

# PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE – AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO ANO DE FUNCIONAMENTO

Ana Rita de Araujo Nogueira<sup>2</sup>, Mário Henrique Gonzalez<sup>3</sup>, Gilberto Batista de Souza<sup>4</sup>

## RESUMO

O programa de gerenciamento de resíduos químicos da Embrapa Pecuária Sudeste completou um ano de funcionamento em abril de 2003. Neste manuscrito, pretendeu-se realizar um balanço deste primeiro ano de atividades do laboratório de tratamentos de resíduos químicos, discutindo os principais resultados, as adequações realizadas nos laboratórios, os desafios e dificuldades encontradas para o tratamento e disposição final dos resíduos e o trabalho constante de conscientização de todos os envolvidos na produção de resíduos. Serão discutidos aspectos relacionados com as atividades das unidades geradoras (U.G.) desde a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final dos resíduos tratados. Os principais métodos analíticos envolvidos no tratamento do ativo produzido serão enfatizados, assim como os procedimentos que utilizam os próprios resíduos para o tratamento de outros. Como metas para a minimização na produção de resíduos a implementação de novos procedimentos, como a utilização do extrator de gorduras, o determinador de fibras e o emprego de sistemas em fluxo aplicados em análises de rotina foram considerados e avaliados. As pesquisas relacionadas na área de resíduos serão abordadas de forma a mostrar a importância do desenvolvimento de novos procedimentos alternativos para o tratamento de resíduos produzidos.

**PALAVRAS-CHAVE** – tratamento de resíduos químicos, minimização, nutrição animal, solos

---

2. Pesquisadora Científica, Grupo de Análise Instrumental Aplicada - Embrapa Pecuária Sudeste - C.P 339, 13560-970, São Carlos SP. E-mail: [anarita@cppse.embrapa.br](mailto:anarita@cppse.embrapa.br)

3. Iniciação Científica, Gradando em Licenciatura Química, Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP

4. Técnico em nível superior III, Embrapa Pecuária Sudeste

## INTRODUÇÃO

O impacto da química sobre o meio ambiente é considerável, em função dos rejeitos dos processos industriais e das atividades de ensino e de pesquisa. Com o desenvolvimento da consciência ambiental, novos procedimentos analíticos têm sido desenvolvidos em busca da obtenção da redução do volume gasto, procurando-se minimizar a quantidade de resíduos produzidos. Aspectos como reutilização e reciclagem são cada vez mais enfatizados, favorecendo a disseminação de uma postura correta frente a aspectos ambientais.

A implementação do Programa de Tratamento de Resíduos Químicos da Embrapa, em constante reavaliação, possibilitou a verificação de uma mudança de conduta de todas as pessoas que estão direta ou indiretamente envolvidas com as atividades dos laboratórios, frente à necessidade de se ter um controle sobre a produção de resíduos, assim como proceder da forma correta na hora da disposição final. Os procedimentos iniciais adotados durante a implementação do programa foram previamente apresentados durante o 1º fórum de discussões promovido pelo ICTR, realizado em 2002. Como continuidade, foi realizado o balanço agora apresentado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

No gerenciamento de resíduos químicos são utilizados reagentes, equipamentos e vidrarias comuns em laboratórios químicos. Com relação aos equipamentos devem ser destacados os lavadores de gases e filtros de orgânicos, destiladores, mantas aquecedoras, balanças, pHmetro, condutivímetro, equipamento extrator de gorduras (Ankon, USA), analisador de fibras (ANKON, USA), ICP OES (Varian, Austrália), forno com radiação microondas (Anton Parr, Áustria), dentre outros.

### Métodos

#### Adequações físicas realizadas nos laboratórios da Embrapa Pecuária Sudeste

A partir das obras de infra-estrutura, algumas importantes modificações foram realizadas nas unidades geradoras (UG) de resíduos. Em especial, deve ser enfatizada a instalação de lavadores e neutralizadores de ácidos e lavadores e filtros para solventes, ligados diretamente às capelas. Também foi abordada a importância do uso de equipamentos de proteção individual (EPI'S) e os equipamentos de proteção coletivos.

