um palito de cerâmica no resíduo, deixe escorrer o excesso e coloque-o na chama.
Presença de Halogênios	Coloque um fio de cobre limpo e previamente aquecido ao rubro no resíduo. Leve à chama e observe a coloração: o verde indica a presença de halogênios.
Solubilidade em água	Após o ensaio de reatividade, a solubilidade pode ser avaliada facilmente.

Fonte: adaptado de Jardim (1998).

## 4.7. Rotulagem dos recipientes para resíduos (bombonas)

Como descrito na metodologia, o rótulo dos recipientes foi elaborado de forma que contivesse informações que identificassem os riscos relativos à saúde, inflamabilidade, reatividade e riscos especiais de acordo com as cores azul, vermelho, amarelo e branco, respectivamente (diagrama de Hommel). Para as cores azul, amarelo e vermelho, deve-se preencher os espaços, de acordo com o grau de risco listado abaixo:

- 0 para substâncias que apresentam risco mínimo;
- 1 para substâncias que têm um risco pequeno;
- 2 para aqueles produtos de risco moderado;
- 3 para resíduos que tenham risco alto;
- 4 para aqueles que apresentam risco extremo.

Os riscos especiais, representados pela cor branca, devem ser classificados de acordo com o tipo de resíduo, devendo ser utilizada a nomenclatura abaixo:

- W é utilizado quando o produto reage com água;
- Air para aquele que reage com o ar;
- Oxy para os produtos que são oxidantes;
- P para aqueles resíduos que são polimerizáveis;
- PO para as substâncias peroxidáveis.

Nos casos em que a substância não apresenta riscos especiais, o quadrado branco não deve ser preenchido.

A Figura 6 apresenta um exemplo de rótulo preenchido, que informa que o recipiente contém 50mL de acetona, que apresenta baixo risco à saúde, alto risco para inflamabilidade, mas não é reativo e não possui risco especial.

Figura 6 – Rotulagem proposta para os resíduos.

RESÍDUOS QUÍMICOS	Laboratório de Gerenciamento de Resíduos
Descrição do produto (nome): ACETONA (CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> )	
Estabelecimento de origem: LABORATÓRIO DE BIOQUÍMICA	
	Data (armazenamento): 06/08/07
	Quantidade: 50 ml
	 Assinatura do Professor ou Técnico

Fonte: Elaboração dos autores.

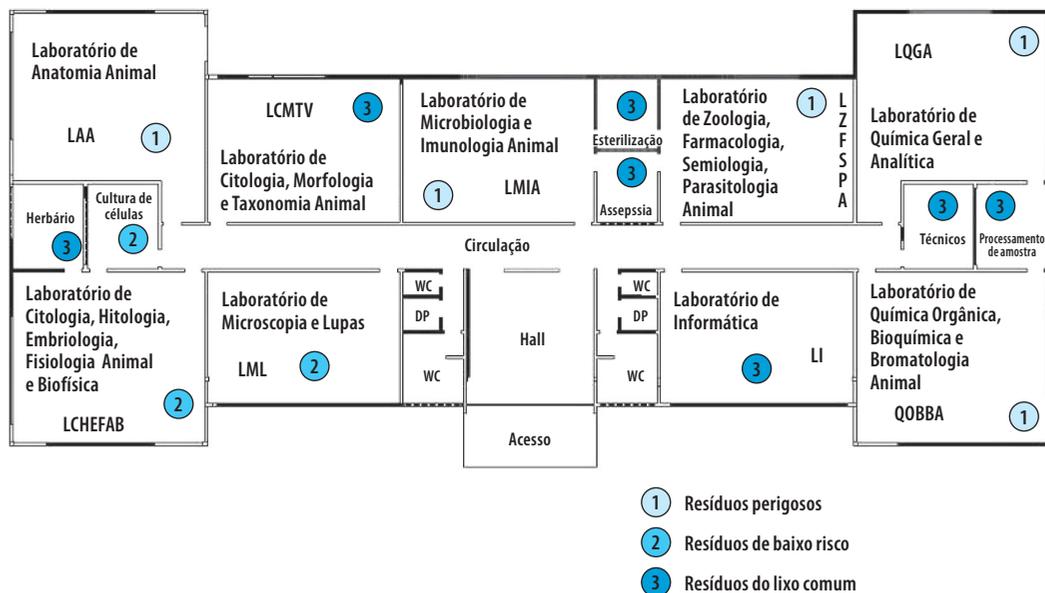
Apesar da aparente complexidade, espera-se que sua utilização torne-se cotidiana e estimule todos os profissionais a buscarem informações sobre a toxicidade dos produtos utilizados ou gerados por suas atividades.