Como forma de centralização dos EPI'S, as UG designaram um lugar para o armazenamento de materiais como mantas absorvedoras, barras de proteção em caso de vazamentos, óculos de proteção, luvas de isolamento térmico e máscaras para gases, dentre outros produtos. São realizadas supervisões bimestrais, comandadas pelo técnico de segurança da Unidade, quando são verificados o uso correto dos EPI'S e verificada as necessidades de reposição.

As Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQS), que contém especificadas as características físicas e químicas dos reagentes utilizados em cada laboratório, incluindo a prevenção em caso de acidentes e os



cuidados para o armazenamento e descarte, foram catalogadas logo após o levantamento do passivo e da verificação dos reagentes utilizados em cada UG. Essas fichas foram disponibilizadas para o uso de todos os envolvidos na rotina ou pesquisa dos laboratórios da unidade. Conforme legislação em vigor (NBR 14725, 07/2001), todo reagente deve ser encaminhado pelo distribuidor com as respectivas fichas de segurança, que deve ser disponibilizada para todos os usuários.

Outra pasta foi criada para cada laboratório onde são descritos os princípios gerais e as regras de segurança sobre o uso dos equipamentos de proteção individual, as técnicas básicas para a identificação e armazenamento dos resíduos produzidos e as fichas de identificação do ativo produzido em cada UG, facilitando o trabalho de todos no laboratório. Os espaços utilizados para o descarte de resíduos, os chuveiros e as portas dos laboratórios foram demarcadas com fitas de sinalização, facilitando a visualização.

A segregação e o acondicionamento dos resíduos são realizados pelos próprios executores das análises, levando-se em consideração a correta etiquetagem, através do “diagrama de Hommel” e as compatibilidades dos reagentes utilizados em cada determinação. Após a segregação dos resíduos vasilhames utilizados para esse fim, denominados “bombons”, que devem ser preenchidas até no máximo  $\frac{3}{4}$  de seu volume, o técnico responsável pelo Laboratório de Resíduos Químicos realiza a coleta para o Laboratório de Tratamento de Resíduos Químicos (LTRQ), onde será dado o encaminhamento adequado.

No LTRQ são realizados os tratamentos convencionais já protocolados. É feito um controle mensal dos resíduos recebidos, a atualização das fichas de identificação do ativo e o preenchimento das fichas dos ativos tratados.

Os gases produzidos nas decomposições ácidas e nas extrações com solventes orgânicos são todos tratados com o uso das capelas de gases com filtros especiais, e são feitas supervisões mensais onde é feito o controle do pH, verificação dos filtros e bóias, sendo realizadas manutenções quando necessárias.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **1. Dificuldades e Desafios enfrentados na implantação do Projeto de Tratamento de Resíduos**

Após o levantamento do passivo, procedeu-se à contabilização do ativo dos laboratórios que executam análises de rotina, com base em dados referentes ao volume de reagentes utilizados e aos resíduos gerados em cada um dos procedimentos executados. Observou-se uma quantidade de reagentes fechados não utilizados e com data de vencimento ultrapassada. Esses reagentes foram centralizados em uma sala com ventilação e iluminação adequada, para posterior disposição em acordo com legislação vigente.

A maioria do ativo produzido na rotina é tratado logo após a chegada ao LTQR. Como se referem a rotinas analíticas, é mais fácil criar protocolos para o tratamento destes resíduos. Isso já não ocorre nos laboratórios de pesquisa, devido à diversidade de pesquisas realizadas, o que, em consequência, gera a utilização de diferentes reagentes. Como todos os produtores são os responsáveis pelos resíduos gerados em seus procedimentos, a eles compete o encaminhamento da forma mais adequada do tratamento e disponibilização final do resíduo, atuando em constante contato com a Comissão Permanente encarregada de elaborar os procedimentos de identificação, segurança, manuseio, tratamento e disposição final, além de executar treinamentos e



direcionar as pesquisas necessárias com o objetivo de minimizar, recuperar e reutilizar dos principais materiais perigosos gerados nos laboratórios.

Outro fato a ser ressaltado é que nos laboratórios de análise de rotina (Laboratório de Solos, de Nutrição Animal e de Sanidade Animal), há uma rotatividade de alunos e estagiários de nível médio, o que demanda intensificação nos trabalhos de conscientização.

## 2. Metodologias aplicadas para o tratamento do ativo.

Os principais procedimentos analíticos empregados para o tratamento dos resíduos produzidos na Embrapa Pecuária Sudeste estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1. Procedimentos aplicados nos resíduos, dependendo de sua característica**

INORGÂNICOS	ORGÂNICOS	BIOLÓGICOS
Os metais são levados a seu estado de oxidação mais estável e menos tóxico, sendo precipitados como hidróxidos e transformados a óxidos	Considerando seu ponto de ebulição, são empregados procedimentos que exigem o uso de Destilação fracionada e rotaevaporadores. Os gases são tratados com o uso da capela com filtro para gases	Os resíduos contendo patogênicos ou material bioativo são tratados segundo as normas do Ministério da Saúde e vigilância sanitária

Após o tratamento conveniente, todos os resíduos são descartados em função do valor do pH. Muitos dos resíduos produzidos são tratados somente com a neutralização, quando não apresentam substâncias nocivas ao meio ambiente a ao ser humano.

Existem resíduos químicos que são tratados usando outros resíduos produzidos. Para isso, foram realizados estudos de compatibilidades químicas e avaliadas suas propriedades físicas. É o caso dos resíduos provenientes da análise de proteína, onde na etapa de preparo da amostra são realizadas decomposições ácidas (pH em torno de 1) e a determinação é feita utilizando-se a destilação do nitrogênio (pH na faixa de 11-13). Após avaliação das concentrações ácidas e básicas finais, foram definidas as proporções necessárias para a mistura dos resíduos, que resultem em valores de pH entre 7 e 8, adequado para descarte. Desta forma, não há gastos com reagentes para o tratamento destes resíduos.

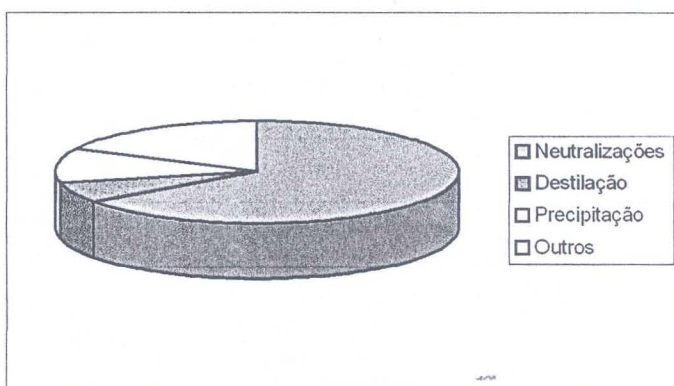
No caso dos metais, as soluções são segregadas, sendo realizados tratamentos específicos para cada metal. Quando da necessidade de quantificação, são feitas determinações por espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio induzido (ICP OES). Na Tabela 2 é apresentado o volume de resíduos produzidos no período de junho a dezembro de 2003.

**Tabela 2. Volume de resíduos produzidos no período de junho a dezembro de 2003 nos diferentes laboratórios da Embrapa Pecuária Sudeste.**

	Volume (L)
Laboratório de Nutrição Animal	1402
Laboratório de Solos	148
Laboratório de Preparo de Amostras	118
Laboratório de Biotecnologia e Sanidade Animal	15

Deste volume de resíduos, aproximadamente 300 L de resíduos não foram tratados, devido à necessidade de se estabelecer um melhor procedimento para o tratamento. Alguns exemplos são os resíduos de azometina (utilizado para análise de B em solos) e resíduos de brometo de etídio. Nos dois casos estão em desenvolvimento pesquisas para se adequar o procedimento mais eficiente.