#### 4.8. *Layout* dos ambientes de laboratório

A planta baixa (Figura 7), obtida neste estudo, permitiu identificar a contribuição de cada componente do prédio de laboratórios para a geração de resíduos, uma vez que o *layout* contém informações sobre os laboratórios existentes e os tipos de resíduos gerados para um adequado mapeamento da situação de risco de danos ambientais.

Os laboratórios que apresentam a numeração 1 e coloração vermelha, são aqueles que produzem resíduos de grande risco ambiental e humano. Neste caso, os cinco laboratórios que foram constatados como aqueles que podem oferecer risco ambiental, são eles: LAA, LMIA, LZFSPA, LQGA e QOBBA, estão destacados neste *layout* por este código.

Figura 7 – Planta baixa com discriminação de *layout* dos ambientes de laboratórios do *Campus* da Fazenda Experimental UNIVASE.



Fonte: Elaboração dos autores.

Os laboratórios que apresentam a coloração amarela e numeração 2 são aqueles que geram resíduos, mas estes não causam efeitos nocivos à saúde, apenas podendo causar irritações à mucosas. Um exemplo deste é o bicarbonato de sódio, que é utilizado em práticas no LCHEFAB. Os laboratórios mostrados com coloração cinza e numeração 3, são aqueles laboratórios que geram apenas resíduos que podem ser descartados no lixo comum, como o papel, madeira, plásticos e outros.

Entre os cinco laboratórios de alto risco, três se encontram à direita da porta de acesso. A planta baixa elaborada foi muito relevante para aceitação, pela administração superior, que autorizou a abertura de duas portas de emergência solicitadas, uma para o LQGA e outra para o QOBBA.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do levantamento dos resíduos gerados, realizado em todos os laboratórios do *Campus* da Fazenda Experimental da UNIVASE, pôde-se realizar um trabalho de conscientização dos usuários, com relação aos danos ambientais e à saúde, bem como alternativas promissoras para redução dos impactos ambientais e acidentes de laboratório que tais resíduos podem provocar e, assim, criar um procedimento padrão para o manejo desses resíduos.

Todos os usuários dos laboratórios foram alertados para o correto manuseio, rotulagem e encaminhamento e/ou tratamento dos resíduos gerados e também para, otimização dos processos.

Os resultados alcançados neste *campus* para o tratamento e recuperação de resíduos químicos, são promissores e geraram um documento com proposta bastante viável de gerenciamento de resíduos, além do que o desenvolvimento deste trabalho proporcionou aos alunos, professores e técnicos, a discussão sobre a necessidade de preservação do meio ambiente e a conscientização sobre o impacto ambiental dos resíduos, independente da formação profissional e conseqüente minimização ou eliminação da contaminação ambiental, causada pelo descarte incorreto dos resíduos líquidos e sólidos, oriundos das atividades cotidianas da Instituição. A perspectiva é realizar a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos para todos os laboratórios da Instituição.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N.; **Química Nova**, 26, 602-611, 2003.

AGENDA 21, capítulo 36, 1992. <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 29/03/2010.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. S.; REZENDE, M. O. O.; **Química Nova**, 2003, 26, 291.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L. S.; REZENDE, M. O. O. **Tratamento de resíduos químicos: Guia prático para as soluções dos resíduos químicos em instituições de ensino superior**, 4ª.ed. Rima: São Carlos, 2005.

AMÂNCIO, G. O. C. Educação Ambiental: uma problematização crítica deste conceito. *In*: PAULA, G. M., AMÂNCIO, G. O. C., GOMES, O. M. **Introdução ao estudo de gestão e manejo ambiental**, Lavras, MG, 2001, Gráfica Universitária/UFLA, Cap.02.