Na Figura 1 estão representadas as proporções entre os tratamentos.



**Figura 1. Principais procedimentos analíticos utilizados no LTRQ da Embrapa Pecuária Sudeste, no período de junho a dezembro de 2003.**

### 3. Procedimentos Alternativos para a Minimização da Produção de Resíduos.

A busca por novas metodologias tem como objetivo reduzir o consumo de reagentes, diminuindo o volume dos resíduos produzidos e evitar a manipulação de substâncias agressivas.

#### 3.1. Análise por Injeção em Fluxo

Além dos sistemas em fluxo desenvolvidos e implementados em rotina, como determinação de fósforo e calcário residual, sistema para determinação de formas inorgânicas de nitrogênio em amostras de solos e plantas, outros procedimentos encontram-se em desenvolvimento, visando o fornecimento de resultados confiáveis, que utilizem menores quantidades de reagentes e que gerem menores quantidades de resíduos. Esse método permite a análise de 50 a 60 amostras por hora em lugar das 10 amostras realizadas no mesmo período de tempo pelo método anterior. Implantado em rotina, está sendo utilizado em substituição ao método por arraste a vapor (Kjeldahl). São feitas cerca de 2400 determinações por mês (2 horas/dia), consumindo menor quantidade de amostras e reagentes e gerando menos resíduo. Os resíduos fenólicos resultantes deste procedimento estão sendo tratados com o emprego de radiação UV. O resíduo entra em contato com solução ácida contendo peróxido de



hidrogênio a qual é direcionada à lâmpada de UV, onde acontece a mineralização do resíduo através da ação dos radicais hidroxila gerados tanto pelo peróxido quanto pela radiação UV. Este procedimento, desenvolvido em trabalho de doutorado financiado pela FAPESP, foi publicado como boletim de pesquisa como forma de divulgação (Lemos et al., 2002).

### **3.2. Extrator de gorduras**

A substituição do extrator "Soxhlet" na determinação do teor de gordura pelo método extração acelerada por solvente (ASE), combina solventes em altas temperatura e pressão a fim de se obter a remoção rápida de vários tipos de analitos de diferentes tipos de amostras. Atendendo as metodologias de extração com fluido pressurizado da Environmental Protection Agency (EPA, método 3545) tem se mostrado bastante confiável, rápido e seguro. O equipamento opera com quantidades muito inferiores de reagentes, contribuindo para a minimização da produção de resíduos químicos. Com o uso do extrator de gorduras nas análises de rotina, obteve-se redução de 90% no consumo de reagentes e uma drástica redução do tempo de análise. Com a utilização desse extrator de gordura foi aumentado o número de amostras processadas por dia, mantendo a mesma reprodutibilidade e exatidão quando comparado com o sistema Soxhlet. Deve ser ressaltada existência de recuperador de solventes acoplado ao equipamento, não havendo necessidade de aplicação de método de tratamento após o término das análises.

### **3.3. Determinador de fibras**

Com o início de operação de equipamento comercial dedicado à determinação de fibras em laboratórios de nutrição animal, houve um aumento no número de análises efetuadas no laboratório de nutrição animal, com a redução em torno de 25% do volume de soluções de detergente ácido e detergente neutro utilizadas na extração da parede e conteúdo celular de forrageiras.

Estudos realizados mostram que é possível o uso da mesma solução para posteriores extrações, podendo assim reutilizar o mesmo extrato por 3 vezes seguidas, sem perdas nos resultados analíticos. Dessa forma, há uma redução no consumo de reagentes para o preparo de soluções, sendo que um dos reagentes tem toxicidade alta e cuidados especiais devem ser tomados para a manipulação do mesmo. Outro fator positivo é a recuperação da acetona e sua posterior reutilização após o processo de recuperação realizada no LTRQ.

## **4. Novas Metodologias para o Tratamento de Resíduos Químicos .**

A diversidade de resíduos produzidos pelas pesquisas realizadas em diferentes áreas da Embrapa Pecuária Sudeste, fez com que houvesse um empenho de uma equipe de pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação voltado ao desenvolvimento de metodologias que pudessem ser aplicadas no tratamento dos diferentes tipos de resíduos recebido pelo LTRQ.

### **4.1 .O uso de raízes como biossorventes para recuperação de metais em soluções aquosas.**

A biossorção é um processo físico-químico para o tratamento de ambientes degradados. Devido ao grande número de grupos funcionais que atuam como sítios ativos na sorção de metais, as raízes de plantas têm se destacado devido à



similaridade com as resinas de troca iônica quanto às respostas a diferentes valores de pH. A biossorção ocorre basicamente pelo acúmulo de íons metálicos no revestimento celular pela adsorção físico-química, onde estão envolvidas interações eletrostáticas e de complexação, sem o envolvimento do metabolismo celular. Portanto, não é necessário que a planta esteja viva para que a biossorção ocorra.

Teste com diferentes raízes (alface-d'água, aguapé e fibra de coco), mostraram resultados satisfatórios para a recuperação de metais em soluções aquosas e diminuição de custos para o tratamento de resíduos.

#### **4.2. Emprego de radiação UV para tratamento de resíduos químicos.**

A utilização de radiação ultravioleta (UV) para a degradação de compostos orgânicos presentes em águas residuais tem mostrado eficiência e baixo custo, porém necessitando de tempos de irradiação elevados. A união da radiação UV a reações oxidativas, como a reação de Fenton (reação do peróxido com ferro), permite que eficiências de decomposição similares sejam obtidas, porém com um tempo bastante reduzido.

O baixo custo e a fácil implementação do sistema permite que módulos de tratamento sejam montados em campo, permitindo que sejam realizados o tratamento de resíduos de agropecuários como carrapaticidas, herbicidas e fungicidas, além de resíduos químicos provenientes de análises químicas de amostras agrônômicas.

### **5. Disponibilização Final dos Resíduos.**

#### **5.1. Resíduos Líquidos**

Após análises efetuadas com a definição do protocolo, a maioria dos resíduos passa por um processo de neutralização e é descartada na pia por não conterem substância que causem um impacto ambiental.

No caso da recuperação de metais, em seguida ao tratamento definido pelos protocolos, os sólidos são calcinados e transformados em óxidos, que podem ser reutilizados em outras análises. No caso do sobrenadante, estes passam por um processo de neutralização e são analisados para quantificar a concentração residual dos metais, antes do descarte final. As concentrações destes metais devem estar dentro das especificações do CONAMA número 20, de 18 de junho de 1986.

Os orgânicos apresentam recuperação de 90-95% e seus gases são tratados com auxílio dos filtros e lavadores de gases. Todos os solventes são reutilizados em outras análises ou no laboratório, como o etanol.

Os resíduos biológicos, como sangue e sêmen, são autoclavados e enviados para incineração, junto com as luvas e ponteiros de pipetas descartáveis. Estes resíduos são armazenados em outra sala, respeitando seus cuidados.

No caso dos currais o lixo é separado e guardado, para posterior incineração.

#### **5.2. Resíduos Sólidos**

As embalagens de agrotóxicos passam pela tríplice lavagem, pelos funcionários do campo e são devolvidas para os fabricantes no ponto de coleta. Vale ressaltar que os cuidados de proteção individuais são supervisionados pelo técnico de segurança do trabalho.