AMARAL, S. T.; MACHADO, P.F.L.; PERALBA, M.C.R.; CAMARA, M.R.; SANTOS, T.DOS; BERLEZE, A.L.; FALCÃO, H.L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R.S.; OLIVEIRA, E.R.DE; BRASIL, J.L.; ARAÚJO, M.A.DE; BORGES, A.C. **Química Nova**, 2001, 24, 419.

BENDASSOLLI, J. A.; MÁXIMO, F.; TAVARES, G. A.; IGNOTO, R. F. **Química Nova**, 2003, 26, 1.

CARBONELL, F. A.; MACHADO, L. J.; CONDE, P. I. Universidad y desarrollo sostenible, **Revista Pedagógica Universitaria**, 2004, 9, 3.

COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL. Agenda 21 Brasileira: resultado da consulta nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158p.

CUNHA, C. J. **Química Nova**, 2001, 29, 424.

DE MARTINI, J. L. C.; FIGUEIREDO, M. A. G.; GUSMÃO, A. **Redução de Resíduos Industriais como produzir mais com menos**. Rio de Janeiro Fundação BioRio, 2005.

DEMAMAN, A. S.; FUNK, S.; HEPP, L. U.; ADÁRIO, A. M. S.; PERGHER, S. B. C. **Química Nova**, 2004, 27, 674.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2.ed. São Paulo; Atlas, 1999.

GARRITZ, A.; CHAMIZO, J. A. **Química**. Prentice Hall. São Paulo. 2003.

GASPARINI, R. A. Educação Ambiental: uma pesquisa, uma reflexão e uma grande discussão. *In*: RODRIGUES, C. C. S.; SANTANA, N. V.; BERNABÉ, L. V. **Educação, Ambiente e Sociedade**. Vitória, ES, ArcelorMittal, 2007. Cap. 6.

- GERBASE, A. E.; GREGÓRIO, J. R.; CALVETE, T. *Química Nova*, 2006, 29, 397.
- JARDIM, W. F. *Química Nova*, 1998, 21, 671.
- KOTZ J. C.; TREICHEL, Jr. P. *Química e Reações Químicas*. 4.ed., LTC Editora S.A.: Rio de Janeiro, 2002.
- LANGE, N. A. *Handbook of chemistry*. 5th ed., Handbook publishers: Ohio, 1944.
- MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. *Química Nova*, 2002, 25, 1.
- NASCIMENTO, L. F.; MELLO, M. C. A. *Anais do XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, Brasil, 2002.
- NASCIMENTO, T. C. F.; MOTHÉ, C. G. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais. *Revista Analytica*, 2007, 27.
- NBR ISO 14.001. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Sistemas da gestão ambiental** – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: 2004.
- OIUDSMA. ATA de Fundação da Organização Internacional de Universidades para o Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente, 1995. <http://www.oiudsma-nimad.ufpr.br/atadefundacao.doc>. Acesso em 24/03/2010.
- OLIVEIRA, M. **Universidade e sustentabilidade: proposta de diretrizes e ações para uma universidade ambientalmente sustentável**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009.
- PORTAL MEC. **Cadastro das Instituições de Ensino Superior**. Instituto Nacional de Estudo e Pesquisas Educacionais. <http://www.educacaosuperior.inep.gov.br> . Acesso em 21/08/2009.
- TAKEYAMA, O.; PADILHA, V. A Z. I. G.; XAVIER, M. R.; ARAÚJO, S. M.; MACHADO, P. A.; SANTOS, A. G.; MONTEIRO, P. D. *In: Anais do I Congresso de Farmácia de Maringá*. Maringá, Brasil, 2006.
- TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. *Química Nova*, 2005, 28, 732.
- ULSF; THE TALLOIRES DECLARATION, 1990. [http://ulsf.org/programs\\_talloires.htm](http://ulsf.org/programs_talloires.htm). Acesso em 03/04/2010.
- ZANCANARO, O. Procedimentos em segurança química: destinação adequada aos reagentes vencidos. *Jornal da Anbio* - Associação Nacional de Biossegurança, Rio de Janeiro, 2002. Ano 2. nº. 7.