As embalagens de vidro de produtos químicos, são lavadas e separadas para a reciclagem. No caso das embalagens de plástico, são lavadas e armazenadas em



local apropriado e esperam providências para incineração industrial ou acomodação em aterros sanitários. Os lixos recicláveis (papel, metal, plástico e vidro) são separados e vendidos para empresas de triagem e recicladoras. Todo o lixo separado é alocado em “bags” ou tambores próprios para cada tipo de resíduo.

Os óleos e pneus utilizados pra lubrificação de máquinas agrícolas, automóveis e geradores são guardados e entregues para empresas receptoras e recicladoras. Isso ocorre para as sucatas e lâmpadas fluorescentes.

Os lixos não recicláveis (embalagens de papel metalizados, sanitários e copos descartáveis) são coletas por empresa especializada e autorizada pelos órgãos governamentais e levados para o aterro sanitário da cidade de São Carlos.

## CONCLUSÕES

O trabalho de conscientização é realizado sempre que possível pela equipe que está coordenando o projeto, constituída de pesquisadores, técnicos de segurança e de laboratório e bolsistas, onde se procura orientar os trabalhadores envolvidos direta e indiretamente com a manipulação de resíduos sobre o destino ideal para cada descarte, atuando como multiplicadora de informação. Além das atividades normalmente desenvolvidas por todos os participantes do projeto, a preocupação com o destino final dos reagentes e embalagens está se tornando uma prática usual, indicando estar havendo uma conscientização para o problema.

Neste primeiro ano de funcionamento, foi possível evitar o descarte de aproximadamente 5.000 L de resíduos que antes não passavam por nenhum processo de tratamento químico.

Outro fator positivo observado após a implementação e o gerenciamento de Resíduos Químicos, foi a mudança de conduta de todos os funcionários que trabalham direta ou indiretamente com produtos tóxico, começando no campo e acabando no laboratório.

A implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Embrapa Pecuária Sudeste está de acordo com as determinações da legislação ambiental brasileira e é um objetivo coerente com a tendência global de gerenciamento ambiental com produção eficiente, econômica e limpa.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP, Embrapa e CNPq pelo auxílio financeiro e bolsas concedidas. Também agradecem ao Sr. Leandro P. Escrivani, técnico de segurança no trabalho, e ao Sr. Carlos H. Garcia, técnico responsável pelos tratamentos, pelas fundamentais informações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, *Less is Better, Laboratory Chemical Management for Waste Reduction*, 1993. 23 p.
- JARDIM, W.F., Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova*, 21(5), 1998, 671p.
- KOMAREK, R.J. & Kelley, C.L., Precision of fat analysis of plant products with the ANKOM<sup>XT20</sup> fat analyzer. Research Report 02, Anko Technology. 2002.
- LEMONS, S.G., NOGUEIRA, A.R.A., SOUZA, G.B., Determinação de formas inorgânicas de nitrogênio por análise em fluxo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Embrapa, 2002, 23 p.



NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Committee on Prudent Practices for Handling, Storage and Disposal of Chemical in Laboratories*. National Academic Press, Washington, 2000. 427p.

USDA Chemical Waste Management Training Manual, A user's guide for Beltsville area employees and tenants, US Department of Agriculture, 1998.

[www.cppse.embrapa/residuos](http://www.cppse.embrapa/residuos)

## **ABSTRACT**

The Embrapa Pecuaria Sudeste management chemical Program is implement since 2003. The aim of this manuscript was to described a blance of the first year activities, the main results, the laboratories adaptation, and the difficulties to implement the chemical waste treatment process, such as the need to involve all the workers with the project. The assessment related with the geared units (GU) will be discussed, since the collect, transportation, treatment and final disposition of the treated residues. The main analytical methods used to treat the residues will emphasize, and also recuperation procedures. The minimization of residue production have been implement with news researches and procedures, as the fat extractor, the fiber analyzer, and the use of flow injection procedures. The researches related with residues treatment and minimization will be present to show the need of new alternatives developments in this branch.

**Key-words** – Chemical waste treatment, minimization, animal nutrition, soils.